



**FACTORES  
AGRICOLAS  
EN  
PLANIFICACION  
Y  
DESARROLLO  
REGIONAL**

**ISAAC ARNON**

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS  
San José, Costa Rica  
1980**

© Isaac Arnon

© Derechos reservados de esta edición por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin el permiso del editor por escrito.

Diseño de la cubierta: Mauricio Argueta

Levantamiento del texto: Zaida Sequeira

Revisión gramatical: Matilde Piza K.

Editora de la Serie: Matilde de la Cruz M.

## EDITORIAL IICA



1980

**Serie: Libros y Materiales Educativos No. 41.**

---

Este libro fue publicado por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Es parte de la Serie de Libros y Materiales Educativos, la cual cuenta con el apoyo financiero de la Fundación Kellogg, y cuyo fin es contribuir a promover el desarrollo agrícola del Continente Americano.

Enero, 1980

San José, Costa Rica

# CONTENIDO

	<b>Pág. No.</b>
Introducción . . . . .	xiii

## PRIMERA PARTE AMBIENTE Y RECURSOS BASICOS

### **CAPITULO 1. ELEMENTOS CLIMATICOS Y SUS EFECTOS SOBRE LA PRODUCCION DE CULTIVOS (3)**

Precipitaciones y otros tipos de humedad atmosférica . . . . .	4
Precipitaciones pluviales (4); nieves (9); rocío (11); neblinas (12); humedad relativa (13);	
Radiación solar . . . . .	13
Luz (13); temperatura (17);	
Vientos . . . . .	19
Pérdidas de agua debido a factores climáticos . . . . .	21
Evapotranspiración (21); métodos para la determinación de la evapotranspiración potencial (22); uso consuntivo o requerimientos reales de agua (evapotranspiración real) (25); relación entre la evapotranspiración real (ET) y la ETP (25); contenido de anhídrido carbónico en la atmósfera (26);	
Microclimatología . . . . .	26
El microclima a nivel de la planta (26); el microclima del suelo (27);	
Clasificación de los climas . . . . .	27
Método de Thornthwaite (27); los principales climas de América Latina y su relación con la producción agrícola (28); microregiones (32);	
Bibliografía . . . . .	33

### **CAPITULO 2. RECURSOS AGRICOLAS BASICOS Y FACTORES DE PRODUCCION (35)**

Tierra . . . . .	35
Importancia para el desarrollo (35);	
Suelos . . . . .	38

	<b>Pág. No.</b>
<b>Principales suelos de América Latina</b> . . . . .	45
Suelos zonales (46); suelos azonales (47); suelos intrazonales (48); suelos salinos (49); suelos sódicos (50);	
<b>Recursos hidráulicos y su desarrollo</b> . . . . .	51
La creciente necesidad de agua en el mundo (51); aguas superficiales (54); métodos de almacenamiento de agua (57); aguas subterráneas (59); fuentes de agua no convencionales (66); aspectos económicos del uso del agua (69); legislación de aguas (72);	
<b>Deterioro de recursos</b> . . . . .	75
Erosión de suelos (76); apacentamiento excesivo en terrenos de pastos (77); proyectos de regadío (78); empobrecimiento de la tierra como resultado de la gran densidad de población (82); el uso de productos químicos para la fertilización y la protección de las plantas (83); intrusión urbana (85); planificación integral del desarrollo de recursos naturales (86);	
<b>Mano de obra</b> . . . . .	87
La agricultura como fuente de empleos productivos (88); empleo en la agricultura y niveles de vida (91); exceso de fuerza laboral agrícola como depósito de mano de obra para otros sectores (93); rendimiento de la fuerza laboral (93); actitudes respecto al trabajo (94); subempleo (94); obras públicas como proveedoras de empleo (97);	
<b>Capital</b> . . . . .	98
<b>Bibliografía</b> . . . . .	100

### **CAPITULO 3. PROBLEMAS DEL USO DE LA TIERRA (105)**

<b>Tendencias generales en cuanto al uso de la tierra</b> . . . . .	105
<b>Uso de la tierra en regiones secas</b> . . . . .	106
Agricultura pastoral nómada (106); siembras alimentadas por las lluvias (107); agricultura de regadío (108); tipos principales de agricultura de regadíos (109); principios básicos de regadío y uso eficiente del agua (113); determinación de la cantidad de agua a aplicar en cada irrigación (123); eficiencia del riego (124); selección de los suelos para riego (126); mantenimiento de una agricultura de riego permanente (127); prevención de un agotamiento de la agricultura de riego (128); métodos de manejo del suelo después del mejoramiento (147); resumen (148);	
<b>Uso de la tierra en regiones tropicales húmedas</b> . . . . .	149
Sistemas de uso permanente de la tierra (153); la transición de una agricultura de desplazamiento a una permanente (156); resumen y conclusiones (156);	
<b>Uso de la tierra en las regiones más altas de los trópicos</b> . . . . .	157
Medio ambiente físico (158); resumen (160)	
<b>Rotaciones de cultivos</b> . . . . .	160
Objetivos de la rotación de los cultivos (160); principios de la rotación de cultivos (160); ¿están los cultivos rotativos en desuso? (161); tipos de rotaciones de cultivos (164); barbechos mejorados (170); cultivo de siembras comerciales (171); rotaciones con arroz regado (171); cultivos mixtos (172)	
<b>Bibliografía</b> . . . . .	174

**SEGUNDA PARTE  
LA TRANSICION DE LA AGRICULTURA TRADICIONAL  
A LA AGRICULTURA MODERNA**

**CAPITULO 4. LA FUNCION DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS (181)**

Papeles de la agricultura en una economía en desarrollo . . . . .	181
Provisión de alimentos (183); producción de cultivos de exportación (184); provisión de materias primas para el procesamiento (185); la transferencia de fuerza laboral agrícola a otro tipo de ocupaciones (185); provisión de capital para su inversión en el desarrollo industrial (186); creación de un mercado en expansión para nuevas industrias (187)	
Necesidad de transformar la agricultura tradicional . . . . .	187
Dependencia del desarrollo agrícola en otros sectores de la economía . . . . .	189
Fomento de tecnologías mejoradas . . . . .	191
Bibliografía . . . . .	195

**CAPITULO 5. GENERACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS (197)**

El papel que juega la investigación agrícola . . . . .	197
Investigación "importada" o investigación "propia" (199);	
Bibliografía . . . . .	205

**CAPITULO 6. TRANSFERENCIA EFECTIVA DE NUEVAS TECNOLOGIAS A LOS AGRICULTORES (207)**

Educación y perfeccionamiento . . . . .	209
Educación y perfeccionamiento del agricultor . . . . .	209
Educación general (209); educación vocacional (211); educación por medio de la extensión (211);	
El servicio de extensión . . . . .	212
Los problemas de la coordinación entre investigación y extensión (215); el ejército como factor de desarrollo (218); causas de la falta de éxito de los esfuerzos de extensión (219); educación del personal que presta servicios al agricultor directa o indirectamente (220); nivel de educación requerido (221)	
Bibliografía . . . . .	224

**CAPITULO 7. PROBLEMAS ESPECIFICOS DE NUEVAS TECNICAS (226)**

Introducción . . . . .	226
La introducción del regadío . . . . .	226
Importancia (226); proyectos de irrigación en grande escala (227); proyectos de irrigación en pequeña escala (230); el desarrollo de la irrigación en América Latina (231); ejemplos de esquemas planificados de desarrollo de la irrigación (232)	

	<b>Pág. No.</b>
Nuevos productos . . . . .	234
Cultivos comerciales (234); crianza de animales (236); problemas y limitaciones (236)	
Mejoramiento de las técnicas de cultivo . . . . .	239
Prácticas agrícolas simples (239); rotaciones mejoradas de cultivos (239); cultivos múltiples (240)	
Varietades mejoradas . . . . .	241
El impacto de las variedades de alto rendimiento sobre el desarrollo agrícola (241); mayor productividad por unidad de agua (244); problemas derivados de la adopción de nuevas variedades de alto rendimiento (245)	
Fertilizantes . . . . .	247
Importancia (247); el uso de fertilizantes en regiones secas (250); el uso de fertilizantes en los trópicos húmedos (251); problemas de utilización (251); relación entre el uso de fertilizantes y otras prácticas mejoradas (252); la revolución de los fertilizantes y de las semillas (253); requerimientos de fertilizantes (257); tecnología de semillas (258)	
Control de enfermedades y plagas . . . . .	260
Importancia (260); efectos de las tecnologías mejoradas (261); limitaciones de los insecticidas (262); control de malezas (264)	
Tracción animal y mecanización . . . . .	267
Importancia (267); tracción animal (269); mecanización (271)	
La naturaleza complementaria de los factores tecnológicos . . . . .	282
Bibliografía . . . . .	286
 <b>CAPITULO 8. PROVISION DE CONDICIONES ESENCIALES PARA LA MODERNIZACION (291)</b>	
Factores de conducta y socioculturales . . . . .	291
El agricultor y sus características (291); factores que influyen en la receptividad de cambios (293); conclusión (297)	
Reforma agraria . . . . .	298
Implicaciones (298); objetivos de la reforma agraria (299); limitaciones (300)	
Tamaño de las fincas . . . . .	301
Grandes fincas (302); pequeñas fincas (302); ventajas relativas y desventajas de los distintos tipos de tamaño de las fincas (303); aspectos sociales, políticos y de seguridad del tamaño de las fincas (306); estructura mixta de fincas grandes y pequeñas (307)	
Factores económicos . . . . .	307
Incentivos (308); precios (308); subsidios (311); crédito (311); la infraestructura agrícola (313)	
Bibliografía . . . . .	319
 <b>CAPITULO 9. ESTRATEGIA DE DESARROLLO (323)</b>	
Tipos de estrategia . . . . .	323
Etapas de desarrollo (327); agricultura comercial (328); agricultura industrializada (329); estrategias y la "economía dual" (329); estrategias de	

"modernización chocante" (330); estrategia de modernización progresiva (335); resumen (337)	
Bibliografía .....	337

ANEXO

PRODUCTOS AGRICOLAS PRINCIPALES DE AMERICA LATINA

1. CULTIVOS DE CAMPO .....	341
1.1 Cereales .....	341
Maíz (342); trigo (346); arroz (351)	
1.2 Legumbres .....	355
Frijoles secos (357); habas (358); garbanzos (358); guisantes (359);	
1.3 Cultivos industriales .....	359
Producción de azúcar (359); caña de azúcar (361); algodón (363)	
2. PLANTACIONES .....	369
Introducción (369)	
2.1 Bebidas .....	370
Café (370); cacao (372); té (373);	
2.2 Productos industriales .....	375
Palma de aceite (375); caucho (376);	
2.3 Cultivos frutales .....	377
Bananos (378); cítricos (379)	
3. CRIANZA DE ANIMALES .....	381
Introducción (381);	
3.1 Tipos de ganado .....	382
Ganado bovino (383); el búfalo de agua (383); ganado ovino (383); ganado caprino (384); llamas, alpacas y vicuña (385); equinos (385)	
3.2 Sistema de crianza de animales en los países en desarrollo .....	385
Sistemas extensivos (386); manejo apropiado de las extensiones de terreno y del ganado (388); sistemas intensivos (389)	
Bibliografía .....	391
Indice de Materias .....	395

This One



89TR-SN8-33BL

Digitized by Google



# INTRODUCCION

La planificación regional es un prerequisite para cualquier programa de acción en aquellos países cuya meta es conseguir un progreso económico general, usando al máximo los recursos existentes.

El predominio de la producción agrícola en la economía de dichos países, implica que la planificación regional integral no puede ser significativa si falta una comprensión general de los factores agrícolas adecuados.

El desarrollo de la agricultura debe enmarcarse dentro de un ambiente determinado, en el que son determinantes los recursos naturales disponibles, y las posibles innovaciones tecnológicas. La agricultura compromete a un gran número de productores que trabaja en diversas variedades de tierra y suelos, con climas distintos y con diversos factores económicos, humanos y sociales. Estos elementos imponen limitaciones estrictas al desarrollo de la agricultura, y por lo tanto, a su planificación.

En esta planificación están involucradas muchas disciplinas: economía, ingeniería civil, sociología, arquitectura, agronomía, etc. Para cooperar con eficacia en equipos de planificación, es esencial que todos los especialistas involucrados comprendan los factores básicos importantes para el desarrollo agrícola y sus implicaciones en la planificación. Incluso los agrónomos, a menudo desconocen los problemas resultantes de los cambios en la agricultura, de la adopción de tecnologías mejoradas y de los cambios drásticos que deben efectuarse en las formas y costumbres sociales, a fin de lograr el progreso.

Para tener éxito en la planificación del desarrollo agrícola hay que tener en cuenta ciertos factores estrechamente vinculados entre sí:

- a. **el ambiente natural**, incluyendo condiciones climáticas y recursos básicos de suelo y agua, que a su vez determinan los problemas de uso de la tierra;
- b. la disponibilidad de fuerza laboral y de capital;
- c. los problemas que surgen a raíz del paso de la agricultura tradicional hacia la tecnología agrícola moderna tal como la introducción de cambios en los cultivos, la mecanización, la utilización de fertilizantes, pesticidas, semillas de variedades mejoradas, etc.
- d. los factores sociales y humanos, tales como la actitud de los agricultores hacia el trabajo, su sensibilidad a los cambios, sus motivaciones y sus reacciones hacia los incentivos;
- e. la necesidad de infraestructura y servicios apropiados;

- f. la estrategia adecuada de planificación y desarrollo;
- g. el conocimiento del potencial económico de la región, y la adaptabilidad de los principales productos agrícolas que puedan producirse en dicha región.

Aún cuando el tema central de este libro sean los factores agrícolas involucrados en la planificación del desarrollo, es evidente que los elementos agrícolas no pueden separarse de los aspectos sociales, humanos y económicos. Las relaciones recíprocas entre los factores específicamente agrícolas y los otros factores se enfatizarán más adelante.

La diversidad de condiciones ambientales, sociales y económicas en las distintas regiones, e incluso dentro de una misma región, hacen prácticamente imposible la formulación de "recetas" generales, y de ahí la necesidad de comprender el impacto que los diferentes factores tienen sobre el desarrollo agrícola y su planificación.

La mayor parte de los países en vías de desarrollo se encuentran en regiones tropicales y subtropicales, entre las latitudes 40°N y 30°S. Este cinturón incluye, fuera de los trópicos, gran parte de las superficies áridas y semiáridas del mundo que poseen temperaturas extremas, lluvias excesivas o deficientes, considerables peligros de erosión de suelos por medio de vientos y aguas, y daños del suelo causados por una irrigación inadecuada. Resumiendo, estas regiones no sólo están subdesarrolladas, sino que también se enfrentan a problemas ambientales de gran magnitud. Este libro tratará principalmente de dichas regiones, que contienen más del 50% de la población mundial, pero cuya producción es menor del 15% de producto bruto total.

Los deficientes niveles de producción agrícola, y el bajo nivel de vida concomitante de los países en vías de desarrollo, se han atribuido a las restricciones impuestas por el medio ambiente, que es menos favorable que el de las regiones templadas. Se tratará de demostrar que aún cuando estas restricciones realmente existan, es posible superarlas parcial o totalmente con ayuda de métodos de producción adecuados. Se demostrará también que en ciertas áreas estas regiones poseen mayores ventajas de competencia de producción agrícola que las regiones templadas, siempre y cuando este potencial sea usado adecuadamente.

Sin embargo, el desarrollo tecnológico en la agricultura puede traer también como resultado un desequilibrio ecológico, que cause el deterioro del medio ambiente físico debido a la polución del agua y de la atmósfera, la erosión del suelo, la exterminación de agentes biológicos beneficiosos y otros. Generalmente los planificadores regionales, por ignorancia o indiferencia, han descuidado estos aspectos.

Una de las metas de este libro será enfatizar la necesidad de considerar también este aspecto del desarrollo agrícola.

Isaac Arnon

Rehovot, Israel  
Noviembre, 12, 1977

**PRIMERA PARTE**  
**AMBIENTE Y RECURSOS BASICOS**



## CAPITULO 1

# ELEMENTOS CLIMATICOS Y SUS EFECTOS SOBRE LA PRODUCCION DE CULTIVOS

La cantidad, la distribución y la eficacia de las precipitaciones, el ámbito de temperaturas y la intensidad, la calidad y la duración de la irradiación solar, en combinación con otros factores climáticos y edáficos determinan los tipos de los cultivos y de las razas de animales domésticos que pueden adoptarse. Otros factores importantes son la selección de variedades, la ejecución oportuna de las operaciones agrícolas, los requerimientos de agua de los cultivos, la eficacia de la aplicación de fertilizantes y otros insumos tecnológicos, la incidencia de enfermedades epidémicas y el grado de vastación de las plagas, el nivel de los rendimientos, etc. En resumen, los elementos climáticos determinan los impedimentos naturales de la agricultura y por lo tanto, limitan la elección de las alternativas para el desarrollo agrícola.

Estos elementos son relevantes con respecto al tipo de agricultura que puede practicarse, a los métodos de producción por adoptarse, a los beneficios económicos previstos, así como también, a los riesgos involucrados. El conocimiento cuantitativo de la severidad y variabilidad de las condiciones climáticas es un prerequisite para una planificación y un desarrollo efectivos. La falta de información básica sobre las condiciones climáticas es una gran deficiencia en la mayoría de las regiones subdesarrolladas del mundo.

Por lo tanto, la comprensión de los principales efectos de los elementos climáticos sobre la producción agrícola es esencial para todos los aspectos de la planificación del desarrollo.

Un economista agrícola citado por Gittinger (1968), se expresó en la siguiente forma: "la agricultura es el único proceso de producción donde el director de la unidad fundamental de producción debe aún esperar hasta su despertar cada mañana y observar a través de la ventana antes de poder saber cuál será su actividad de producción durante ese día".

Las latitudes de América Latina oscilan entre los 30°N y los 50°S. Más de la mitad de su territorio lo conforman los trópicos húmedos. Aproximadamente una cuarta parte está constituida por regiones secas. Las zonas semiáridas y subhúmedas constituyen cerca de un 12% y el resto goza de clima templado.

En resumen, una gran mayoría de las áreas en América Latina se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales; por lo tanto, el contenido de este libro en general, y de este capítulo en particular, les concierne especialmente.

## **PRECIPITACIONES Y OTROS TIPOS DE HUMEDAD ATMOSFERICA**

### **PRECIPITACIONES PLUVIALES**

La diferencia en el promedio anual de precipitaciones en las distintas regiones de América Latina varía, desde prácticamente 0 en el norte de Chile, hasta 5.000-6.000 mm anuales en partes de la costa del Pacífico en Colombia y del Atlántico en Centro América.

El efecto que tiene una cantidad definida de aguas de lluvia en la producción agrícola varía considerablemente de región en región y depende de un cierto número de factores:

- a. **la proporción de aguas de lluvia efectivamente almacenada en la zona de las raíces**, que depende a su vez, de su intensidad, su duración y de los patrones de distribución;
- b. **la evapotranspiración y los factores que influyen en ella** como la temperatura, la duración del día, la humedad relativa del aire, los vientos, etc., que determinan la cantidad de aguas de lluvia que se requiere para alcanzar un equilibrio con la evapotranspiración.

### **Lluvias efectivas**

El concepto de "lluvias efectivas" se propuso considerando las condiciones bajo las cuales las escasas precipitaciones humedecen solamente la superficie del suelo y se evaporan sin producir un efecto apreciable. Este concepto implica las precipitaciones mínimas caídas durante un temporal único que asegure cierta cantidad de agua almacenada bajo condiciones de terreno favorable. Esta cantidad ha sido estimada entre 15 y 20 mm por cada lluvia. Las lluvias efectivas anuales representan, por lo general, un tercio de las precipitaciones totales. Las lluvias deben penetrar a una profundidad de por lo menos 10 a 12 cm, para evitar su evaporación.

Sin embargo, debe destacarse que los aguaceros leves, aún cuando no suministran agua a las plantas en forma efectiva, son beneficiosos debido a que reducen la tensión de la humedad en la atmósfera, ya sea directamente o en conjunto con otros factores climáticos.

En los trópicos húmedos, el concepto de "lluvias efectivas", tiene un significado completamente distinto en cuanto a las regiones secas.

En este caso, el problema no es la escasez del agua, sino lo opuesto. Cuanto mayor es la cantidad de lluvias precipitadas en un día determinado, menor es su efectividad. La intensidad promedio de las lluvias en las regiones tropicales puede ser cinco veces más fuerte que en las regiones templadas. Una vez saturado el suelo, todo exceso de precipitación produce escorrentías superficiales. En esto reside la importancia del concepto de "intensidad de lluvias", es decir: la cantidad de lluvias dividida por la cantidad de horas.

Aún en terrenos relativamente llanos, más de un cuarto de las aguas pueden producir escorrentías en la superficie del suelo. La alta intensidad de las lluvias causa no sólo el desperdicio de las aguas, sino también daños considerables debidos a la erosión.

El período medio entre los temporales efectivos, constituye otro concepto de importante significado biológico en el desierto.

Las áreas desérticas generalmente están rodeadas por una franja de estepas o zonas semiáridas que reciben mayor cantidad de precipitaciones. Sin embargo, estas áreas poseen un ciclo estacional de sequías que reciben prácticamente toda la cantidad de precipitaciones durante una estación, mientras que en el resto del año permanecen secas en mayor o menor grado.

A excepción de los desiertos monzónicos del Asia, las franjas desérticas que limitan con las zonas templadas reciben precipitaciones invernales, mientras que las que limitan con regiones tropicales, reciben precipitaciones estivales.

La estación del año en la cual ocurren las precipitaciones, posee una considerable relación con la eficacia de las lluvias y la cantidad de escorrentías. A excepción de una parte de Chile y la parte Noroeste de México, la mayor parte de América Latina recibe precipitaciones durante la estación más cálida. Las precipitaciones de la estación fría son más efectivas que las concentradas durante las estaciones cálidas, donde el grado de evapotranspiración es máximo.

Las precipitaciones pueden ocurrir tanto en forma de lluvias como de nieve, según la estación en curso. Si el terreno está congelado, la infiltración es baja o nula. Si la vegetación posee un follaje desarrollado, una mayor proporción de las lluvias será interceptada y una mayor pérdida por evaporación antes de alcanzar el suelo. Si la mayor parte de la vegetación está en dormición, el suelo saturará rápidamente, incrementándose por lo tanto las escorrentías.

En las regiones con estaciones húmedas y secas alternadas se produce el siguiente ciclo de suministro de agua:

- a. período durante el cual las precipitaciones exceden el requerimiento de agua, produciendo así su acumulación en el suelo y en los depósitos.
- b. Período seco durante el cual existe un déficit de agua, debido a que el agua almacenada es usada por la evapotranspiración y la

evapotranspiración real es menor que la evapotranspiración potencial.

Las regiones secas se caracterizan por una división concisa entre una estación seca relativamente larga y una estación húmeda relativamente corta, pero a medida que el clima se torna más húmedo, esta situación cambia. El clima típico de Monzón, posee 3-4 meses secos durante los cuales el suelo puede perder humedad hasta una profundidad considerable. Climas algo más húmedos sólo poseen uno o dos meses con menos de 60 mm de lluvias y aunque la capa más superficial del suelo se seque durante este período, sólo muy de vez en cuando ocurrirán verdaderas sequías. En los trópicos húmedos las precipitaciones promedio casi nunca son menores a los 60 mm en cada uno de los meses del año y existe un superávit característico de lluvias en relación a la evaporación, a lo largo de todo el año.

### **Confiabilidad de las precipitaciones**

Como regla general, cuanto más seco es el clima, menos seguras son las precipitaciones (Fig. 1.1). Las regiones áridas se caracterizan por una considerable variabilidad en las precipitaciones anuales (las que pueden ser mayores a un 40%) y su distribución. Por ejemplo, las regiones desérticas del Perú y del Norte de Chile pueden contar con muy pocas precipitaciones durante varios años y luego con unos cuantos chaparrones pueden causar resultados desastrosos. Debido a esta gran variabilidad, la línea divisoria entre los climas áridos, semiáridos y los húmedos puede fluctuar considerablemente de año a año.

Esta variabilidad de las precipitaciones constituye el mayor peligro para la producción de los cultivos en las áreas semiáridas. En las estaciones con precipitaciones superiores al promedio, los agricultores pueden labrar vastas áreas en las franjas secas de las regiones semiáridas. En las siguientes estaciones, con precipitaciones menores al promedio y generalmente asociadas a temperaturas mayores al promedio, pueden producirse fracasos desastrosos en los cultivos.

El efecto de la variabilidad de las precipitaciones sobre la prosperidad de la agricultura en una región puede ilustrarse por los desastres que han ocurrido en la zona noreste de Brasil. Desde 1603 se han anotado en esta región más de 30 sequías "mortales". En 1825 la mayor parte de los animales domésticos fue exterminada y murieron 30.000 personas. La sequía de 1877-79 causó la muerte de más de un millón de habitantes, cerca del 50% de la población (Lisboa, 1913). La gran sequía de 1958 no causó muertes, pero obligó a más de 200.000 Nordestinos a abandonar la región.

Los efectos que tienen las variaciones de las precipitaciones en escala continental pueden ejemplificarse por los desastres ocurridos en un sólo año (1968) en distintas partes de América Latina. Se

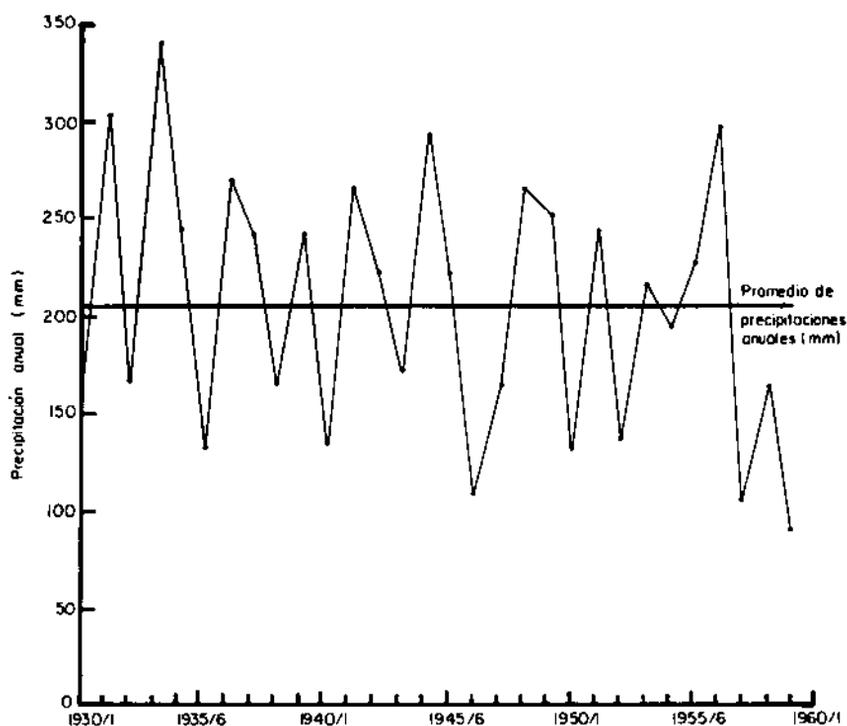


Fig. 1.1. Variabilidad estacional de precipitaciones en una región seca (Beersheva, Israel).

registraron graves sequías durante los meses de invierno (mayo-octubre) en muchas regiones del sur de Brasil, del Paraguay y el norte de Argentina, que redujeron considerablemente las cosechas y causaron escasez de aguas y disminución en el abastecimiento de electricidad. Esta sequía hizo posible la expansión de incendios en el Estado de Paraná, donde cerca de 30.000 personas quedaron sin techo. En Chile, tormentas y serias lluvias causaron daños considerables a los cultivos. En la región costera del sur del Perú se produjeron inundaciones, mientras que en el norte la sequía afectó los arrozales. En el Caribe, un huracán acompañado de serias lluvias barrió el área y causó la pérdida de varios miles de vidas, la destrucción de decenas de miles de casas y graves daños a los principales cultivos de exportación: bananas y cacao (Cole, 1965).

### Precipitaciones y producción agrícola

En las regiones más secas, la información sobre la cantidad promedio de las lluvias tiene un valor limitado en la planificación de la

producción agrícola, a menos que se posea información adicional sobre su intensidad, su efectividad, la evapotranspiración potencial, etc. Esta información tiene importantes implicaciones en cuanto a las posibilidades de producción de los cultivos en general y a su intensificación en particular, o sea, en la clase de tecnologías mejoradas que pueden adoptarse y su adecuada aplicación en la administración del suelo, las prácticas de conservación, etc.

A causa de los patrones erráticos de las lluvias, las regiones áridas han estado siempre sujetas a sequías e inundaciones intermitentes, a una producción agrícola inestable con la consiguiente escasez de alimentos, falta de agua, etc.

La inseguridad en la provisión de aguas es una de las principales causas por las cuales los agricultores en las regiones áridas dudan de la adopción de nuevas variedades de semillas de mayor producción o del uso de insumos tecnológicos de capital intensivo, tales como fertilizantes.

### **Relación entre precipitaciones y rendimientos**

A pesar de la gran influencia de las precipitaciones sobre los niveles de rendimiento, no siempre éstos son directamente proporcionales a las precipitaciones. Generalmente los niveles de rendimiento se determinan por la cantidad de precipitaciones que exceden a la mínima básica que se requiere para permitir la maduración de un cultivo. Si por ejemplo, la precipitación mínima necesaria para el cultivo de cereales es de 250 mm, la reducción de sólo 25 mm, es decir, 225 mm de precipitaciones, conducirán a un gran fracaso. Contrariamente, 50 mm sobre la mínima, pueden duplicar el rendimiento.

He aquí, que aún el almacenaje de una cantidad pequeña de agua en el suelo, previa a la siembra, es importante para la agricultura de secano. Esta es la principal razón que justifica el mantenimiento de un período de barbecho, aún cuando este método malgaste, por lo general, tanto terreno como agua. La reacción a las lluvias adicionales dependerá también de la fertilidad del suelo.

Las precipitaciones pueden exceder también el nivel óptimo y así reducir los rendimientos, con respecto a climas secos; este hecho puede ser paradójico. Con todo, debe recordarse que la cantidad total de precipitaciones en una región semiárida puede igualar a la que caracteriza una región de clima húmedo, con la diferencia de que la primera se concentra en un período muy corto de tiempo. La precipitación media anual de Jerusalén es aproximadamente igual a la de Londres. Cuando estas precipitaciones se concentran en 4-5 meses del año, será fácil encontrar períodos en los cuales el grado de precipitación excede a la capacidad que tiene el suelo para absorber las lluvias. Como resultado, se producen considerables escorrentías superficiales. Sobre los suelos saturados de aguas, los nutrimentos vegetales son lixiviados más allá de las zonas de las raíces y los cultivos se afectan

adversamente a causa de las condiciones anaeróbicas, especialmente si las lluvias excesivas ocurren durante la estación fría.

Uno de los motivos del fracaso de extender los cultivos en varias áreas forestales del trópico de América Latina son las precipitaciones excesivas.

La distribución de las precipitaciones y su coincidencia, con una provisión abundante de humedad al terreno durante los períodos de máximo requerimiento de los cultivos, influyen también sobre el nivel de rendimientos. Un período de sequía durante la época de desarrollo de la espiga de los cereales podrá causar efectos más adversos sobre los rendimientos que si ocurre antes o después de la época mencionada.

El exceso de humedad después de la siembra puede reducir la germinación; fuertes lluvias durante la época del desarrollo de la espiga pueden causar el vuelco de las plantas y una fertilización deteriorada.

En climas monzónicos se pueden reducir considerablemente los rendimientos a causa del arribo tardío de la temporada lluviosa, las constantes precipitaciones durante un período prolongado o de largos períodos secos.

Finalmente debe hacerse notar que muchas de las áreas en los trópicos, cuyos regímenes de humedad son los más favorables por gozar de abundantes lluvias durante todo el año están cubiertas por una densa vegetación selvática que las hace más difíciles para el desarrollo de la producción agrícola (Fig. 1.2).

**Requisitos mínimos de lluvia para la producción de cultivos alimentados por aguas de lluvia.** En las regiones secas templadas y subtropicas, la línea divisoria entre regiones áridas se traza en regiones donde en el invierno caen 250-350 mm de lluvia, o donde en el verano caen 500 mm, pese a que ciertos factores locales pueden causar desviaciones de estas cifras (Koeppel y Long, 1958).

Sin embargo, en los trópicos es natural una evapotranspiración potencial de 1500 mm o más; en estas condiciones, la línea divisoria entre regiones áridas y semiáridas puede trazarse en los 900-1200 mm.

## **NIEVES**

Las nevadas en altitudes elevadas, cuando deshuelan lentamente, constituyen una importante fuente de abastecimiento de agua para muchas regiones; producen una corriente de agua que puede continuar aún durante el verano y son de gran utilidad para la recarga de las cuencas de aguas subterráneas.

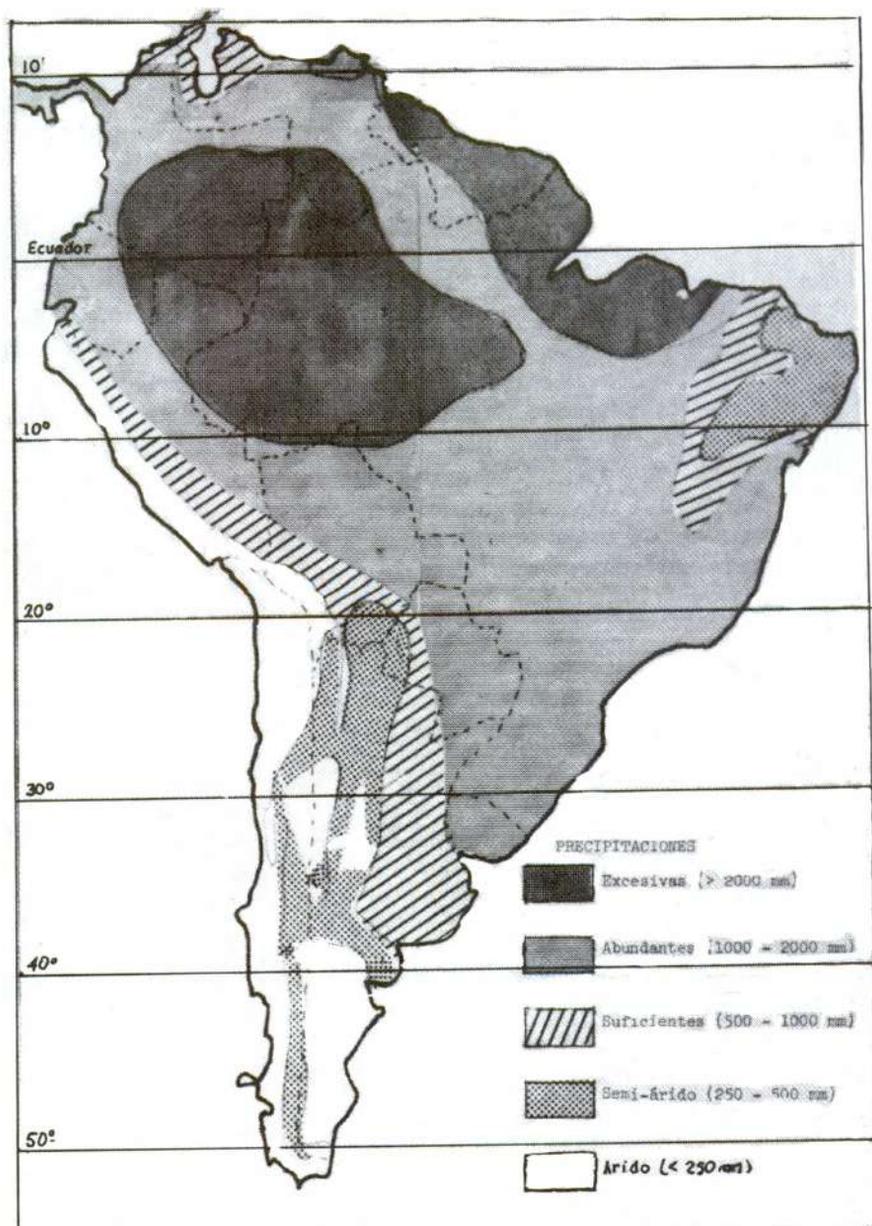


Fig. 1.2. Cantidades de precipitaciones en distintas regiones de América del Sur.

NOTA: el mapa y las regiones de precipitaciones presentados en la Fig. 1.2, no deben ser considerados como cartografía exacta. La intención es mostrar en forma esquemática la importancia relativa que tienen las distintas regiones de precipitaciones en América del Sur. (Los datos fueron tomados de varias fuentes).

## **ROCIO**

Cuando las superficies de las hojas o de las rocas, por ejemplo, irradian y pierden calor rápidamente, el aire que está en contacto con ellas también se enfría al descender la temperatura del aire por debajo de un punto crítico denominado "punto de rocío", el rocío se condensa sobre las superficies frías.

La fuente inmediata de rocío es la condensación del vapor de agua de la atmósfera. Este vapor es restituído desde la atmósfera libre (caída del rocío) y desde el suelo (destilación) y provee humedad que permite la continua condensación durante la noche. En caso de ser absorbido, la caída del rocío constituye una contribución real de humedad para la planta; la destilación transfiere la humedad disponible del suelo a la atmósfera.

La formación del rocío tiene lugar principalmente durante la noche puesto que depende del enfriamiento causado por la radiación de las superficies del suelo y de las hojas hasta que alcanzan temperaturas de punto de rocío. Los principales factores que contribuyen a la formación de rocíos son:

- a. el cielo claro, ya que la nubosidad reduce la radiación de la tierra y las plantas;
- b. la baja velocidad de los vientos, pues de otra manera las turbulencias en la atmósfera baja evitan el descenso de las temperaturas;
- c. la alta humedad en el aire, tal que el punto de rocío sea alcanzado después de un pequeño enfriamiento;
- d. la vegetación con baja capacidad calórica, de ramaje abierto y follaje extenso y de tal alto que facilite la pérdida de la radiación.

La cantidad total de la caída del rocío rara vez excede 1 mm por noche.

### **Efectos del rocío sobre el crecimiento de las plantas**

La absorción del rocío varía mucho de acuerdo a las distintas especies de plantas; se encontró que la absorción depende de la intensidad y duración de la caída del rocío y también del régimen de humedad del suelo, siendo más alta en condiciones de secano que bajo sistemas de regadío (Waisel, 1968).

El rocío sólo puede proveer una pequeña porción de los requerimientos de agua de una planta normal transpirante, pero puede ser de gran importancia para las plantas que sufren de deficiencia de agua.

Tal como ocurre de noche, el rocío puede acelerar el proceso de restauración de la turgencia de las hojas y por la mañana postergar la iniciación de un nuevo período de sufrimiento por déficit de agua, (Slatyer, 1967). Es por eso que el rocío en las zonas áridas puede ser beneficioso para el crecimiento de las plantas y aporta una contribución positiva al balance fisiológico de agua. Sin embargo, estos beneficios son probablemente de poca significación dado que en climas estivales de cielo claro en un clima árido, la relación entre la condensación potencial y la evaporación es de aproximadamente 1:4 (Monteith, 1963).

La tensión más severa que sufren las plantas a causa del abastecimiento inadecuado de agua, ocurre durante las horas más calurosas del día, mucho después de que el rocío se evapora completamente.

## NEBLINAS

La niebla se forma cuando una masa cálida de aire saturado reemplaza súbitamente a una masa fría de aire seco sobre una superficie fría. Durante las noches nubladas y oscuras, este reemplazo puede causar el depósito de grandes cantidades de agua sobre las plantas y la superficie del suelo.

El fenómeno de la neblina ocurre frecuentemente a lo largo de las regiones costeras estrechas, al borde de los océanos con corrientes frías que corren paralelamente a la costa. Este fenómeno afecta el crecimiento de las plantas a causa de la alta humedad del aire, el humedecimiento de sus partes aéreas y de la superficie del suelo. No existen datos exactos acerca de la cantidad de humedad que suple la neblina al balance hídrico de la planta, pero tanto el tipo como la densidad de la vegetación parecen estar influenciados por la frecuencia de las neblinas.

Cuando la nube se sitúa en las lomas de la cordillera de la costa, o al pie de los Andes, la densa llovizna, denominada garúa, proporciona suficiente humedad como para hacer posible un frondoso crecimiento de plantas de rápido florecimiento, conocidas en Perú como "loma". Esta zona de lomas se extiende aproximadamente desde 850 m sobre el nivel del mar hasta 1500 m, y proporciona zonas de pastoreo durante la temporada de nubes.

La ocurrencia frecuente de las neblinas o brumas, al reducir la evapotranspiración, puede incrementar en forma considerable, la humedad efectiva de una región. En algunos desiertos donde no ocurren precipitaciones durante varios años consecutivos, crece un tipo de vegetación que satisface sus necesidades de agua con las nieblas o brumas. El desierto de Atacama en el norte de Chile y del Perú y el desierto de Namib, en Sudáfrica, son regiones típicas donde ocurre este fenómeno.

## **HUMEDAD RELATIVA**

La humedad relativa posee un efecto considerable sobre la evapotranspiración y por ende sobre los requerimientos de agua de las plantas. En las regiones áridas, la humedad relativa tiende a ser baja, comúnmente con valores de 12-30% durante el medio día. La baja humedad en combinación con las altas temperaturas, aumentan la dificultad de mantener un adecuado abastecimiento de agua a las plantas.

La humedad absoluta no siempre es baja. El aire desértico puede contener una cantidad considerable de vapor de agua debido a las altas temperaturas. Durante las noches más frescas el rocío puede atenuar la sequedad. La alta humedad relativa puede compensar en forma parcial las pocas precipitaciones en regiones donde prevalecen los vientos costeros provenientes del mar.

Pueden existir considerables variaciones en la humedad relativa, que dependen de la dirección de los vientos dominantes. La alta humedad relativa característica de los trópicos húmedos, constituye un factor de incomodidad mayor que las altas temperaturas que prevalecen en estas regiones.

## **RADIACION SOLAR**

Las regiones secas se caracterizan por un cielo claro, tanto de día como de noche, lo que permite que una gran cantidad de energía solar alcance la superficie terrestre. Gran parte de esta energía se pierde debido a la radiación devuelta a la atmósfera y al espacio, usada para calentar el suelo, y por la evapotranspiración. En contraste, las regiones húmedas se caracterizan por un alto grado de nubosidad.

La energía solar provee dos necesidades esenciales a las plantas:

- a. luz para la fotosíntesis y otras funciones de la planta, tales como: germinación de la semilla, expansión de la hoja, crecimiento de los tallos y vástagos, floración, desarrollo de los frutos y dormición;
- b. condiciones térmicas para el funcionamiento fisiológico normal de la planta.

## **LUZ**

Las tres características de la luz que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas son: la duración, la intensidad y la calidad (longitud de onda).

## **Duración**

La duración de la luz es de gran importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas. El efecto fotoperiódico, es decir, la duración relativa de los períodos de luz y oscuridad sobre la vegetación y los estadios reproductivos del desarrollo, es bien conocido. En base a los requerimientos fotoperiódicos para la iniciación de la floración, las plantas se clasificaron en tres tipos: plantas de día largo (generalmente más de 14 horas), plantas de día corto (menos de 10 horas) y plantas neutrales o indiferentes que requieren 12 a 14 horas para iniciar la floración. La duración de la noche o de una completa oscuridad es, por lo general, más importante que la duración de la luz del día.

La mayoría de los cultivos tropicales típicos son plantas de día corto (requieren noches largas para florecer), mientras que los cultivos de altitudes elevadas son generalmente plantas de día largo.

Ciertas plantas poseen diferentes requerimientos fotoperiódicos para florecer en diversas etapas de su desarrollo. El trigo, por ejemplo, es una planta que inicia su floración en día neutro, pero requiere un día largo para el desarrollo de los frutos.

El control del período de floración es un atributo de gran importancia en la adaptabilidad de un cultivo a un medio ambiente dado. Entre todas las condiciones climáticas periódicas, el fotoperíodo es la más predecible y varía en forma regular para cada latitud. Esta habilidad para responder al fotoperíodo provee a la planta de un mecanismo confiable para asegurar que la formación de las semillas se produzca en un período adecuado, cuando sean óptimas las condiciones de temperatura, humedad y luz requeridas para esta formación.

## **Duración del día**

La duración del día es en gran parte una función de la latitud. Durante el equinoccio la duración del día es prácticamente la misma en todas las latitudes. Al principio del verano, la duración del día es de 13-14 horas entre las latitudes de 10° a 30°; de 14-16,5 horas en las latitudes medias de 30° a 50° y de aproximadamente 19 horas en la latitud de 60°.

Mientras que una fotosíntesis óptima requiere altas intensidades de luz, los procesos de formación inducida por influencia del fotoperíodo están generalmente gobernados por intensidades muy bajas de luz.

La gran cantidad de radiación solar en las regiones desérticas, que puede llegar al 75-90% de la radiación factible total, representa la mayor aserción potencial para el uso de estas zonas en la agricultura. Aún durante los meses invernales, la radiación solar es abundante en áreas semiáridas con precipitaciones invernales.

Las regiones áridas, ya sean severas o leves, y las semiáridas, están mejor dotadas de largas horas de brillante radiación solar combinada con temperaturas moderadamente altas que cualquier otra zona del mundo.

La irrigación permite controlar bastante el régimen de humedad en áreas extensas, mientras que el régimen de energía no puede modificarse en forma económica, excepto bajo las limitadas condiciones que ofrecen los invernaderos. Por lo tanto, si fuera posible lograr un amplio suministro de agua por medio de la irrigación, los rendimientos que podrían lograrse serían mayores que en cualquier otra región (Davidson y Philip, 1958).

CUADRO No. 1.1. Comparación de la radiación solar anual en diversas regiones.

Localidad	Tipo de vegetación	Período de radiación (horas)	Porcentaje de máxima radiación posible
Yuma, Arizona	desierto	3900	89
Kano, Nigeria	estepa	3002	68
Yangambe, Congo	bosque selvático	1861	42

Las mayores cifras de energía radiante se encuentran también en las latitudes subtropicales y en la región del Mediterráneo tal como se ilustra en el Cuadro 1.2.

CUADRO No. 1.2. Comparación de la radiación solar anual entre dos lugares en la región del Mediterráneo y en la región templada, respectivamente.

Localidad	Recepción anual de radiación total (Kcal)	Variaciones estacionales ( $\text{cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ )
Algeria	160	200 – 700
Islas Británicas	85	50 – 450

### Intensidad de luz y rendimiento de los cultivos

La luz es el factor de mayor importancia para la actividad fotosintética de un cultivo, puesto que es la fuente de energía de todo el

proceso. La utilización de la luz por el cultivo posee dos limitaciones: el máximo rendimiento cuantitativo a bajas intensidades y la saturación de luz a altas intensidades (Loomis y Duncan, 1967).

### **Requerimientos mínimos de luz**

Se ha determinado que a bajas intensidades de luz existe una relación lineal entre la intensidad de la luz y el grado de fotosíntesis para una hoja determinada. Teóricamente la fotosíntesis es posible a cualquier intensidad de luz por más baja que sea, pero en la realidad, la respiración predomina cuando la intensidad es baja. La intensidad de la luz puede variar considerablemente. La máxima intensidad de la luz solar bajo un cielo estival sin nubes, puede llegar a 100.000-130.000 bujías-metro, cuando se mide en una superficie horizontal. Si el cielo está cubierto de nubes, la luz puede reducirse en un 60-70%.

### **Saturación de luz**

Cuando se incrementa la intensidad de la luz, la fotosíntesis de una hoja dada obedece a la "ley de disminución de las retribuciones". Intensidades de luz muy altas pueden incluso poseer un efecto inhibitorio sobre la fotosíntesis. Este fenómeno se conoce como "solarización" (Wang, 1963).

En el campo, sin embargo, la luz no se distribuye en forma homogénea sobre la superficie fotosintética sino que sufre reflexiones y se transmite a través de 3 a 7 capas de hojas, lo cual produce un decrecimiento exponencial de su intensidad al pasar a través de varias capas absorbentes. Las hojas totalmente expuestas, en la parte superior de las plantas, pueden llegar a absorber varias veces la cantidad necesaria de luz para saturación y de esta forma absorber una gran proporción de la energía luminosa disponible, sin aumentar el grado de la fotosíntesis.

Por lo tanto intensidades muy altas de luz rara vez podrán llegar a saturar todas las partes de la planta y el grado de fotosíntesis del follaje en su totalidad continuará creciendo hasta intensidades muy altas de luz, dado a que una cantidad mayor de hojas en todo el follaje llegan al punto de saturación de luz.

La eficiencia fotosintética en escala mundial, es menor al 1% debido a deficiencias en la nutrición, suministro limitado de humedad, protección vegetal inadecuada, etc.

En áreas con agricultura avanzada son comunes las eficiencias del orden de 2-2,5%. En contraste el promedio en la producción de cultivos en India es de 0,03% (Army y Greer, 1967).

## **Requerimientos de sombra**

La gran intensidad de luz en las regiones subtropicales y tropicales ha conducido al desarrollo de un gran número de plantas adaptadas al crecimiento bajo las copas de árboles en los bosques tropicales húmedos. El café y el cacao son ejemplos típicos de los “cultivos de sombra”. Existen muchos otros cultivos que se benefician con un cierto grado de sombra durante las primeras etapas de su desarrollo.

## **TEMPERATURA**

Desde el punto de vista de la producción agrícola existen cinco cinturones principales de temperatura que se describen a continuación (Klages, 1942):

- a. Los trópicos, en los cuales la temperatura media permanece constantemente superior a los 20°C.
- b. Los subtrópicos, en los que la temperatura media excede los 20°C, durante 4 a 11 meses.
- c. El cinturón templado, con temperaturas medias de 10 a 20°C durante 4 a 12 meses.
- d. El cinturón frío, en el cual existen sólo 1 a 4 meses con 10 a 20°C.
- e. El cinturón polar, con promedio de -1°C y sin meses con temperatura superior a los 10°C.

Dado que la vasta mayoría de los países en desarrollo se encuentra en los trópicos y subtrópicos, lo que se trata aquí concierne mayormente a estos dos cinturones.

## **Efectos de la temperatura sobre la producción de los cultivos**

Las plantas pueden crecer solamente entre ciertos límites de temperatura. Cada especie y variedad poseen límites óptimos de temperatura y temperaturas óptimas para las diferentes fases de crecimiento y las diversas funciones así como límites letales superior e inferior.

Los cultivos típicamente tropicales, tanto anuales como perennes, son particularmente sensibles a las bajas temperaturas. Por ejemplo, las plantas de arroz y algodón, aún cuando maduras, se exterminan por la exposición a 5°C durante 60 horas. Por otra parte las hojas de la caña de azúcar, del maíz y el sorgo se dañan seriamente si se exponen a 2-5°C (Klages, 1942).

Se ha visto que el grado de fotosíntesis está supeditado a la luz que existe. Sin embargo, la luz es de importancia en un sólo aspecto del proceso fotosintético, como fuente de energía para la reducción del anhídrido carbónico a hidratos de carbono.

Existen ciertos procesos bioquímicos que preceden o siguen a la reducción del anhídrido carbónico que son afectados principalmente por la temperatura. Mientras la luz sea el factor limitante, la temperatura posee un efecto muy reducido sobre el grado de fotosíntesis. Sin embargo, cuando la luz no es limitante, los procesos bioquímicos asociados a la fotosíntesis se transforman en factores limitantes realzando en esta forma el efecto de las temperaturas favorables sobre el grado de fotosíntesis.

Las temperaturas altas aceleran los procesos del crecimiento y rara vez son por sí mismas la causa directa de la muerte de las plantas, siempre que el suministro de agua sea adecuado. Sin embargo, más allá de un cierto límite determinado por el cultivo, el estadio de desarrollo y el proceso fisiológico involucrado, las temperaturas altas poseen efectos adversos sobre la producción de los cultivos.

El retardo en el crecimiento y las dificultades en la fertilización, aún en cultivos termófilos como el maíz y el sorgo, ocurren a temperaturas que están aún por debajo del límite letal. Los efectos adversos de las temperaturas excesivas generalmente están determinados por la falta de humedad disponible. Este daño es agravado por la presencia de vientos cálidos y secos.

Las temperaturas altas impiden la producción de la mayoría de los cultivos temperados de las tierras bajas del trópico de América Latina.

En América Latina las temperaturas muy altas son poco comunes. No hay zonas en la región, con excepción de una pequeña área de México en la cuenca del Río Colorado, donde ocurren temperaturas que exceden de los 43°C durante más de 15 días. Las únicas partes, fuera del área mencionada, donde a veces existen tales temperaturas en cualquier época del año, es en el norte de Argentina y parte del Mato Grosso. A pesar de que el promedio más alto de temperaturas se encuentra en el Ecuador, las temperaturas absolutas más altas se producen en el límite entre las latitudes medias y altas, durante los meses del verano.

## **Heladas**

Durante las noches con cielo despejado, puede producirse una considerable radiación desde la tierra. El rápido enfriamiento de la tierra durante la noche causa la inversión de temperaturas; el aire en las cercanías del suelo se hace más pesado y no asciende. Por lo tanto, las temperaturas nocturnas al nivel del suelo son particularmente bajas en el desierto y pueden alcanzar el punto de congelamiento aún después de un día caluroso. El aire frío tiende a fluir hacia los lugares

bajos, provocando la aparición de focos de heladas dentro de un área que generalmente está libre de ellas. La incidencia de las heladas exterminadoras en zonas frías determina la duración de la estación de crecimiento para los cultivos sensibles a tales temperaturas, como el maíz y el sorgo. Estos cultivos están prácticamente limitados al intervalo de tiempo entre la última helada de la primavera y la primera helada exterminadora del otoño. Cuanto más corto sea este período, deben cultivarse variedades de maduración más temprana con el consecuente decrecimiento de la capacidad potencial de rendimientos. Un cultivo forrajero, tal como la alfalfa, puede someterse a tres cortes si se cultiva en regiones con heladas exterminadoras, mientras que si se cultiva en regiones con inviernos leves puede llegarse a diez cortes.

Las heladas ocasionales y excepcionales en las regiones cálidas pueden llegar a producir daños considerables, ya que los cultivos de tales regiones son generalmente muy susceptibles a las bajas temperaturas; por lo tanto, los cultivos estrictamente tropicales como la palma de aceite, el caucho, el cacao y el banano, deben plantarse sólo en regiones cuyas temperaturas permanezcan constantemente por encima de los niveles peligrosos para tales cultivos. Un conocido ejemplo es la destrucción de grandes áreas de plantaciones de café en el sudeste de Brasil, causada por las heladas. Por esta razón, estos cultivos susceptibles están generalmente confinados a las tierras bajas de los trópicos, desde el nivel del mar hasta los 200-300 m de altitud. Los cultivos subtropicales perennes, tales como los cítricos, son menos susceptibles a los daños causados por el frío.

## VIENTOS

Vientos de gran potencia pueden causar considerables pérdidas al suelo debido al proceso denominado erosión eólica. En las regiones secas, las tormentas de polvo son frecuentemente fenómenos concomitantes de los movimientos de los vientos. Gran parte del polvo es transportado a distancias considerables, formando depósitos de suelos llamados loess en las zonas vecinas.

Por otra parte las partículas más pesadas de arena transportadas por el viento son abrasivas para la superficie del suelo.

Los vientos afectan al crecimiento desde el punto de vista mecánico y fisiológico. Las partículas de arena y polvo que el viento transporta dañan los tejidos de las plantas. Las plántulas tiernas pueden ser cubiertas completamente o quedar expuestas sus raíces por causa de vientos de gran potencia.

Los efectos fisiológicos de los vientos consisten principalmente en el incremento de la transpiración por una parte, y la evaporación del suelo por otra.

Las regiones áridas se encuentran bajo la influencia de los vientos originados sobre el mar o los desiertos.

Durante el verano, las regiones desérticas se calientan a altas temperaturas; el aire caliente asciende causando la incursión de los vientos de regiones cercanas. Si estos vientos pasan sobre un océano, se cargan de humedad. En esta forma se originan los vientos monzónicos, tales como los que invaden el Sahara desde el sudoeste durante el verano septentrional.

Durante el invierno ocurre el efecto contrario: las áreas desérticas son más frías que las áreas tropicales adyacentes y los vientos soplan desde los desiertos, en dirección a las áreas tropicales. Estos vientos son fríos y secos al principio de la estación pero se transforman progresivamente en cálidos y más secos aún durante el verano.

La existencia de sistemas de baja presión en el interior del continente parece ser la causa principal del movimiento hacia adentro de grandes cantidades de humedad, que son las responsables de las serias precipitaciones del verano en casi todas las regiones tropicales de América Latina, con excepción de la árida costa oeste de sotavento de los Andes y en el noreste.

La lluvia de verano sudamericana se parece al tipo del monzón, pero debido a que el continente en general es más cálido como término medio en cada estación, que los mares que lo rodean, no se produce un deslizamiento de aire de alta presión como el que se produce desde el interior de Asia.

Los ciclones tropicales o los huracanes ocurren frecuentemente en ciertas regiones de América Latina. Estas tormentas se originan en la costa africana y se deslizan hacia el oeste a lo largo de dos rutas principales: una cruza el Caribe hacia el Canal de Yucatán, prosiguiendo después a través del Golfo de México y la otra pasa al este de Puerto Rico y cruza las Bahamas. Los huracanes, además de los daños directos que causan, traen consigo un exceso de precipitaciones. El daño que causan a la agricultura puede ser catastrófico en las áreas afectadas. El banano, en particular, que es un cultivo vulnerable a los daños causados por el viento y ampliamente cultivado en la región de los huracanes, sufre considerablemente. Los daños extensivos pueden afectar no sólo al cultivo de los árboles, sino también a las plantaciones de caña de azúcar y a los arrozales.

Se deben tomar en cuenta estos riesgos en la planificación del desarrollo agrícola de la región.

En contraste, los vientos moderados producen un efecto beneficioso sobre la fotosíntesis, por el continuo reemplazo del anhídrido carbónico absorbido por la superficie de las hojas.

### **Cercos de protección**

El efecto del plantado de cercos de protección de árboles sobre la producción de los cultivos en las regiones con fuertes vientos se ha estudiado en detalle. Los cercos de protección son eficaces para el incremento de la humedad del suelo, la moderación de los vientos

cálidos y secos y la creación de un habitat para las formas de vida silvestre. Los cercos también hacen descender el ámbito de temperaturas y como resultado mejora la productividad del cultivo.

La reducción de la velocidad del viento se manifiesta a sotavento en una distancia promedio de 30 veces la altura del cerco protector, mientras que a barlovento se manifiesta en una distancia de 5 veces esta altura, con una velocidad media del viento de 30 Km por hora.

Se ha determinado que a sotavento la zona de influencia sobre los rendimientos de los cultivos es de aproximadamente 20 veces la altura de los árboles, siendo este efecto máximo dentro de una distancia de diez veces la altura de los árboles (Stoeckler, 1962).

Si el rompevientos es demasiado denso, el aire desciende abruptamente por detrás de él en dirección al suelo. Por esta razón, es menos efectivo que un rompevientos con un cerco moderadamente cerrado. Generalmente se usan árboles para la construcción de cercos de protección; sin embargo en regiones cálidas pueden usarse el bambú, las plantas de ricino y el pasto elefante como efectivos rompevientos.

Los fracasos en la erección de cercos de protección se deben por lo general, al establecimiento deficiente de estas plantas, descuidos en los primeros estadios o suministro inadecuado de agua.

## PERDIDAS DE AGUA DEBIDO A FACTORES CLIMATICOS

Las pérdidas de agua pueden ser de dos tipos: **evaporación** o pérdidas de agua del suelo y **transpiración** o pérdidas de agua de las plantas.

### EVAPOTRANSPIRACION

Un suelo de superficie descubierta y húmeda pierde agua por evaporación aproximadamente al mismo ritmo que una superficie de agua libre en igualdad de exposición y temperatura.

En las regiones áridas las pérdidas de agua por evaporación desde el suelo son muy bajas, siendo la transpiración de las plantas el principal componente en esas pérdidas. La superficie del suelo se seca con rapidez previniendo de esta forma la pérdida de agua en las capas inferiores. La cantidad de agua que se traslada desde estas capas húmedas hacia la superficie, debido a procesos de capilaridad o de difusión de vapor, es muy pequeña. Con posterioridad al secado de la capa superior del suelo, que ya no contribuye a la evaporación, las plantas continúan absorbiendo agua de las capas húmedas inferiores. La alta conductividad del agua en las plantas substituye la deficiencia parcial de la evaporación desde la superficie del suelo seco. Por lo tanto, la cobertura vegetal mantendrá el mismo nivel de pérdidas de agua por un cierto tiempo, siendo mayores estas pérdidas cuanto más densa sea la cobertura de las plantas. No obstante, a medida que el

agua disponible se agota, esta disminución en la disponibilidad compensa el efecto de una cobertura vegetal mayor sobre las pérdidas de agua. Por lo tanto, pasado un tiempo determinado, la densidad de la cobertura vegetal no tiene ningún efecto sobre la pérdida de agua. Por el contrario, las pérdidas por evaporación de suelos irrigados pueden ser considerables en especial si son irrigados levemente y a intervalos frecuentes.

En mediciones de campo es difícil distinguir entre estas dos fuentes de pérdidas. En general son estimadas en conjunto bajo la denominación de **evapotranspiración (ET) o uso consuntivo**. Cuando el suministro de agua es ilimitado, la evapotranspiración es igual a la evaporación de una superficie de agua libre y puede alcanzar los mayores niveles posibles bajo las condiciones prevalecientes de radiación, velocidad del viento, temperatura, humedad del aire, etc. En este caso se usa la denominación de **evapotranspiración potencial (ETP)**.

Debido a que no es posible ni económico mantener un suministro ideal de agua durante todo el período de crecimiento del cultivo, en la práctica la ET real siempre será menor a la ETP.

Investigaciones sobre los requerimientos de agua de los cultivos han demostrado que en un gran número de casos pueden alcanzarse rendimientos altos con grados de ET que están muy por debajo de la ETP. En otras palabras, es posible lograr rendimientos altos aún cuando el nivel de la humedad del suelo no sea mantenido constantemente a nivel de capacidad de retención de agua.

#### **MÉTODOS PARA LA DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL. (Calculando el balance energético, Penman, 1948).**

Este método para calcular la evapotranspiración potencial está basado en la suposición de que, siendo la transpiración en efecto, la evaporación de agua de la superficie de una planta, el grado de transpiración estará regido por los mismos factores físicos que controlan la evaporación. Por lo tanto, la evapotranspiración puede considerarse como un fenómeno físico que requiere energía para suplir el calor de vaporización necesario al proceso.

La temperatura del aire, la humedad atmosférica y el grado de nubosidad son los principales factores en este proceso, mientras que las diferencias en la reflexión desde la superficie del suelo o la cobertura vegetal son de menor importancia. Como resultado, el grado de pérdida de agua de un cultivo verde corto de activo crecimiento, que cubre por completo con su sombra la superficie del suelo y con cantidades ilimitadas de agua, se considera que es aproximadamente igual a una superficie libre de agua o sea igual a la ETP.

Por lo tanto, **dentro de ciertas restricciones**, la ETP es independiente del tipo de cultivo y el suelo sobre el cual crece y está determinada por el clima reinante.

Penman (1948), estableció una fórmula para calcular el balance energético y deducir de ella los valores de ETP por medio del uso de datos meteorológicos y aerodinámicos apropiados\*.

### **Fórmulas empíricas basadas en datos meteorológicos**

Se han establecido un cierto número de fórmulas empíricas para el cálculo de la ETP, basadas en las siguientes suposiciones:

- a. Existe una correlación directa entre la necesidad estacional de agua y la temperatura, la duración del día y la duración del período de crecimiento.
- b. Es posible descartar otros factores climatológicos, tales como la velocidad y la dirección del viento, la humedad atmosférica relativa, la intensidad de luz, etc.

Los factores mencionados influyen sobre el requerimiento de agua de los cultivos. Sin embargo, se decidió utilizar un número mínimo de factores meteorológicos sobre los cuales existen datos disponibles, con la intención de establecer una fórmula simple de carácter práctico y fácil para determinar los requerimientos de agua.

En el método desarrollado por Thornthwaite (1948) se seleccionaron la temperatura y la duración del día, mientras que otros factores se descartaron debido a que éstos variaban de acuerdo a la temperatura y a que la transpiración era activa principalmente durante las horas de luz del día.

Blaney y Criddle (1962), expresaron la opinión de que los requerimientos de agua de diferentes cultivos no son idénticos, y aún bajo condiciones idénticas de temperatura y duración del día. Por lo tanto, propusieron la determinación experimental de un coeficiente  $k$  empírico y específico para cada cultivo. La fórmula de Blaney y Criddle (1962), para la determinación del requerimiento de agua será por lo tanto:  $U = k \times F$ , siendo  $U$  el uso consuntivo del cultivo (o sea la ET) expresado en pulgadas para cada período;  $k$  es el coeficiente empírico;  $F$  es la suma del factor mensual de uso consuntivo;  $(f) : f = t \times p$ , donde  $f$  es el factor mensual de uso consuntivo;  $t$  es la temperatura media mensual y  $p$  el porcentaje mensual de horas del día del año. Las mediciones determinadas en cultivos irrigados en áreas áridas y semiáridas permitieron establecer los siguientes valores de  $k$ :

---

(\*) Promedio diario de horas de sol, temperatura, humedad y velocidad del viento a una altura de dos metros.

alfalfa = 0,85; maíz = 0,80; algodón = 0,65; pasturas = 0,70 y arroz = 1,20.

Experimentos realizados en Israel, demostraron que los resultados de las investigaciones de campo destinadas a determinar el óptimo requerimiento de agua concuerdan bien con los óptimos calculados de acuerdo a la fórmula de Blaney y Criddle (1962).

### **Determinación directa de la ETP**

El denominado **recipiente de evaporación Clase A**, que permite el registro diario de pérdidas de agua, es el aparato usado más comúnmente para la determinación directa de la ETP.

La tasación de los valores comparativos de los diferentes métodos para la determinación de la ETP, Stanhill (1961), demuestra que los resultados más correctos, basados en una teoría exacta, se obtienen calculando el balance energético de acuerdo a Penman (1948). No obstante, estas apreciaciones del balance energético están basadas en la suposición de que el agua es ilimitada. En las regiones áridas el agua es generalmente un factor limitante y aún la irrigación raras veces se planifica para mantener condiciones de humedad no limitantes en forma continua.

La situación real en las regiones áridas se caracteriza por períodos intermitentes de bajo suministro de humedad y suministro casi continuo de alta energía. Bajo tales condiciones, es necesario modificar la suposición de que la evapotranspiración es básicamente un fenómeno físico, dictado exclusivamente por factores meteorológicos y debe tomarse en cuenta la reacción de la planta ante situaciones de sufrimiento por deficiencia de humedad y flujo restringido de agua en un suelo no saturado.

El recipiente de evaporación Clase A es el método práctico más usado y de una exactitud satisfactoria.

La utilidad de los métodos meteorológicos empíricos (Thornthwaite, 1948, Blaney y Criddle, 1962) para la determinación de los requerimientos de agua o el uso consuntivo estacionales, fue establecido después de haberlo ajustado a las condiciones de las regiones áridas.

La información obtenida puede utilizarse para la planificación de grandes proyectos de irrigación y de planes de granjas individuales. Estos métodos son también útiles para planificar la distribución del agua disponible de una granja destinada a diferentes cultivos, para asegurar su uso más económico y eficiente. El hecho de no tomar en cuenta la reacción diferencial de ciertas plantas o las condiciones de humedad del suelo en diferentes estadios del desarrollo, es una desventaja importante de los métodos de calcular las necesidades de irrigación de un cultivo en base a los datos climáticos. Por ejemplo, ciertas plantas pueden responder mejor a la irrigación en ciertos pe-

ríodos y pueden tolerar condiciones de gran sequedad en otros estadios.

El objeto de la irrigación no reside en mantener un grado máximo de transpiración que conducen a una máxima producción de materia seca, sino en producir el máximo rendimiento del producto comerciable por unidad de agua aplicada. Este objetivo requiere una flexibilidad considerable en el régimen de humedad mantenida durante los diferentes estadios de crecimiento del cultivo.

Por lo tanto, el uso más efectivo del agua para la irrigación requiere una integración de ambas actitudes. El agua deberá aplicarse en estadios sensibles y la irrigación se postergará a otros estadios de crecimiento, hasta que la estimación del déficit de humedad del suelo en base a datos climáticos muestre que se ha alcanzado un déficit limitante predeterminado en forma específica para un cultivo dado, en un suelo dado.

### **USO CONSUNTIVO O REQUERIMIENTOS REALES DE AGUA (EVAPOTRANSPIRACION REAL)**

Los requerimientos reales de agua de un cultivo están determinados por:

- a. la evapotranspiración potencial, que integra las condiciones climáticas;
- b. el régimen de humedad del suelo (pF); y
- c. la naturaleza del cultivo y sus reacciones fisiológicas ante condiciones en las cuales la planta sufre por deficiencia de humedad.

### **RELACION ENTRE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL (ET) Y LA ETP**

La relación entre la ET real y el régimen de humedad del suelo está influenciada por la estructura del suelo, su capacidad de almacenamiento de agua, la naturaleza del cultivo y el grado de ETP propiamente dicho.

Slatyer 1967, demostró que la ET real declina progresivamente en relación a la ETP, a medida que disminuye la cantidad de humedad disponible en el suelo. Los valores iniciales de ET son aproximadamente iguales a los de ETP, en condiciones de capacidad de campo. La diferencia en el grado de declinamiento de ET en diferentes cultivos se vuelve aparente a medida que se incrementa la tensión de humedad en el suelo.

El sorgo mantiene la ET a un nivel relativamente alto durante cierto tiempo, debido a su extenso sistema de raíces y a una mayor

habilidad de soportar la desecación atmosférica. En el caso del algodón y el maní, que tienen un sistema de raíces menos extenso y eficiente, la ET se reduce casi inmediatamente después de que comienza el agotamiento del suelo.

## **CONTENIDO DE ANHIDRIDO CARBONICO EN LA ATMOSFERA**

El contenido de anhídrido carbónico en la atmósfera es de importancia capital para el crecimiento de las plantas. La fotosíntesis es aproximadamente proporcional a la concentración de  $\text{CO}_2$  en el aire que circunda el follaje del cultivo. La descomposición de residuos orgánicos por medio de microorganismos es una fuente importante de  $\text{CO}_2$ , aunque esta "respiración del suelo" no es suficiente para permitir altos grados de fotosíntesis (Moss, Musgrave y Lemon, 1961).

La concentración del anhídrido carbónico en la atmósfera, cuyo valor normal es de aproximadamente 0,03% en volumen, puede variar considerablemente entre la mitad y varias veces más la cifra antedicha. Los niveles pueden ser muy inferiores a 0,03% en campos con cultivos densos en crecimiento, en caso de no existir vientos. No obstante, la reducción en el grado de fotosíntesis debida a un déficit local de  $\text{CO}_2$  rara vez excederá el 20%.

En caso de poseer justificación económica, el incremento de la concentración de anhídrido carbónico podrá influenciar considerablemente el rendimiento de los cultivos, sobre todo si al mismo tiempo prevalecen temperaturas favorables y una alta intensidad de luz.

## **MICROCLIMATOLOGIA**

La microclimatología concierne a las propiedades del medio ambiente en la zona limitada por los mayores niveles alcanzados por las plantas y las mayores profundidades en las cuales el aire penetra dentro del suelo (Albe, 1958).

## **EL MICROCLIMA A NIVEL DE LA PLANTA**

El microclima de la zona que está justo sobre el cultivo y bajo su follaje (ecoclima) está influenciado por el cultivo y puede ser muy diferente al clima en el medio ambiente circundante. El clima de la zona adyacente a la superficie del suelo, puede alterarse incluso por plántulas emergentes que reducen el movimiento del aire y proyectan su sombra sobre el suelo. Los límites extremos de temperaturas en la superficie del suelo pueden duplicar las temperaturas registradas en la pantalla meteorológica usual, a medida que las plantas crecen.

El ecoclima puede ser más húmedo y frío que la atmósfera por encima del cultivo, lo cual puede crear condiciones que favorecen la difusión de ciertas enfermedades. La temperatura de las hojas a la luz del día puede ser mayor que la temperatura del aire durante el día y menor que esta temperatura durante la noche. La intensidad y la calidad de la luz, cambian a medida que la luz atraviesa el follaje de la planta.

## **EL MICROCLIMA DEL SUELO**

El clima del suelo puede ser muy diferente al de la atmósfera por encima de él. La superficie del suelo absorbe sólo parte de la radiación que le llega y la cantidad reflectada denominada "albedo" depende de ciertas características de su superficie.

La temperatura de la capa superior del suelo, es superior a la temperatura de la atmósfera por encima de ella. Las fluctuaciones diarias de la temperatura son menores a medida que se profundiza en el suelo y cesan prácticamente a una profundidad de 50 cm. A una profundidad de 1 a 3 m las temperaturas son bastante estables durante todo el año (Migahid, 1962). La temperatura del suelo posee una influencia considerable sobre el crecimiento de las plantas y los microorganismos. La mayor parte de los cultivos que crecen en las regiones áridas son favorecidos por suelos cálidos (20 a 30°C) y húmedos.

## **CLASIFICACION DE LOS CLIMAS**

### **METODO DE THORNTHWAITE**

La clasificación de los distintos tipos de climas se ha sugerido en distintas oportunidades basándose en la **cantidad** de precipitaciones y su efectividad por una parte, y en las temperaturas, por otra. Ninguna de las clasificaciones desarrolladas puede considerarse ideal en el sentido de que sea simple y completa, que los criterios sean completamente objetivos y que los criterios climáticos estén perfectamente relacionados a la vegetación natural, los tipos de suelos y el uso de la tierra.

La clasificación de Thornthwaite está basada en dos elementos: 1) el abastecimiento de agua en forma de precipitaciones; y 2) los requerimientos de agua resultantes de la evapotranspiración. La precipitación y la evapotranspiración se deben a diferentes causas meteorológicas y pueden ser marcadamente diferentes una de otra, tanto en cantidad como en su distribución estacional. En principio, Thornthwaite define un clima como húmedo cuando la precipitación excede a la evapotranspiración. Cuando la evapotranspiración es marcadamente superior a la precipitación, el clima se define como seco.

Posteriormente, Thornthwaite diferencia entre la **evapotranspiración real**, que en climas áridos puede ser muy baja, debido al limitado abastecimiento de humedad y **evapotranspiración potencial** o “necesidad de agua”, que es la cantidad de agua que será transpirada y evaporada bajo condiciones ideales de humedad del suelo y cobertura vegetal. El valor de la evapotranspiración potencial dependerá exclusivamente del clima. Comparando estos valores con los de las precipitaciones, Thornthwaite desarrolló un sistema de clasificación de climas. En el método de Thornthwaite, la evaporación potencial se calcula de acuerdo a una fórmula empírica que involucra la temperatura media mensual y la duración del día promedio. Al comparar las curvas mensuales de precipitaciones pluviales y la ETP, es posible determinar si las precipitaciones son superiores a la evapotranspiración y en que períodos.

El “índice de humedad” se considera como 0 cuando la precipitación abastece adecuadamente las necesidades de agua para la evaporación potencial. Mientras que en los climas húmedos el índice es de valor positivo, en climas áridos el índice es de valor negativo.

Para simplificar el método sin afectar su utilidad se omitieron de la fórmula otros factores importantes que influyen sobre la evaporación como el viento, la humedad y la radiación solar, los cuales se asume que varían de acuerdo a las temperaturas.

El método de cálculo de la evapotranspiración potencial de Thornthwaite, fue desarrollado en un clima estival lluvioso y no comprobó ser completamente satisfactorio en climas secos.

## LOS PRINCIPALES CLIMAS DE AMERICA LATINA Y SU RELACION CON LA PRODUCCION AGRICOLA (Fig. 1.2)

Con excepción de ciertas partes de los tres países australes y de México, que poseen clima temperado, la mayor parte de América Latina es tropical o subtropical. Sin embargo, incluso en estas condiciones, existen grandes variedades de climas.

Como en todos los continentes, la secuencia de los tipos de clima es similar en ambos lados del Ecuador.

### Los trópicos

Con el término “trópico” se denominan las tierras que tienen temperaturas moderadamente altas y una gran humedad todo el año (Lee, 1957). Esta definición se refiere generalmente a las tierras bajas en un amplio cinturón entre 15°N y 15°S. La cantidad anual de calor recibida del sol es un poco menor que en la latitud 15°, pero varía mucho menos durante el año. Las temperaturas altas permiten que el aire contenga una considerable cantidad de vapor de agua; la baja presión barométrica induce el movimiento de aire cargado de hume-

dad desde los océanos hacia dentro del continente; las cordilleras causan la condensación del agua que abastece a los extensos sistemas fluviales con enormes cantidades de agua (Lee, 1957).

**Los trópicos húmedos** (también denominados “trópicos lluviosos”, “bosques tropicales lluviosos” y “climas ecuatoriales húmedos”) se encuentran mayormente dentro de los 10° al norte y al sur del Ecuador, siendo interrumpidos en ciertos lugares por elevadas altitudes. Estas regiones presentan altas temperaturas en forma consistente (el promedio de cada uno de los meses del año es superior a los 20°C). Las variaciones diarias son mayores a las variaciones anuales.

Los trópicos húmedos tienen precipitaciones de por lo menos 1500 mm anuales y existen muchas áreas con 2500 mm y otras con 5000 mm y más.

Aunque la distribución de las precipitaciones no es uniforme a lo largo de todo el año, ningún mes es de carácter seco. La distribución tiende a ser más uniforme a medida que es mayor su cercanía al Ecuador.

En América Latina, los trópicos cálidos y húmedos se presentan entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio, en los valles de los ríos Amazonas, Orinoco y Magdalena, en las Guayanas y en el Valle del Paraná, pero excluyen la costa oeste occidental del Perú y de Chile. El clima de los trópicos húmedos es ideal para el cultivo de árboles, tales como la palma de aceite y el cauchero, así como para un amplio ámbito de cultivos anuales. El arroz es el cultivo dominante en gran parte de los trópicos húmedos. Las zonas con una estación seca corta, y temperaturas algo bajas, poseen condiciones ideales para el cultivo de cítricos y café. El cultivo del algodón, del maní y del tabaco que requieren una estación seca más larga para su cosecha, puede resultar difícil bajo condiciones de precipitaciones casi continuas.

A pesar de que la ganadería no es de importancia en estas regiones, la cría de animales puede desarrollarse con buenas pasturas, adaptación de razas mejoradas, servicios sanitarios, etc.

### **Climas tropicales con estación húmeda y seca alternadas**

Estos climas se encuentran generalmente en las regiones situadas entre las latitudes septentrionales o meridionales de 5° y 15°. Poseen una tendencia a alternar estaciones húmedas con estaciones secas. En las áreas cercanas al Ecuador, estas regiones tienden a poseer dos estaciones lluviosas y dos estaciones secas en el intermedio. Las temperaturas por lo general son suficientemente altas para permitir el crecimiento de los cultivos durante todo el año.

Estas regiones incluyen el noreste del Brasil, el sur de Venezuela y los bordes de los trópicos húmedos. Desde el punto de vista de la agricultura es posible distinguir cuatro tipos de subclimas (Webster y Wilson, 1966):

- a. **Áreas con buenas precipitaciones (1000 a 2000 mm anuales), con dos estaciones lluviosas y estaciones secas y cortas entre ellas, incluso cuando reciben un total apreciable de agua durante todo el año.** Estas áreas se encuentran relativamente cerca del Ecuador y no manifiestan grandes fluctuaciones de temperaturas ni una estación fría pronunciada. En las Antillas, por ejemplo, existen dos temporadas lluviosas y dos temporadas secas. En estas áreas pueden crecer satisfactoriamente la palma de aceite, el café, el té, el cacao, el banano, etc. Los productos anuales tales como el maíz, las leguminosas, el ñame y la mandioca se cultivan en dos estaciones distintas. El arroz es muy adaptable a estas condiciones.
- b. **Áreas con dos estaciones lluviosas cortas y dos estaciones secas intermedias más pronunciadas.** Las precipitaciones varían, por lo general, entre los 600 y 1250 mm. En esta región crecen generalmente cultivos perennes resistentes a la sequía, tales como el ágave-sisal y el cajú. Con todo, en las localidades más favorables y en particular en las tierras altas, crecen con éxito ciertos cultivos perennes, tales como el café, siempre que se asegure el uso de técnicas de conservación de la humedad del suelo. En ciertas áreas existen dos estaciones para los cultivos anuales; en otras sólo pueden cultivarse productos de corta duración y muy resistentes a la sequía, como el mijo, si una de las dos estaciones húmedas es corta y de escasas precipitaciones. Durante la estación húmeda larga, puede cultivarse un amplio ámbito de productos anuales, tales como el maíz, el sorgo, el mijo, la batata, la mandioca, el maní, los frijoles y otras leguminosas.  
En las áreas donde no se presentan insectos dañinos y enfermedades fatales existen condiciones apropiadas para la ganadería.
- c. **Áreas de estaciones lluviosas y secas alternadas y de aproximadamente igual duración.** En estas áreas la cantidad de precipitaciones fluctúa entre 750 y 1250 mm, que se esparcen a lo largo de un período de 4 a 6 meses. En la sabana de esta región es posible cultivar un espacio amplio de cultivos que incluye: sorgo, mijo, maíz y ñame.
- d. **Áreas con una estación lluviosa corta y una estación seca.** Estas áreas son por lo general inapropiadas para la producción de árboles frutales sin riego; es posible cultivar un número de cultivos anuales de resistencia relativa a la sequía, como sorgo, mijo, batata, maní y sésamo.

Los únicos cultivos perennes que pueden crecer en áreas con muy bajas precipitaciones son los cultivos de alta resistencia a la sequía, como el ágave-sisal, y aquellos con un marcado período de dormi-

ción, como el tung. Ciertos cultivos perennes como el té y el café pueden cultivarse en las áreas de más altas precipitaciones.

Las praderas naturales crecen profusamente durante la estación húmeda, mientras que en la estación seca generalmente cesa su crecimiento.

En Argentina, las tierras de pasto están localizadas en la región de la Pampa, la que comprende una de las áreas más vastas y más uniformes de las tierras buenas en el mundo. Esta región está constituida por un semicírculo alrededor de Buenos Aires, con un radio de 400-600 kilómetros (250 a 370 millas). Los principales productos son cereales (trigo), carne, productos lácteos y otros cultivos de menor importancia.

### **Los climas calurosos y secos**

Desde las costas del Pacífico se extiende diagonalmente una gran zona árida que pasa por Perú, Chile, Bolivia y Argentina, que llega hasta las costas del Atlántico en la Patagonia. El norte de México tiene también condiciones áridas.

Al aumentar la aridez, el pasto se hace más corto, delgado y ralo y se mezcla con arbustos xerofílicos y plantas suculentas adaptadas a largos períodos de sequía.

Las pasturas son generalmente de baja capacidad de carga con un período corto de crecimiento rápido, al cual sigue un período largo de dormición.

Esta región, salvo si es posible su irrigación, es apropiada para la cría de ganado, principalmente cabros y ovejas, y en las partes más húmedas, para el cultivo de mijo y sorgo.

### **Climas de tipo mediterráneo**

Las áreas con climas de tipo mediterráneo están localizadas en las latitudes de 30 a 40°, sobre los costados occidentales de los continentes. Estos climas son de carácter subtropical, tanto desde el punto de vista de su posición latitudinal, como de las temperaturas imperantes, con veranos secos e inviernos fríos y húmedos. Los climas mediterráneos se encuentran en el centro de Chile y en el Noroeste de México.

El clima mediterráneo se caracteriza por poseer inviernos leves y veranos calurosos, aunque no opresivos.

Rara vez existen heladas y nevadas. Las precipitaciones son leves o moderadas y por lo general se dan en forma de fuertes aguaceros. La radiación solar es abundante, aún durante los meses de invierno. Si se aplica el riego se puede trabajar una gran variedad de cultivos en dichas regiones.

## Climas templados

Los climas templados se encuentran en el sur de Brasil, Uruguay, grandes partes de Argentina y Chile, así como también en las tierras situadas a más de 2.000 m de altura sobre el nivel del mar, en México y en los países andinos. Los principales cultivos son el trigo y las patatas, y cultivos menos importantes como la avena, la cebada, el centeno, las uvas y las manzanas.

## MICROREGIONES

Debe destacarse que cada una de las regiones climáticas descritas a grandes rasgos, puede manifestar un alto grado de variaciones locales. Áreas de distintos tamaños, tales como franjas de terrenos a lo largo de costas y lagos interiores, en las altitudes elevadas y aquellas áreas expuestas a los vientos de las regiones vecinas, pueden poseer climas marcadamente diferentes al clima de la región en la cual se encuentran.

Un estudio detallado de estos climas “locales” es esencial para el planeamiento efectivo de cualquier región.

## Elevación

La elevación juega un importante papel en la determinación del clima de grandes partes de América del Sur. A pesar de que no hay ningún continente que tenga tantos territorios en el trópico, en ninguno existe una proporción tan alta de latitudes tropicales que posean climas templados o incluso polares. En la zona andina, por ejemplo, las cumbres más elevadas, incluso en el Ecuador, se encuentran sobre la línea de nieve y existen desiertos estériles y fríos por sobre las zonas de pastura más altas.

Debido al efecto que tiene la elevación en el clima, prácticamente toda la meseta brasileña al norte del trópico tiene un clima cálido templado y no tropical.

Un ejemplo típico de “climas locales” son las zonas de temperatura verticales que se hallan en los países montañosos de América Latina.

La **tierra caliente** se encuentra desde el nivel del mar hasta una altura de más o menos 700 m. Esta es una zona de selvas y de cultivos tropicales típicos, que no pueden sobrevivir en temperaturas bajas. En esta región es posible producir anualmente dos cosechas de los cultivos. Los cultivos comerciales típicos son: la caña de azúcar, y el banano.

La **tierra templada** es la zona entre 700 m y 2000 m de altura. Es una región ideal para la producción de café de alta calidad. El cultivo de subsistencia principal es el maíz. Cada aumento de altura

en 350 m, causa atraso de algunas semanas en el período que se requiere para la maduración de una cosecha.

La **tierra fría** es la zona que se encuentra sobre los 2000 m. El maíz se produce hasta los 3000 m, pero el cultivo principal es la papa, hasta una altura de 3500 m. Entre 3500 y 4700 m (la línea de nieves) hay una región de pasturas apropiadas para la ganadería.

## BIBLIOGRAFIA

1. ALBE, E.M. The modification of microclimates. *Arid Zone Research* 10:126-146. 1958.
2. ARMY, T.J. y GREER, F.A. Photosynthesis and crop production systems. In San Pietro, A., Greer, F.A. y Army, T.J. eds. *Harvesting the sun; photosynthesis in plant life*. New York, Academic Press, 1967. pp. 321-332.
3. BLANEY, H.F. y CRIDDLE, W.D. Determining consumptive use and irrigation water requirements. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin no. 1275. 1962. 59 p.
4. COLE, J.P. Latin America; an economic and social geography. London, Butterworths, 1965. 468 p.
5. DAVIDSON, J.L. y PHILIP, J.R. Light and pasture growth. *Arid Zone Research* 11:181-187. 1958.
6. GITTINGER, J.P. Planning characteristics of low-income agriculture. In McPherson, W.W. *Economic development of tropical agriculture*. Gainesville, University of Florida Press, 1968. pp. 240-266.
7. KLAGES, R.H.W. *Ecological crop geography*. New York, MacMillan, 1942. 615 p.
8. KOEPPE, C.E. y LONG, G.C. *De. Weather and climate*. New York, McGraw-Hill, 1958. 341 p.
9. LEE, D.H.K. *Climate and economic development in the tropics*. New York, Harper, 1957. 182 p.
10. LISBOA, M.A. *O problema das secas*. Rio de Janeiro, Anais da Biblioteca Nacional, 1913.
11. LOOMIS, R.S. y DUNCAN, W.G. Community architecture and the productivity of terrestrial plant communities. In San Pietro, A., Greer, F.A. y Army, T.J. eds. *Harvesting the sun; photosynthesis in plant life*. New York, Academic Press, 1967. pp. 291-308.
12. MIGAHID, A.M. The drought resistance of Egyptian desert plants. *Arid Zone Research* 18:213-223. 1962.
13. MONTEITH, J.L. Dew: facts and fallacies. In Rutter, A.J. y Whitehead, F.H. *Water relations of plants*. Oxford, Blackwell, 1963. pp. 37-56.
14. MOSS, D.N., MUSGRAVE, R.B. y LEMON, E.R. Photosynthesis under field conditions. III: Some effects of light, carbon dioxide, temperature and soil moisture on photosynthesis, respiration and transpiration of corn. *Crop Science* 1:83-87. 1961.
15. PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of the Royal Society (Ser. A)* 193:120-145. 1948.
16. SLATYER, R.O. *Plant-water relationship*. London, Academic Press, 1967. 366 p.

17. STANHILL, G.A. Comparison of methods of calculating evapotranspiration from climatic data. *Agricultural Research (Israel)* 11:159-171. 1961.
18. STOECKLER, J.H. Shelter belt influence on great plains field environment and crops. U.S. Department of Agriculture, Production Research Report no. 62. 1962. 26 p.
19. THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review* 39(1):55-94. 1948.
20. WAISEL, Y. Dew absorption by plants of arid zones. Israel, Research Council, Bulletin 6D, 1958. pp. 180-186.
21. WANG, J.Y. *Agricultural meteorology*. Milwaukee, Wisc., Pacemaker Press, 1963. 693 p.
22. WEBSTER, C.C. y WILSON, P.N. *Agriculture in the tropics*. London, Longmans, 1966. 488 p.

## CAPITULO 2

### RECURSOS AGRICOLAS BASICOS Y FACTORES DE PRODUCCION

El conocimiento de los recursos naturales básicos de los países en desarrollo y su significado para el desarrollo de la agricultura es a menudo insuficiente. En América Latina, por ejemplo, sólo se ha investigado el 6% de la superficie total y los mapas de suelo que existen son muy poco detallados (Interamerican Committee, 1963). La situación en el Africa Tropical es muy similar a lo descrito.

Muchos planes de desarrollo han obtenido un éxito parcial solamente, o han fracasado, debido a la falta de información básica sobre los recursos naturales que existen en las regiones consideradas.

Por lo tanto, el estudio topográfico, hidrológico y ecológico detallado de la región es un prerequisite esencial para una planificación agrícola significativa. La importancia de estos reconocimientos para la utilización adecuada de los recursos de la tierra y del agua para el desarrollo agrícola, nunca será exageradamente subrayada. Además, existe una necesidad urgente de investigar las relaciones entre las características de los diferentes tipos de suelo, por una parte, y de su potencial de cultivo y reacción a los fertilizantes y al agua por otra.

En donde falten mapas o no estén actualizados, la fotografía aérea es el método de reconocimiento más rápido y económico.

Por conveniencia, se tratarán por separado, los dos recursos naturales básicos: suelo y agua, pero debe quedar claro que en cualquier ejercicio de planificación estos dos factores son completamente interdependientes y no podrán considerarse por separado.

#### TIERRA

#### IMPORTANCIA PARA EL DESARROLLO

En el año 1798, cuando Malthus enunció su tesis, de que la población, en caso de no ser controlada, incrementaría en escala geométrica, en tanto que los alimentos indispensables para la subsistencia incrementarían sólo en escala aritmética, aún existían amplias regiones en el mundo que podrían desarrollarse con facilidad.

El desarrollo agrícola es posible, básicamente, por dos caminos diferentes, los cuales no se excluyen mutuamente: el desarrollo de nuevas regiones para el cultivo (crecimiento horizontal) y el incremento de la productividad por unidad de tierra (crecimiento vertical).

La primera alternativa puede conseguirse sin variar los métodos agrícolas tradicionales, mientras que la segunda depende por completo de la aplicación de métodos de cultivo mejorados. En esto reside la diferencia fundamental entre el significado que tiene la tierra para el agricultor tradicional y para el agricultor moderno. Mientras la presión de la población sobre la tierra no sea excesiva, incluso la agricultura tradicional puede producir suficiente cantidad de alimentos como para mantener un nivel de abastecimiento aceptable. Esto explica como fue capaz la agricultura tradicional de dar subsistencia a la población agrícola durante un período muy largo de su historia (Dandekar, 1969). Sin embargo, a medida que la población aumenta, se descarta la posibilidad de expandir el uso de la tierra, disminuye la posibilidad de que la agricultura tradicional produzca a un nivel de subsistencia y se produce una situación de deterioro continuo (Dandekar, 1969). El agricultor moderno puede aumentar la producción en un área dada, por medio del uso apropiado de la fertilización, la irrigación, el drenaje, etc., lo que significa que en su caso, la tierra puede ser reemplazada parcialmente por capital y conocimiento técnico. Sin embargo, para el agricultor tradicional, la tierra es el principal medio de producción y la única garantía de supervivencia.

En muchas regiones en desarrollo la tierra está o estuvo hasta hace poco tiempo subutilizada. Esta subutilización se debe, por lo general, a limitaciones del medio ambiente, debidas a precipitaciones insuficientes, infecciones de enfermedades o pestes, etc. En consecuencia, el 80% del incremento de la producción agrícola en los países en desarrollo a partir de la segunda guerra mundial, ha sido el resultado de la ocupación de tierras adicionales para la agricultura sin haber cambiado los métodos tradicionales de cultivo.

En América Latina la superficie total de los terrenos es varias veces mayor que la superficie cultivada. Se estima que tres cuartos del incremento de la producción agrícola en la década que comenzó en 1930 se consiguió por medio de nuevos terrenos (Prebisch, 1971). Fuera de esto, gran parte de la superficie trabajada podría cultivarse en forma más intensiva. Por ejemplo, existen vastas superficies de pastizales que podrían cultivarse intensivamente.

Se estima que en los trópicos húmedos de América Latina existen 3-4 millones de Km<sup>2</sup> adicionales que pueden cultivarse y 4-5 millones de Km<sup>2</sup> que pueden utilizarse para pastizales (Nelson 1973).

Sin embargo, la mayor parte de las tierras fértiles y de fácil cultivo en el mundo, ya han sido sometidas a la agricultura, lo que significa que el incremento de las tierras cultivadas se debe generalmente a

trabajo de las tierras marginales y de cultivo más difíciles o a tierras que requieren grandes inversiones para el clareamiento, la construcción de terrazas, el drenaje o la irrigación.

A pesar de que en América Latina existen áreas donde la presión de la población se percibe ya, en la mayor parte de América Latina la relación población/recursos es mucho más favorable que en la mayor parte de Asia, por ejemplo. Aún existen grandes extensiones de terrenos baldíos o de terrenos que aún no se cultivan en forma extensiva; por lo tanto, es una de las pocas regiones en el mundo donde todavía existe una "frontera agrícola" no alcanzada, en especial en el cinturón del trópico. En el interior del Brasil, en Bolivia, Perú, Venezuela y Paraguay, se están colonizando nuevos terrenos. Sólo algunas islas de pequeñas dimensiones, en El Salvador y en América Central quedaron totalmente desprovistas de nuevas tierras agrícolas. Estas tierras son generalmente de propiedad estatal y por lo tanto es fácil establecer tipos racionales de tenencia de la tierra.

A pesar de que América Latina tiene una de las reservas más grandes del mundo de tierras arables, la cantidad actual disponible para la explotación económica, de acuerdo a las condiciones de mercado existentes y a factores institucionales, no es bastante para proveer alimentos y fibras suficientes para la región o para el empleo de la creciente población rural (Interamerican Development Bank, 1972).

Gran parte de estos terrenos están tan alejados de los centros poblados, que los costos actuales de transporte a los mercados casi son iguales al valor de los cultivos. La construcción de caminos o de vías ferroviarias haría utilizables estos terrenos y daría lugar al uso intensivo de tierras que se utilizan en la actualidad en forma extensiva.

Para desarrollar nuevos terrenos en América Central, se necesita el trasladar gente desde las tierras altas superpobladas a la zona costera más baja y subpoblada. Pero el desplazamiento masivo y planificado de habitantes a las nuevas tierras, donde es necesario crear la infraestructura y los servicios públicos, es una empresa costosa.

En los trópicos, algunos de los suelos más fértiles en potencia y apropiados para el desarrollo de una agricultura intensiva, son frecuentemente pantanosos y están anegados. Antes de comenzar a usarlos, requieren drenaje y una fuerte y continua inversión en el control del agua para protegerlos de las inundaciones.

Se ha sugerido que en las grandes superficies planas a lo largo de los ríos en tierras interiores, anualmente inundadas por el Amazonas, se podrían construir económicamente diques, que podrían anegarse a una profundidad controlada, para permitir que se depositen sedimentos que gradualmente elevarían la superficie del terreno, llenando la baja profundidad de los lagos y transformando así la tierra en apropiada para la agricultura y particularmente para la producción arrojera intensiva (Turk y Crowder, 1967).

Los siguientes factores se consideran cruciales para el éxito de la colonización de nuevas tierras: 1) selección de un lugar adecuado; 2) selección de los colonizadores apropiados; 3) preparación física del terreno antes de su colonización; 4) capital suficiente (sea éste aportado por el colonizador mismo o por el Estado); 5) organización eficiente de los servicios centrales y de la administración de los proyectos; 6) suficiente superficie de terreno por cada colonizador; 7) condiciones de tenencia seguras y razonables (Lewis 1954).

Debido al alto costo del capital para el desarrollo de nuevos terrenos, estudios de factibilidad siempre deben preceder a programas de este tipo. Estos estudios deberán revelar si la misma inversión no daría mayores retornos al aplicarla al incremento de la producción en superficies ya cultivadas. Si el estudio de factibilidad es favorable a la colonización de nuevos terrenos, se debe comenzar con un proyecto piloto para poner a prueba las posibilidades, resolver los problemas y entrenar a un núcleo de agricultores. Sin embargo, la principal posibilidad inmediata para incrementar la producción agrícola rápida y substancialmente en la mayoría de los países de América Latina, parece estar en el incremento de la producción por unidad de terreno, más que en la extensión de áreas cultivadas en condiciones marginales.

## SUELOS

### Factores de formación de suelos

Los suelos son el producto de la interacción entre la roca madre, las condiciones climáticas, la vegetación, los organismos del suelo y el relieve. La interacción de estos factores intensifica o mitiga el efecto de cada uno de ellos en particular.

Debido a los efectos combinados de los factores climáticos y biológicos, el proceso de la formación de los suelos atraviesa varias etapas bien definidas antes de llegar a alcanzar un estado de "madurez", en el cual alcanza un cierto grado de equilibrio con su ambiente.

En las regiones que interesan, se puede encontrar el espectro completo de suelos de distintas edades, desde los muy jóvenes en el desierto, hasta los muy viejos en las zonas tropicales húmedas.

En el primer caso, el proceso de la formación del suelo está en sus primeros estados, mientras que en el segundo, los minerales desgastables restantes son mínimos debido al continuo e intenso desgaste sufrido.

### Roca madre

La mayor parte de las rocas, en esencia, dan origen a los mismos productos finales de su desintegración y sus alteraciones químicas,

cuando rigen condiciones semejantes, aunque las proporciones sean distintas. Por lo tanto, la influencia del material madre queda en gran parte anulada en suelos maduros debido a los distintos procesos de formación de los suelos. La ceniza volcánica es un tipo especial de material madre que puede ser acarreado por el viento a grandes distancias y puede rejuvenecer los suelos viejos sobre los cuales se deposita.

## **Clima**

Aunque la naturaleza de la roca madre tiene cierta influencia sobre las propiedades del suelo, las condiciones climáticas influyen más particularmente en las propiedades de importancia para la producción agrícola. Lo antedicho queda comprobado por el hecho de que los suelos maduros de origen regional distinto que se desarrollaron bajo condiciones climáticas semejantes, poseen ciertas características comunes. Estas características sólo se modifican por la naturaleza de la roca madre y las condiciones locales específicas tales como: pendientes, escorrentías, drenaje, etc. Los dos factores climáticos más importantes que influyen en la formación del suelo son: precipitaciones pluviales y temperatura.

- a. **Precipitaciones.** Las escasas precipitaciones y la rápida evaporación que caracterizan a las regiones secas, limitan la profundidad de penetración de las lluvias. Como resultado de esto, estas regiones tienen largos períodos en los cuales la mayor parte del suelo está seco. Los materiales solubles se infiltran hasta la profundidad de penetración de las aguas. La profundidad misma depende de la naturaleza del suelo, así como la cantidad e intensidad de las precipitaciones. Es muy raro encontrar casos en los que el perfil del suelo es lixiviado por completo. Como resultado, las sales solubles y el carbonato de calcio se acumulan en forma superficial. Con frecuencia, los carbonatos forman una capa dura típica de muchos suelos en regiones secas (denominada "caliche"). La sílice contribuye a la cementación de las capas del suelo.

En las regiones semiáridas, en los márgenes de los desiertos, las precipitaciones son más frecuentes, la humedad penetra más profundamente y es retenida por períodos más largos; esto hace posible la formación de una mejor cobertura vegetativa. Los suelos de estas regiones y en particular, los de zonas semiáridas frías o templadas, se caracterizan por tener una capa arable de color oscuro, con un contenido relativamente alto de materia orgánica y un subsuelo rico en calcio, elementos solubles y otros.

En las regiones tropicales húmedas, las precipitaciones son abundantes y el clima es caluroso. En estas regiones los procesos de

formación del suelo son muy activos y casi continuos; esto se debe a la combinación de los dos factores: precipitaciones abundantes y temperaturas altas. En consecuencia, los procesos de desgaste también son severos e intensos. Generalmente la cantidad de precipitaciones excede a la de evaporación, lo cual produce un continuo movimiento de penetración del agua en el suelo. Esto produce una lixiviación que crea un estado de bajo contenido de nutrimentos en muchos suelos forestales. La continuidad de estos bosques se debe a un ciclo rápido de los nutrimentos, el cual depende de la rápida descomposición de desechos forestales bajo condiciones de temperaturas favorables y alta humedad. Por lo tanto, a pesar de que el contenido de nutrimentos es bajo, la utilización del suelo es posible debido a la rápida circulación.

- b. Temperatura.** Las altas temperaturas intensifican los procesos químicos de desgaste debido a que la velocidad de las reacciones químicas aumenta aproximadamente al doble con cada incremento de 10°C de temperatura.

### **El clima del suelo**

La mayor parte de las diferencias entre los suelos de las regiones tropicales y subtropicales y aquellos de las regiones templadas, pueden ser atribuidos al clima y a la biología de los suelos.

Aún cuando el clima del suelo se determina, en gran parte, por el clima atmosférico, esto no significa que los climas sean idénticos. Las variaciones de la temperatura son mucho menores en el suelo que en la atmósfera. En los trópicos, la diferencia promedio entre las temperaturas de verano e invierno a una profundidad de 50 cm, no supera los 5°C.

Como resultado de la combinación de altas temperaturas y humedad constante en los trópicos húmedos, el clima del suelo induce procesos continuos y muy activos de formación de suelos que provocan un desgaste intenso y severo. En las regiones áridas y semiáridas, las precipitaciones por lo general son suficientes para humedecer sólo una capa superficial del suelo. El subsuelo permanece siempre seco y es denominado "el horizonte muerto", en el cual el grado de desgaste es muy bajo.

En regiones con estaciones alternadas de humedad y sequía, la formación del suelo tiene lugar sólo durante el período en el cual éste está húmedo.

El clima del suelo tiene también un efecto considerable sobre las actividades de los microorganismos del mismo. La riqueza en CO<sub>2</sub> del suelo es mayor que en la atmósfera. Cuando las temperaturas son suficientemente altas y las condiciones de humedad favorables, la oxidación de la materia orgánica puede llegar a ser muy rápida. Este

hecho explica por qué los suelos cultivados de los trópicos húmedos tienen un contenido de materia orgánica de 0,2 a 0,5%, comparado con un contenido de 2% de los suelos europeos cultivados (de Wilde y McLoughlin, 1967).

### **Calidad de las tierras**

Después de los recursos humanos, el capital más importante de un país es su suelo.

La mayor parte de los suelos requieren cierta forma de tratamientos específicos, químicos o biológicos, para poder mejorar su productividad y asegurar su estabilidad.

La producción potencial del suelo depende de:

- a. el abastecimiento equilibrado de aire y agua a las raíces;
- b. el abastecimiento equilibrado de nutrimentos;
- c. cultivos que posean el potencial genético para reaccionar frente a condiciones ambientales favorables;
- d. protección de plantas y animales ante enfermedades y pestes;
- e. prácticas especiales de conservación para prevenir la pérdida del suelo como consecuencia de la erosión por medio de vientos o aguas, daños causados por el riego, etc.;
- f. ambiente favorable.

Muchos suelos son, **debido a las cualidades inherentes, de muy alta productividad**. A este tipo pertenecen los suelos oscuros formados bajo pasturas, tales como los que predominan en las praderas de América del Norte, las pampas de América Latina, las tierras de estepa que se extienden desde Hungría y penetran hasta Siberia y los suelos negros “algodoneros” de las provincias centrales de la India. Estas tierras pueden sustentar altos rendimientos de cultivos durante largos períodos, aunque pueden declinar, a menos que se tomen medidas apropiadas (rotación de cultivos, abonos y fertilizantes) (Fig. 2.1).

Muchos suelos son **inherentemente pobres**. Son ejemplos típicos los suelos lateríticos de las regiones tropicales húmedas a los cuales empobrece la constante lixiviación. Los suelos arenosos deben su pobreza al bajo nivel de nutrimentos de la roca madre.

Muchos suelos tienen una fertilidad intermedia y pueden dar buenos rendimientos si se cultivan, pero estos suelos declinan muy rápidamente a menos que se tomen las precauciones apropiadas.

Ciertos suelos tienen deficiencias específicas que los hacen improductivos hasta que la deficiencia se corrige, por ejemplo: la deficiencia de fósforo, de potasio, elementos menores, etc.

La fertilidad natural de la tierra, aún siendo importante, no es un requisito para incrementar la productividad, ya que una tierra pobre puede transformarse en altamente productiva. Algunos de los

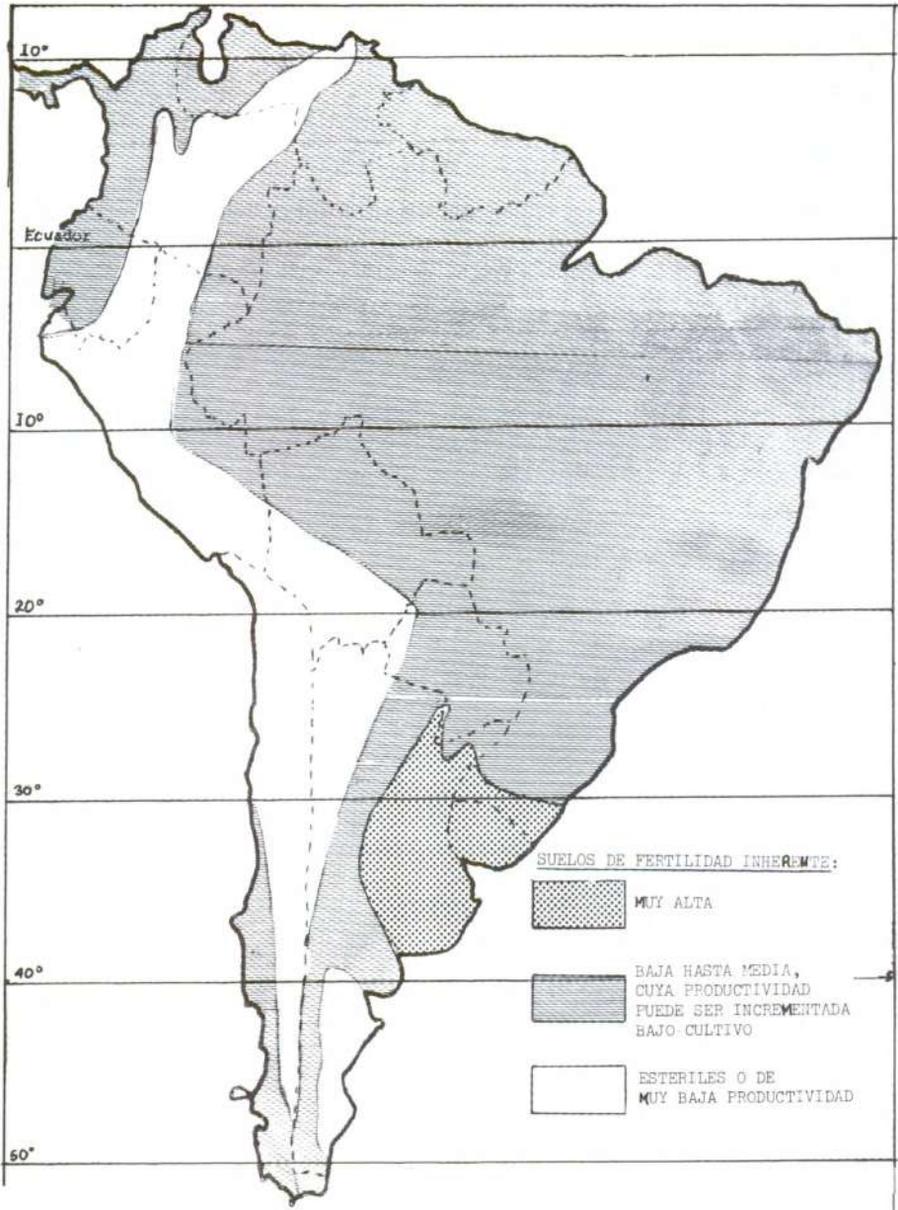


Fig. 2.1. Fertilidad inherente de los suelos en América del Sur.

El mapa, y la clasificación de los suelos presentados en la Fig. 2.1 no debe considerarse como cartografía exacta. La intención es mostrar en forma esquemática la importancia relativa que tienen los suelos de niveles diferentes de fertilidad en América del Sur. (Basado en datos tomados de la FAO).

suelos más productivos en la actualidad, no eran fértiles por naturaleza. Su productividad actual es el resultado de un manejo adecuado.

Este hecho fue ilustrado por Schultz (1964) con dos conjuntos de comparaciones: la producción agrícola en México está aumentando a un ritmo anual de 7,1%, en forma paralela el país está modernizando la industria y la agricultura. En Chile, en cambio, la producción agrícola se está incrementando en un 1,6% anual.

En Argentina y en Uruguay la producción ha estado estancada a pesar que Uruguay, en particular, posee terrenos y medio ambientes con un potencial agrícola similar al de California. La producción agrícola en Japón ha aumentado en un 4-6% anual, mientras que en la India sólo alcanza a un 1-2%. La producción total por hectárea en Japón es ocho veces más alta que en la India. Sin embargo, la tierra en India es por naturaleza de mejor calidad y la cantidad de tierras irrigadas por habitante es tres veces mayor que en Japón.

Considerando los proyectos de irrigación en particular, una de las mayores causas de su fracaso reside en que no se ha considerado lo suficiente la selección de tierras adecuadas. A esto se suma la negligencia en la consideración de los problemas del desarrollo de las tierras y su colonización y en la distribución y el uso de las aguas.

Todos estos puntos se tratarán detalladamente bajo las secciones correspondientes.

## **El sistema del suelo**

El sistema del suelo consiste en las tres siguientes fases físicas separables: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida consiste de una matriz porosa. Los intersticios dentro de la matriz están ocupados por la fase líquida (la solución del suelo) y la fase gaseosa (la atmósfera del suelo).

La matriz se forma de partículas minerales y orgánicas de varios tamaños. Las proporciones relativas de los componentes minerales y orgánicos varían considerablemente en suelos diferentes. El componente mineral se deriva principalmente del desgaste de la roca madre y en menor escala de la descomposición de los esqueletos de los animales que proveen carbonato de calcio y fosfato de calcio, ambos de considerable importancia para la fertilidad del suelo.

El componente orgánico consiste en materiales vegetales y animales en varios estados de descomposición.

### **La fase sólida**

**Textura del suelo.** En un suelo aparecen todas las gradaciones de tamaño de las partículas. Con el propósito de crear una clasificación, fue necesario dividir las partículas en grupos más o menos arbitrarios conocidos con el nombre de "fracciones del suelo, los cuales se determinan por medio de un análisis mecánico".

El denominado “sistema internacional” que se detalla a continuación, es la clasificación de las fracciones del suelo que se adapta generalmente:

Piedras, grava	—	mayor que 2,0 mm de diámetro
Arena gruesa	—	2,0 a 0,2
Arena fina	—	0,2 a 0,02
Limo	—	0,02 a 0,002
Arcilla	—	menor que 0,002 mm.

Estas diferencias de tamaño en las partículas del suelo influyen profundamente sobre las propiedades del mismo, tales como el movimiento y la retención del agua, circulación del aire del suelo, absorción de nutrimentos, actividad microbial; asimismo influyen sobre las prácticas de manejo, métodos de labranza y de irrigación, elección de los cultivos, etc.

Debido a que cada fracción tiene diferentes propiedades físicas y químicas, las propiedades físicas y químicas del suelo son dominadas por las propiedades de la fracción que esté presente en mayor cantidad.

Los suelos en los que predominan las partículas grandes (arena) no se dilatan al humedecerse ni se retraen al secarse. Estos se caracterizan por poseer muy baja capacidad de retención de agua y muy poca capilaridad; el agua se infiltra rápidamente, tienen baja retención de nutrimentos, muy baja o ninguna cohesividad y plasticidad; alta temperatura específica y una excelente aeración. Los suelos en que predominan las partículas muy pequeñas, se dilatan cuando están húmedos y se contraen considerablemente mientras se secan. Poseen, así mismo, una alta capacidad de retención de agua, alta capilaridad, un lento grado de infiltración, una gran habilidad de retención de nutrimentos y gases, una considerable cohesividad y plasticidad, baja temperatura específica y una aeración deficiente.

Un suelo predominantemente arenoso posee una buena aeración y es fácil de labrar, pero tiene muy baja fertilidad natural y no es capaz de retener agua y nutrimentos vegetales en grandes cantidades.

Los suelos arcillosos tienen una alta fertilidad potencial y considerable habilidad para retener nutrimentos y agua, pero cuando están secos son duros como una piedra, y cuando están húmedos son pegajosos y pobremente aireados. Por lo tanto, los suelos ideales son aquellos en los que las partículas de varios tamaños están presentes en proporciones deseables.

Los suelos predominantemente arenosos tienen ciertas ventajas en las regiones áridas, especialmente cuando se practica la irrigación. Su mayor permeabilidad al agua y poca habilidad de retención de nutrimentos, reducen el peligro de que el suelo se transforme en salino. A

pesar de que su capacidad de retención de agua es menor, el agua es mucho más fácilmente disponible para las plantas que en los suelos pesados limo-arcillosos. Este punto es de importancia en los cultivos regados por lluvias y cuando las precipitaciones son muy esparcidas.

En suma, es posible enunciar que la textura del suelo constituye su característica más permanente, a diferencia de otras características físicas, tales como la estructura, que puede ser rápidamente modificada, para bien o para mal, por medio de su manejo.

### **Clasificación de suelos**

Existe una gran variedad de suelos en las regiones tropicales y subtropicales que interesan. Ellos abarcan desde suelos volcánicos y suelos aluviales de muy alta fertilidad hasta suelos no fértiles, como los suelos rojos tropicales y los suelos arenosos. Todos estos tipos pueden clasificarse en tres grupos principales:

- a. **Los suelos zonales** que se denominan “suelos normales” y cuyas características principales reflejan la influencia de los factores climáticos y la vegetación sobre su formación. Estos suelos pueden dividirse de acuerdo al tipo de zona: desértica, árida o semihúmeda y húmeda, existiendo suelos típicos pertenecientes a cada tipo de área.
- b. **Los suelos azonales** son similares al material madre del cual fueron formados. Estos suelos son aún muy jóvenes y no poseen características bien desarrolladas.
- c. **Los suelos intrazonales** son aquellos en los cuales un factor local como el relieve, el material madre o la edad han influido predominantemente en su formación.

### **PRINCIPALES SUELOS DE AMERICA LATINA**

En las regiones tropicales del mundo existe una gran diversidad de suelos. Estos varían desde suelos volcánicos fértiles muy jóvenes hasta suelos tropicales rojos, viejos y generalmente estériles. Hay también suelos completamente áridos y casi sin perfil. También están los suelos húmedos de las regiones ecuatoriales, donde el agua se infiltra prácticamente en forma continua a las capas más profundas.

Los tipos de suelo predominantes en América Latina, según su orden de frecuencia son, los **lateritas** (latosoles), **regosoles** y **podsoles**, que se caracterizan por su baja fertilidad natural, alta lixiviación y bajos valores de sedimentación (Malavolta y Neptune, 1974).

## SUELOS ZONALES

Las lateritas (latosoles) y los podsoles son los suelos típicos de climas húmedos. Las lateritas se forman bajo condiciones cálidas o calurosas y los podsoles bajo condiciones templadas o frías.

Las lateritas en las tierras bajas húmedas y los podsoles rojoamarillentos en las tierras altas de los trópicos conforman casi la mitad del área total de América Latina. Las lateritas son suelos arcillosos de color rojo a amarillo y muy uniformes en su profundidad.

Las lateritas típicas son suelos muy profundos de grano muy fino, que forman una masa de suelo porosa, muy friable y permeable. Estos son uno de los suelos más lavados del mundo, casi sin minerales primarios.

El proceso de desgaste es muy intenso dado que durante su formación están siempre húmedos y las temperaturas del suelo son muy altas. Las precipitaciones altas producen una percolación casi continua hacia las capas inferiores. Las lateritas son suelos muy antiguos y pobres en minerales productores de nutrimentos vegetales a causa de su intenso desgaste. La continua lixiviación produce la pérdida de calcio, magnesio, potasio y sodio, mientras que los componentes de hierro y aluminio permanecen en las capas superficiales. Los hidróxidos de hierro dan a estos suelos el típico color rojo. El hierro de la solución del suelo puede precipitarse, inmovilizando en esta forma al fósforo disponible y formando una capa dura laterítica. **Esta capa permanece permeable a las raíces** hasta ser traída a la superficie a causa del cultivo o la erosión. Una vez expuesta, aparece una costra dura de hierro que se forma frecuentemente, con rapidez.

En ciertos casos la deforestación tuvo como resultado la formación de una costra dura en los campos lateríticos en el curso de cinco años, que causó el fracaso de poblaciones agrícolas en estos suelos. Después de un proceso así, la restauración toma un largo tiempo. Este tipo de costra nunca fue observado en bosques vírgenes.

Gran parte de los suelos lateríticos en América Latina está cubierta de bosque tropical, pero en ciertas áreas el tipo de vegetación predominante es la sabana.

### Características agrícolas de las lateritas

El crecimiento exuberante de los bosques vírgenes en los trópicos húmedos crea una impresión muy equívoca sobre la verdadera fertilidad natural de los suelos de esas zonas. Las lateritas son suelos inherentemente pobres. El mantenimiento del equilibrio de fertilidad bajo la cobertura forestal natural es posible debido a la recirculación de los nutrimentos vegetales por medio de los árboles profundamente arraigados. Este hecho asegura la persistencia de los bosques tropicales.

Sin embargo, una vez clareada la cobertura natural, los nutrientes solubles son rápidamente lixiviados más allá de la zona de las raíces y escapan al proceso de recirculación. De esta manera se produce una constante pérdida de nutrientes. La mineralización de la materia orgánica provoca su rápido agotamiento. El balance de la fertilidad, es, por lo tanto, muy precario y el uso de estos suelos produce a largo plazo, serios problemas que serán tratados más adelante.

### **Podsolización**

El proceso de podsolización acaece cuando los suelos se desgastan en condiciones húmedo-templadas a húmedo-frías. Debido a las bajas temperaturas, estos suelos se desgastan mucho menos que las lateritas. Comúnmente son ácidos, con bajo contenido de calcio y materia orgánica. La fertilidad alcanza niveles bajos a moderados. Estos suelos reaccionan bien al manejo científico.

Los suelos podsólicos se encuentran en las altas elevaciones de los trópicos.

### **“Chernozems”**

La capa superior del suelo es granular y de color oscuro debido al alto contenido de materia orgánica y tiene un alto grado de actividad biológica.

Los “chernozems” se desarrollan en climas fríos y subhúmedos, en los cuales el suelo está seco durante parte del año; su vegetación característica son los pastizales. Estas son las grandes áreas productoras de trigo. Tienen altos niveles de nutrientes, poseen una buena estructura de suelo y se encuentran en superficies de topografía plana; son apropiados para una gran variedad de cultivos. Los suelos de “chernozems”, color café oscuro o negros, predominan en las áreas templadas de América Latina, como la pampa argentina y en partes del Uruguay.

## **SUELOS AZONALES**

### **Litsoles**

Son suelos superficiales, generalmente pedregosos y emergen o descansan sobre rocas o fragmentos rocosos consolidados. Estos suelos cubren el 21% de la superficie terrestre pero aportan sólo el 2,5% de las tierras arables. Por lo general son muy poco profundos o demasiado pedregosos para los fines de producción de cultivos. Ocasionalmente pueden tener cierto potencial agrícola. En África del Norte se usan para cultivar viñedos y en las montañas de la región andina se utilizan para el pastoreo extensivo.

Los litosoles ocupan la mayor parte de las lomas en la Cordillera de los Andes.

### **Regosoles**

Estos difieren de los litosoles puesto que están formados de materiales suaves o no consolidados que son predominantemente minerales, pero no pedregosos. Son suelos profundos con características uniformes desde la superficie hacia abajo, hasta una profundidad de 150 cm o más. La mayor parte de estos suelos son arenas.

Los regosoles se encuentran en las tierras altas del Brasil y de los Andes centrales, en las partes altas de los valles del Amazonas y el Orinoco y en las tierras costeras tropicales bajas (Malavolta y Neptune, 1974).

## **SUELOS INTRAZONALES**

### **Suelos aluviales**

Estos suelos se encuentran en terrenos bajos, planicies de inundación (aluviones) y terrazas bajas a lo largo de corrientes fluviales.

Los suelos aluviales son, probablemente, los más populares en los trópicos húmedos para la producción agrícola; sin embargo sufren inundaciones ocasionales y la construcción de caminos es difícil y cara.

Los ríos, como el Amazonas, el Paraná y sus mayores tributarios, que corren tranquilamente a través de planicies niveladas la mayor parte del año, se desbordan de su cauce en el período de inundación y depositan sedimentos en las planicies colindantes, formando suelos aluviales en las extensas planicies de inundaciones en sus cuencas; éstos son suelos potencialmente fértiles pero imposibles de cultivar sin la previa regulación de los ríos y el drenaje apropiado.

El término "aluvial" se usa para denominar depósitos recientes de materiales que el agua transporta y que han sido poco afectados por el medio ambiente. Sus características están determinadas por la naturaleza del material madre y la manera como han sido acarreados, distribuidos y depositados. La fertilidad de los suelos aluviales depende de su origen. Si se han desarrollado a partir de rocas pobres o lateríticas, su fertilidad es muy baja. En cambio si se han formado por la erosión de suelos ricos en nutrimentos y rocas calcáreas o basálticas, pueden ser de alta fertilidad.

Suelos aluviales altamente productivos de este tipo se encuentran, por ejemplo, en el Valle del río Papaloapán, en México.

## “Andosoles”

En regiones tropicales con volcanes activos, se forman unos suelos especiales, a partir de las cenizas volcánicas. Estos suelos son muy porosos, tienen un alto contenido de materia orgánica y una alta capacidad de almacenamiento de agua. Los “andosoles” son por lo general excelentes suelos agrícolas, con alta fertilidad natural y muy buenas características físicas.

La ceniza volcánica, con su alto contenido mineral, ha cubierto extensas superficies a lo largo de la zona occidental de América Central y las tierras agrícolas más productivas de las regiones tropicales de América Latina se encuentran entre este tipo de suelos volcánicos. Gran parte de las tierras más bajas de América Central se encuentran cubiertas de suelos porosos de origen volcánico altamente fértiles, que fueron desarrollados del material proveniente de las cumbres volcánicas. En las regiones de tierra templada, el mejor café crece en suelos de ceniza volcánica.

## SUELOS SALINOS

Muchos suelos áridos poseen un alto contenido de sales solubles, que tienen su origen en las siguientes fuentes:

- a. Pueden haberse originado por las disgregaciones de la roca madre que no han sido lavadas a causa de las escasas precipitaciones.
- b. Pueden haber sido transportadas por el viento, procedentes de los mares o de eflorescencias secas de sal en la superficie de otros suelos salinos.
- c. Pueden ascender a la superficie por capilaridad provenientes de aguas freáticas mineralizadas. La concentración de sales es mayor cuanto más alto sea el nivel freático. La profundidad crítica es de 2 a 2,5 m. Las sales se acumulan en el suelo cuando las lluvias no son suficientes para lavarlas. El alto grado de evaporación concentra las sales cerca de la superficie del suelo.

Los suelos áridos tienen generalmente un pH por arriba de 7,0 y son con frecuencia alcalinos. En suelos calcáreos, la alcalinidad se debe sobre todo a las arcillas de calcio cuyo pH es menor que 8,5. En suelos donde predominan arcillas de sodio, se forma hidróxido de sodio debido al proceso de hidrólisis, el cual reacciona con el  $\text{CO}_2$  produciendo **carbonato de sodio**. Estos suelos tienen un pH superior a 8,5.

Una gran proporción de los suelos salinos del mundo son de origen aluvial. En general poseen alta fertilidad potencial si se logra erradicar

el exceso de sales por medio de procedimientos adecuados. La producción de cultivos será muy baja o prácticamente imposible sin una adecuada recuperación del suelo.

### **Tipos de suelos salinos**

Existen tres tipos de suelos con una excesiva concentración de sales: suelos salinos con excesiva concentración de sales solubles, suelos sódicos (previamente denominados suelos alcalinos), cuyo contenido de sodio cambiante es excesivo, y suelos salino-sódicos que tienen una alta concentración de sales solubles, así como también de sodio cambiante.

### **Suelos salinos (“Solonchaks”)**

Son suelos en los cuales la concentración total de sales ha alcanzado un nivel tal, que interfiere con el desarrollo normal de la mayor parte de las plantas cultivadas. Esto ocurre generalmente en niveles que superan al 0,1%. El criterio adoptado generalmente para estimar la salinidad del suelo, es la conductividad eléctrica a los 25°C de temperatura que posee la solución extraída de una pasta de suelo saturada.

Un suelo se considera salino cuando la conductividad eléctrica del extracto de la saturación es de 4 mmhos/cm o mayor y la concentración del sodio cambiante es menor de 15% (Richards, 1954).

Por lo tanto, las sales de sodio constituyen sólo una proporción relativamente baja del contenido total de sales en estos suelos. Las otras sales que pueden estar presentes en distintas proporciones consisten principalmente en: calcio, magnesio y potasio; cloruros y sulfatos; y en un grado menor en bicarbonatos, boratos y nitratos.

En los suelos salinos pueden aparecer costras blancas de sal en la superficie. El pH del suelo generalmente es menor que 8,5. La estructura del suelo es a menudo satisfactoria y estable ante el agua dado que las sales solubles exceden en relación al sodio cambiante. La alta presión osmótica y la reducción de la disponibilidad del agua del suelo, son la causa principal del efecto negativo sobre el crecimiento de las plantas.

### **SUELOS SODICOS (alcalinos, “Solonetz”)**

Son suelos cuya concentración total de sales no es excesivamente alta (menor que 4 mmhos/cm), pero cuya proporción de sodio cambiante es lo suficientemente alta como para afectar en forma adversa el crecimiento de las plantas.

Las cantidades excesivas de sodio traen como consecuencia la producción de carbonato de sodio. Este compuesto a su vez produce la

dispersión de parte de la materia orgánica del suelo, la cual se disuelve en la solución del suelo. El agua que sube por capilaridad a la superficie deja tras ella un residuo oscuro denominado "álcali negro".

Como resultado de la sustitución del calcio y el magnesio por el sodio, las partículas de arcilla también tienden a dispersarse; en este caso, la estructura del suelo se deteriora con la consecuente disminución del grado de percolación. Las partículas arcillosas dispersas tienden a infiltrarse por medio de las lluvias y de las aguas de riego. Por lo tanto, éstas son erradicadas de la superficie del suelo, el cual puede convertirse en suelo de textura gruesa. La arcilla se acumula en la profundidad formando una capa densa e impermeable.

Cuando están húmedos los suelos alcalinos se convierten en suelos pegajosos y de gran plasticidad; cuando están secos, las operaciones de cultivo levantan terrones de gran dureza. El cultivo del suelo y su preparación para el sembrado son difíciles.

El crecimiento de las plantas sufre debido a la aeración inadecuada del suelo, el bajo grado de infiltración y la formación de costras duras en la superficie después de las lluvias o los riegos.

Esta forma de salinidad aparece generalmente como manchas de sal en los campos.

### **Suelos salinos alcalinos**

Estos son suelos de alto contenido de sales (mayor que 4 mmhos) combinadas con una alta proporción de sodio cambiabile (mayor que 15%) cuyo pH generalmente es menor que 5,5. La alta concentración de sales solubles posee un efecto floculatorio, el cual compensa el efecto adverso del sodio absorbido que tiende a causar la dispersión de las partículas arcillosas. Por lo tanto, mientras la solución del suelo posea una alta proporción de sales solubles, será posible mantener una estructura más o menos favorable y el grado de infiltración continuará siendo relativamente alto.

## **RECURSOS HIDRAULICOS Y SU DESARROLLO**

### **LA.CRECIENTE NECESIDAD DE AGUA EN EL MUNDO**

El incremento de la población mundial estimado en un promedio anual aproximado del 2% implica que la demanda mundial de agua se duplicará cada 35 años aproximadamente (United Nations, 1964). El incremento de los requerimientos de agua en las zonas áridas será mucho mayor que en las regiones húmedas, debido a dos causas principales:

- a. El agua es el recurso limitante en las zonas áridas y por lo tanto, es el que determina la medida en que pueden desarrollarse los otros recursos.
- b. Paralelamente al aumento del nivel de vida se produce un aumento en el requerimiento de agua. En las regiones áridas el nivel de vida es de los más bajos y por lo tanto el aumento en la necesidad de agua será más drástico.

Desafortunadamente los recursos hidráulicos son por lo general, abundantes en aquellas regiones donde menos se necesitan y son escasos en otras regiones en donde constituyen la clave para el desarrollo agrícola e indirectamente para el crecimiento económico e industrial. Más aún, el abastecimiento de agua es, por lo general, más abundante durante las estaciones que menos se necesita y es escaso, durante las estaciones de máximo requerimiento.

Las presiones de población y las necesidades de desarrollo crean una situación en la cual el desarrollo de un nuevo recurso de agua es posible sólo a expensas de suministros previamente disponibles. Su extracción en el curso alto de un río reduce la cantidad de agua disponible en el curso bajo e incluso puede reducir la calidad restante hasta niveles peligrosos; el desarrollo de nuevos pozos de agua puede afectar el rendimiento de pozos más antiguos que dependen del mismo depósito de aguas subterráneas; la transferencia de aguas de una región a otra puede limitar el futuro desarrollo de la región donante.

La escasez en el abastecimiento actual de agua en las regiones áridas no implica necesariamente la falta de recursos hidráulicos. En muchas regiones áridas existen recursos de agua potenciales que pueden desarrollarse con los fondos y los conocimientos técnicos adecuados. Mayores cantidades de agua podrán ser disponibles en caso de mejorarse los métodos de acumulación de agua, incrementarse la eficacia de los recursos hidráulicos existentes y distribuirse más racionalmente el agua entre las demandas antagónicas (Fig. 2.2).

No sólo las regiones secas se enfrentan a problemas de abastecimiento inadecuado de agua para los cultivos. Incluso en muchas partes en los trópicos húmedos la agricultura puede enfrentar estos problemas, debido a la irregularidad estacional del abastecimiento, en el cual alternan períodos de humedad excesiva con períodos de humedad deficiente. El efecto negativo que tiene la escasez de agua en la producción de cultivos se agrava por el hecho de que el período de humedad deficiente coincide generalmente con períodos muy soleados, vientos y una tasa elevada de evapotranspiración.

El agua se considera a un nivel nacional más que a un nivel local. A pesar de que en América se han construido grandes obras de irriga-

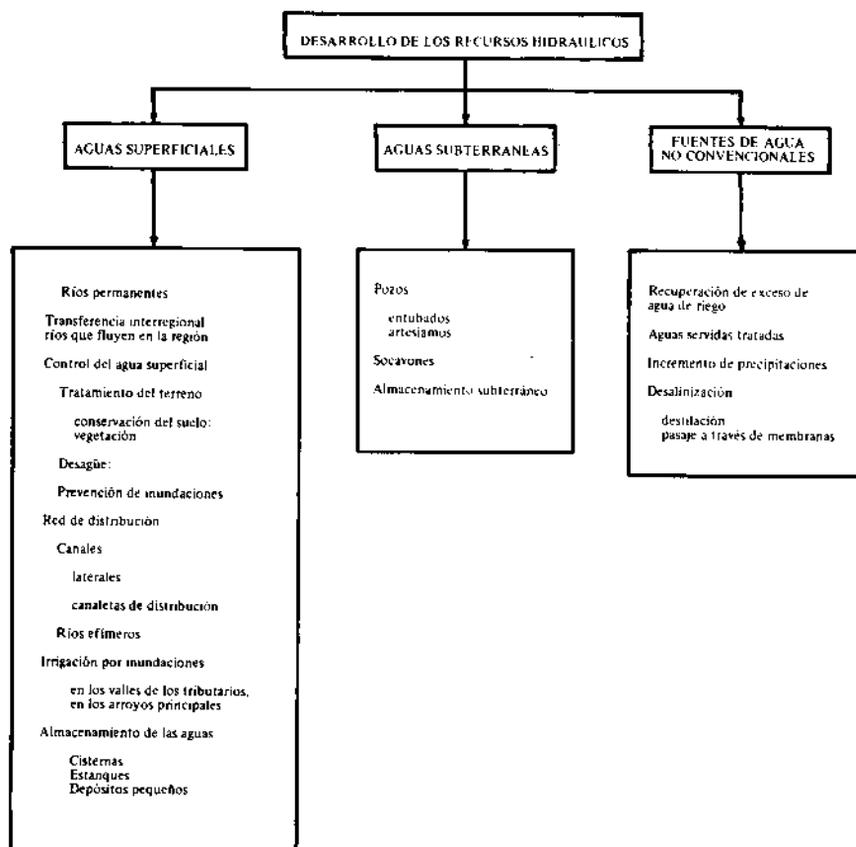


Fig. 2.2. Desarrollo de los recursos hidráulicos.

ción y existen algunas plantas hidroeléctricas en la región, se han invertido muy pocos esfuerzos para calcular las reservas generales del agua.

El trabajo de regulación y el uso máximo de las reservas de agua de América Latina ha comenzado a realizarse seriamente sólo en los últimos tiempos. Se ha logrado un gran progreso en el desarrollo de reservas de agua e irrigación en México, Venezuela, Perú, Chile y en la costa norte del Brasil; sin embargo, hay aún considerables reservas de agua inexploradas.

Prácticamente la mayor parte de los ríos en su curso alto, en las montañas del norte de México y en los Andes, podrían explotarse para proveer de agua el desarrollo agrícola, incluso cuando sólo fuera

para complementar las precipitaciones existentes. El São Francisco puede surtir con sus aguas por lo menos a la parte norte de Brasil (Cole, 1965).

## **AGUAS SUPERFICIALES**

### **Corrientes de agua y ríos**

En regiones áridas existen tres tipos de corrientes de agua y ríos:

- a. corrientes efímeras que tienen su origen dentro de la región;
- b. corrientes que se originan en una cuenca hidrográfica húmeda de elevada altitud, por lo general, cercana a la región árida;
- c. ríos permanentes que se originan en climas húmedos lejanos y fluyen a través de la región árida.

Los manantiales con un flujo de agua copioso y continuo son raros en las regiones áridas. El flujo de las corrientes originadas en la región son por lo general, de naturaleza intermitente; pueden aparecer flujos torrenciales que duran unos pocos días e incluso sólo horas, a los cuales siguen períodos en que el lecho permanece completamente seco. Muchos ríos de la región andina, por ejemplo, alcanzan a llegar al mar, mientras que otros desaparecen, debido a la evaporación y la infiltración. Algunas corrientes fluyen con bastante continuidad durante unos pocos meses en la estación lluviosa y luego se secan en forma progresiva.

### **Esparcimiento de las avenidas o torrentes de agua**

En la mayor parte de las regiones desérticas y semidesérticas ocurren avenidas repentinas durante las cuales gran cantidad de agua fluye esporádicamente por los canales anteriormente secos. El fenómeno es de corta duración y varían de unas pocas horas a varios días. Estas aguas pueden ser parcial o enteramente desviadas, de acuerdo a su volumen y velocidad, para anegar campos especialmente preparados para tal propósito. En un capítulo posterior se tratará acerca del uso de estas aguas.

### **Ríos permanentes y corrientes**

Muchos ríos se originan en zonas cercanas a terrenos áridos, ubicadas a elevadas altitudes, donde se alimentan de las aguas de deshielo. Estas aguas sirven para irrigar planicies áridas adyacentes. Otros ríos

se originan en climas húmedos, muy alejados de las regiones áridas. La irrigación en América Latina se produce casi toda por gravedad, usando agua de ríos que fluyen desde elevadas altitudes donde caen abundantes precipitaciones a las áreas secas más bajas.

En el valle del Amazonas existen ríos como el Tapajós, Xingú y Negro, cuyas aguas no contienen minerales o materia orgánica en cantidades significativas y por lo tanto, no fertilizan el suelo cuando se los usa para el riego.

Otros ríos, como el Amazonas, el Madeira, Purús y Jurúa, transportan grandes cantidades de sedimentos, que se depositan durante la temporada de inundación o cuando se utilizan para el regadío.

### **Transferencia interregional de las aguas**

El desarrollo de muchas regiones áridas y semiáridas depende, de la transferencia de aguas provenientes de ríos que fluyen en regiones húmedas más o menos lejanas, a través de canales u otros medios. Como ejemplo de lo dicho, se menciona la transferencia de agua del Río Indo hacia el árido Sind y el semiárido Punjab; el transporte de las aguas del Río Colorado al Valle Imperial de California y el transporte de aguas provenientes del Jordán en la Alta Galilea al desierto del Neguev en el sur de Israel, por medio de un sistema de canales abiertos y conductos cerrados de gran diámetro.

En muchos casos, las aguas del sistema de un río se transfieren por medio de canales y túneles a otra cuenca fluvial, para suplementar el abastecimiento de agua de esta última. Por ejemplo, para aprovechar el agua de los ríos que fluyen al Amazonas se puede desviar el agua por medio de túneles bajo las vertientes hacia la planicie de la costa. Esto se ha ejecutado en pequeñas dimensiones en el Perú (Cole, 1965).

### **Cuencas hidrográficas**

“Una cuenca hidrográfica es la superficie de tierra y agua limitada por una divisoria de aguas dentro de la cual, la escorrentía superficial se recoge y fluye a través de un desagüe único hacia un gran río, un lago u otra masa de agua” (Brown, 1960). Las áreas de drenaje de varios miles a varias decenas de miles de hectáreas se consideran cuencas pequeñas. Las grandes áreas de drenaje se denominan “cuencas fluviales”. Por lo general, en regiones de clima seco tienden a formarse cuencas de drenaje cerradas, en las cuales se acumulan sedimentos; en este caso, es frecuente encontrar lagos salinos (Dixey,

1966). Un proyecto de manejo de cuencas hidrográficas ideal debe integrar planes para la conservación del suelo y su mejoramiento, irrigación, drenaje, prevención de inundaciones y desarrollo del abastecimiento de agua para distintos propósitos. Esta empresa requiere cooperación comunitaria, organización administrativa e impositiva y acción política.

La proporción de precipitaciones que aporta a la escorrentía superficial y que penetra en el suelo hasta alcanzar la capa acuífera subterránea, depende en gran parte de los tipos de rocas y sus suelos. Las arcillas de textura fina son relativamente impermeables y en caso de lluvias torrenciales, una alta proporción de las precipitaciones contribuye a la formación de escorrentías. Por el contrario, las rocas calcáreas y los suelos derivados de ellos absorben las precipitaciones con facilidad. La mayor parte del agua de las precipitaciones que no fue evapotranspirada, concurre al depósito y a las corrientes de aguas subterráneas.

El tipo de vegetación establecido en la cuenca hidrográfica, es el factor que determina, en gran medida, la cantidad de agua que percolará profundamente y abastecerá al nivel de agua subterránea y al caudal de agua de manantiales y ríos. Los rendimientos de agua de tierras forestales pueden también incrementarse alternando el tipo de vegetación. En Carolina del Norte, el talado de la vegetación boscosa en todo un área de drenaje, incrementó el rendimiento de agua en un 65% el año posterior al talado. Los mayores incrementos se produjeron en los períodos de caudal de agua normalmente bajo (Storey, 1960). El talado de pinos incrementó el rendimiento de agua en un 30% (Love, 1960). Las distintas especies de árboles y matorrales poseen, por lo general, copas densas que provocan altas pérdidas a causa de la intercepción. Estas plantas crecen durante toda la estación seca y usan toda el agua disponible hasta una profundidad considerable por medio del profundo sistema de las raíces. Según el propósito puede incrementarse el escurrimiento superficial o el almacenamiento subterráneo. En las regiones secas, ciertos pastos atraviesan un período de latencia durante el estiaje. En este caso, interceptan menos precipitaciones y usan menos agua disponible en el suelo; por lo tanto, se incrementa la cantidad de agua destinada para la recarga de la capa acuífera.

### **Control del agua superficial**

En muchas regiones áridas suceden comúnmente inundaciones desastrosas que afectan áreas de extensiones variables. Su frecuencia y dimensión dependen del grado, la duración y la magnitud de las precipitaciones, así como de la condición en que se encuentran las tierras donde llueve. Cuando las escorrentías resultantes exceden la capacidad de los lechos fluviales, se producen las inundaciones. La

presencia de obstáculos permanentes o accidentales en su curso, la sedimentación en los diques o represas, o su derrumbamiento, son factores que contribuyen a la ocurrencia de las inundaciones. Los cultivos y las pasturas se dañan, las planicies de inundación se erosionan en cárcavas y pueden cubrirse de sedimentos no fértiles; los sistemas de control de agua se destruyen, etc.

El control de las inundaciones incluye las siguientes medidas:

- a. **Tratamiento del terreno.** Reducir las escorrentías e incrementar la infiltración en las tierras de la cuenca fluvial, ya sea por medio de métodos mecánicos o por la vegetación, para disminuir la cantidad de agua y sedimentos que alcanzarán las vías de drenaje de las granjas y las pequeñas corrientes de agua.
- b. **Retardar el flujo del agua en el curso alto de las corrientes.** Este método debe basarse en medidas apropiadas para el manejo de las pequeñas corrientes de agua y los tributarios de la cuenca fluvial, tales como el mejoramiento del canal de las corrientes, para incrementar la capacidad del transporte de agua, la estabilización de las barrancas, la presencia de estructuras que retarden el torrente de las inundaciones, las represas para la retención de sedimentos, etc.
- c. **Control de las inundaciones en el curso bajo de las corrientes.** Consiste básicamente en la construcción de grandes depósitos de agua y diques en las mayores vías fluviales, que faciliten el control de los torrentes de agua en los principales valles de los ríos.

## **METODOS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA**

### **Depósitos de agua**

Las fluctuaciones estacionales del caudal de agua superficial, serán mayores cuanto más árida sea la región. Los depósitos de agua tienen como finalidad lograr un abastecimiento más regular, corrigiendo así la gran variación en el caudal de las corrientes. Sin embargo, no es posible lograr una estabilización completa de flujos superficiales en climas áridos, ya que cuanto más grande es el depósito de agua, mayores serán las pérdidas por evaporación. En caso de no existir depósitos de agua, la cantidad de agua disponible para fines agrícolas estará determinada por los períodos de caudal mínimo, que generalmente coinciden con los períodos de mayor requerimiento de agua.

Los depósitos de agua son básicamente de dos tipos:

- a. **Sobre el curso de la corriente:** el depósito es directamente alimentado por la corriente y recibe por lo tanto toda la carga de

sedimentos. Este depósito deberá embalsar los caudales máximos o permitir el paso del exceso de agua. La represa de Asuán es un ejemplo típico de lo descrito.

- b. Fuera del curso de la corriente:** el depósito se alimenta por ramas derivadas de la corriente principal. Recibirá por lo tanto sólo una parte de la carga de sedimentos y deberá embalsar sólo parte del agua de las avenidas.

### **Almacenamiento de agua en pequeña escala**

El almacenamiento de aguas constituye una antigua tradición en las regiones áridas y semiáridas en las cuales las precipitaciones son la única fuente de agua. La eficacia y la destreza para almacenar parte de estas precipitaciones, para usarlas en el transcurso del año, serán mayores cuanto menos frecuente e intermitente sea el régimen de precipitaciones. Se han utilizado cisternas, tanques o piletas y otros pequeños depósitos de agua con este propósito.

#### **Cisternas**

Las regiones montañosas del Medio Oriente sólo pudieron habitarse después de inventar una argamasa impermeable al agua que hizo factible la construcción de cisternas para el almacenamiento de aguas de lluvia. Este hecho ocurrió durante la Edad del Hierro Media (Reifenberg, 1953).

Los techos de los edificios, los caminos pavimentados y los patios se utilizan como superficies de recolección en las zonas habitadas. El agua se conduce hacia la abertura estrecha de una cisterna en forma de embudo. Las pérdidas de agua por evaporación o por infiltración son prácticamente inexistentes dado a que estas cisternas son completamente cerradas o poseen sólo una entrada muy estrecha con paredes cubiertas por argamasa.

Fuera de las áreas habitadas, las cisternas se han diseñado para recolectar las aguas de avenidas y se encuentran ampliamente distribuidas en los desiertos.

Con este propósito se preparan pequeñas superficies de recolección de aguas, que se transportan a través de canales a las cisternas excavadas en las laderas de las montañas. En muchos casos, el agua atraviesa primero una pileta de deposición, con el fin de reducir la cantidad de sedimentos que se introducen en las cisternas. Frecuentemente las cisternas se excavan a lo largo de los lechos de los arroyos y se llenan durante las inundaciones repentinas.

Algunas de las cisternas pueden llegar a tener una capacidad considerable y cuando varias de ellas se agrupan, la cantidad total de agua almacenada puede ser de gran magnitud.

## **Estanques o piletas**

Los estanques o piletas son pozos cuadrados o rectangulares que se excavan en el suelo. La tierra extraída se apila en forma de malecón sobre tres de los lados. El estanque almacena aguas de escorrentías o aguas de corrientes efímeras llenándose hasta alcanzar el nivel del suelo. La capacidad de almacenamiento es igual al volumen de la excavación, lo que constituye un método muy costoso (Geddes, 1964).

Los estanques o piletas son de mucha importancia para el almacenamiento de reservas de agua de riego. Permiten establecer pasturas de valor potencial en las regiones donde las aguas subterráneas no están disponibles por razones económicas. Estos estanques no proveen agua durante todo el año, por lo general se secan después de que los pastizales son aprovechados casi en su totalidad. Las grandes pérdidas por evaporación constituyen su principal desventaja. Estas pérdidas son mayores cuando más seca es la estación y menor es la humedad relativa de la atmósfera.

Las pérdidas por infiltración pueden controlarse en ciertos casos mediante el revestimiento de los estanques o piletas con materiales plásticos.

## **Pequeños depósitos de agua**

La alternativa a las grandes represas lo constituye un número de microrepresas que comiencen desde las zonas altas de pequeños valles y descendan hacia las zonas inferiores. Estas crean un número de terrazas que absorben gran proporción del agua y evitan la erosión.

En las regiones secas del Asia Central se usan pequeños depósitos de agua desde los tiempos antiguos. En ciertos casos, el tamaño de estos depósitos puede ser suficiente no sólo para la irrigación de unas pocas hectáreas, sino también para varios centenares de hectáreas.

## **AGUAS SUBTERRANEAS**

### **Definiciones**

El agua que se acumula en una zona porosa, situada a una profundidad moderada por debajo de la superficie del suelo, se denomina agua subterránea.

A partir del nivel del suelo, la primera capa de agua subterránea detenida por una capa impermeable se llama "manto freático". Por efectos de capilaridad el manto freático sigue con cierto paralelismo la superficie del suelo. A más profundidad se encuentran otros mantos acuíferos que saturan materiales permeables entre capas impermeables y que están sujetos a la ley de los vasos comunicantes. El

nivel superior a que pueden llegar estos mantos en el alumbramiento de un pozo se llama nivel piesométrico.

La parte superior de la zona saturada se llama nivel de agua subterránea o capa freática. El agua que se mantiene a causa de las fuerzas capilares por encima de su nivel, se denomina faja capilar. El espesor de esta faja y la cantidad de agua que mantenga dependen de la textura del suelo. El límite inferior de la zona saturada está representado por el nivel al cual la roca subyacente es prácticamente impermeable al agua.

El nivel del agua asciende después de los períodos húmedos o como consecuencia de fuertes y continuas irrigaciones. Durante los períodos secos, las fuertes sustracciones de agua causan el descenso de su nivel.

Como se expresó, el agua subterránea se denomina agua "freática" o agua subterránea libre, en caso de no existir una capa dominante entre ésta y la superficie del suelo.

El depósito de agua subterránea o napa acuífera consiste de materiales de rocas porosas saturadas, suficientemente permeables como para permitir el movimiento gravitacional del agua a través de ella y proveer libremente de agua a los pozos.

### **Importancia de las aguas subterráneas**

Los depósitos de aguas subterráneas constituyen la fuente de agua de pozos, manantiales y flujos de corrientes de agua en períodos sin precipitaciones pluviales. El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento en regiones áridas, no obstante, hasta el momento se le ha prestado mucho menos atención que a las fuentes de agua de la superficie.

En forma general, los depósitos de agua subterránea se encuentran en un balance dinámico con las precipitaciones, la evaporación y el desagüe al mar.

Generalmente se estima que el volumen de aguas subterráneas almacenado a profundidades menores de 800 m, es 3000 veces mayor que el contenido de todos los ríos.

Contrariamente a las aguas superficiales, el uso de las aguas subterráneas es relativamente fácil y de bajo costo. Por lo tanto puede ser un factor capital en el desarrollo económico de las regiones áridas.

### **Calidad de las aguas subterráneas**

Las aguas subterráneas en las regiones áridas poseen casi siempre un alto contenido de minerales. El grado de salinidad depende de la naturaleza y la estructura de las rocas que contienen el agua.

Las aguas saladas están frecuentemente asociadas con la presencia de una alta proporción de partículas de arcilla en los lechos de los

ríos, mientras que las piedras calcáreas y las areniscas producen aguas con baja salinidad.

Es frecuente encontrar fuentes de aguas aptas para el uso y aguas inaptas a corta distancia unas de otras. Aunque a menudo el agua puede ser apropiada para el consumo humano, es mucho más difícil encontrar aguas aptas para la irrigación de cultivos que poseen requerimientos de calidad mucho más estrictos.

### **Movimiento del agua subterránea**

Las aguas subterráneas pueden desplazarse lateralmente o hacia abajo, exceptuando los grandes canales subterráneos, su flujo es muy lento; generalmente no excede a una distancia de tres metros diarios y en ciertos casos, es de unos pocos metros al año (Thomas y Peterson 1967).

El rendimiento de los pozos de agua depende en mayor medida del movimiento del agua a través de una capa acuífera, que de la recarga misma de esta capa. En caso de que el agua de un pozo o un grupo de pozos sea bombeada más rápidamente que la capacidad de movimiento del agua a través de la capa acuífera en dirección a los pozos, se producirá el descenso del nivel de agua en las cercanías del pozo, incrementará el costo del bombeo, y en casos extremos, el pozo podrá secarse a pesar del amplio contenido de agua existente en la capa acuífera. El bombeo por sí mismo puede incrementar el grado de movimiento en la capa acuífera debido al aumento de la gradiente hidráulica.

Sin embargo, este incremento puede ser insuficiente para compensar el grado de extracción del agua.

### **Utilización de aguas subterráneas**

Existen dos formas básicas de encarar la utilización de aguas subterráneas:

- a. el concepto de “rendimientos seguros” tiene por regla que la extracción anual de aguas subterráneas no deberá causar resultados indeseables, tales como la intrusión de agua de mar, hundimiento de la tierra, aumento de los requerimientos de bombeo, etc;
- b. el concepto de extracción exhaustiva (“mineraje”) de aguas subterráneas implica que la extracción de agua excede, y en ciertos casos considerablemente, a la recarga anual.

La planificación de la extracción del exceso de aguas subterráneas dirigido a sustentar el crecimiento agrícola, durante el período de

construcción de presas, depósitos de agua, canales, etc., puede justificarse en las etapas iniciales del desarrollo.

### **Extracción exhaustiva de las aguas (“mineraje”)**

En algunos casos la capa acuífera es de tal magnitud y posee reservas tan vastas que es necesario un largo período de tiempo antes de efectuar algún cálculo sobre el grado de extracción de aguas considerado como seguro. Tal es el caso de los desiertos que han acumulado aguas subterráneas durante un período más húmedo en una era geológica pretérita. Estas aguas ya no se reemplazan y por lo tanto se denominan “aguas fósiles”. Los depósitos de aguas subterráneas de los desiertos de Libia y Arabia son ejemplos típicos del fenómeno antedicho. La extracción de aguas de tales depósitos constituye realmente una obra de “mineraje”.

El “mineraje” de agua es justificable cuando se usa en una primera etapa con el fin de desarrollar y reforzar la economía, haciendo posible en una etapa posterior el acarreo de agua desde otras regiones o el desarrollo de recursos hidráulicos adicionales en la misma región. Esto representa realmente un “giro en descubierto planificado”.

### **Extracción de aguas subterráneas**

**Pozos y perforaciones.** El término “pozo” se reserva normalmente para denominar estructuras con un diámetro mayor a un metro. Las perforaciones o pozos entubados se horadan con una perforadora y consisten en tubos perforados de un diámetro relativamente pequeño que alcanzan la capa acuífera.

**Pozos de agua.** Los pozos de agua excavados a mano que alcanzan la zona de saturación, han suplido de agua a los habitantes de regiones áridas desde tiempos inmemoriales. Estos pozos son los que dieron su nombre a poblaciones situadas en su cercanía en muchas zonas desérticas.

La mayor parte de los pozos son de bajo rendimiento y por lo tanto no suelen ser suficientes para la irrigación de los cultivos. Su importancia, que no puede ser sobreestimada, reside en la posibilidad que ofrecen para la cría de ganado en el desierto.

Los pozos han servido también como fuente de aguas de irrigación desde épocas prehistóricas. El nivel de agua en estos pozos generalmente varía entre 1 y 30 m de profundidad. El agua es elevada por medios primitivos, ya sean manuales o activados por energía animal.

**Perforaciones o pozos entubados.** El desarrollo de la irrigación en gran escala por medio de pozos ha sido posible debido a sucesivas innovaciones técnicas, tales como las bombas activadas por el viento,

las bombas con motor a gasolina, equipos mecánicos para perforaciones profundas y la bomba centrífuga sumergida.

La elevación del agua desde profundidades considerables se hizo económicamente posible gracias a la bomba a turbina.

Los pozos entubados son generalmente de posesión y operación privada. Sin embargo, el espaciamiento y la profundidad de las perforaciones y la calidad del agua bombeada, deben ser controlados por un organismo público, con el fin de mantener el nivel del agua a un nivel económico y evitar los daños por salinidad. La calidad del agua bombeada también debe examinarse periódicamente.

**Pozos artesianos.** Cuando una capa acuífera originada en altitudes elevadas está confinada entre dos capas impermeables, se produce presión hidrostática que puede ser suficiente para elevar el agua en pozos situados en zonas más bajas. Esta agua se denomina "agua artesiana".

El desarrollo de pozos artesianos requiere generalmente la realización de perforaciones de alto costo que llegan con frecuencia hasta una profundidad de 1000 a 2000 m o más. El factor limitante no es, por lo tanto, la falta de agua sino su alto costo.

**Socavones\*.** Los pozos convencionales de forma circular no son suficientes para la extracción de agua de capas acuíferas amplias y de poco espesor situadas en zonas planas al pie de las montañas. Hace varios miles de años se desarrollaron sistemas subterráneos de túneles de infiltración para acarrear agua desde estas capas acuíferas hasta las tierras que debían ser irrigadas (galerías filtrantes).

A pesar de que el origen de estos acueductos subterráneos no fue determinado con seguridad, ya fueron utilizados por los persas en tiempos prehistóricos y aparecieron en varios países del Cercano Oriente.

En los Andes Centrales es posible encontrar un sistema similar a los "quanats" de Irán, denominados "puquio". Las opiniones están divididas en lo que concierne al origen del puquio; mientras que algunos opinan que fueron inventados por los Indios, independientemente del Antiguo Mundo, otros opinan que fueron introducidos por los Españoles (Amiran, 1966).

Los socavones poseen la ventaja de fluir día y noche sin requerir fuentes de energía. El agua es fresca y fría y se evita la contaminación dado que es acarreada desde las regiones superiores del abanico aluvial. De esta forma se previenen las pérdidas por evaporación, aunque gran cantidad de agua se pierde por infiltración.

Los rendimientos de agua de los socavones varían ampliamente y dependen de las características de las aguas subterráneas, la porosidad del suelo y la estación.

---

(\*) Denominados "quanats" (canales subterráneos en árabe "karez" en Persia, "foggaras" en Africa del Norte y "socavones" en Sudamérica.

Los socavones que derivan su agua de una fuente estable de agua subterránea proveen un flujo casi constante durante todo el año, mientras que el suministro de agua de otros socavones puede ser intermitente o llegar a secarse completamente en la estación seca.

La construcción de socavones es una ocupación especializada y con frecuencia ha constituido una ocupación familiar durante generaciones. Su construcción y mantenimiento requiere mucha mano de obra.

El promedio de vida de un sistema de galerías filtrantes está estimado entre 100 y 150 años debido a la acumulación gradual de sedimentos en los túneles subterráneos. Cuando el caudal de agua se vuelve demasiado lento para ser usado efectivamente, es necesario cavar un nuevo sistema a lo largo del antiguo. En estas regiones es frecuente encontrar 5 ó más líneas paralelas de pozos antiguos.

**Flujos bajo la superficie de cauces secos de ríos.** En todas las regiones áridas existen cauces de ríos que acarrear ocasionalmente torrentes de agua pero que permanecen secos durante la mayor parte de los meses del año. En algunos de ellos, el agua continúa fluyendo bajo la superficie, incluso después de que el flujo superficial ha cesado. El flujo subterráneo puede mantenerse y formar un depósito bajo la superficie que podrá abastecer de agua durante todo el año, si existen en el sitio condiciones apropiadas para la construcción de un dique subterráneo. La aparición repentina de un flujo considerable de agua en un cauce fluvial aparentemente seco en la mitad del desierto, es en verdad un panorama sorprendente. Desafortunadamente es difícil y raro encontrar una sección del cauce fluvial apropiada para la construcción del dique. Para tal efecto es necesario un sitio donde tanto las márgenes como el piso del cauce sean suficientemente impermeables.

**Recarga de las aguas subterráneas — almacenamiento subterráneo.** La proporción de las precipitaciones que llegan a los depósitos de aguas subterráneas en regiones áridas es muy pequeña y no excede por lo general al 5%. Por lo tanto, la recarga artificial de las aguas subterráneas está adquiriendo una importancia cada vez mayor. Ya se ha mencionado que la extracción excesiva de agua de los depósitos subterráneos es una característica común de las regiones en regadío. Esta extracción no sólo incrementa los costos de bombeo y la salinidad de las aguas, sino que hace peligrar el suministro futuro por causa de la intrusión de agua salina en la capa acuífera. Además, la experiencia ha demostrado que en las regiones áridas el almacenamiento subterráneo de agua posee varias ventajas sobre los depósitos superficiales. Los depósitos subterráneos no están sujetos a las pérdidas por evaporación y las fluctuaciones anuales de las precipitaciones no tienen una influencia tan marcada e inmediata como en el caso de los depósitos superficiales.

En las regiones semiáridas, donde se alterna un período de precipitaciones adecuadas con un período de sequía absoluta, el abastecimiento de aguas subterráneas puede ayudar a compensar la variabilidad de las precipitaciones y a prolongar la estación del cultivo.

Una superficie de absorción efectiva y una capa acuífera adecuada constituyen condiciones previas para el éxito de la recarga. Las aguas sobrantes de manantiales y corrientes pueden usarse para la recarga de aguas subterráneas cuando no se requieren para la irrigación. También las aguas de inundación pueden usarse para la recarga, aunque los sedimentos que acarrear pueden causar dificultades al reducir la capacidad de infiltración del suelo. El limo de estas aguas debe extraerse antes de conducirse a las cuencas de infiltración situadas por encima del depósito subterráneo de agua o recargarse.

Cuando los canales fluviales llegan al piso del valle, generalmente se esparcen, depositando primero los materiales de textura más gruesa. Es así como se forma en el curso del tiempo un abanico de sedimentos gruesos que poseen un alto grado de percolación. Por medio del establecimiento de un sistema simple de contención y diques de desviación, una proporción del flujo de la corriente se fuerza hacia las profundidades, llegando de esta forma a la capa acuífera.

La principal desventaja de este método consiste en que el agua se encuentra a gran distancia de la zona de extracción y por lo tanto la recarga no es suficientemente efectiva en los sitios donde el agua se requiere (Hall, 1957).

**El esparcimiento del agua** consiste en la desviación de excesos de agua de cualquier fuente disponible y su desbordamiento sobre suelos porosos situados sobre la capa acuífera. El esparcimiento del agua debe efectuarse de acuerdo a los principios de primordial importancia (Schiff y Muckel, 1967):

- a. debe liberarse de limo tanto como sea posible;
- b. debe represarse a niveles relativamente altos a fin de incrementar la conductividad hidráulica;
- c. debe efectuarse una anegación rotativa para permitir el secado periódico de la tierra con el fin de que ésta recupere el grado original de infiltración;
- d. debe mantenerse e incluso mejorarse tanto como sea posible la estructura del suelo superficial. La infiltración puede aumentarse por el mantenimiento de la cobertura vegetal original o por el raspado y escardado del suelo después del secado superficial.

Existen tres métodos distintos de esparcimiento de aguas que utilizan para tal fin: cuencas, surcos, inundaciones. Pueden también usarse combinaciones de dichos métodos que se seleccionan en base a condiciones locales, tales como la topografía de la superficie del suelo, la pendiente, la cantidad de limo acarreado por el agua y las características de los flujos fluviales.

### **Utilización de perforaciones o pozos**

En las áreas donde los métodos de esparcimiento de agua son impracticables, debido a una superficie inadecuada del suelo o a la presencia de una capa impenetrable bajo la superficie del suelo, la recarga de la capa acuífera podrá efectuarse por medio de perforaciones especiales preparadas para tal efecto o por pozos antiguos. En tal caso el grado de percolación será relativamente alto pero el área limitada no permitirá el uso de grandes cantidades de agua. Pozos de agua en actividad se utilizan ocasionalmente para la recarga, revertiendo el flujo del agua. Este método no se recomienda pues incluso pequeñas cantidades de limo pueden taponar las paredes y el fondo del pozo, sacándolo del uso activo y la limpieza de este material es prácticamente imposible. Existe también la posibilidad de contaminación bacterial del suministro doméstico del agua. Este método de recarga puede usarse ocasionalmente en pequeña escala, cuando pueden utilizarse aguas limpias o filtradas y cloradas (Hall, 1957).

Los pozos de recarga han tenido éxito en ciertas áreas y han fracasado en otras. El problema del mejoramiento de las técnicas de recarga artificial debe estudiarse en forma mucho más amplia.

## **FUENTES DE AGUAS NO CONVENCIONALES**

### **Uso repetido del agua**

El uso repetido de aguas usadas, incluso más de una vez, es imprescindible en las regiones áridas debido a su gran demanda. Es esencial un tratamiento que mejore la calidad de estas aguas antes de usarlas nuevamente. Las técnicas de mejoramiento varían de acuerdo a la naturaleza de la contaminación y al propósito al que serán destinadas.

### **Recuperación de excesos de aguas de riego superficial**

La construcción de un sistema de retorno de aguas de riego en los límites bajos de los campos irrigados, facilita el uso repetido de las aguas de calidad similar a la del agua original y a un costo bajo. Con este propósito se construye un depósito en el cual se puedan juntar todas las aguas sobrantes de la irrigación, las que podrán bombearse a

la cabecera del campo para usarse nuevamente (Hagan, Houston y Burgy, 1967).

### **Tratamiento de aguas servidas**

Los procesos de tratamiento de aguas servidas que se utilizan en la actualidad no han cambiado básicamente desde que comenzaron a aplicarse en gran escala en los albores de este siglo (Weinberger y Stephan, 1967).

Los tratamientos basados en procesos biológicos hacen desaparecer una parte substancial de la materia orgánica pero el agua aún puede ser peligrosa desde el punto de vista de la salubridad humana, a pesar de que muchos organismos patógenos son destruidos. Incluso una planta de tratamiento biológico de aguas servidas operada en forma adecuada, no puede aniquilar más del 90% de los organismos patogénicos existentes en las aguas servidas (Shuval, 1967). A pesar de que parte de las sustancias químicas y materiales tóxicos al oxidarse no son peligrosos, ciertas sales permanecen inalteradas por los tratamientos, tales como los cloruros, y el porcentaje de nitratos puede, incluso aumentar. Por otra parte la concentración de detergentes permanece inalterable.

A ciertas fuentes de contaminación se les está dando una importancia cada vez mayor; tal es el caso de los materiales orgánicos de difícil transformación, los restos radioactivos y las sales inorgánicas.

Las aguas residuales municipales pueden usarse para la irrigación durante la estación seca y en la estación lluviosa para la recarga de las aguas subterráneas.

### **Incremento de las precipitaciones**

La sola presencia de nubes no asegura la ocurrencia de precipitaciones. Por lo general, la nube contiene gotas de humedad demasiado pequeñas que no llegan al peso necesario que provoca su caída hacia la tierra en forma de precipitaciones. Por esta causa sólo una pequeña parte de la humedad de la atmósfera, generalmente menos del 10%, llega a la tierra en forma de precipitación (Shleusener y Grant, 1967).

La formación de las gotas de lluvia en las nubes puede interpretarse en términos muy simples como la formación de cristales de hielo al descender la temperatura de la nube que atraen humedad adicional y aumentan en tamaño hasta alcanzar el peso necesario para caer en forma de copos de nieve.

Cuando la temperatura es adecuada, estos copos se derriten durante su caída hacia la tierra y se transforman en gotas de lluvia.

En base a esta teoría se han desarrollado métodos para estimular artificialmente el proceso descrito. Todos estos métodos están basados en el sembrado de nubes con núcleos sobre los que se condensará

la humedad. El sembrado de nubes con hielo seco (dióxido de carbono sólido) reduce su temperatura y desencadena el proceso de formación de cristales de hielo.

Otro método de nucleación artificial se basa en el hecho de que partículas de polvo y de otro tipo pueden servir como núcleos de condensación que permiten la formación de gotas de lluvia a temperaturas algo más altas que las requeridas normalmente para la formación de cristales de hielo. En particular se conoce la efectividad de los cristales de yoduro de plata que funcionan como agentes nucleadores de hielo a la temperatura de 5° C bajo cero.

Por lo tanto, el sembrado de nubes puede ser un método efectivo para causar precipitaciones sólo en aquellos casos en que las condiciones existentes sean muy cercanas a las requeridas para la producción natural de las precipitaciones. En estos casos, el sembrado de nubes constituiría el "último toque" que inclina la balanza. En este hecho reside la dificultad de decidir si el sembrado de nubes es el agente que provoca las precipitaciones o no.

Se estima que en Israel se alcanzó un incremento anual en las precipitaciones de un 18-19% debido al sembrado de nubes. Este enriquecimiento de las precipitaciones debido al sembrado es el resultado de un gran incremento en unos pocos días de sembrado, mientras que en la mayor parte de los días no se registraron aumentos, o fueron de poca magnitud (Neuman, 1967).

Una atmósfera seca no puede crear lluvias y por lo tanto, los métodos de más éxitos de producción de lluvias sólo pueden contribuir al aumento de las precipitaciones, pero no podrán proveer de lluvias a las regiones áridas.

## **Desalinización**

Las aguas de mar y las aguas salobres, ya sean de lagos o subterráneas, son prácticamente la mayor fuente de aguas no potables en las tierras áridas. En aquéllas áreas donde no se vislumbra ninguna otra solución, el problema del suministro de aguas puede resolverse por medio de la aplicación de métodos de desalinización que proveen agua potable a partir de las fuentes dichas y a un costo justificable.

## **Métodos de desalinización**

Se han desarrollado varios métodos para la producción de agua potable a partir del agua salina. Estos procesos de conversión están basados en procesos de destilación, pasaje a través de membranas, congelamiento, humidificación y procesos químicos.

Los métodos más avanzados desde el punto de vista tecnológico para convertir agua en las cantidades requeridas para la irrigación, están basados: 1) en la destilación, que permite la conversión de aguas con alto contenido de sales tales como el agua de mar (35.000

p.p.m. SST); y 2) en el pasaje a través de membranas, para la conversión de aguas salobres (3.000 a 4.000 p.p.m. SST) en aguas que pueden usarse para la irrigación (500 p.p.m. SST) (United Nations, 1964).

## **ASPECTOS ECONOMICOS DEL USO DEL AGUA**

El desarrollo de la agricultura en muchas regiones depende de la irrigación. En otras áreas la irrigación es un prerequisite para lograr una alta productividad en caso de recursos de terreno limitado, producción de cultivos de alto valor, diversificación e intensificación de la agricultura.

Como resultado, el desarrollo de la irrigación produce un impacto considerable sobre el desarrollo económico en su totalidad. Por ejemplo, el número de empleos y el nivel de vida en continuo incremento proveen un mercado de consumo interno para los productos industriales; materiales no elaborados tales como textiles, azúcar, aceite, etc., se producen para su procesamiento industrial.

El desarrollo de los recursos hidráulicos está con frecuencia a cargo de los gobiernos aún cuando el costo del agua de que eventualmente pueda disponerse para la agricultura sea mayor a la suma que puede pagar el productor. Por lo tanto, el agua es subsidiada en diversas formas. El papel vital del agua en la producción de alimentos y el hecho al representar un punto de partida esencial para el desarrollo económico en su totalidad, justifica que el desarrollo de los recursos hidráulicos sean de interés nacional debido a que los beneficios indirectos son a veces suficientes para pagar el costo del mantenimiento, el funcionamiento y los intereses del proyecto.

### **Usos alternativos del agua**

En los países en desarrollo, ubicados en regiones áridas, la mayor parte del agua disponible se usa para la irrigación y el valor de esas tierras lo determina la cantidad de agua disponible que tengan. En las áreas húmedas, la tierra posee su propio valor sin la presencia del agua.

La cantidad anual de agua potable necesaria para satisfacer las necesidades de los seres humanos y de los animales es 10 toneladas por toneladas de tejidos vivos. Los requerimientos de agua para la industria destinada al lavado, la refrigeración y la circulación de materiales, es de 1 a 2 toneladas de agua por tonelada de producto (en el caso de la fabricación de ladrillos), 250 toneladas por tonelada de papel fabricado, y puede llegar hasta 600 toneladas por tonelada de fertilizador de nitratos. Aún la mayor de estas cantidades es pequeña comparada con las cantidades de agua requeridas para la agricultura. Para cultivar una tonelada de azúcar o de maíz bajo irrigación, se

necesitan 1000 toneladas de agua. Los cultivos de trigo, arroz y fibras de algodón requieren 1.500, 4.000 y 10.000 toneladas de agua por tonelada de producto cultivado (Revelle, 1966).

Una evaluación económica de los usos alternados del agua demuestra que el uso del agua para la agricultura es mucho menos productivo que para los otros usos. El valor de producción del agua para la industria es frecuentemente 100 veces mayor que para la agricultura. Una investigación llevada a cabo por las Naciones Unidas en países en desarrollo, en regiones áridas, demostró que la minería, los puertos, los centros turísticos y otras actividades económicas al igual que la industria, pueden pagar por el agua precios mucho más altos que lo que podría pagar la agricultura (United Nations, 1964).

La cantidad de agua que puede sustentar a un trabajador en la agricultura de tierras áridas, podría abastecer en los Estados Unidos a 60 obreros industriales (Koenig, 1956).

Sin embargo, además de la retribución económica por unidad de agua, deben considerarse otros factores tales como la necesidad de abastecer una producción local de la cantidad mínima de alimentos, el desplazamiento de la población agrícola e incluso, en ciertos casos, las necesidades de seguridad, pueden desplazar todas las otras consideraciones. Todos estos factores, que son legítimos, deben ser considerados en la evaluación económica de los usos alternados del agua.

Como el capital es uno de los recursos más escasos en una economía en desarrollo, los errores que se cometen en la evaluación económica de los proyectos de irrigación pueden traer consecuencias de gran alcance en el retraso del desarrollo económico.

A largo plazo, las consideraciones económicas predominarán en la determinación de prioridades para el uso del agua, recurso básico cuya demanda crece mucho más rápido que las posibilidades de abastecimiento.

### **Valor, costo y precio**

El precio del agua es el que el usuario paga por ésta, el cual puede ser menor al costo, en el caso de estar subsidiada. Su valor oscila entre cero, en el caso de un agricultor que paga una suma fija por unidad de área cultivada, y un valor infinito, en el caso de una persona agonizando de sed, en el desierto. En un país determinado, desarrollarán primero aquellos recursos de agua de más bajo costo, que generalmente se encuentran próximos a las áreas que deben irrigarse. A medida que las necesidades aumentan, se procurarán recursos hidráulicos más lejanos; el agua será bombeada de profundidades mayores y se desarrollarán recursos hidráulicos de costo cada vez mayores.

En la actualidad, en la mayoría de los países, el precio pagado por el agricultor para el agua de irrigación es inferior a su costo. En muchos casos, el agricultor no paga de acuerdo a la cantidad de agua

que usará, sino de acuerdo al área irrigada o al cultivo que produce. Este sistema provoca despilfarro en el consumo de agua, ineficiencia y la producción de determinados cultivos no justificables económicamente. Una política ideal de distribución de agua deberá basarse en el suministro de agua a cada agricultor en las cantidades y períodos que él la necesita para sus cultivos y el gravamen por la cantidad de agua que realmente usó. Si el objetivo es otorgar subsidios a la agricultura, pueden adoptarse medios más apropiados.

Yaron (1966), propuso un sistema en el cual la mayor parte del agua que se asigne a los agricultores tenga un precio fijo bajo, mientras que el resto del agua tenga un precio mucho más alto, de acuerdo a su rendimiento marginal en las granjas eficientes. Como resultado de esta política sólo las granjas eficientes comprarán y usarán la cantidad total de agua que les es asignada y por lo tanto, aún la porción marginal del suministro de agua se usará eficazmente.

### **Costos marginales del agua**

En países con una producción agrícola de alto nivel, es posible calcular por medio de programación lineal las cantidades de agua que puede aplicarse económicamente a diversos niveles de precios del agua.

En lugares donde el agua es el factor limitante, es preferible tender a lograr un alto rendimiento por unidad de agua aplicada y no por unidad de superficie de terreno. La producción total que se obtiene con una cantidad de agua puede ser mucho mayor cuando el suministro se distribuye sobre un área bastante amplia en cantidades tales que produzca un rendimiento calculado menor al máximo posible, que cuando el agua se concentra sobre un área en la cual producirá rendimientos máximos.

En Túnez se demostró que el 80% del máximo rendimiento posible del maíz se obtuvo con el 60% del agua necesaria para cubrir la evapotranspiración potencial (Brichambaut, Jenin y Wallen, 1963).

Debe destacarse, sin embargo, que esta irrigación deficiente sólo es posible en áreas donde las precipitaciones son suficientes por lo menos durante parte del año, para lixiviar las sales por debajo de la zona de las raíces.

### **Costos de aguas de diferentes fuentes\***

Los costos de las aguas para la irrigación dependen de las fuentes de abastecimiento. Son generalmente mínimos cuando el agua se extrae por gravitación de manantiales y corrientes; un poco más caros cuando se bombea desde pozos y más caros todavía cuando se extrae de diques construidos.

---

(\*) Se debe hacer notar que el drástico cambio que se produjo en 1973/4 en el precio del petróleo puede tener un efecto considerable en estas cifras.

El costo del agua en Estados Unidos es de 0,1 centavos de dólar por metro cúbico en el caso de aguas extraídas por gravitación del caudal de ríos; 0,33 centavos por metro cúbico cuando el agua se bombea de tales ríos y 0,68 centavos por metro cúbico cuando ésta se bombea de pozos (Clark, 1967).

La ventaja del desarrollo de suministros de aguas subterráneas reside en los requerimientos relativamente bajos de capital.

Los costos del agua de los depósitos los determinan el costo de la construcción de los diques y varía de 6 a 9 centavos por metro cúbico en el caso de represas pequeñas hasta 0,7 centavos por metro cúbico para las represas mayores. Sin embargo, el precio del agua de las represas grandes cuando llega a las granjas, puede ser considerablemente mayor debido al sistema de distribución. El costo del agua de los depósitos situados favorablemente puede ser bajo (Clark, 1967).

### **Aguas desalinizadas**

El factor clave para el uso de las aguas desalinizadas es una considerable reducción en los costos de conversión. A pesar de que se ha alcanzado un progreso considerable no se ha logrado el objetivo final: un costo de conversión compatible con el uso del agua desalinizada para la irrigación.

La inversión de capital, el costo de la energía usada para el proceso y los costos de operación y mantenimiento, son items mayores que determinan el costo de desalinización. A este costo deben sumarse los gastos derivados de la conducción del agua convertida a los lugares donde se usará. Dado que la fuente de suministros se encuentra siempre a nivel del mar, los costos de elevación pueden ser muy altos.

Cuando se consideran los costos de desalinización del agua, también debe considerarse su efecto sobre la calidad del suministro total. El suministro de agua, disponible para la irrigación, puede incrementarse considerablemente si se mezcla con agua de alta salinidad que no pueden ser usadas por sí mismas.

De todos modos, el costo de desalinización pronosticado para los primeros años de la década del 70 es aún muy alto para que el agua desalinizada pueda utilizarse para una producción agrícola convencional y puede llegar a ser mayor que el valor del producto final (Wiener, 1965).

### **LEGISLACION DE AGUAS**

A través de la historia, el agua se ha considerado en ciertos países como un producto de uso libre, al igual que el aire, el cual puede ser utilizado por todo aquél que tenga la oportunidad o la necesidad de hacerlo. Sin embargo, el desarrollo racional de aguas no puede alcan-

zarse sin una legislación apropiada que defina los derechos y deberes de los usuarios del agua.

Con excepción del Brasil que en pequeña medida se inspira en la tradición legislativa portuguesa, las leyes latinoamericanas han recibido importante influencia española (Cano y Vargas Galíndez, 1956).

Las leyes de España para sus colonias americanas, llamadas "Leyes de Indias", fueron tomadas como modelo por la mayor parte de las naciones latinoamericanas.

Estas "Leyes de Indias" impusieron el sistema del dominio público de casi todas las aguas y consiste en autorizar el uso por particulares de bienes de la corona, mediante el pago de tributos u otras formas de reconocimiento de su propiedad por éstos. Casi todas las legislaciones latinoamericanas contemporáneas mantienen esta tradición legislativa, aunque su fundamento no es ahora la propiedad por la corona, sino por el Estado como regente del patrimonio público. El principio del dominio público de las aguas tiene una justificación de orden económico y social en las regiones "áridas", donde el agua vale más que la tierra, porque ésta, sin aquélla, nada vale. Aquí surge la necesidad de que haya un poder, por sobre los intereses individuales, facultado para regular su uso (Cano y Vargas Galíndez, 1956).

La mayoría de las leyes sobre las aguas están basadas en dos doctrinas: la "riberaña" y la de la "apropiación".

En las regiones húmedas de Europa (Inglaterra, Francia) y de los Estados Unidos, la legislación de aguas está basada en las leyes inspiradas en la "code Napoleon" que adoptaron la doctrina ribereña, la cual otorga derechos de uso del agua sólo a los propietarios de tierras adyacentes a una corriente fluvial. Cada propietario ribereño tiene asignada una cuota de agua considerable, que sólo puede usarse en tierras ribereñas. Estos derechos sobre el uso del agua no dependen del hecho de que el propietario haga efectivos sus privilegios o nó.

Esos derechos emergentes de la riberaneidad, que fueron inspirados en la legislación inglesa y francesa, han influido también en las regiones húmedas de Latinoamérica, determinando restricciones más o menos considerables al principio del dominio público de las aguas, y a sus consecuencias, que consisten en el uso sólo permisible mediante concesión de la autoridad, y la facultad de ésta de otorgarlo inclusive a los no ribereños.

Las leyes españolas, tanto para las "Indias" como las posteriores de 1866 y 1879 (esta última todavía vigente), se dictaron para regir principalmente en zonas "áridas" como son las del Sur y Levante español, donde se practica el riego artificial. De ahí su especial aptitud de adaptación a las zonas Latinoamericanas con condiciones climáticas similares.

La doctrina para las regiones áridas, denominada "doctrina de la apropiación", se basa en la costumbre de los mineros de divergir flujos para sus operaciones, así como en la experiencia de los primeros colonos españoles de transportar aguas de las corrientes hasta sus

tierras para usarlas en irrigación. De acuerdo a esta doctrina, el primero en apropiarse del agua tiene prioridad de derechos, los cuales están sujetos a un uso real del agua y se pierden en caso de que ésta no se utilice. El agua puede usarse a elección del apropiador, ya sea en tierras ribereñas o en tierras alejadas del cauce fluvial. La gran ventaja de esta doctrina reside en el requerimiento de un uso beneficioso del agua y en la posibilidad de transportarla hasta donde más se necesite. Su desventaja principal consiste en el despilfarro que pueden causar aquellos agricultores con derechos sobre grandes cantidades de agua.

Con la independencia de cada una de las naciones latinoamericanas se dictaron muchas leyes sobre el agua, basadas en la tradición legislativa española y el aporte de los usos aborígenes precolombinos y adaptados a la modalidades geográficas y humanas locales, recogiendo particularidades regionales impuestas por el clima, los factores étnicos, etc. Según las ideologías que han inspirado sus respectivas organizaciones institucionales, algunos países han dado un marcado tinte "*ius privatista*" a su legislación acentuado en ella los derechos individuales y la preponderancia del derecho civil sobre el público.

Otros, en cambio, han estructurado sus leyes en principios más "estatistas" acentuando el predominio del derecho administrativo sobre el civil, ampliando la órbita de la intervención estatal en la administración de las aguas y subordinando los derechos privados sobre las aguas a factores de contenido social (Cano y Vargas Galíndez, 1956).

Diferencia también, entre sí, a las leyes latinoamericanas de aguas, el grado distinto de evolución económica en que los respectivos países se encuentran en relación con el aprovechamiento de las aguas. En los países donde la preocupación estatal por lograr la expansión agrícola mediante la irrigación es reciente, las leyes tienden a impulsar a los particulares a irrigar más tierras y los estimulan con la amenaza de revocar las concesiones de aguas públicas que no sean puestas en uso en determinados plazos.

En otros países, donde la preocupación estatal ocurrió con más antelación y que ya ha concluido a causa del agotamiento (al menos temporal) de los recursos hídricos, las leyes se orientan a consolidar los derechos privados sobre las aguas: restringen nuevas concesiones para proteger las preexistentes, haciéndolas irrevocables y perpetuas; castigan los usos sin concesión; y revocan las concesiones no utilizadas, pero ya no con el ánimo de mover a su uso, sino con el de eliminar la eventualidad de su utilización futura cuando ésta pudiera exceder los recursos hídricos disponibles (Cano y Vargas Galíndez, 1956).

En la mayoría de los países que ya poseen una legislación de aguas, ésta se transforma frecuentemente en obsoleta debido al crecimiento de la población, al progreso tecnológico y a los usos adicionales.

La administración y la legislación del agua pueden usarse incluso como medios de aceleramiento de programas de reforma agraria. En Colombia, por ejemplo, el Instituto Nacional de Colonización y Re-

forma Agraria (INCORA) utiliza el control de las aguas como un instrumento para facilitar la reforma agraria. En El Salvador se encuentra bajo consideración un esquema de ley sobre "irrigación, drenaje, recuperación de tierras y conservación de suelos", el cual intenta hacer prevalecer el concepto de la propiedad nacional de las aguas. Este esquema de ley fija los tamaños máximos y mínimos de las propiedades que podrán beneficiarse de los trabajos de irrigación gubernamentales. Ecuador y Brasil incluyen también en sus leyes de reforma agraria determinadas cláusulas que regulan el uso del agua (Caponera 1966).

Por lo tanto si se tiende a un progreso firmemente basado en el desarrollo de las aguas, es esencial una nueva legislación.

Las **aguas subterráneas** están generalmente sujetas a la regla inglesa que otorga al poseedor de la tierra un control absoluto sobre las aguas subterráneas bajo sus fundos. Sin embargo, esta ley omite por completo el hecho básico de la pertenencia de las aguas subterráneas de un fundo determinado a un depósito subterráneo común y la imposibilidad de tratar por separado las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

Las desventajas de esta ley en lo que respecta a estos criterios ha sido evidente después de la invención y el desarrollo intensivo de sistemas efectivos de bombeo.

El derecho absoluto otorgado al propietario de un pozo, que le permite bombear sin ninguna restricción, conduce generalmente a un uso excesivo de los recursos de aguas subterráneas. Los depósitos de agua continúan en su proceso de agotamiento dado que la recarga natural es generalmente muy pequeña.

## DETERIORO DE RECURSOS

Por naturaleza, la producción agrícola es un proceso extractivo; sin embargo, sólo durante el último tiempo se ha cristalizado la concepción de que se deben tomar medidas apropiadas para no destruir irrevocablemente los recursos agrícolas, como consecuencia del uso descuidado de la tierra y el agua por el ser humano.

El desarrollo agrícola aumenta el potencial de deterioro de recursos e incluso de su destrucción.

La construcción de depósitos de agua, el desarrollo de proyectos de regadío, la mecanización, el uso de productos químicos para una mayor producción y para la protección de plantas, actúan en el medio ambiente en varias formas, que pueden traer consigo efectos destructivos. Además, el crecimiento de la infraestructura de transportes y comunicaciones, la urbanización creciente y el desarrollo de la industria, que vienen acompañando al proceso de desarrollo rural, influyen en el sistema ecológico (Naciones Unidas, 1972).

## EROSION DE SUELOS

En último término, el desarrollo económico depende del uso y de la conservación adecuada del suelo. La sobrepoblación, los métodos de cultivo destructivos, las prácticas erróneas de regadío y el apacentamiento exagerado, pueden causar el deterioro del suelo, y éste es frecuentemente un proceso irreversible.

La erosión del suelo es un **proceso natural** que contribuye a la formación de suelos a desgastar montañas y a vigorizar el suelo en las tierras más niveladas. Por lo tanto, este proceso puede ser muy beneficioso, sea cual fuera su rapidez.

Los factores principales de la erosión acelerada son:

- a. El arado de la tierra en regiones semiáridas, conduce a la erosión por medio de vientos. El ejemplo clásico es la región central semiárida de los Estados Unidos donde la labranza de grandes superficies de pastos ha causado grandes vendavales de polvo.
- b. La destrucción de la capa de vegetación sobre los declives, particularmente en zonas húmedas, que trae como consecuencia la erosión por medio del agua. Generalmente, este es el resultado de una sobrepoblación que causa una reducción del período de abandono en la agricultura de roza y quema (cultivo de desplazamiento) y un apacentamiento exagerado en la agricultura pastoral.
- c. Métodos de labranza incorrectos (por ejemplo el arado en la pendiente) que generalmente es el resultado de una parcelación excesiva entre herederos, durante varias generaciones.

La erosión constituye a la vez un **síntoma** y un **resultado** de la mala adaptación del uso de la tierra (y de los métodos de cultivo), y del tipo del suelo y las condiciones climáticas.

Frecuentemente, la erosión del suelo es la culminación de un proceso que comienza con la pérdida de la fertilidad del suelo, y el deterioro de su estructura. A su vez la erosión del suelo reduce aún más su fertilidad, por cuanto saca selectivamente las partículas más pequeñas y livianas, reduce así la proporción de coloides y aumenta la de partículas de arena más grandes e inactivas. De esta forma se crea un círculo vicioso, en el cual el suelo superior fértil es gradualmente trasladado, exponiendo la parte inferior y mucho menos fértil. Esta parte inferior del suelo es relativamente compacta y por lo tanto, la filtración del agua es lenta y limitada. La labranza se hace más difícil y menos eficiente. La actividad biológica es más lenta, como resultado del deterioro de la estructura del suelo y de la deficiencia de nutrimentos disponibles. El subsuelo sigue siendo menos fértil que la parte superior trasladada por la erosión, incluso después

de agregar fertilizantes y abonos orgánicos. A su vez, el subsuelo es más susceptible a la erosión que la parte superior del suelo, debido a las deficiencias de su estructura y a su bajo contenido orgánico. El desagüe de las lluvias aumenta formando arroyos y el campo puede encontrarse rápidamente en tal condición que su cultivo no sea económico.

El daño no se limita a los campos desgastados. El viento y el agua transportan las partículas de tierra de la erosión en forma selectiva; las primeras en depositarse son las partículas arenosas más gruesas, que pueden cubrir en profundidad campos anteriormente fértiles, al tiempo que las partículas fértiles más livianas quedan en suspensión recorriendo grandes distancias y caen generalmente en desiertos (suelos de loess) o en los océanos.

Además de dañar la fertilidad de las tierras cultivadas, la erosión del suelo causa el depósito de cantidades apreciables de sedimentos de los sistemas fluviales, el rápido relleno de los estanques con sedimentos y el aumento del peligro de inundaciones.

Grandes superficies de tierra que habían sido cultivadas se han abandonado debido a la erosión del suelo. Esto es muy común en México, en América Central y en los países del Caribe, al tiempo que América del Sur se ha denominado "el continente en desaparición". Se estima que un cuarto de la superficie total de las tierras cultivadas en el pasado y en el presente, ha perdido su capa superficial debido a la erosión (Benham y Holley, 1966). Un estudio de la erosión del suelo en Chile demostró que de 1.200.000 Ha sólo el 12,6% no había sido afectado, mientras que un 40% había sido seriamente dañado (FAO, 1963).

La densidad de la población en El Salvador ha conducido a una destrucción casi completa de la cobertura forestal, de modo que la erosión de sus suelos ha llegado a dimensiones desastrosas.

La erosión del suelo es muy grave en las regiones montañosas y de colinas en la zona andina; los sedimentos acarreados por el río Orinoco, por ejemplo, cambian el color de las aguas del Atlántico hasta una distancia de 150 Km de la costa.

La labranza de extensas superficies de pastizales para el cultivo de maíz y trigo en Argentina ha causado la erosión del viento en grandes proporciones y ha conducido a una situación similar a las áreas de polvo "Dust Bowl" (Benham y Holley, 1960). La erosión del suelo **debe controlarse** y se han desarrollado métodos que lo hacen posible para la mayoría de los casos.

## **APACENTAMIENTO EXCESIVO EN TERRENOS DE PASTOS**

En regiones húmedas, tropicales y templadas, el pasto y las praderas no sólo conservan la fertilidad del suelo, sino que la mejoran; los alimentos nutritivos y el humus se acumulan bajo la hierba, las condiciones son favorables para la actividad biológica, se preserva una

buena estructura del suelo, y el manto de vegetación previene la erosión.

En regiones más secas, el balance ecológico es mucho más frágil y se desequilibra fácilmente por el apacentamiento exagerado, que en la mayor parte de las zonas más secas de las regiones subtropicales y tropicales ha dañado severamente su capacidad de producción.

La combinación de sequía y altas temperaturas dañan las plantas de pasto al incrementar su respiración, aumentar su evapotranspiración y causar otros daños directos debidos al calor.

El apacentamiento moderado anterior al período de la sequía permite la acumulación de reservas alimenticias para incrementar la resistencia de las plantas a la sequía; al dejar un manto suficiente de plantas se previenen temperaturas excesivas del suelo, y se mejora la infiltración del agua de las lluvias. Por lo tanto, las deficiencias de humedad del suelo son menos graves, y las plantas resistentes están más dispuestas a sufrir condiciones adversas. Como resultado, cuando aparecen nuevamente las condiciones favorables de crecimiento, la recuperación es más rápida, mientras que en las praderas, en las cuales se apacenta exageradamente, el daño causado por la sequía puede ser permanente, en especial cuando el mismo suelo se ha reducido irreparablemente por la erosión. Es difícil reconstruir el manto verde de los pastos perennes; en las regiones áridas donde llueve en verano, éste es un proceso muy lento e incierto.

En una gran parte de las regiones de pastoreo en Africa, la vegetación achaparrada que crece como resultado de un apacentamiento demasiado intenso, constituye un excelente lugar para las moscas tse-tse y por lo tanto, considerables superficies de terrenos se vuelven inservibles para el pastoreo por ciertos períodos e incluso durante el año entero.

Para resumir, el resultado del apacentamiento excesivo, la carencia de una administración de pastos e incendios sin control, se expresa en la destrucción del manto de pastos, en la invasión de arbustos y en la erosión en gran escala.

## **PROYECTOS DE REGADIO**

### **Depósitos**

Los proyectos de desarrollo de cuencas fluviales son muy importantes para el desarrollo económico y social y frecuentemente constituyen parte esencial de los programas de desarrollo. Sin embargo, como resultado de la puesta en práctica de estos proyectos pueden surgir varios problemas ambientales, tales como la difusión de enfermedades contagiadas por el agua, el secamiento de la pesca río abajo, la inundación de terrenos agrícolas y forestales altamente evaluados, el desplazamiento de la población. Algunos de estos efectos adversos emergen gradualmente y otros se hacen evidentes con mayor rapidez.

Otros son prácticamente irreparables después de haberse manifestado. Por lo tanto, la planificación debe tomar en cuenta los posibles efectos negativos, y tratar de evitarlos o mitigarlos. Es cada vez más evidente que muchos trabajos de valor llevados a cabo en las regiones en desarrollo, cuyo objetivo era el almacenamiento de aguas de río en gran escala, fueron mal concebidos. Siempre son caros y gastan inútilmente el agua. En las regiones áridas en las que deben utilizarse y en dónde están ubicados, la evaporación es muy alta y puede elevarse hasta alcanzar 125 cm al año (Stamp, 1961).

Hasta las tres cuartas partes del agua almacenada puede perderse debido a la evaporación (Dixey, 1966) y el agua restante se hace cada vez más salina.

Como resultado de la alta tasa de evaporación, el rendimiento total de una cuenca en una región árida disminuye al construirse grandes depósitos. Incluso hay un punto en que la construcción de nuevos depósitos trae como consecuencia un déficit neto del agua que puede ser utilizada, cuando las pérdidas debidas a la evaporación exceden a las cantidades de agua aprovechables que pueden utilizarse (Burgy, Fletcher y Sharp, 1967). "Los depósitos pueden ser también mortales" (Addison, 1961). La experiencia en Surafrica demostró que los depósitos se llenaron de sedimentos en un período de doce años. En el Levante y en el Sinaí, depósitos relativamente pequeños se llenaron de sedimentos en períodos de tiempo más cortos aún.

Hay otros depósitos cuya vida es más larga. En los Estados Unidos se espera que los grandes depósitos sigan siendo efectivos durante uno o dos siglos.

Sin embargo, incluso en los Estados Unidos existen depósitos que se han obstruido por completo en pocos años (Stamp, 1961). Aún no se han desarrollado técnicas para reducir las pérdidas de agua por evaporación en los estanques grandes.

En el depósito agrandado de Aswan se estima que la pérdida de agua debida a la evaporación, equivale a un 10% del flujo anual del Nilo (Addison, 1961).

### **Salinidad de las aguas almacenadas en depósitos**

La salinidad del agua que entra al depósito puede variar considerablemente en las regiones áridas, según la distribución de las lluvias, la salinidad de la vertiente y las cambiantes tasas de evaporación.

Toda el agua que se evapora de los depósitos deja un residuo de sales que aumenta el contenido de sal en las aguas almacenadas. Cuando la tasa de evaporación excede a la tasa de agua que entra al depósito, la situación puede deteriorarse a paso veloz y la pérdida de agua se complica por su creciente salinidad.

El contenido de sales de agua en el depósito es mínimo después del período intenso de flujo durante la temporada de lluvias y alcanza una concentración máxima al final de la temporada seca.

Mientras más alta es la relación superficie/volumen, más elevada es la tasa de evaporación y como resultado, la concentración de sales es mayor.

### **Regadío**

El regadío de suelos áridos no equivale a la creación de un medio ambiente húmedo; el riego tiene efectos específicos y de largo alcance en la fertilidad del suelo, que no encuentran igual en las condiciones que se dan en los climas húmedos.

El regadío posibilita un incremento considerable en la producción de cultivos, pero puede afectar la fertilidad del suelo de varias formas, que pueden dañar seriamente su productividad.

El agua de riego, a diferencia del agua de lluvias, contiene grandes cantidades de sales en solución. Ciertas sales, como el sulfato de potasio o los nitratos, pueden beneficiar directamente a las plantas; otras, como el sulfato de calcio, pueden contribuir al mejoramiento de la estructura del suelo. Por el otro lado, sales como el cloruro de sodio, o compuestos que contienen boro pueden ser muy nocivas para el suelo o para la planta.

El agua de riego, incluso cuando es de alta calidad, contiene cantidades apreciables de sales nocivas. Por ejemplo, el agua que contiene 200 p.p.m. de cloro, nivel considerado bajo y seguro, puede agregar anualmente, usando prácticas de riego normales, hasta tres toneladas por hectárea de NaCl (y esto, sin tomar en cuenta el resto de las sales contenidas en el agua, que se agregan inevitablemente al suelo).

Una adición constante de esta magnitud puede causar considerables cambios en las características del suelo y en su fertilidad. El mecanismo de estos cambios, el tipo de daño causado, la necesidad de tomar precauciones y los métodos especiales que pueden aplicarse para evitar el daño permanente de los suelos como resultado de la acumulación de sales, se analizan en el Capítulo 3.

Los efectos negativos que tiene el regadío sobre la fertilidad del suelo no se limitan a la adición de sales dañinas, especialmente cuando los métodos de regadío son primitivos o erróneos. El desarrollo del terreno para cultivos de regadío requiere frecuentes operaciones de nivelación en gran escala, durante las cuales el subsuelo puede ser expuesto en superficies relativamente grandes. Por lo general, el subsuelo es de baja productividad, debido a las malas condiciones físicas y a deficiencias en nutrimentos de las plantas. Por ejemplo, se sabe desde hace mucho tiempo, que los subsuelos semiáridos de loess en Nebraska producían cultivos de cereales de muy bajo rendimiento y que bajo estas condiciones sólo las legumbres podían crecer debidamente, siempre y cuando se les agregara fósforo y potasio.

Aunque es posible vigorizar gradualmente la fertilidad del subsuelo cultivando una serie de legumbres, este proceso es muy largo: después de exponer un subsuelo en Ohio por 20 años, tenía un color

más claro que el de la superficie tratada de la misma manera. Así también, bajo condiciones de sequía, los cultivos en el subsuelo se veían afectados más rápidamente que los cultivos en la superficie (Bachtell, Willard y Taylor, 1956). La pérdida de ingresos acumulativa durante 18 años de cultivos, debida a la deficiencia de las cosechas obtenidas de los cultivos en subsuelos expuestos, comparada a las del suelo en las condiciones anteriores, equivaldrá al valor del terreno.

La estructura del suelo se afecta negativamente por la acción mecánica del agua de riego, y por la compresión causada por el uso de maquinaria pesada de labranza y cosecha en suelos húmedos. El efecto que tienen las sales que se filtran de los suelos sódicos en la dispersión de coloides, y los desastrosos efectos que tiene el regadío en la estructura del suelo y en su permeabilidad, ya se discutieron. La mayoría de los métodos de riego de superficie conducen a la erosión del suelo. En casos extremos, el terreno puede volverse inadecuado para la agricultura de regadío (Penman, 1967).

Los cambios de la textura del suelo son el resultado de sedimentos traídos por el agua de riego y del movimiento hacia abajo de la arcilla en el perfil del suelo. En una región del sur de Victoria, en Australia, se observó que cerca de un 14% del contenido de arcilla de la tierra de la superficie había sido lixiviada hacia abajo por el regadío, en un período de nueve años (Penman, 1940). Si el agua es salina, la arcilla arenosa puede transformarse progresivamente en más pesada y menos permeable, como ocurrió en el Valle de Salt River en Arizona, después de 28 años de regadío (Pratt, 1959).

El nivel de la capa acuífera puede subir considerablemente y disminuir el volumen de suelo accesible al sistema de raíces. El problema se agudiza cuando este nivel de aguas llega a 2 m de la superficie del suelo. Las anegaciones pueden ser graves especialmente cuando se practica el regadío de ríos, como resultado de la filtración de aguas de una extensa red de ríos y canales. En Punjab, durante un sólo año (1942-3), más de 280.000 Ha de tierra se inutilizaron como resultado de la acumulación de sales y anegaciones. No es extraño, por lo tanto, que varias civilizaciones que se basaban en la agricultura de riego terminaron en desastres, y que incluso en el Siglo XX fracasos en gran escala, cuyos ejemplos aparecen en el Capítulo 3, no sean excepcionales.

### **Hundimiento de la tierra de la superficie**

Un bombeo excesivo puede traer como consecuencia el hundimiento de la tierra de la superficie, que a su vez tiene como resultado la compresión y reducción del espacio poroso en el acuífero. La pérdida del espacio poroso en el suelo subterráneo significa una reducción permanente de la capacidad de almacenamiento subterráneo, y constituye una pérdida irreparable.

Las tierras turberas en cultivos de riego son particularmente propensas a hundimientos como resultado de la oxidación de la turba. La superficie de la tierra de turba en la zona del Delta de California, Sacramento, San Joaquín, se ha hundido aproximadamente 2 m entre 1962-1966 (Penman, 1967).

### **Invasión de aguas saladas en el acuífero**

Cuando un acuífero costero está abierto al mar, el agua del mar forma una cuña bajo el agua que corre hacia el mar. Por lo general, el agua de mar penetra al acuífero lateralmente y por ser más densa que el agua fresca, casi no se mezclan. Bajo la superficie de la tierra que limita con el mar existe una zona de conexión bien definida, entre el agua de mar que penetra hacia la tierra, y el agua del acuífero que corre hacia la costa bajo presión hidrostática.

Una retirada excesiva del agua del acuífero causará una disminución del nivel de la capa acuífera. Cuando este nivel es inferior al del agua salina, esta última avanza hacia el acuífero. Este es un fenómeno frecuente en las zonas costeras. Es una regla empírica que la disminución del nivel de aguas al bombear 1 m llevará a un aumento del nivel de la zona de conexión entre el agua salada y la fresca, de 40 m. Por lo tanto, la sobreutilización del acuífero en zonas costeras, que conduce a una disminución del nivel hidrostático, puede tener un efecto desastroso al salinizar los acuíferos. La atracción de agua salada es, incluso más dañina que el simple agotamiento del acuífero. Un acuífero vacío puede llenarse de nuevo eventualmente, pero en un acuífero contaminado la retirada del agua debe cesar, incluso cuando hay aún disponibilidad de aguas. La reclamación es más costosa y más difícil.

### **EMPOBRECIMIENTO DE LA TIERRA COMO RESULTADO DE LA GRAN DENSIDAD DE POBLACION**

En ciertas partes de las regiones tropicales de Africa y de América Latina, las grandes densidades de población han causado un empobrecimiento de la tierra. En estas regiones, la agricultura de desplazamiento de los campos es el sistema más común de utilización de la tierra. Este ha demostrado ser un método relativamente seguro para la conservación del suelo, la vegetación y la fauna, al tiempo que provee subsistencia a la población, siempre que su densidad sea más baja de un cierto número crítico. Cuando el período de abandono disminuye como resultado del incremento de la densidad de la población, la fertilidad del suelo disminuye; al comienzo este proceso es gradual, pero en forma rápida se transforma en un círculo vicioso (de Wilde y MacLoughlin, 1961). Eventualmente se alcanza una etapa en la que más allá de ella el suelo pierde su capacidad de producción, incluso de los rendimientos inferiores considerados como mínimos.

El bajo nivel de fertilidad impide la rápida restauración del manto verde y como resultado la tasa de erosión aumenta, llegando a la destrucción final de la capacidad de producción de la tierra. Estos problemas se discutirán más detalladamente en el capítulo que trata sobre problemas de utilización de la tierra.

## **EL USO DE PRODUCTOS QUIMICOS PARA LA FERTILIZACION Y LA PROTECCION DE LAS PLANTAS**

### **Fertilizantes**

Hace un siglo, J. Liebig propuso su teoría de que el único papel que juegan los abonos orgánicos es el de proveer alimentos a las plantas. En los últimos años ha emergido una escuela, inspirada por Howard (1940), Balfour (1945), y muchos otros, que adjudican la mayor parte de los males de la agricultura moderna al uso de productos químicos en general, y a los fertilizantes químicos en particular.

El efecto perjudicial en la fertilidad del suelo que se ha adjudicado a los fertilizantes químicos, se debe al envenenamiento de los micro y macro organismos del suelo, que provocan un aumento de la incidencia de enfermedades y pestes de las plantas, y afectan indirectamente la salud de los animales de la granja y de las personas que consumen productos cultivados con ayuda de productos químicos.

La adición de fertilizantes al suelo tiene efectos beneficiosos y perjudiciales a la vez: promueven el crecimiento de la planta, al proveer alimentos, pero también obstaculizan el crecimiento de la planta al aumentar la presión osmótica de la solución del suelo, y así aumentan las dificultades con que se enfrenta la planta para abastecerse de agua y de alimentos. En regiones áridas, de cultivos de secano, producidos en condiciones de humedad limitada, el aumento de la presión osmótica puede ser decisiva, bajo ciertas circunstancias y preponderar a las ventajas del abastecimiento de alimentos.

Al investigar los efectos de largo plazo que tienen los distintos tipos de fertilizantes sobre las cualidades físicas y químicas de un suelo regado, se pueden observar diferencias trascendentales. Aldrich y Martin (1954), al comparar los diferentes portadores de nitrógeno, encontraron notables cambios físicos y químicos en el suelo, después de 16 años de tratamiento diferencial. La tasa de filtración de agua era particularmente propensa a ser afectada. El uso de nitrato de sodio y de sulfato amónico trajo consigo un desequilibrio estructural que tuvo como resultado un espacio de macroporos reducido. En los campos de nitrato de sodio, las condiciones físicas deficientes parecían deberse a una proporción desfavorable de calcio-sodio. En los terrenos de sulfato amónico, la causa del desequilibrio estructural era, aparentemente la acción de dispersión del ion de amoniaco. El bajo pH, causado por el uso continuo de sulfato amónico, y debido a

la acumulación de hidrógeno en el complejo de absorción, inhibe la habilidad de los organismos del suelo de nitrificar el amoníaco.

Estos defectos desfavorables no fueron encontrados al usar urea o nitrato de calcio.

Cuando el uso continuo de grandes tasas de aplicación de ciertos fertilizantes puede causar dificultades, la respuesta no es la reducción o el abandono de la aplicación de fertilizantes, sino el cambio del tipo de fertilizante usado, o la aplicación de sustancias apropiadas para mejorar el suelo desde el punto de vista físico.

La salinidad y alcalinidad son problemas fundamentales en el cultivo agrícola de riego y con frecuencia se dice que una fertilización demasiado fuerte aumenta estos problemas. Sin embargo, cuando se percibe que la cantidad de sales agregadas al suelo por medio del agua de riego, incluso cuando ésta es de buena calidad, se eleva fácilmente a 3-5 toneladas por hectárea al año, el efecto que tienen los fertilizantes en la salinidad en condiciones normales de riego, no anula su importancia, a menos que se apliquen cantidades excesivas de fertilizantes inapropiados, y se eviten períodos de fuertes deficiencias de agua.

La fertilización desequilibrada puede causar también dificultades. El exceso de fertilización con un elemento único puede impedir la asimilación de otros elementos nutritivos esenciales.

Consecuentemente, no es el uso de fertilizantes *per se* el que puede tener un efecto no deseado en la fertilidad del suelo sino su uso incorrecto.

Es posible evitar o mitigar los efectos negativos mencionados si se selecciona el agente apropiado, se evita una aplicación abusiva o un abastecimiento desequilibrado, y se usan métodos apropiados de aplicación.

Cuando las sustancias orgánicas son esenciales para la fertilidad del suelo, los fertilizantes pueden jugar un papel considerable al incrementar las cantidades de residuos orgánicos incorporados al suelo.

Abonos verdes, producidos junto a los fertilizantes, constituyen por lo general la única fuente económica disponible de sustancias orgánicas.

Finalmente, cuando se labra abonos orgánicos voluminosos o residuos de cultivos, es indispensable agregar fertilizantes para prevenir el retroceso de la cosecha cultivada, que de otra forma sería el resultado de la fijación de nutrimentos de plantas por los microorganismos del suelo.

### **Pesticidas, fungicidas y herbicidas**

Una característica importante de varios productos químicos comúnmente usados contra plagas, enfermedades y control de malezas, es su persistencia en el suelo. La fertilidad del suelo depende en gran medida de la mantención del equilibrio entre los varios componentes

de las poblaciones complejas de microorganismos en el suelo. La conmoción de este precario equilibrio causada por los efectos residuales de los productos químicos aplicados al suelo, puede influir negativamente en su fertilidad (Audus, 1964).

Existen grandes diferencias en cuanto a la persistencia de los productos químicos en el suelo. Algunos son completamente destruidos pocos días después de su aplicación, y otros pueden seguir existiendo por años en concentraciones tóxicas. La persistencia de residuos químicos en el suelo depende de varios factores: el tipo de pesticida, el tipo de suelo, la humedad y la temperatura del suelo, la tasa de aplicación, la fórmula usada y la actividad de los microorganismos (Lichtenstein 1966). Los cloruros estables de hidrocarbano pueden persistir en el suelo por años; los compuestos orgánicos de fósforo generalmente se descomponen rápido pero a veces persisten de una estación hasta la otra. Los compuestos que incluyen cobre, plomo y arsénico persisten por largo tiempo (Weisner, 1963).

El DDT, la bencina hexaclorada y los cloruros, entre otros, son tóxicos también para los microorganismos activos en la nitrificación y pueden acumularse en el suelo. Sin embargo, si se tiene el cuidado de no exceder las tasas normales requeridas para el control de pestes, y se evita la acumulación de los residuos en el suelo, como puede ocurrir con un uso imprudente o excesivo, generalmente no se experimentan efectos drásticos con estos pesticidas.

El 2,4-D, el ubicuo exterminador de malezas, se descompone rápidamente en el suelo y se ha demostrado que tiene un efecto favorable para los microorganismos del suelo. El Anitrole, Endothal y Simazine no parecen tener efectos notables en los microorganismos del suelo cuando se aplican en tasas normales (Audus, 1964). Ciertos compuestos orgánicos de cloruro pueden transformarse sólo por medio de géneros específicos de organismos del suelo: por ejemplo, Simazine se descompone sólo por hongos y Actinomycetes. La tasa de descomposición biológica aumenta en suelos ricos en sustancias orgánicas (Audus, 1964).

La vigorización persistente de sustancias tóxicas como consecuencia del amplio uso de productos agrícolas químicos, puede tener efectos de largo alcance en la fertilidad del suelo. Estos dependerán del medio ambiente físico, químico y biológico del suelo (Webber y Elrick, 1966). Los procesos diferirán en condiciones áridas y semiáridas, con y sin riego comparado con los de regiones húmedas. Sin embargo, el conocimiento de estos efectos es aún muy limitado.

## **INTRUSION URBANA**

En los países en desarrollo la urbanización crece rápidamente; entre 1920 y 1960 las grandes ciudades del mundo desarrollado crecieron 2,5 veces, pero en los países en desarrollo, crecieron 8 veces

durante el mismo período (Pollock, 1971). Mas aún varias ciudades en los países en desarrollo crecen mucho más rápido de lo que crece la expansión industrial y por lo tanto, les falta la base firme proporcionada por el crecimiento industrial, que contribuiría suficientemente al crecimiento económico como para compensar la falta de capacidad de producción de la tierra debida a la intrusión urbana.

Como consecuencia, la pérdida de tierra agrícola en favor de las ciudades que se expanden, se encuentra en aumento en la mayor parte del mundo. Existen tres aspectos espaciales particulares en esta disminución: 1) intrusión selectiva, 2) fragmentación de la tierra agrícola y, 3) los efectos que tiene la ciudad que avanza sobre la tierra agrícola adyacente y la "sombra urbana" (Gregor, 1970).

Una de las razones por la cual se urbaniza frecuentemente, a costa de los mejores suelos agrícolas, es que muchos centros urbanos se originaron como centros de servicios para las comunidades agrícolas.

La fragmentación del terreno agrícola debido a la urbanización, puede conducir a una considerable desorganización de las actividades agrícolas y a acelerar la transferencia de la tierra agrícola hacia otros propósitos.

Manifestaciones de la "sombra urbana" son, por ejemplo, el aumento de la contribución de impuestos destinada a pagar los gastos de la creciente población urbana cercana, o los efectos negativos que tiene sobre las inversiones en el desarrollo agrícola, como resultado de la anticipación de la urbanización; el aumento de la contaminación del aire; competencia más fuerte por los escasos recursos de agua, etc.

La solución más comúnmente adoptada es la de "zonificación", según la cual, están claramente definidas las áreas que pueden utilizarse para la urbanización, la industria y la agricultura.

Sólo rara vez las actividades locales pueden resistir las presiones ejercidas por los corredores de bienes raíces.

La única solución radical posible a este problema de intrusión urbana es que el gobierno adquiera el título del terreno agrícola y que éste sea arrendado a los agricultores según estipulaciones referentes a su uso futuro. Cuando el interés nacional general dicta la necesidad de transferir terrenos agrícolas a la urbanización, esta decisión debe tomarse a nivel nacional y no por individuos sujetos a presiones económicas.

## **PLANIFICACION INTEGRAL DEL DESARROLLO DE RECURSOS NATURALES**

Por conveniencia, se discuten por separado los principales recursos naturales de tierra, agua, pastizales, regiones forestales y otros en los Capítulos 2, 3 y 5.

Sin embargo si se desea evitar fracasos y desastres ecológicos al **planificar** el desarrollo de los recursos naturales, es esencial tener un enfoque **integral** que tome en cuenta el equilibrio dinámico del medio ambiente natural.

Existen considerables diferencias en el conocimiento de cómo funcionan los ecosistemas al ser modificados por el hombre en el proceso de desarrollo de los recursos especialmente en los ecosistemas subtropicales y tropicales que se tratan. Rogers (1971) esboza la siguiente secuencia de las medidas ideales que se deben considerar en un enfoque integral para la planificación del desarrollo de los recursos naturales:

- a. consideración de las metas nacionales, económicas, sociales y ambientales, y su implicación en la planificación del desarrollo de recursos naturales;
- b. estudio de los recursos físicos y humanos y de la infraestructura existente en el área seleccionada para el desarrollo, de acuerdo a las metas nacionales o regionales de desarrollo;
- c. identificación de las posibilidades de desarrollo y de los problemas ambientales vinculados;
- d. formulación de proyectos o programas preliminares y sus alternativas;
- e. preparación de un esquema para el plan de desarrollo;
- f. estudios de prefactibilidad de los proyectos y programas alternativos;
- g. estudios de factibilidad y diseño final de los proyectos seleccionados;
- h. preparación de un plan integral de desarrollo.

### MANO DE OBRA

La mayor parte de los países en desarrollo se enfrentan a dos problemas contradictorios:

- a. exceso de mano de obra, que tiene como resultado el desempleo y el subempleo; y
- b. una escasez crítica de personas que posean las calificaciones esenciales.

## LA AGRICULTURA COMO FUENTE DE EMPLEOS PRODUCTIVOS

El incremento del desempleo y subempleo en los países en desarrollo es causa de grandes inquietudes. Las tasas de subempleo en los países menos desarrollados alcanzan un promedio de 20% de la fuerza laboral. En América Latina, más del 30% de la fuerza laboral está esencialmente desempleada, y en la agricultura solamente, el porcentaje alcanza un 45% (Lele y Mellor, 1972). Incluso en los países que han logrado incrementar la producción industrial, las nuevas oportunidades de trabajo no han podido marchar al mismo paso que el incremento anual de la fuerza laboral.

Generalmente la industria moderna cuenta con inversiones intensivas de capital y a corto plazo no ofrece nuevas oportunidades de empleo capaces de absorber a cientos de miles de personas.

En América Latina, la industria logró absorber en el período comprendido entre 1925 y 1960 sólo un poco más de 5 millones de personas, de los 23 millones que se adhirieron a la fuerza laboral urbana y la tendencia de la industria es transformarse en menos intensiva en mano de obra (Thiesenhusen, 1969).

Se estima que en Africa, incluso si la producción industrial y la minera crecieran y se multiplicaran por 25 hasta 1985, la fuerza laboral adicional no podrá ser absorbida a pesar de los empleos creados como consecuencia de esto en el comercio, la construcción y otros servicios (Von de Walle, 1970).

Si estas cifras son representativas también para América Latina, la situación en los países superpoblados de Asia es peor. Cualquier intento de reducir el trabajo agrícola antes de disponer de otras alternativas, es socialmente injustificado y sólo logrará incrementar el número de cesantes en las ciudades.

Por lo tanto, el factor que más puede influir en la habilidad de un país en desarrollo para absorber la creciente fuerza laboral en empleos productivos durante las primeras etapas del desarrollo, se encuentra en el sector agrícola.

Por este motivo, el desarrollo agrícola debe estar destinado, en sus primeras etapas, a crear una tecnología de mano de obra intensiva que produzca altos rendimientos. Esta es, exactamente, la meta contraria de los países desarrollados que deben resolver problemas relativos a la disposición de un número cada vez menor de mano de obra para la agricultura.

“Los grandes cambios en la tecnología agrícola, especialmente los que conducen a cultivos intensivos, han demostrado ser mucho más

efectivos en la provisión de empleo que las políticas industriales de la mayoría de los países” (O.E.C.D., 1967).

La posibilidad de conseguir esto se demuestra con el ejemplo del Japón, que ha tenido un éxito considerable en el mejoramiento de la agricultura de mano de obra intensiva con poca tierra por cada trabajador agrícola. El esquema desarrollado por los japoneses es relevante en gran medida para ciertas etapas del desarrollo en otros países (Fig. 2.3).

Al comparar la utilización de la mano de obra en granjas seleccionadas ocupadas en tareas agrícolas similares en India y Japón, se observó que en el Japón se emplea 50% más de mano de obra por unidad de tierra, y los costos de operación son ocho veces mayores. El valor de los fertilizantes, considerado por separado, es 16 veces mayor en el Japón. La producción bruta es 10 veces mayor en granjas del Japón en relación a granjas de la India.

Sin embargo, debe mencionarse que a pesar del alto rendimiento de trabajo en la agricultura japonesa en relación a otros países asiáticos, aún en el Japón la productividad por trabajador es mucho menor en la agricultura que en la industria y en los servicios modernos (Mellor, 1962).

La modernización de la agricultura crea nuevas fuentes de empleo en las industrias involucradas en la provisión de insumos agrícolas, como maquinaria, alimentos para animales, fertilizantes, pesticidas, etc., y en los servicios auxiliares como comercialización, transporte, elaboración, maquinaria de servicios, etc. Esto se ilustra mejor en las estadísticas de los EE.UU., donde sólo un 6% de la población está vinculada directamente a la agricultura.

De los 65 millones de personas empleadas en los EE. UU., en 1962, 25 millones producían para los agricultores o les prestaban servicios, 9 millones elaboraban y distribuían productos agrícolas, y 250.000 científicos servían directamente a la agricultura.

Los requisitos profesionales generados por la agricultura eran de 15.000 graduados por año: 2.000 en las granjas y estancias existentes, y 13.000 en investigación, extensión, conservación y operaciones comerciales.

El 40% de todos los trabajos en los EE. UU., tenían relación con 500 ocupaciones diferentes que se apoyaban en la agricultura (FAO, 1962).

La agricultura de mano de obra intensiva no es un objetivo por sí misma. A pesar de que el cultivo de los profundos suelos aluviales de los valles de China constituyen uno de los tipos más “intensivos” practicados en el mundo entero, éste está asociado con un penoso y

continuo trabajo y un nivel de vida muy bajo. Giles (1963) presenta las siguientes indicaciones de la cantidad de mano de obra y el penoso trabajo implicado en la agricultura tradicional: en India se requieren 875 hombres/hora para producir, cosechar y comercializar una hectárea de arroz, 1125 para maíz y 1000 para trigo irrigado. En caso de una mecanización completa, estos cultivos pueden producirse con menos de 25 hombres/hora por hectárea (sin incluir irrigación).

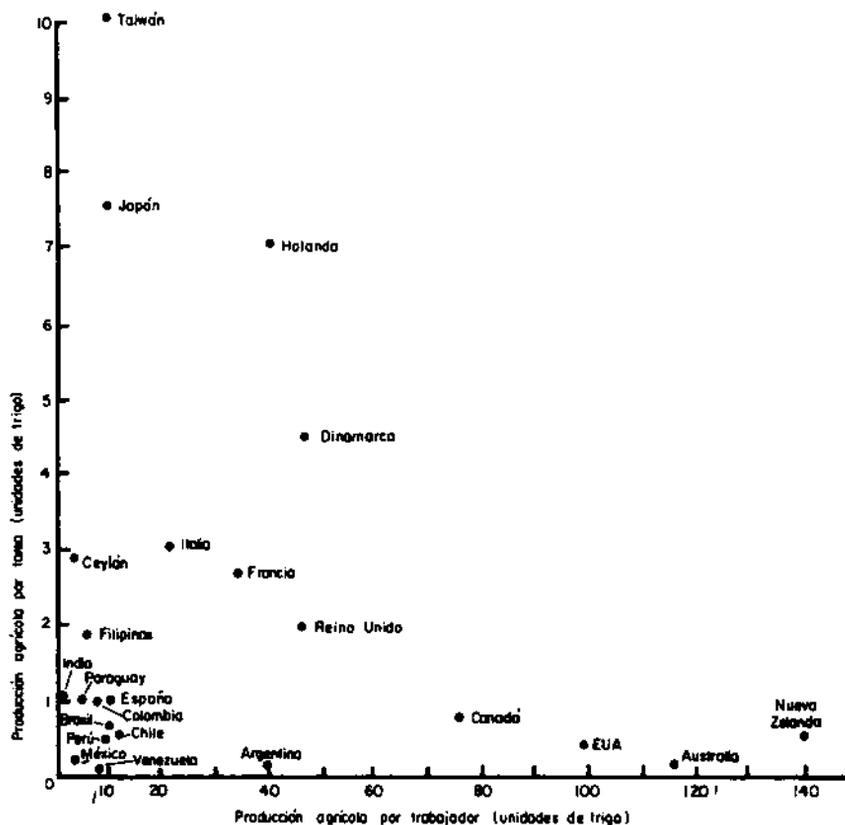


Fig. 2.3. Comparación internacional de la producción agrícola por trabajador y por hectárea de tierra agrícola.

Nótese que la productividad por trabajador puede ser muy alta en términos de producción agrícola incluso con métodos de trabajo intensivo (Taiwán, Japón) siempre que se obtengan altos rendimientos por ha. Por el contrario, la productividad del trabajo puede ser muy alto con bajos rendimientos en una agricultura altamente mecanizada (Australia, EUA, N. Zélandia). En la mayoría de los países latinoamericanos los rendimientos y la productividad del trabajo son generalmente bajos. Argentina es un ejemplo de una agricultura parcialmente mecanizada con bajos rendimientos.

## EMPLEO EN LA AGRICULTURA Y NIVELES DE VIDA

El desarrollo de la tecnología agrícola implica una reducción de la proporción de la población empleada en la agricultura. Esto libera mano de obra para ser empleada en otros sectores como manufactura, comercio y servicios. Por el contrario, la evidencia de una agricultura ineficiente, o de defectos estructurales en la economía que obstaculizan la realización completa del potencial económico del país se encuentra en una alta proporción de población agrícola.

Entre 1950 y 1960, la proporción de personas en edad activa vinculadas a la agricultura disminuyó en América Latina entre un 2% y un 16% en 11 de los 13 países en los cuales la comparación fue posible; en la mayoría de estos países la proporción disminuyó en 2% - 3%.

Los censos de 1960 proporcionaron información con respecto a la población agrícola en edad activa para 16 países. Los porcentajes más bajos fueron: 18% en Uruguay y 19% en Venezuela. Los más altos fueron de 60% a 67% en Honduras, República Dominicana y El Salvador. En tres países los porcentajes fluctuaban entre 40% y 49%; en cinco fluctuaban entre 50% y 59%. La población económicamente activa en la agricultura en los 16 países fluctuaba entre 18% y 67% con una moda de un 52%. Como comparación, la población económicamente activa en la agricultura en 11 países de Europa Occidental en 1960 fluctuaba entre un 11% y un 54% con una moda de 25% (Hopkins, 1969).

En 1970, el 48% de la población de los 18 países de Centro y Sur América vivía en áreas rurales y dependía en forma directa de la agricultura o de la silvicultura. De esos 35 millones de personas, el 70% de la fuerza laboral agrícola vive a nivel de subsistencia con una producción bruta anual de menos de 200 dólares por trabajador. El 70% - 90% de lo que este grupo produce se consume de modo directo. Por sus familias en el caso de productos agrícolas, o se gastan en alimentos y vivienda a nivel de subsistencia. En estas condiciones, la demanda rural de artículos de consumo industriales y de producción manufacturada es, necesariamente, muy baja (Nelson, 1973).

Se puede enunciar como regla casi general, que los niveles de vida nacionales son inversamente proporcionales a la relación del empleo en la agricultura y en los otros sectores. Por lo tanto, la consecución de un nivel de vida aceptable para el agricultor y para la fuerza laboral rural requerirán finalmente una reducción del número de personas empleadas en la agricultura, tanto en números relativos como en absolutos.

Esto no implica necesariamente el traslado de todos ellos del medio ambiente rural. Por el contrario, el equilibrio urbano-rural apropiado de las oportunidades de empleo dentro de un país es de primordial importancia. Edwards (1973) enfatiza la necesidad de extender la planificación, infraestructura, tecnología apropiada y los recur-

esos y servicios complementarios a las áreas rurales (considerándolos como altamente primordiales). La industrialización rural es la única solución para canalizar nuevos recursos productivos al campo, absorbiendo así parte de la fuerza laboral rural sin necesidad de desplazarla.

Sólo que se disponga de fuentes de empleo alternativas, la emigración de las áreas rurales no contribuirá a mejorar el nivel de vida.

En América Latina, por ejemplo, se ha estimado que la proporción de fuerza laboral vinculada a la agricultura ha disminuido de un 63% en la década de los años 30, a un 41% en la década del 60. Sin embargo, el éxodo de las áreas rurales no ha eliminado la fuerza laboral redundante del sector agrícola, como tampoco ha absorbido a

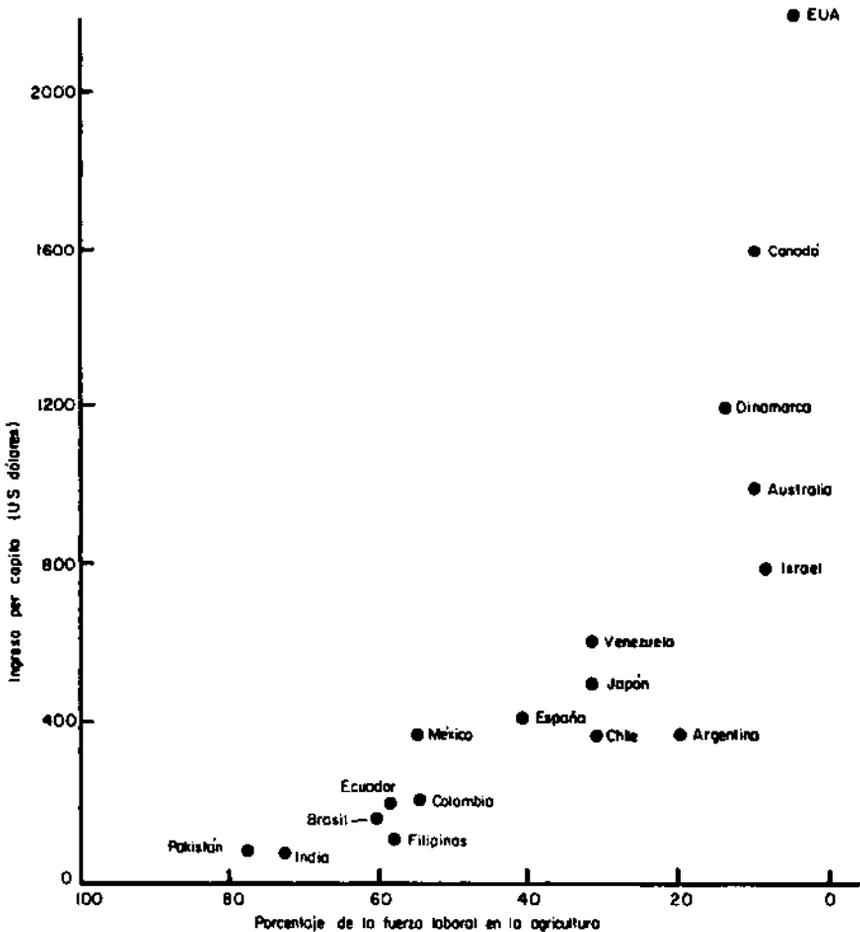


Fig. 2.4. Relación entre el porcentaje de la fuerza laboral en la agricultura y el ingreso per cápita.

todos los trabajadores que abandonaron la agricultura, en empleos productivos en el sector urbano (Prebisch, 1971). En otras palabras, parte del superávit de trabajadores se ha transferido de las áreas rurales a las ciudades, con el consiguiente gasto de un recurso importante.

## **EXCESO DE FUERZA LABORAL AGRICOLA COMO DEPOSITO DE MANO DE OBRA PARA OTROS SECTORES**

El mejoramiento de la economía nacional depende, en última instancia, de la industrialización y expansión de los servicios que deberán atraer posteriormente las reservas de mano de obra disponibles en la agricultura. La numerosa población agrícola de los países en desarrollo constituye una enorme reserva de mano de obra para el desarrollo de otros sectores de la economía. La transición de una agricultura tradicional a una agricultura moderna implica, tarde o temprano, la redistribución de esta fuerza de trabajo.

La diferencia de niveles de salario en relación a los países desarrollados probablemente continuará siendo grande por un largo tiempo, lo que otorga a los países en desarrollo ventajas iniciales en la materialización del proceso de industrialización. Una vez absorbida la mano de obra necesaria a la industria y a los servicios, el resto permanecerá en la agricultura. Por lo tanto, el grado de reducción del porcentaje de población ocupada en agricultura representa un buen índice de progreso económico. Parte de esta reducción aparente en el empleo agrícola no es más que una forma de especialización en muchas de las tareas realizadas anteriormente por los agricultores, como la molienda, la producción de productos lecheros, el mantenimiento de maquinaria, etc.

Países como Grecia, Japón, Israel, México y Taiwán, ejemplifican el fenómeno del incremento de la productividad de la agricultura, que al crear un superávit económico liberó mano de obra para las actividades en otros sectores de la economía, permitiendo la ejecución del crecimiento industrial y los cambios de estructura en las economías nacionales.

## **RENDIMIENTO DE LA FUERZA LABORAL**

La eficiencia de la mano de obra de las granjas latinoamericanas, y en especial en las de pequeñas dimensiones, es muy baja en comparación con la de las granjas de otros países. El 6% ó 7% de la población económicamente activa de los Estados Unidos e Inglaterra es capaz de producir los alimentos y otras necesidades de estos países. En Europa Occidental, cerca del 25% de la población económicamente activa está vinculada a la agricultura. No obstante, en América Latina la proporción es de un 50%, a pesar de que en los últimos censos ha

variado entre un 19% en Argentina a un 67% en Honduras, y más aún en Bolivia y en Haití (Hopkins, 1969).

En países de clima tropical el rendimiento de la fuerza laboral es frecuentemente bajo. No hay duda alguna de que estos climas, y en particular los trópicos húmedos, no son el medio ambiente ideal para el trabajo físico, especialmente cuando es trabajo de tipo agobiante relativo al uso de herramientas y equipo primitivo tan común en la agricultura de subsistencia.

Sin embargo, hay motivos para suponer que la razón principal para el bajo rendimiento de la fuerza laboral no es el clima, sino las enfermedades endémicas y los bajos niveles de alimentación en gran medida debido a la pobreza, ignorancia y falta de higiene que prevalecen en estas regiones, aún cuando las limitaciones climáticas no constituyan de por sí un obstáculo insuperable para un trabajo productivo. Por ejemplo, se ha demostrado que las campesinas en la India tienen un tercio menos de glóbulos rojos de lo que tienen mujeres normales de su misma edad, contextura, peso y tamaño (Deutsch, 1971). En consecuencia, la productividad laboral se puede incrementar considerablemente por medio del mejoramiento de las condiciones sanitarias y de la higiene personal, mejor nutrición, agua potable y mejor equipo de trabajo.

## **ACTITUDES RESPECTO AL TRABAJO**

En muchas sociedades, el bajo "status" atribuido al trabajo agrícola es tal, que incluso dueños de granjas relativamente pequeñas no ejecutan el trabajo de cultivo, y mientras más molesta sea la tarea, como excavación, sachadura y traslado de tierra, se relega a la capa más baja de trabajadores que no poseen terrenos (Béteille, 1971).

La actitud respecto al trabajo agrícola puede ser un factor importante en la determinación del rendimiento laboral. Este tema será tratado más detalladamente en el Capítulo 4.

## **SUBEMPLEO**

El subempleo se ha definido como una situación en la cual es posible reducir la fuerza laboral sin disminuir el rendimiento a pesar de que no se produzcan cambios en las técnicas de producción o en la inversión de capital (Kamarck, 1965).

Una característica de la agricultura de subsistencia es que el empleo es primordialmente independiente, de modo que no se puede distinguir claramente entre el empleo y el desempleo. Más aún, la agricultura de subsistencia debe aceptar toda la fuerza laboral restante, sin tomar en cuenta su productividad marginal (Dandekar, 1969). Esto conduce al subempleo.

En la mayor parte de los países en desarrollo la subutilización de la fuerza laboral es a la vez un riesgo y un desafío. Por una parte,

representa una disminución del ingreso nacional y un síntoma de una economía ineficaz, pero por otra, provee oportunidades para promover el crecimiento económico (Edwards, 1973).

## **ESTACIONALIDAD DE LOS REQUERIMIENTOS DE TRABAJO**

Incluso si el número total de la población ocupada en la producción agrícola tradicional es excesivo, causando así “subempleo”, sea “oculto” o manifiesto, frecuentemente no es posible reducir en forma marcada este número sin causar serios disturbios en la producción o la reducción del área de producción.

Esta contradicción aparente se debe a las fluctuaciones considerables en la demanda de mano de obra, que es una característica general de la producción agrícola. Aún cuando la agricultura moderna puede superar esta limitación por medio de la mecanización, esta solución no es factible en el caso de la agricultura tradicional.

Aunque el número de horas de trabajo anual en el caso de la agricultura tradicional se ha reducido, existen períodos estacionales cumbres en los cuales la falta de mano de obra puede afectar seriamente la eficiencia de la producción. Es por eso que en el sector agrícola puede existir una situación de subempleo crónico combinado con períodos estacionales con falta de mano de obra.

Este desequilibrio estacional en la demanda de mano de obra es la razón por la cual muchas de las operaciones en la agricultura tradicional no son completadas a tiempo o se realizan de manera descuidada y en consecuencia no se logran los rendimientos ni los ingresos deseables. El sembrado temprano, por ejemplo, es un factor muy importante en la obtención de altos rendimientos debido a la necesidad de aprovechar eficientemente las lluvias estacionales, de gozar de las temperaturas favorables o de evitar los daños de heladas. La demora en la siembra podrá causar serias pérdidas especialmente en las regiones con una estación lluviosa corta. Por ejemplo, la demora de sólo un mes en el sembrado del maíz en Tanzania puede causar la reducción de los rendimientos en un 50% – 80% (Akehurst y Sreedharañ, 1965). El sembrado temprano en este caso es casi imposible debido a la presión de mano de obra en el período crítico. Situaciones similares existen en relación a la operación de escardamiento en el momento apropiado. La prolongación indebida de la cosecha puede también causar un incremento considerable en las normas debidas a los daños de los pájaros, de los roedores o por condiciones climáticas desfavorables.

La introducción de dos cultivos por año tiene como resultado la demanda de fuerza laboral agrícola en dos períodos cumbres en vez de uno. Sin embargo esto no causa necesariamente un incremento en la demanda del número total de personas vinculadas a los trabajos de la granja (Lefeber y Datta Chandhuri, 1970).

En economías agrícolas que no justifican la mecanización en gran escala, el problema de la estacionalidad en la demanda de mano de obra puede ser mitigada si se planifica un sistema de rotación apropiado que incluya cultivos de estaciones de crecimiento distintas y períodos diferentes para la alta demanda de mano de obra. La distribución de los requerimientos de mano de obra es uno de los factores principales para tomar decisiones sobre la adopción de un nuevo cultivo y para la planificación de la rotación de cultivos.

Cuanto mejor distribuidas estén las precipitaciones, más uniforme es la demanda de mano de obra; pero aún con una distribución uniforme de lluvias a lo largo de todo el año, existirán períodos cumbre en esta demanda.

La transición de una agricultura dependiente de las precipitaciones pluviales a una agricultura por irrigación involucra un gran incremento de la necesidad de mano de obra pero puede ayudar a la eliminación de períodos cumbres en la demanda de mano de obra. A diferencia de la agricultura de secano, la agricultura de irrigación requiere mayor insumo de trabajo durante la época de crecimiento para irrigar y escardar y durante los períodos entre cultivo y cultivo, para la reparación de canales de irrigación, equipo, etc.

**Subempleo sociológico.** El subempleo puede ser el resultado de una división de trabajo rígida entre los sexos. Hay ciertos tipos de trabajos en la granja que se consideran tradicionalmente como “trabajo de hombre”, como por ejemplo, la limpieza de nuevos terrenos, mientras que actividades como siembra, desmalezamiento y cosecha se consideran como “trabajo de mujeres”. Como resultado de esto puede suceder que los hombres estén “subempleados” en temporadas en las que los requisitos de mano de obra son elevados.

**Subempleo debido a sobrepoblación.** Como resultado directo de la sobrepoblación en las áreas rurales, la agricultura no puede absorber completamente toda la fuerza laboral disponible. Debido a la presión ejercida por la sobrepoblación, el tamaño de las granjas es generalmente más pequeño que el tamaño que la familia puede cultivar efectivamente, conduciendo al subempleo crónico.

Una de las soluciones para este problema, es la emigración de la fuerza laboral agrícola a los crecientes centros industriales en el país.

Fuera de aliviar el problema de la sobrepoblación, por lo general, la emigración no contribuye a la modernización de la agricultura de las regiones rurales. En muchos casos ha conducido, a la paralización y al abandono de las granjas. El ejemplo de la agricultura árabe en Israel demuestra que esto no debe ser así.

La experiencia en Israel ha demostrado que si se dan ciertos factores técnicos, sociales, culturales y económicos, la absorción de la fuerza laboral agrícola en la industria, la construcción y los servicios, puede tener un considerable impacto positivo en la agricultura tradi-

cional, conducir a cambios de largo alcance no sólo en lo relativo a los métodos y tipos de producción agrícola, sino también a la forma de vida en las aldeas. Si la modernización está planificada debidamente, puede proveer también un incremento considerable de las oportunidades de trabajo en las áreas rurales (Arnon y Molcho, 1971).

## **OBRAS PUBLICAS COMO PROVEEDORAS DE EMPLEO**

Frecuentemente, cuando emergen situaciones críticas como resultado de desastres naturales (sequía, por ejemplo), se recurre a la ayuda de las obras públicas. Por ejemplo después de la gran sequía de 1958 en el noreste del Brasil, 536.000 agricultores y trabajadores agrícolas fueron empleados en obras públicas por distintas agencias gubernamentales (B.B.N., 1959). Una vez que el desastre inmediato pasa estos trabajos son abandonados, por lo general sin haberlos completado, o después de haberlos ejecutado en forma provisional. Esto no tiene ningún efecto duradero en la economía de la región, puesto que no están integrados a sus planes de desarrollo, ni diseñados o ejecutados debidamente (Shourie, 1973).

Se pueden justificar programas especiales de obras públicas incluso en tiempos normales, como un medio de reforzar el débil ingreso de los segmentos más pobres de la población rural, y como medio para mitigar las fluctuaciones excesivas en la demanda de fuerza laboral.

En varios países subdesarrollados se puede incrementar la tasa de formación de capital rural movilizandó la fuerza laboral subempleada, especialmente durante períodos de desempleo estacional o después de desastres naturales. En muchos países sobrepoblados, el uso del exceso de mano de obra puede ayudar a crear una infraestructura real productiva, así como también otros trabajos beneficiosos, como rutas de acceso, canales de regadío, sistemas de drenaje, trabajos de conservación de suelos, control de inundaciones, forestación, etc., que pueden constituir una importante contribución al desarrollo agrícola (Lefeber y Datta-Chandhuri, 1971).

El cuerpo de ingeniería podría entrenar personal técnico en gran escala para que trabajen como jefes en obras de ingeniería, choferes de tractores, trabajadores de mantenimiento, etc.

Una solución adoptada en varios países, es la de organizar a la juventud desempleada congregada en las ciudades, en organizaciones semimilitares como el "Cuerpo de Conservación Civil", la "Brigada de Trabajadores", el "Cuerpo de Desarrollo de Servicios", etc. Fuera de estar involucrado en trabajos de obras públicas del tipo ya mencionado, el Cuerpo de Desarrollo de Servicios puede utilizarse para desarrollar nuevas áreas y para proyectar nuevas granjas en las que se pueden establecer.

## CAPITAL

La diferencia básica entre la agricultura moderna y la agricultura tradicional de subsistencia es que la agricultura moderna utiliza mucho capital, mientras que la agricultura tradicional de subsistencia está basada esencialmente en la tierra y en la mano de obra. Sin embargo, las proyecciones actuales sugieren una fase de crecimiento de la fuerza laboral cuyo resultado será su duplicación en el curso de 30 años. La proporción de la población en relación a la tierra en la mayor parte de los países en desarrollo se duplicará a fines del presente siglo, y la necesidad de incrementar el capital como un medio para incrementar la productividad del suelo y la creación de trabajos será enorme (Edwards, 1973).

A nivel nacional, el capital es necesario para financiar obras de infraestructura, tales como energía eléctrica, transporte, irrigación y control de inundaciones, las cuales, por lo general, no atraen al sector privado de inversionistas.

El capital es necesario también a nivel de granja. Debido a que las técnicas agrícolas en la agricultura de subsistencia son típicamente primitivas y la productividad es baja, los países en desarrollo poseen un potencial enorme para incrementar la producción agrícola por medio de una inversión de capital moderada en unidades de operación en pequeña escala.

En la mayor parte de los países en desarrollo no existe una inversión de capital adecuada para utilizarse en la agricultura; esto es menos grave en México y en América Central que en los países Australes. Este hecho es especialmente negativo en los países que tienen un rápido proceso inflacionario.

La agricultura recibe sólo una pequeña parte de la inversión pública total, incluso mucho menos que su contribución a producto doméstico bruto (Cole, 1965).

Las estimaciones de la FAO (1972) dan una idea del tamaño de las inversiones en recursos de tierra y agua necesarios para la consecución de los requerimientos mínimos de los países latinoamericanos. La inversión total requerida en América Latina para el período 1965-85 se estimó en US\$ 12.3 mil millones: US\$ 7.3 mil millones para riego, US\$ 390 millones para trabajos de control de drenajes y de inundaciones que no están vinculados al riego y US\$ 4.7 mil millones para el desarrollo de nuevas tierras para la agricultura de secano.

Durante veinte años de trabajo, el Banco Mundial proporcionó grandes sumas de capital en forma de préstamos y créditos como apoyo indirecto a la agricultura de los países en desarrollo. Sin embargo, no fue sino hasta en estos últimos años que se dio cuenta de que en sus primeros esfuerzos no tomaron en consideración los numerosos problemas humanos e institucionales que impiden el uso efectivo de los recursos de capital. La experiencia demuestra que el capital puede utilizarse en forma rápida y eficiente, sólo si los otros

elementos de la estructura agraria, en particular una reforma agraria extensiva y una administración efectiva, son adecuados. Por esta razón es que en la actualidad, muchos países no están en condiciones de absorber grandes sumas de capital para el desarrollo agrícola (Burke-Knapp, 1966).

Los insumos principales en la agricultura tradicional son mano de obra y tierras; insumos tales como semillas, animales de tracción y herramientas, se producen frecuentemente en la misma granja.

En la agricultura moderna, el capital sustituye en gran parte a la mano de obra y a las tierras en la unidad de producción, ya que dos tercios del total de los insumos de la producción están representados por el capital. Los productos químicos, maquinarias, semillas mejoradas, combustibles, que se requieren para incrementar la producción y la eficiencia de la agricultura se adquieren de fuentes fuera del sector agrícola.

En la mayoría de los países en desarrollo, el capital es un recurso muy escaso, y debe usarse de tal manera que asegure un máximo incremento en la producción potencial.

Por lo general se acepta que donde el capital es limitado y la oferta de mano de obra plena, es preferible invertir el capital para promover métodos de producción basados en el uso intensivo de la mano de obra. Esto traerá como consecuencia un crecimiento y una redistribución más amplia del poder adquisitivo. El uso intensivo de capital para reemplazar la mano de obra en la agricultura no resultará económico y será de carácter antisocial mientras exista una situación de subempleo de la mano de obra, cuyo costo sea bajo y los medios alternativos de empleo sean insuficientes.

La mecanización, por otra parte, está vinculada a la reducción de la mano de obra empleada en agricultura. A medida que el desarrollo económico general y la industrialización de un país aumentan, la mano de obra disponible para la agricultura disminuye, y aunque la mano de obra disminuya constantemente, la producción agrícola puede aumentar sustancialmente, debido a la mayor inversión de capital y el nivel más elevado de conocimiento (O. E. C. D., 1967).

La agricultura mexicana desde el año 1945 es una buena ilustración del caso. Adoptó un cambio de técnicas que involucraban la reducción en el uso de mano de obra y tierras y el aumento de equipo y otros insumos de producción. La producción total de cultivos agrícolas en 1945-49 fue de un 60% mayor que en 1925-29. A fin de producir este incremento del 60%, sólo se usó un 16% más de mano de obra y un 23% más de tierras. En contraste, se usó más de un 300% en capital, equipos e insumos varios (More, 1955).

El ejemplo siguiente indica las diferencias del costo de mano de obra y de capital que existen en países desarrollados y en países en desarrollo:

	<u>E.U.A.</u>	<u>India</u>
Valor del salario agrícola diario (\$)	6,60	0,29
Costo del nitrato de amonio (cent/Kg)	0,30	0,38
Kg de nitrato de amonio equivalente en su valor a un día de mano de obra	22,0	0,80

El capital que se requiere para transformar a la agricultura y promover el crecimiento de la industria es grande. En los países en desarrollo, la agricultura representa frecuentemente la única fuente potencial de este capital. El éxito depende de que la agricultura sea capaz de invertir sus capitales en otros sectores para lograr un crecimiento y un desarrollo sostenido. En este caso, el capital se convierte en un sustituto de la mano de obra. La adopción racional de nuevas técnicas agrícolas es un factor principal en la formación de nuevos capitales derivados de la agricultura misma. Este aspecto se tratará detalladamente en el Capítulo 3.

En el pasado los economistas tendían a ver el desarrollo en forma muy simplificada, como una acumulación de capital físico, como construcciones, equipo, insumos, planes de irrigación, etc. Actualmente se acepta que la eficiencia con que se utiliza el capital es tan importante como la cantidad y la variedad de las estructuras físicas disponibles. Esta eficiencia dependerá de los conocimientos científicos y técnicos y de la habilidad para usarlos. Por lo tanto, es esencial la inversión en la calificación humana, en la capacidad administrativa y en la investigación (Johnston y Kilby, 1971).

Esto puede ilustrarse con algunos ejemplos: en Japón, durante 1950-1960, prácticamente no se registró ningún aumento en los tres recursos agrícolas tradicionales básicos: tierra, mano de obra y capital. Estos mostraron un incremento de un 2% de las áreas cultivadas de arroz; sin embargo, se registró un incremento de un 20% en la producción de arroz. En Israel, durante el mismo período, un aumento de un 10% en la inversión en los tres elementos, principalmente para el regadío, dio como término medio, un 60% de aumento en la producción agrícola. México, en el período entre 1945-1960, aumentó sus inversiones en los factores físicos de producción en un 22% y más que duplicó la producción agrícola (Adiseshiah, 1970).

## BIBLIOGRAFIA

1. ADDISON, H. Land, water and food. London, Chapman and Hall, 1961.
2. ADISESHIAH, M.S. Let my country awake; the human role in development. Paris, UNESCO, 1970.
3. AKEHURST, B.C. y SREEDHARAN, A. Time of planting, a brief review of experimental work in Tanganyika. East African Agricultural and Forestry Journal 30:189-201. 1965.

4. ALDRICH, D.G. y MARTIN, J.P. A chemical-microbiological study of the effects of exchangeable cations on soil aggregation. *Soil Science Society of America. Proceedings* 18:176-181. 1954.
5. AMIRAN, K.H.D. Man in arid lands. I. Endemic cultures. In Hills, E.S. ed. *Arid lands; a geographical appraisal*. Paris, UNESCO, 1966. pp. 219-238.
6. ARNON, I., MOLCHO, S., Y SARA Y RAVIV, M. La transformación de la aldea árabe. Rehovot, Israel, Centro de Estudios Regionales Urbano-Rurales, 1976. 441 p. (en hebreo).
7. AUDUS, L.J. ed. *Physiology and biochemistry of herbicides*. New York, Academic Press, 1964. 555 p.
8. BACHTELL, M.A., WILLARD, C.J. y TAYLOR, G.T. Building fertility in exposed subsoil. Ohio, Agricultural Experiment Station, Research Bulletin no. 782, 1956. 35 p.
9. BALFOUR, E.B. *The living soil*. London, Faber and Faber, 1945. 246 p.
10. BENHAM, F. y HOLLEY, H.A. *The economy of Latin America*. London, Oxford University Press, 1960.
11. BETEILLE, A. The social framework of change. In Lefebvre, L. y Datta-Chaudhuri, M. *Regional development; experiences and prospects in South and Southeast Asia*. Paris, Mouton, 1971. pp. 114-164.
12. BRASIL. BANCO DO NORDESTE. Efeitos da seca sobre a economia agropecuária do Nordeste. Fortaleza, 1959. s.p.
13. BRICHAMBAUT, G., PERRIN, C. DE, y WALLEN, C. A study of aproclimatology in semi-arid and arid zones of the Near East. Geneva, World Meteorological Organization, Technical Work no. 56, 1963.
14. BROWN, C.B. Significance of small watershed programs to American agriculture. In Hockensmith, R.D. ed. *Water and agriculture*. Washington, D.C., American Association for the Advancement of Science, 1960. pp. 29-42.
15. BURGY, R.H., FLETCHER, J.E., y SHARP, A.L. Watershed management. In Hagan, R.M., Haiser, H.R., y Edminster, T.W. eds. *Irrigation of agricultural lands*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 1089-1091.
16. BURKE-KNAPP, J. The role of international agencies in aiding in world food production. In *Symposium on World Food Supply. Proceedings*. Washington, National Academic Science, 1966. pp. 11-17.
17. CANO, G.J. y VARGAS GALINDES, F.F. Las leyes de aguas en Sudamérica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Cuaderno de Fomento Agropecuario no. 56, 1956. 242 p.
18. CAPONERA, D.A. The legal aspects of the Mekong River Project. *Indian Journal of Power and River Development (Calcutta)*, 1966.
19. CLARK, C. *The economics of irrigation*. Oxford, Pergamon Press, 1967. 116 p.
20. COLE, J.P. *Latin America; an economic and social geography*. London, Butterworths, 1965. 468 p.

21. DANDEKAR, V.M. Questions of economic analysis and the consequences of population growth. In Wharton, C.R. Jr. Subsistence agriculture in economic development. Chicago, Aldin, 1969. pp. 366-375.
22. DEUTSCH, K.W. Developmental change; some political aspects. In Leagans, P. y Loomis, C.P. eds. Behavioral change in agriculture. Ithaca, Cornell University Press, 1971. pp. 27-50.
23. DIXEY, F. Water supply, use and management. In Hills, E.S. ed. Arid lands, a geographical appraisal. Paris, UNESCO, 1966. pp. 77-100.
24. DUMONT, R. Types of rural economy; studies in world agriculture. New York, Praeger, 1957. 555 p.
25. EDWARDS, E.O. Employment in developing countries. New York, Ford Foundation, 1973.
26. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO Africa survey report on the possibilities of African rural development in relation to economic and social growth. Rome, 1962.
27. ————. Possibilities of increasing world food production. Freedom for hunger campaign, basic study no. 10, prepared by W.H. Pauley. Rome, 1963.
28. ————. Tentative indicative world plan. Rome, 1969.
29. GEDDES, H.J. The university of Sydney water-harvesting project. *Outlook in Agriculture* 4:182-189. 1964.
30. GILES, G.W. Opportunities for advancing agricultural mechanization in India and South-East Asia. St. Joseph, Mich., American Society of Agricultural Engineers Paper no. 63-154, 1963.
31. GREGOR, H.F. Geography of agriculture; themes in research. Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, 1970. 181 p.
32. HAGAN, R.W., HOUSTON, C.E. y BURG, R.H. More crop per drop; approaches to increasing production from limited water resources. In *Water for peace*. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1967. v. 3, pp. 610-621.
33. HALL, W.A. Recharge studies-refilling underground water reservoirs. *California Agriculture* 11(4):4. 1957.
34. HOPKINS, J. The Latin American farmer. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, 1969. 138 p.
35. HOWARD, A. An agricultural testament. London, Oxford University Press, 1940. 253 p.
36. INTERAMERICAN COMMITTEE FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT. Inventory of information basic to the planning of agricultural development in Latin America. Washington, D.C., Pan American Union, 1963. 202 p.
37. INTERAMERICAN DEVELOPMENT BANK. Economic and social progress in Latin America. Washington, D.C., BID, 1972.
38. JOHNSTON, B. y KILBY, P. Agricultural strategies, rural urban interaction and the expansion of income opportunities. Paris. O.E.C.D., 1971.
39. KAMARCK, A.M. Notes on underemployment. In *Economic development in Africa*. Oxford, Basil Blackwood, 1965. pp. 78-85.
40. KOENIG, L. The economics of water sources. In White, C.F. *The future of arid lands*. Washington, D.C., American Association of Advancement Science, 1956. pp. 320-330.
41. KRISTENSEN, T. The food problem of developing countries. Paris, OECD, 1968. 114 p.

42. LEFEBER, L. y DATTA-CHANDHURI, H. eds. Regional development experiences and prospects. Geneva, United Nations. Research Institute for Social Development. Report no. 70. 1970.
43. LELE, U.J. y MELLOR, J.W. Jobs, poverty and the "green revolution". New York, Agricultural Development Council, Reprint, 1972.
44. LEWIS, W.A. Thoughts on land settlement. *Agricultural Economics* 11(3):19. 1954.
45. LICHTENSTEIN, E.P. Persistence and degradation of pesticides in the environment. In *Scientific aspects of pest control*. Washington, D.C., National Academy of Sciences, 1966. pp. 221-229.
46. LOVE, L.D. Water yield from mountain areas. In Warnock, B.H. y Gardner, J.L. *Symposium on water yield in relation to environment in the South-Western United States*. Alpine, Texas, American Association of Advancement Science and Sul-Ross Coll., 1960.
47. MALAVOLTA, E. y NEPTUNE, A.M.L. Recent development of K fertilization in several countries of Latin America. In *Potassium research and agricultural production of Latin America*. In Potassium Institute, 1974. pp. 291-310.
48. MELLOR, J.W. The process of agricultural development in low income countries. *Farm Economics* 44:700-716. 1962.
49. NELSON, M. The development of tropical lands: policy issues in Latin America. Baltimore, John Hopkins University Press, 1973.
50. NEUMAN, J. Cloud seeding and cloud physics; a review of activities in Israel. In *Water for peace*. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1967. v. 2, pp. 375-388.
51. PENMAN, F. Soil changes under irrigated pasture. *Department of Agriculture, Victoria* 37:83-100. 1940.
52. ————. Some effects of irrigation and drainage in soils. In *Irrigation and drainage of arid lands*. Paris, FAO/UNESCO, 1967. pp. 504-562.
53. OLIVIER, H. Irrigation as a factor in promoting regional development. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1967. v. 7, pp. 266-276.
54. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. Supply and demand prospects for chemical fertilizers in the developing countries. Paris, 1967.
55. POLLOCK, N.C. *Studies in emerging Africa*. London, B. Herworths, 1971.
56. PRATT, P.F. Chemical changes in an irrigated soil during 28 years of differential fertilization. *Hilgardia* 28:381-420. 1959.
57. PREBISCH, R. Change and development; Latin America's great task. New York, Pall Mall, 1971. 295 p.
58. REIFENBER, A. The struggle between the desert and the sown. In *Desert Research Proceeding Jerusalem*, Research Council of Israel, 1953. pp. 378-389.
59. REVELLE, R. Water. In Horton, R.E. ed. *Getting agriculture moving*. New York, Agricultural Development Council, 1966. pp. 1007-1019.
60. RICHARDS, L.A. ed. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. U.S. Department of Agriculture, Handbook no. 60. 1954. 160 p.
61. ROGERS, K.P. *Integrated planning and management of national resource development*. Washington, O.A.S. 1971. (Mimeog. Memo).
62. SCHIFF, L. y MUCKEL, D.C. Groundwater recharge and storage. In Hagan, R. M., Haise, H.R. y Edminster, T.W. eds. *Irrigation of agricultural lands*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 92-103.

63. SCHLEUSENER, R.A. y GRANT, L. O. Weather variation of modification. In Hagan, R. M., Haise, R. H. y Edminster, T. W. eds. *Irrigation of agricultural lands*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 40-47.
64. SCHULTZ, T. W. *Transforming traditional agriculture*. New Haven, Conn., Yale University Press, 1964. 212 p.
65. SHOURIE, A. Growth and development. In Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment, Nigeria, Ibadan, 1973.
66. SHUVAL, H. I. Public health implications of waste water utilization. In *Water for peace*. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1967. v. 3. pp. 690-701.
67. STAMP, L. D. Introduction. *Arid Zone Research* 17:17-24. 1961.
68. STOREY, H. C. Increasing water yields by forest management. In Hocksmith, D. ed. *Water and agriculture*. Washington, D.C., American Society of Advancement of Science, 1960. pp. 107-118.
69. THIESENHUSEN, W. C. Population growth and agricultural employment in Latin America with some U. S. comparison. *American Journal of Agricultural Economics* 51:735-752. 1969.
70. THOMAS, H. E. y PETERSON, D. F. Groundwater supply and development. In Hagan, R. M., Haise, R. H. y Edminster, T. W. eds. *Irrigation of agricultural lands*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 70-84.
71. TURK, K. L. y CROWDER, L. V. eds. *Rural development in tropical Latin America*. Ithaca, New York State College of Agriculture, 1967. 466 p.
72. UNITED NATIONS – *Water desalination in developing countries*. New York, 1964. 325 p.
73. ———. *Studies on selected development problems in various Middle East countries*. New York, 1967.
74. ———. *Development and environment*. In U.N. Conferences on Human environment. Stockholm, Norsted and Soner, 1971.
75. ———. *Implementation of the international development strategy*. New York, 1973. v. 1.
76. WALLE, E. VON DE. The population of tropical Africa. In Arkhurst, F. ed. *Africa in the 70's and 80's*. New York, Praeger, 1970. pp. 247-303.
77. WEBBER, L. R. y ELRICK, D. E. Research needs for controlling soil pollution. *Agricultural Science Review* 4(4):10-20. 1966.
78. WEINBERGER, L. W. y STEPHAN, D. C. Technology of advanced waste treatment. In *Water for peace*. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1967. v. 3. pp. 547-556.
79. WEISNER, J. B. Use of pesticides. *Residue Review* 6:1-22. 1963.
80. WIENER, A. The desalting plant as a component within a water supply system. In *International Seminar on the Economic Application of Water Desalination*. Proceedings. Athens, Greece, United Nations, 1965. pp. 225-249.
81. WILDE, J. C. DE y McLOUGHLIN, P. E. M. Experiences with agricultural development in tropical Africa. Baltimore, Maryland, John Hopkins, 1967. v. 2.
82. YARON, D. Economic criteria for water resource development and allocation. Rehovot, Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, 1966.

# CAPITULO 3

## PROBLEMAS DEL USO DE LA TIERRA

### TENDENCIAS GENERALES EN CUANTO AL USO DE LA TIERRA

A través de la historia, se han desarrollado ciertos esquemas que caracterizan la agricultura de las regiones secas y tropicales del mundo. Estos esquemas son muy similares en áreas muy extensas, a pesar de la gran diversidad debida a distintas combinaciones de topografía, tipo de suelo y clima. El uso de la tierra ha mostrado también una gran estabilidad, ya que ha permanecido casi invariable como agricultura de subsistencia hasta hoy.

Pueden identificarse cuatro fases principales de uso de la tierra en relación a la intensidad de su uso (Greenland, 1974):

**Fase 1: agricultura pastoral nómada**, en la cual una forma de vida esencialmente nómada viene a veces acompañada por cultivos muy limitados. Este sistema representa la forma más simple de cultivos de desplazamiento, ya que los pastores cambian de lugar de residencia y de campos de cultivo a intervalos frecuentes.

**Fase 2: cultivos de desplazamiento**, esta fase se produce cuando la residencia de los labradores se transforma en fija y se desplazan de los campos en períodos más o menos regulares.

**Fase 3: cultivos de desplazamiento con algunos cultivos contínuos**, cuando se cultiva continuamente uno o más campos (implicando cierta forma de abono).

**Fase 4: cultivos continuos** donde toda la tierra se usa continuamente.

En las regiones áridas, la falta de agua impide el desarrollo más allá de la primera fase. Cuando hay inundaciones de los ríos y particularmente cuando éstas vienen acompañadas de depósito de sedimentos, la cuarta fase se establece en una etapa relativamente temprana.

En América Latina se pueden encontrar casi todos los sistemas de uso de la tierra agrícola, desde la recolección de frutas en las regiones secas de México, agricultura de desplazamiento en la cuenca del Amazonas, y agricultura de subsistencia en los Andes, hasta plantaciones modernas, altamente intensivas, de caña de azúcar en Perú, café en Brasil y agricultura de riego intensivo en el Norte de México (Malavolta y Neptune, 1974).

Los sistemas de cultivo varían continuamente de acuerdo con los cambios en los mercados y en las fuentes de abastecimiento, los costos de transporte, las variedades de cultivos, las crías de animales, y las técnicas agrícolas, pero estos cambios están limitados por las características permanentes de la región como por ejemplo el clima, la topografía y la naturaleza de su suelo.

## USO DE LA TIERRA EN REGIONES SECAS

### AGRICULTURA PASTORAL NOMADA

El pastor nómada parecía haber alcanzado un balance bastante adecuado con su ambiente. Su subsistencia básica y su forma de vida dependía de sus rebaños. Ovejas y cabras eran capaces de subsistir con la escasa vegetación del desierto y de caminar distancias largas hasta las fuentes de agua; también podían usar aguas de alta salinidad inadecuadas para uso humano y aún para regadío.

Sus rebaños proveían al nómada de bebida, alimentos ricos en proteínas y materiales necesarios para vestimenta y refugio. Estos eran movibles y el nómada podía ajustarse a los caprichos del clima árido mediante desplazamientos del ganado de acuerdo a la estación en busca de pastos y agua. Con el aura de romanticismo que usualmente se rodea la forma de vida nómada en el desierto, puede sobreestimarse el grado de adaptación del pastor nómada a su ambiente. Un equilibrio se ha logrado, pero con muy bajo nivel de vida para la gran mayoría de los miembros de la tribu. Aún cuando el nómada no se ocupa de los mismos trabajos pesados que el labriego, su vida está llena de incomodidades y peligros. El equilibrio entre el ganado y el forraje del desierto es también precario, a pesar de la movilidad del pastor y su rebaño. Un período de sequía más largo que el usual puede hacer desaparecer un alto porcentaje de su manada, especialmente los jóvenes. Después de un período de relativa abundancia, el número de cabezas puede aumentar en desproporción a los recursos normalmente disponibles de forraje y de alimentación, causando daños a la vegetación antes de que se recupere el equilibrio por medio de una tasa superior de mortalidad. Los nómadas no sacrificaban usualmente a sus animales para alimento; las manadas eran consideradas capital no disponible, evitando así cualquier planificación para ajustar el número de cabezas al forraje disponible. Los nómadas su-

fren también de muchas enfermedades. El problema de asentar esta gente se ha agudizado en muchas regiones en desarrollo.

## **SIEMBRAS ALIMENTADAS POR LAS LLUVIAS**

En regiones semiáridas, los granos alimentados por la lluvia pueden cultivarse con un grado razonable de seguridad; el riesgo de una falla completa no es mayor de dos en diez, pero las escasas precipitaciones y el azar limitan el número de granos que es posible cultivar. El cultivo de cereales es la fuente principal de subsistencia.

La cantidad de lluvia que se ha considerado, como límite para el cultivo regular en terrenos secos, es alrededor de 250-300 mm, en caso de lluvias predominantemente invernales, y cerca de 500 mm para áreas con precipitaciones de verano (Wallen, 1966). A medida que la producción de granos se acerca más a los bordes de las áreas desérticas, es más precaria e incierta.

En todas las regiones semiáridas del globo, los cultivos de granos alimentados por lluvias se basan principalmente en la producción de trigo, que ha resultado ser el mejor grano adaptado a estas condiciones. Es más valioso que cualquier otro grano que pueda cultivarse en una agricultura de subsistencia bajo dichas condiciones; de aquí la dificultad de planificar rotaciones que incluyan cosechas menos remunerativas.

El problema principal de estas regiones es el de adaptar el sistema de cultivo a las lluvias muy variables, de modo que se obtenga un beneficio máximo en años con buenas precipitaciones y que los años de sequía no ocasionen una quiebra económica.

Es en los bordes de las regiones áridas donde el cultivo es más precario, y los métodos inadecuados del uso de la tierra han resultado en catástrofes. Estas regiones se caracterizan por un cuadro anual de precipitaciones muy irregulares que varía dentro de límites muy amplios.

En años de suficiente precipitación, se pueden obtener muy buenos resultados debido al aumento de la fertilidad en años de pocas lluvias. Esto constituye una tentación para arar la tierra para cultivos, especialmente cuando los años lluviosos coinciden con las condiciones favorables de comercialización del grano.

Ocurren años con precipitaciones menores al promedio y las cosechas fallan casi por completo. Además de las pérdidas económicas involucradas, el uso inadecuado de la tierra lleva a una erosión severa, a causa del viento.

Al moverse desde el borde del desierto a regiones con mayor cantidad de lluvias, las posibilidades de una producción satisfactoria aumentan. Sin embargo, aún bajo estas circunstancias, los años ocasionales de sequía y falla en las cosechas son casi inevitables.

La conclusión que debe extraerse de la experiencia de los cultivos alimentados por lluvias en varias regiones semiáridas del mundo puede resumirse como sigue:

- a. Debe evitarse la labranza de tierras extensas en regiones con riesgo de muy pocas precipitaciones para asegurar una cosecha razonable.
- b. Donde la lluvia justifica el cultivo de granos, los sistemas de cultivos basados en una integración, entre la crianza de los animales y la agricultura de cultivo, parecen ser las mejores esperanzas de producciones uniformes a un nivel razonable (ver rotación de siembras).
- c. Deben adoptarse métodos apropiados de labranza para la preservación máxima de la humedad y para la protección del suelo.

## **AGRICULTURA DE REGADÍO**

La agricultura sedentaria se estableció tempranamente en las áreas extensas y vecinas a los grandes ríos; más precariamente en las planicies de los lechos de los ríos en los desiertos y en los bordes semiáridos del desierto, en los cuales podían producirse granos alimentados por las lluvias.

En México y en el Perú las culturas indígenas estaban basadas en la necesidad de organizar sistemas de regadío, alrededor de los cuales se desarrolló la agricultura sedentaria.

Este esquema de uso de la tierra ha llevado a una virtual separación entre el cultivo de granos y la crianza de animales. Conflictos entre el pastoreo nómada y el cultivo sedentario son un tema que aparece una y otra vez en el Viejo Mundo a través de la historia, caracterizados por la lucha entre Caín y Abel. Este tema se repitió en el Nuevo Mundo cuando las regiones áridas del Oeste Americano comenzaron a ser colonizadas por el hombre blanco.

El grueso del cultivo sedentario en las regiones secas fue siempre precario y duro. Aún cuando la disponibilidad de agua era aceptablemente adecuada y segura, la producción de granos por regadío estaba asociada con un trabajo agobiante en un clima difícil y en condiciones nada sanitarias.

El granjero que trabaja con regadío primitivo, además de las operaciones agrícolas típicas, tales como la preparación del suelo, la siembra, la deshierba, y la cosecha, está sobrecargado por quehaceres agobiantes adicionales de los cuales el riego es el más molesto. El mantenimiento del sistema de irrigación, los canales, las acequias, y los diques, también requieren trabajos sin fin. Además, el cultivador está debilitado por la malaria, la bilharzia, y otras enfermedades endémicas de las áreas irrigadas. Aún la agricultura que practica está llena

de dificultades; el regadío aumenta los riesgos de pestes y favorece la proliferación de enfermedades; los suelos débiles típicos de las regiones áridas, se agotan fácilmente con el riego; los aumentos del nivel hacen del cultivo algo independiente de los caprichos del clima, pero como se ha mostrado, introduce una cantidad de problemas sociales, políticos y técnicos, a los cuales, las civilizaciones primitivas no pueden hacer frente. Aún las tecnologías modernas han fallado cuando no han tomado las medidas necesarias de precaución. Es esencial una solución adecuada a estos problemas, si la estabilidad de la agricultura de regadío debe asegurarse y ellos se analizarán en detalle en la sección que trata del mantenimiento de una agricultura de riego permanente.

## TIPOS PRINCIPALES DE AGRICULTURA DE REGADIOS

### Cultivo basado en inundaciones

Una forma imperfecta de irrigación, llamada cultivo basado en inundaciones, se ha practicado desde tiempos muy antiguos en los desiertos del Viejo y Nuevo Mundo. De esta manera, las precipitaciones insuficientes se completaban por aguas corrientes de regiones a mayor altura.

La lluvia en el desierto cae usualmente en aguaceros cortos y violentos que el suelo endurecido e impermeable es incapaz de absorber. El agua se escurre por las laderas pedregosas y desnudas y aún la lluvia suave puede producir suficiente "agua de cultivo", arrastrando una cantidad de sedimentos. Una lluvia de 10 mm en una vertiente puede producir una inundación de 30.000 m<sup>3</sup>/h durante cuatro a cinco horas. Hay dos alternativas posibles: almacenar las aguas con represas en el lecho o almacenarla mediante canales en los terrenos planos de las orillas del arroyo.

Los granjeros nabateos eligieron la segunda alternativa que es más efectiva y duradera. Una lluvia de unos pocos milímetros en el área de recolección puede permitir el almacenamiento, en un área restringida, del equivalente a varios cientos de milímetros de lluvia.

La producción de cultivos se llevó a cabo en los valles tributarios o en los valles principales.

**a. Cultivo en los valles tributarios.** En los arroyos que no son muy angostos o inclinados, el flujo de agua de las colinas se aminora por una serie de diques de piedra.

Gradualmente las áreas entre los diques se convierten en planicies como resultado de los depósitos de fango, creando terrazas que puedan sembrarse después de la inundación, especialmente con cereales. Una vez que el arroyo está completamente terraplenado, el flujo del agua se intercepta y absorbe en su totalidad. Hay labriegos que culti-

van estos sembrados hasta hoy y obtienen cosechas aún en años secos.

**b. Cultivo en los arroyos principales.** Cuando ocurren inundaciones, los torrentes son destructores. Los nabateos se dieron cuenta que no podían controlar o guiar el flujo del arroyo principal, por lo que dejaron el curso del agua intacto y cultivaron las tierras planas a ambos lados del arroyo. Construyeron represas poderosas, cuyo propósito no era establecer depósitos, sino elevar el nivel del agua para desviarla hacia las terrazas a lo largo del arroyo, mediante canaletas especiales construidas desde la represa. Entre el arroyo y los campos construyen fuertes muros para proteger los terrenos de la erosión. Además, los campos se dividían en terrazas niveladas por muros de piedra perpendiculares a la dirección de flujo en el arroyo. En el Nuevo Mundo los lugares preferidos para los cultivos anegados son las desembocaduras de los arroyos donde el cieno depositado por las aguas forma abanicos poco profundos. Las áreas cultivadas en la cuenca de los arroyos varía de 3 a 6:100. El agua se distribuye a los campos mediante la construcción de represas bajas de barro, por medio de las cuales se satura el suelo. Después de que el agua se filtra, se planta maíz, calabazas y otros granos.

Otros lugares están ubicados en las planicies inundadas del valle principal y/o en terrazas poco inundadas por grandes arroyos. Las inundaciones se distribuyen a veces mediante represas de barro que se construyen con una altura cerca de 30 cm y que duran solamente una estación; la represa de contención es más duradera; se construye con leña menuda y piedra apilada. Donde las inundaciones de temporada son muy variables (años sin inundaciones, seguidos de años con inundaciones de fuerza destructora), la economía agrícola es muy inestable y la subsistencia depende, en gran parte, del almacenamiento de los alimentos y de la pesca. Donde las inundaciones son más confiables y ocurren tanto en verano como en invierno, pueden obtenerse dos cultivos anuales y la agricultura es la fuente principal de subsistencia.

**Resumen:** bajo ciertas condiciones, el cultivo basado en inundaciones es el **único método esencial** para producir granos en el desierto. La intensidad y el número de las inundaciones determina el tamaño del área que puede plantarse. Las grandes fluctuaciones anuales hacen de tales cultivos una fuente muy precaria de subsistencia; en ciertos años las inundaciones son raras o cortas y el suelo no se humedece hasta una profundidad que justifique la siembra. Por lo tanto, es dudoso que una economía agrícola moderna e intensiva pueda basarse en esta forma de producción agrícola, especialmente si sólo se cultiva en franjas dispersas en pequeñas siembras, que hacen antieconómica la mecanización. El método puede tener sus usos para crear reservas locales de forraje.

## **Riego basado en lagunas**

Las planicies que inundan los grandes ríos se encuentran a menudo varios metros sobre el lecho del río. La planicie inundada se divide en lagunas cuya área varía de algunos cientos de metros cuadrados a varios kilómetros cuadrados. Cuando el río se desborda, los canales de alimentación llevan el agua a las lagunas a una profundidad de un metro o más. Después de 1 1/2 a 2 meses el exceso de agua se drena ya sea a una laguna adyacente corriente abajo o al río. Las inundaciones anuales traen consigo grandes cantidades de materiales en suspensión que dejan a menudo una pequeña capa de material fertilizante en el fondo de la laguna. Tan pronto cesa el drenaje, el grano debe sembrarse sin arado preliminar. Un sólo cultivo de invierno, especialmente cebada o trigo, debe plantarse en cada estación convirtiéndose básicamente en una economía de subsistencia. Pueden plantarse también semillas de legumbres (porotos, lentejas), cebollas y lino. El sistema de las lagunas es una forma de agricultura técnicamente muy primitiva y costosa, similar en muchos aspectos a la producción de las siembras alimentadas por las lluvias en las zonas semiáridas del desierto. En ambos casos, sólo es posible una siembra invernal anual. Por otro lado, el sistema muestra un grado de estabilidad que es raro en la agricultura de riego: la fertilidad del suelo y su capacidad productora se han mantenido con este sistema por miles de años.

Varios factores contribuyen al valor biológico del sistema; la inundación anual completa del suelo combinada con un excelente drenaje natural ha prevenido la salinización que es el problema más importante de la agricultura de riego. El cieno que se deposita anualmente provee el alimento nutritivo para las plantas en cantidades adecuadas, en vista de la forma extensiva de siembra que se practica, y evita el agotamiento de los suelos.

El período anual de barbecho, que sigue a la cosecha del cereal, tiene lugar en los meses más calurosos del año; el suelo se seca completamente y como resultado de esto los patógenos se reducen bastante. Según este régimen, el suelo apretado por las operaciones de siembra, deshierba y cosecha, se raja profundamente en el proceso de secado y el aire penetra a una profundidad considerable; la estructura del suelo se mejora al mojarse nuevamente.

Este sistema no está libre de peligros. El éxito de una siembra depende de la época de inundación y su intensidad. Si la inundación es muy tardía, la estación de crecimiento de las siembras invernales se acorta y produce rendimientos más bajos. Si la inundación es muy pequeña, el área de cultivo se reduce; si es muy grande, las lagunas se transforman en pantanos y aparecen epidemias.

## **Riego continuo**

El sistema de lagunas hace posible solamente un cultivo de subsistencia. Muchas plantaciones comerciales, tales como la caña de azúcar, el índigo, el algodón, vegetales y el arroz, requieren una cantidad regular de agua durante el período de crecimiento, cuando el nivel del agua del río puede ser más bajo y la corriente apreciablemente reducida. Estas siembras pueden cultivarse durante todo el año con riego controlado. El riego continuo hace posible más de un cultivo al año.

Los comienzos del riego continuo se pueden remontar a las lagunas y a los pequeños lagos que se formaban una vez que las aguas de la inundación se habían retirado. Podían cultivarse semillas de verano en los campos vecinos y regarse meses después de la inundación, usando cubos de agua llenados a mano. Gradualmente este método se reemplazó por aparatos primitivos que levantarán el agua.

Un ejemplo del riego en base a lagunas se encuentra en la "Región de la Laguna", un valle extenso y fértil de aproximadamente 1.5 millones de hectáreas; a lo largo de los ríos Nasas y Aguanaval, en México, en el cual la agricultura depende completamente del regadío. En el pasado el agua llegaba en enormes inundaciones y el riego consistía en la inundación de 100 Ha<sup>2</sup> en orden consecutivo, a lo largo de las zanjas. Sólo después de finalizada la construcción del Dique Cárdenas, las inundaciones comenzaron a ser controladas y se hizo posible el regadío continuo.

Una reserva de agua bajo tierra, cuyo nivel sea de 4-7 metros bajo la superficie, según la época del año, es usualmente alimentada en forma subterránea por el río. Esta fuente de agua puede ser horadada en forma de pozos; su agua complementa las inundaciones del río y hace posible el riego durante todo el año. Sin embargo, aunque el agua no está cargada con cieno sigue siendo posible la siembra con este sistema, pero crea problemas por el deterioro de la fertilidad del suelo. Regularmente deben agregarse abonos animales o tierra de asentamientos ya extinguidos, ricos en fósforo y potasio. Estos pueden reemplazarse por fertilizantes industriales.

## **Regadío moderno en América Latina**

La agricultura se hace virtualmente imposible sin el regadío en dos extensas áreas de América Latina: en gran parte de la región norte de México y en una franja de tierra que se extiende a lo largo de la costa del Perú y el Norte de Chile, que cruza los Andes hacia el oeste y el sur de Argentina.

En otras áreas, como el noreste de Brasil, la parte norte de las tierras bajas de Maracaibo, en Venezuela, y en los valles del interior de los Andes, la lluvia es muy escasa y el regadío es necesario para asegurar una agricultura estable. Finalmente, en toda la región de la sabana

existen períodos secos relativamente largos; en este caso, el cultivo a lo largo de todo el año se hace posible por medio del regadío.

Cerca de un tercio del total de las tierras regadas de América Latina se encuentra en México, y otro tercio en Chile y en el Perú. Los porcentajes de tierras cultivadas regadas son las siguientes: Perú 60%, Chile 40%, Venezuela 20%, México 10%, Colombia 10%. Las posibilidades de expansiones futuras aún son considerables, a pesar de que implicarán trabajos de construcción de alto costo (Inter-American Development Bank, 1972).

Los requerimientos básicos para el uso eficiente del agua se resumen en la Fig. 3.1.

## PRINCIPIOS BASICOS DE REGADIO Y USO EFICIENTE DEL AGUA

Los dos problemas centrales de una irrigación eficiente son:

- a. La elección de los métodos más apropiados de irrigación en relación a las condiciones locales.
- b. La programación adecuada de la irrigación y la determinación de las cantidades correctas de agua que se deben entregar en cada riego.

### Métodos de regadío

Los métodos de regadío se diseñan generalmente de acuerdo a la manera en que el agua se aplique al suelo.

### Riego de superficie

**Riego por inundación.** En el riego por inundación la meta es derramar una capa delgada de agua sobre la superficie de la tierra. El agua debe quedar estancada el tiempo suficiente como para recargar la capacidad de retención de agua en la zona de las raíces.

Para que la inundación sea eficiente, debe existir un equilibrio entre el caudal de la corriente, el grado de infiltración del suelo, la cantidad de agua que debe aplicarse y el tamaño de las unidades bajo riego.

**Inundaciones no planificadas.** Según este método, el campo que no se prepara con anterioridad se divide con zanjas de regadío, en franjas de 20 a 25 m de ancho. El agua se desvía al campo por medio de aberturas en las zanjas y se la deja correr al azar. Este método se utiliza para regar cultivos densos que sufren debido al atraso de las precipitaciones, en áreas donde el agua de riego está disponible sin límites y tiene un bajo precio. La inundación no planificada requiere

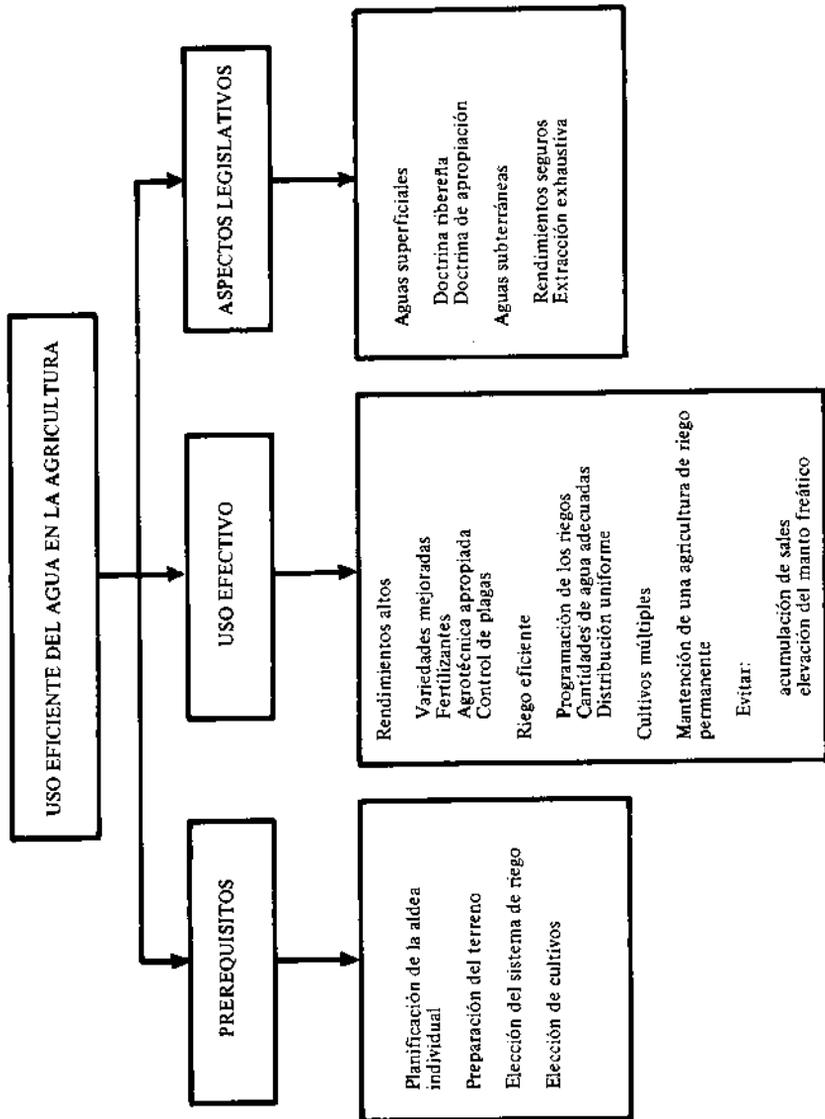


Fig. 3.1. Uso eficiente del agua en la agricultura.

mucha mano de obra, es poco eficiente en la aplicación del agua y su distribución es muy desigual.

**Riego por surcos en curvas de nivel.** Los surcos de regadío se establecen en curvas de nivel a corta distancia, según el declive del terreno. El agua inunda el declive entre un surco y otro. Este es un método laborioso, especialmente cuando se desea conseguir una humedad uniforme.

**Riego por medio de franjas.** El riego por medio de franjas se emplea en suelos permeables que tienen cultivos densos, en tierras con un declive uniforme y suave, que no exceda de un 3%, excepto los pastizales permanentes, en los cuales se permite un declive más pronunciado, de 6%-7%.

El campo se divide en un número de franjas entre diques paralelos bajos y orientados en forma tal que el agua fluya lentamente en una delgada capa, hasta llegar al final de la franja. Las franjas deben estar niveladas entre los diques y deben tener un declive suave en la misma dirección que la corriente de agua.

En la agricultura primitiva de regadío, las franjas son muy estrechas y cortas, aproximadamente 2 x 10 m. Se pueden usar corrientes muy pequeñas y la cantidad de trabajo requerido es enorme.

En los sistemas de regadío en la agricultura moderna, las franjas son mucho más largas y anchas. Cuando se puede obtener una planificación y ejecución del regadío hecha por expertos, las franjas pueden ser muy largas. La persona que riega puede manejar grandes unidades de corriente\* de agua, entre 500 a 800 m<sup>3</sup> por hora, o más.

**Riego por medio de lagunas.** Este método consiste en la aplicación de agua de regadío a áreas niveladas, cerradas por diques. A los campos nivelados se les da una pendiente aceptable y luego se divide por medio de diques en lagunas rectangulares, cuyas dimensiones varían de acuerdo a la calidad del suelo y al caudal de la corriente disponible. Para llenar estas lagunas en forma rápida y a la profundidad requerida, se utiliza un gran caudal de agua, 150-200 m<sup>3</sup> por hora.

El agua se infiltra lentamente en el suelo. El método es apropiado para usarlo en suelos muy permeables y también en suelos que tengan una baja tasa de infiltración.

La laguna se llena rápidamente y por lo tanto se logra una distribución uniforme, incluso en los suelos permeables. Debido a que la infiltración se produce después de que la laguna se ha llenado, aún los suelos con baja permeabilidad se riegan uniformemente.

---

(\*) La unidad de corriente es la tasa de agua abastecida a la unidad bajo riego, sea en franjas, lagunas, zanjas, etc.

**Riego mediante surcos.** El riego mediante surcos consiste en una corriente de agua que fluye en un pequeño canal con una pendiente suave y uniforme. Este método es especialmente apropiado para cultivos que crecen en hileras y puede aplicarse en varios tipos de suelo y en declives de hasta un 5%. Las corrientes de agua que son demasiado pequeñas como para aplicar el riego en forma eficiente por medio de franjas, pueden usarse para el regadío por medio de surcos. Los caudales de agua más grandes del canal suministrador se dividen en un número adecuado de surcos; recientemente se comenzaron a usar sifones para introducir en cada surco una corriente de agua de 6-10 m<sup>3</sup> por hora. En general, los surcos largos son más eficientes que los cortos, pero el largo óptimo de un surco varía entre 50-300 m, según la tasa de infiltración del suelo, su textura y su tendencia a la erosión, el declive y el caudal de las corrientes.

Con el regadío por medio de surcos es difícil prevenir la erosión por completo, ya que el suelo del surco no está protegido por la vegetación. Por lo tanto es recomendable seleccionar un declive suave, 0,2%-0,6%, de acuerdo al tipo particular del suelo y del caudal de la corriente. En declives mayores, los surcos deberían situarse en curvas de nivel, con un declive que se encuentre dentro de los límites recién mencionados.

**Regadío por corrugación.** Según este método, el agua fluye en surcos (corrugaciones) muy poco profundos (alrededor de 10 cm de profundidad) y muy angostos. El agua se distribuye lateralmente, saturando el área entre las corrugaciones.

Este es un sistema de regadío adaptado a cultivos densos, a tierras en declive y a suelos con baja permeabilidad. Consiste en aplicar lentamente el agua, en pequeños surcos poco profundos, con una distancia entre ellos de 50-150 cm, que fluye declive abajo de los canales del campo.

El tiempo que demora el agua en correr de un extremo de la corrugación al otro, varía entre 8-48 horas. Las corrientes usadas son muy pequeñas, 2-2,5 m<sup>3</sup> por hora por corrugación. El largo de las corrugaciones varía entre 40-120 metros; el declive es por lo general, de 2%-6% e incluso 10%.

Las ventajas del método de corrugación es que hace posible regar en declives fuertes, sin causar erosión. Después del riego no se forman costras porque el agua se infiltra lateralmente y sube a la superficie del suelo por acción capilar. Este método conduce al incremento de la salinidad, debido a la gran cantidad de agua que se usa, a la subida capilar del agua y a la ausencia de los efectos de lixiviación, que generalmente causan un humedecimiento excesivo, en especial cuando se continúa con el regadío hasta que toda la superficie del suelo esté visiblemente mojada.

**Riego por aspersión.** Los principales tipos de aspersión son: el riego rociado, los surtidores fijos y las cañerías perforadas.

El riego mediante rociadores se ha practicado en superficies pequeñas durante varias decenas de años.

La introducción de cañerías de aluminio o de plástico y el desarrollo de sistemas de ensamblaje rápido han hecho posible técnicamente los sistemas portátiles y de esta forma los han transformado en económicamente competitivos con los métodos más tradicionales de riego.

Los rociadores de cabeza rotante, ensamblados en cañerías portátiles son en la actualidad el tipo más usado de riego rociado.

El regadío por aspersión ha hecho posible, desde el punto de vista técnico y económico, la irrigación de terrenos con declive demasiado fuerte o demasiado disparejo como para regarlos por medio de métodos de superficie; también se puede regar con este método los suelos arenosos habilitando así extensas regiones anteriormente excluidas.

En terrenos con topografía más regular, la nivelación no es tan esencial como para el regadío de superficie y no necesita ser tan elaborado.

Al usar rociadores se evita no sólo el gran gasto implicado en la nivelación, sino también el daño al terreno, debido al traslado o a la cubierta del suelo de la superficie, que a veces requiere muchos años de costosa reclamación con la resultante pérdida de las cosechas.

**Otras ventajas del riego mediante rociadores.** Con excepción de los períodos de fuertes vientos, la aplicación del agua puede ser mucho más uniforme con sistemas de rociadores que con sistemas de riego de superficie. La cantidad de agua que se requiere puede calcularse y luego aplicarse con gran precisión, de modo que por lo general es más eficaz usar el agua por medio de rociadores; así mismo puede disminuir el daño producido por la erosión del suelo. El rocío durante las horas más calurosas del día puede mejorar el microclima, prevenir el secamiento temporal, y mejorar la efectividad fotosintética. Por otra parte, el microclima húmedo que se encuentra bajo el follaje, puede favorecer la expansión de enfermedades parasitarias, pese a que este daño se ha sobrestimado.

La eliminación de las zanjas en el campo aumenta el área neta disponible para la producción de cultivos y reduce las pérdidas de agua por escape e infiltración.

El trabajo manual implicado es menos arduo y requiere menos especialización que el que se necesita para el regadío de superficie, y es más fácil entrenar a los agricultores a operar el sistema de rociadores, que enseñarlos a utilizar los métodos de regadío de superficie.

En regiones donde ocasionalmente se producen heladas leves, el regadío con rociadores es un medio efectivo para prevenir los daños de la helada.

**Inconvenientes del regadío por rociadores.** La inversión de capital que se requiere para la compra del equipo de regadío es alta, aunque se trate de aparatos portátiles; el agua debe aplicarse a una presión alta, lo que aumenta su precio.

La pérdida de agua como consecuencia de su evaporación e intercepción en el follaje es mayor que la de los métodos tradicionales, aunque esto puede disminuirse usando regadío durante la noche. El uso de agua salina corroe las cañerías de aluminio.

El riego con rociadores no es apropiado para las zonas con vientos.

Una velocidad del viento mayor de 12 Km por hora, hace que el regadío sea ineficaz y causa falta de uniformidad en la aplicación del agua. Por este motivo, el regadío mediante rociadores se limita a ciertas horas del día y de la noche. Sin embargo, se han desarrollado los rociadores gigantes, que contrarrestan los efectos del viento mediante variadas velocidades de rotación.

Otra desventaja del riego por aspersión es la necesidad de ejecutar el regadío en forma tal que no elimine los productos químicos usados para la protección de las plantas antes que hayan hecho efecto.

Sin embargo, las desventajas del regadío mediante rociadores están compensadas con sus ventajas y las zonas que se encuentran bajo riego de rociadores han aumentado considerablemente en los últimos años, con relación a otros métodos de regadío.

**Riego por debajo de la superficie.** El riego subterráneo se logra mediante la elevación o el mantenimiento de la capa freática a una profundidad determinada de antemano, que por lo general es de 30-75 cm, de la cual la humedad se eleva a la zona de las raíces debido a la acción capilar. Esto es posible cuando existe una capa freática permanente o una capa de suelo impermeable que no se encuentre demasiado lejos de su superficie.

En uno de los sistemas el agua se mantiene en canales suministradores adecuadamente espaciados; en las zanjas se regula el nivel del agua de tal forma que se pueda disponer de ella constantemente y reponer la que se pierde por evapotranspiración. En otro sistema las zanjas se llenan periódicamente y el agua se mantiene en ellas hasta que la superficie del suelo se humedece. El exceso de agua se desagüa (Hagan et al, 1967). El sistema de drenaje se utiliza alternativamente para el regadío y para el drenaje.

Este método se usa comúnmente en los suelos orgánicos, para prevenir una oxidación excesiva y el hundimiento consecuente. Tien-de a causar la acumulación de sales en la zona de las raíces y por lo tanto se usa sólo en zonas donde el suelo es lixiviado por las lluvias, y las zanjas de regadío sirven como canales de drenaje.

## Método de riego por goteo

El método de riego por goteo se basa en el derrame de pequeñas cantidades de agua mediante pequeños orificios en los tubos que distribuyen el agua.

Este método no es únicamente una innovación tecnológica; él implica ante todo una concepción nueva del suministro del agua a los cultivos.

En los métodos de riego convencionales, (y también en la agricultura de secano) ocurren en la tierra ciclos alternativos de humectación y de deshumectación. La tierra está empapada de agua inmediatamente después del riego; enseguida, la tierra pierde agua por evaporación y por transpiración de las plantas. La tensión de la humedad del suelo aumenta progresivamente hasta el riego siguiente. Normalmente es casi imposible evitar estas fluctuaciones entre exceso y deficiencia en el curso del crecimiento de las plantas.

El método de riego por goteo hace posible mantener la humedad del suelo continuamente cerca de la capacidad de retención de agua del suelo, evitando así períodos de asfixia de las raíces y de desecación de las plantas.

Este sistema de riego se hace por medio de tubos de polietileno que se colocan en la superficie del suelo y los cuales tienen pequeños orificios. El sistema consiste de los siguientes elementos (Goldberg, 1971):

- Un "cabezal" compuesto de una válvula elevadora, un indicador de presión, un medidor de agua y un filtro (Fig. 3.2).
- Un surtidor de fertilizante, por medio del cual fluye parte de la corriente del sistema, acarreado con ella los fertilizantes que se requieran (Fig. 3.2).

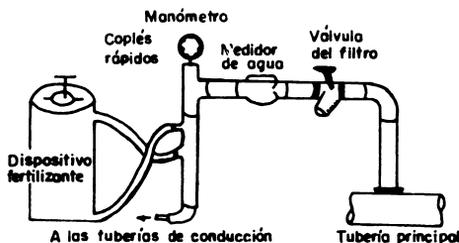


Fig. 3.2. El "cabezal" conectado al abastecimiento principal de agua, comprende: filtros, válvulas, coplés, medidor de agua, manómetro, y un dispositivo surtidor de fertilizantes. (Por cortesía del Profesor D. Goldberg).

- Una tubería principal o alimentadora, que va conectada al surtidor del fertilizante y que conduce el agua a las tuberías secundarias (Fig. 3.3).

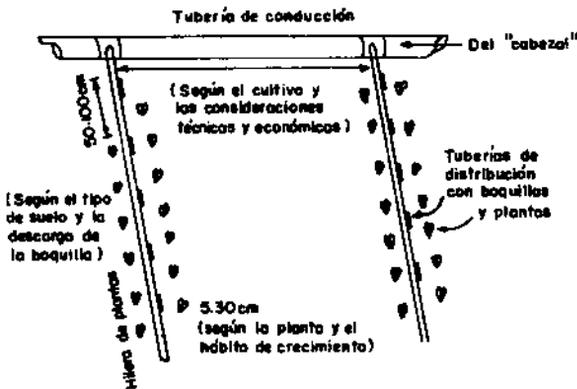


Fig. 3.3. La red de distribución y conducción comprende: una tubería de conducción y tuberías laterales de distribución con orificios. (Por cortesía del Profesor D. Goldberg).

- d. Las tuberías secundarias o laterales de riego que se forman con tubos de polietileno de 12 a 16 mm y a los cuales se ensamblan las boquillas u orificios, espaciados entre 50 y 100 cm (véase Fig. 3.3).

Los espacios entre las tuberías laterales varían de acuerdo con las hileras de los cultivos, y fluctúan entre 80 cm en cultivos comunes, estrechamente espaciados, hasta 5 m entre las hileras de las plantaciones. Se emplearon diversos caudales de descarga de los orificios; 2 litros por hora y 4 litros por hora son los más comunes. El surtidor del fertilizante lo inyecta dentro del sistema a una velocidad predefinida. De este modo, el agua escurre enriquecida desde las boquillas, con la cantidad de fertilizantes requerido para beneficiar los cultivos.

Este método fue aplicado por primera vez para el regadío en invernaderos, pero está dando resultados promisorios especialmente, para cultivos en hileras que crecen en el desierto, en suelos arenosos o pedregosos en los cuales los métodos convencionales de regadío de superficie no pueden ser puestos en práctica y donde las pérdidas de agua por la evaporación en el riego por aspersión son excesivas.

Las ventajas principales de este método son (Goldberg, 1971):

- que no es necesario trazar los surcos con una determinada pendiente y, por lo tanto no se necesita ninguna de las habilidades para nivelar la tierra que normalmente exige el riego por surcos;
- no hay escurrimiento del agua en la superficie a lo largo de los surcos y, por lo tanto, no hay erosión del suelo ni pérdida de agua en los extremos del surco;

- c. las boquillas descargan el agua en gotas a lo largo de las hileras de las plantas y cada boquilla distribuye la misma cantidad de agua aproximadamente (las pérdidas de presión a lo largo de las tuberías laterales son mínimas). Por lo tanto, la distribución del agua es muy uniforme y se controla completamente;
- d. la cantidad que se debe aplicar puede ajustarse por medio de las boquillas que tienen diferentes tamaños y a una menor o mayor descarga; las distancias entre las boquillas, a lo largo de las tuberías laterales, o entre éstas, pueden variar de acuerdo con las condiciones del suelo y de los cultivos.

Las pérdidas de agua usuales que se encuentran en los otros métodos de regadío se evitan con el riego por goteo. No obstante, el método favorece la acumulación de sales en la superficie del suelo y éstas deben ser lixiviadas periódicamente. Si las precipitaciones naturales no alcanzan para este propósito, se deben aplicar suficientes cantidades de agua usando uno de los métodos convencionales de regadío; para este propósito se emplean generalmente rociadores portátiles.

Con el método del riego por goteo, en el que los sistemas son generalmente estacionarios, pueden darse varias aplicaciones diariamente, ya sea en forma manual o por medio de controles automáticos, prácticamente sin trabajo adicional. El riego frecuente tiene el efecto de mantener baja la tensión, entre la capacidad de campo y la saturación. En consecuencia, el cultivo no estará sometido a altas tensiones osmóticas (Goldberg, 1971).

Las desventajas principales de este sistema es su alto costo inicial y las dificultades de operación, debido a la obstaculización de las aperturas.

### **Elección de métodos de regadío**

Los siguientes factores determinan la elección del método de riego: la topografía, las características del suelo, la(s) semilla(s) y la cantidad, la calidad y el costo del agua disponible.

El riego con rociadores puede usarse para todas las semillas (aún para el arroz); los surcos y el riego por goteo son adecuados para las plantaciones en líneas anchas; las lagunas son el único método para el arroz, pero también pueden servir para cereales y forraje; los surcos circundantes se usan principalmente para semillas forrajeras, pastizales y cereales plantados en líneas cercanas.

La inclinación de la pendiente, su dirección y regularidad son los factores topográficos principales que deben considerarse. Métodos de regadío superficial requieren tierras de pendientes uniformes y no excesivas. Una nivelación es necesaria a menudo para cumplir con este requisito; las pendientes no deberían exceder el 4%, de otra

manera se necesitan operaciones de nivelación. Terrenos de topografía muy irregular deben regarse con rociadores, corrugación, riego por goteo o por inundaciones desde surcos en los contornos. Terrenos nivelados o con una pendiente regular y suave pueden irrigarse mediante surcos o por inundaciones entre los bordes.

La tasa de filtración del suelo es de gran importancia en la decisión del método de regadío a usarse. Por lo general la tasa de absorción disminuye rápidamente una vez que el riego comienza hasta alcanzar un nivel más o menos constante. Métodos de flujo superficial no son muy apropiados para los suelos con una tasa de absorción alta. Los suelos con una tasa de absorción muy baja requieren métodos de riego en los cuales el agua pueda retenerse sobre la superficie del suelo por un período largo, o se suministra por rociadores o por el método de riego por goteo.

La textura y la estructura del suelo también afectan la elección del método de riego. En suelos livianos sólo los métodos de rociadores y de riego por goteo son eficientes. Suelos con una estructura muy inestable pueden agotarse fácilmente con el riego y formar costras duras e impenetrables. Tales suelos requieren riego muy cuidadoso, especialmente durante los períodos de germinación y aparición.

También debe considerarse la naturaleza de la semilla. Granos de alto valor y de producción continua pueden justificar métodos elaborados de regadío que no se justificarían en plantaciones anuales de bajo valor.

Cuando la cantidad de agua es restringida o su costo muy alto, la eficiencia del regadío adquiere una importancia económica aún mayor.

El tamaño de la fuente de agua disponible también debe considerarse. Fuentes pequeñas pueden usarse para riego con surcos o contornos pequeños.

Las fuentes grandes requieren métodos de riego adecuado, con el fin de controlar convenientemente el agua y evitar el daño de las semillas y de la tierra.

Cuando se usan aguas de alto contenido salino, los métodos de riego deben diseñarse de modo que permitan la eliminación periódica de las sales del suelo. Ciertos métodos como corrugación o riego subterráneo deben evitarse en estos casos.

La elección de un método de riego inapropiado puede resultar en una pérdida de grandes cantidades de dinero invertidas en preparar el suelo y comprar equipos; los costos de operación pueden ser innecesariamente altos con uso ineficiente de la mano de obra y del agua. La producción puede ser menor por exceso de agua en algunas partes del terreno y por falta de ella en otras.

**Uso eficiente del agua de riego.** El uso eficiente del agua de riego implica: a) prevenir que tensiones debidas a humedad en la zona de la

raíz alcancen un nivel en que afecte adversamente el producto comercial, a causa de una programación inadecuada del riego, y b) aplicar en cada riego, la cantidad de agua necesaria para restituir toda la zona de la raíz a su capacidad total.

**Prevención de tensiones excesivas por humedad.** Muchos estudios han mostrado que es posible disminuir la humedad del suelo hasta un cierto nivel, el cual depende del tipo de cultivo, sin que el rendimiento o la calidad del producto se vean afectados económicamente.

Se puede considerar como el contenido óptimo de humedad de la zona de la raíz, el ámbito de humedad que fluctúa entre la capacidad total (como límite superior) y el nivel de tensión del suelo, debido a la humedad, al cual los resultados del producto comercial se reducen (como límite inferior). Esta puede llamarse “tensión crítica de humedad del suelo”.

La tensión crítica depende de la naturaleza de la siembra, y en particular, del efecto de las tensiones en el producto comercial. La “tensión crítica de humedad del suelo” no es constante a través del crecimiento, aún para una misma siembra. El ajuste de programas de riego, de acuerdo a períodos críticos de crecimiento, para impedir que la tensión de humedad sobrepase el nivel crítico, es de especial importancia en el uso económico del agua. Hay una tendencia generalizada de regar demasiado la siembra en sus etapas de crecimiento vegetativo y subestimar los requerimientos de agua en períodos de máxima susceptibilidad a la falta de agua, es decir, cuando la planta está floreciendo y madurando frutos. El riego excesivo en las últimas etapas del crecimiento causa a menudo un retardo en la maduración, sin mejores resultados.

La información fidedigna en cuanto a contenidos óptimos de humedad para cada semilla puede obtenerse solamente por experimentos en los cuales se determina la reacción de cada semilla a distintos requerimientos de humedad, en las diferentes etapas de su desarrollo.

**Programación de los riegos.** Cuando se dispone de la información acerca del contenido óptimo de la humedad del suelo, se puede determinar cuando ha alcanzado el nivel crítico el contenido de humedad al que se ha decidido operar. Varios métodos se han desarrollado con ese propósito, basados en mediciones de la humedad del suelo, mediciones meteorológicas o características de las plantas.

## **DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE AGUA A APLICAR EN CADA IRRIGACION**

El objetivo en cada irrigación es el de devolver a la zona de la raíz su capacidad total. Las plantas no absorben agua en igual forma en toda esa zona.

La actividad de las raíces de la mayoría de las siembras es mayor en los niveles superiores del suelo que a mayor profundidad. Por ejemplo, una semilla de raíz profunda, como la remolacha de azúcar, toma el 60% del agua necesaria de los 60 cm superiores, mientras el 40% restante es proporcionado por capas de suelo a una profundidad de 60-120 cm. Las capas superiores del suelo también tienen el régimen más favorable de aeración, la actividad biológica más intensa y la mayoría de los alimentos nutritivos de la planta. Si el riego se aplica antes de que el contenido crítico de humedad alcance toda la zona de la raíz, el crecimiento activo de la planta está asegurado. No es recomendable humedecer sólo las capas superiores del suelo. Las raíces se concentran en las capas superiores y ya que éstas se secan rápidamente, el riego debe ser frecuente. Como resultado, hay ciclos de tensión alta y baja en humedad del suelo, con pequeñas reservas. Las pérdidas del suelo por evaporación son grandes en comparación a las pérdidas por transpiración y las sales tienden a acumularse en las capas superiores.

Una aplicación excesiva de agua no es sólo una pérdida de ésta, sino que perjudica la aeración por períodos prolongados, aumenta la pérdida de elementos nutritivos de la planta y ocasiona un aumento del nivel hidrostático.

El agua que necesita la zona de la raíz se puede calcular; ésta depende de la profundidad de la raíz, de la tensión crítica de la humedad del suelo y de la eficiencia del riego.

## EFICIENCIA DEL RIEGO

### Necesidades de agua y riego

La cantidad de agua para reemplazar la pérdida por evaporación y transpiración se llama **necesidad de agua** o **agua de consumo**. El agua que se entrega por riego es por lo general mayor al uso del consumo e incluye pérdidas y despilfarro durante el transporte, la distribución, la irrigación y las infiltraciones más allá de la zona de la raíz. La cantidad total de agua que debe suministrarse para reemplazar en forma efectiva la falta de humedad en el suelo en la zona de la raíz se llama **necesidad de riego**.

### Eficiencia del riego en prácticas agrícolas

El cociente entre las necesidades de agua y de riego es una medida de la eficiencia del riego\*. Con los métodos de riego actuales, no se alcanza nunca una eficiencia del 100%. Además de pérdidas, tales

---

(\*) La eficiencia del riego se define como "el porcentaje de agua de riego que se almacena en el suelo y que queda disponible para uso de los cultivos" (Grassi, 1967).

como intercepción por el follaje de las siembras, escurrimiento, etc., algunas de las cuales son inevitables, hay otras que dependen de la eficiencia del regador y de los métodos de riego usados. Falta de uniformidad en la distribución de agua en los campos, filtraciones profundas, pérdidas de agua por infiltraciones en las acequias, pérdidas de agua en llaves, tubos, uniones, etc., se suman al uso del consumo de la siembra y por lo tanto reducen la eficiencia del riego.

En una área regada de la parte árida Occidental de los Estados Unidos, de alrededor de medio millón de hectáreas, se encontró que en cierto año la cantidad de agua promedio usada para irrigación fue de 2000 mm, alcanzando hasta 0,50 mm en ciertas regiones. La evaporación y transpiración potencial calculadas para ese período fue de 670 mm, de los cuales las precipitaciones proveyeron de 60 a 120 mm. Por lo tanto, la eficiencia del riego fue menor del 30%. En una área adyacente con el mismo potencial de evaporación y transpiración, los granjeros obtuvieron buenos resultados con 600 mm de agua (Nace, 1960). La eficiencia de riego, tomando un promedio mundial, es de alrededor de 30%, y se debe en su mayor parte a una valoración poco realista de la distribución del agua y a sus redes y métodos pobres de conducción (Olivier, 1967).

**Pérdidas en el uso del agua.** Las pérdidas en el uso del agua resultan de una distribución no uniforme de su escurrimiento en los campos y de una utilización excesiva de agua, que produce infiltraciones más allá de la zona de la raíz.

Las pérdidas por evaporación son pequeñas si los intervalos entre los riegos son largos, pero su importancia aumenta con la frecuencia de los riegos. En el riego con rociadores, las pérdidas por evaporación pueden ser de una magnitud considerable.

**Factores que afectan la eficiencia en el uso del agua.** La eficiencia en el uso del agua depende de varios factores como: la topografía del suelo, la textura y la estructura; la vegetación; el trazado; el grado de cautela al nivelar y preparar el área que debe regarse; la experiencia y habilidad del irrigador; la frecuencia del riego; la profundidad de las raíces.

La eficiencia de los métodos de irrigación superficial, varía entre 40% a 80%, aunque se ha obtenido 20% y una eficiencia del 60% se considera razonablemente buena (Grassi, 1967). En riegos por aspersión bien planificados, el ámbito es a menudo menor de 70 a 80%.

Debe enfatizarse que una infiltración de agua más allá de la zona de la raíz no se considera siempre una pérdida; a menudo es esencial provocarla en forma deliberada, para arrastrar las sales más allá de la zona de la raíz. Los excesos de agua no planificados e innecesarios son los no deseables y peligrosos.

## **Pérdidas por transporte**

Cuando el agua se conduce a los campos mediante tubos a presión que estén en perfectas condiciones las pérdidas en el transporte son prácticamente nulas. Sin embargo, roturas en el sistema, válvulas defectuosas y otras averías que resultan de negligencias, causan con frecuencia pérdidas considerables de agua.

El transporte en canaletas abiertas usualmente deja considerables pérdidas de agua que se deben a infiltraciones en la canaleta, transpiración de las plantas acuáticas o de aquéllas que crecen en las márgenes de la canaleta y, en menor grado, a evaporación. Se ha estimado por lo menos en un tercio las pérdidas de agua transportada en canaletas que no son rectas (Arthur y Thoroky, 1967).

En el Punjab se estima que las pérdidas por conducción alcanzan a un 24% en los canales y distribuidores y a un 21,5% adicional en el agua que cruza las aldeas, antes que tan siquiera una gota llegue a los campos de riego.

## **SELECCION DE LOS SUELOS PARA RIEGO**

### **Requerimientos**

Al diagnosticar en qué medida la tierra es adecuada para el riego, el énfasis debe hacerse no en su estado y características físicas actuales, sino en la predicción de los cambios requeridos y que deben esperarse como resultado del riego. Estos cambios son generalmente hacia lo peor: cambios en el nivel hidrológico, problemas de drenaje y salinidad, necesidad de modificar la pendiente y el relieve mediante el cultivo de la tierra; necesidad de mejorar las características del perfil del suelo, etc. En vista de las grandes inversiones involucradas y a que la tierra disponible para regadío es en general, mayor que los recursos de agua, es aconsejable usar solamente los suelos más adecuados para el desarrollo del regadío.

### **Productividad potencial**

El primer requisito es que el suelo tenga una **productividad potencial** suficiente para justificar las inversiones necesarias en irrigación. Esta evaluación debe basarse en la calidad del suelo después de regado.

### **Pendiente**

El efecto de la pendiente en la adaptabilidad para el riego depende de un cierto número de factores: el sistema de siembra elegido, la intensidad de las precipitaciones y la capacidad de absorción del

suelo. Los métodos de riego pueden adaptarse a la pendiente principal o se puede modificar esta pendiente mediante nivelación. Estas decisiones deben basarse en evaluaciones económicas además de los parámetros físicos mencionados más arriba.

Las pendientes máximas consideradas adecuadas para riego varían en un amplio ámbito de 3% a 35% (Maletic y Hutchings, 1967). Sin embargo, como regla general, una irrigación superficial por gravedad se hace difícil con pendientes de más de 2° y muy difícil en pendientes de más de 4°.

### **Economía de la preparación de la tierra para riego**

Un desarrollo extensivo de la tierra puede ser esencial como paso preliminar al riego: limpieza de la vegetación (árboles y arbustos), remoción de piedras o rocas, terraplenado, nivelación, arado profundo, etc. El costo de estas operaciones deberá considerarse al evaluar la adaptabilidad de la tierra al riego.

### **Calidad del agua de riego, contenido salino y capacidad de drenaje del suelo**

El requisito siguiente es que la productividad pueda mantenerse con irrigación permanente. Las amenazas principales a la estabilidad de la agricultura de riego son la acumulación de sales y las anegaciones de agua. Estas dependen en gran medida de la calidad del agua de riego. La evaluación de la adaptabilidad de un suelo para riego no puede separarse de la calidad del agua de riego y de las condiciones de drenaje que existan cuando la tierra sea regada. "La tierra para ser irrigable debe ser desagüable". La capacidad del suelo para permitir la infiltración del agua necesaria para la remoción de las sales por lixiviación, la posibilidad de drenaje del subsuelo, los niveles de sales solubles y el sodio transferible que está presente en el perfil del suelo son características importantes.

El problema de las sales puede presentarse de dos formas: 1) la tierra puede estar afectada por un exceso de sales —para la evaluación se puede determinar en este caso si éstas pueden removerse en forma efectiva y económica; 2) el suelo puede estar aún libres de sales— (la evaluación tiene que considerar el peligro de una acumulación de sales y la posibilidad de mantener la productividad).

## **MANTENIMIENTO DE UNA AGRICULTURA DE RIEGO PERMANENTE**

### **Naturaleza del problema**

En vista de la desaparición de muchas civilizaciones del pasado basadas en una agricultura de riego, y los muchos casos de un rápido

deterioro del suelo, en la actualidad, tanto en países con una agricultura primitiva como en aquellos con tecnologías más avanzadas, a menudo hay dudas acerca de la posibilidad de mantener una agricultura de regadío en forma permanente.

La experiencia y la investigación han mostrado inequívocamente que las causas básicas en la falla de la producción agrícola, son los efectos combinados y relacionados de una acumulación excesiva de sales en la zona de la raíz y la formación de una capa freática alta. Debido a las altas tasas de evaporación y a las pocas precipitaciones en las regiones áridas, muchos de estos suelos contienen grandes cantidades de sales desde la partida y el drenaje en estas regiones es poco eficiente. Como las sales se acumulan generalmente en áreas de poca altura y éstas son las áreas que mejor se prestan para el regadío, desde el punto de vista topográfico, están ya predispuestas a los riesgos de salinidad, lo que se agrava posteriormente con el riego.

El agua de riego agrega al suelo cantidades considerables de sal y a menudo contribuye a aumentar el nivel hidrostático. Cuando el nivel hidrostático está dentro de un ámbito capilar, el círculo vicioso se cierra: sales adicionales se agregan a la zona de la raíz por la elevación por capilaridad del agua salina de la capa freática, evaporación del agua y depósito de la sal; la disminución del exceso de la sal se hace impracticable y la zona de la raíz se restringe lo que impide un desarrollo normal de la planta.

Una comprensión de los factores que intervienen en el agotamiento de la agricultura de irrigación indica que éste puede prevenirse por el mantenimiento de un balance salino adecuado en la zona de la raíz. Esto depende de la calidad del agua usada y de la remoción efectiva de las sales por lixiviación.

Si la cantidad de precipitaciones o de agua de riego es suficiente para lixiviar las sales a una profundidad desde la cual el ascenso a la zona de la raíz por capilaridad no puede ocurrir, se formará en el subsuelo una zona de acumulación inofensiva. Tarde o temprano, sin embargo, el exceso de sales deberá ser removido mediante un sistema efectivo de filtrado y drenaje. Para hacer esto, dos condiciones son esenciales: el mantenimiento de una tasa satisfactoria de infiltrado, la que a su vez depende de una buena estructura y un sistema efectivo de drenaje.

## **PREVENCIÓN DE UN AGOTAMIENTO DE LA AGRICULTURA DE RIEGO**

El principio básico para prevenir el agotamiento de la agricultura de riego es **mantener un equilibrio salino satisfactorio en la zona de la raíz**. Como la adición de sales por irrigación no puede evitarse, el problema básico es remover el exceso de sales. Esto puede lograrse sólo por lixiviación, como por ejemplo, agregando más agua de la que se necesita para regar, a fin de lavar las sales de la zona de la raíz.

Esto a su vez llevará a un **aumento del nivel hidrológico**, a menos que un drenaje adecuado esté asegurado. La remoción del exceso de sales lleva, conlleva, a la necesidad de remover el exceso de agua. Para lograrlo se necesita lo siguiente:

- a. una tasa satisfactoria de infiltración, la que depende de la estructura del suelo;
- b. un sistema efectivo de drenaje que (puede ser natural, por ejemplo: un río; o artificial).

### Calidad del agua de riego

Antes de evaluar cualquier esquema de riego, es esencial evaluar la **calidad del agua para riego**.

La calidad del agua tendrá influencia en:

- a. el tipo de suelo que puede regarse;
- b. el tipo de semillas que puede cultivarse;
- c. las prácticas agronómicas que pueden usarse;
- d. los métodos de riego a seguir.

### Criterios principales

**Sales solubles totales (SST)** (expresada en gr/1, ppm, conductividad específica).

La cantidad total de sales constituye el **peligro de salinidad**. Las aguas de riego contienen generalmente de 70 a 3500 ppm de SST (Allison, 1964).

**Criterios de aceptación general** (en unidades de conductividad eléctrica. Richards, 1954).

C <sub>1</sub> salinidad baja:	< 250 microhms:	es posible cultivar la mayoría de las semillas en la mayor parte de los suelos.
C <sub>2</sub> salinidad media:	250–750 microhms:	con lixiviación moderada es posible cultivar semillas con cierta tolerancia.
C <sub>3</sub> salinidad alta:	750–2250 microhms:	producción posible sólo con lixiviación y drenaje y semillas con buena tolerancia salina.
C <sub>4</sub> salinidad muy alta:	> 2250 microhms:	producción posible solamente en suelos muy permeables, con semillas de buena tolerancia salina y técnicas especiales.

Aunque las sales solubles totales (SST) es el criterio individual más importante, es insuficiente si se le usa solo. La razón principal es que algunas de las sales (tales como Na) son mucho más dañinas que otras (tales como Ca y Mg), que pueden ser incluso beneficiosas. Si las SST son bajas, no hay necesidad de otros criterios. Si este no es el caso, los siguientes criterios adicionales son necesarios:

- a. una cantidad de iones individuales;
- b. el cociente entre ciertos iones y las SST;
- c. el cociente entre ciertos grupos de iones.

### Peligro del sodio

El contenido del sodio del agua no es una medida satisfactoria del **peligro del sodio**. Mientras el sodio del suelo esté contrapesado por Ca y Mg, el daño al suelo o a las semillas será pequeño. Cuanto más iones de Ca y Mg se reemplacen por Na, el daño aumenta. La cantidad de Ca + Mg desplazado por Na dependerá del cociente de Na a (Ca + Mg) en el agua de riego. En general:

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Si $Na = Ca + Mg$                 | el daño será pequeño                |
| Si Na es el doble de Ca + Mg      | hay un reemplazo notorio de Ca + Mg |
| Si Na es más del doble de Ca + Mg | el reemplazo es considerable.       |

La fórmula usada para evaluar el peligro del sodio se basa en el Cociente de Adsorción de Sodio (CAS):

$$CAS = \frac{Na^+}{\frac{\sqrt{Ca^{++} Mg^{++}}}{2}} \quad (\text{en mg/l})$$

El agua de riego se clasifica en cuatro categorías de acuerdo a CAS (Richard<sup>s</sup>, 1954):

- |   |   |
|---|---|
| S <sub>1</sub> agua con poco sodio:                   | puede usarse en la mayoría de los suelos.   |
| S <sub>2</sub> agua con concentración media de sodio: | puede usarse sin peligro en suelos permeables con alto contenido de Ca.   |
| S <sub>3</sub> agua con alta concentración de sodio:  | causará problemas de salinidad en la mayoría de los suelos. Puede usarse con precauciones especiales y métodos preventivos. |

S<sub>4</sub> agua con mucho sodio: en general no es adecuada para la agricultura.

Las divisiones entre las cuatro categorías dependen de los criterios de salinidad. Con mayor salinidad, los CAS permitidos decrecen progresivamente.

### Peligros del bicarbonato

**Si la concentración de bicarbonato excede la de Ca + Mg, el agua es inadecuada para el regadío.**

Después de cada riego, el Ca y el Mg reaccionan con el bicarbonato dando carbonatos insolubles. Cuando el suelo se seca, los carbonatos precipitan de modo que las cantidades de Ca + Mg se reducen. En otras palabras, el peligro del sodio aumenta. Los efectos directos de los carbonatos son:

- a. deterioro de la estructura del suelo reduciendo la tasa de filtrado;
- b. aumento del pH del suelo;
- c. la materia orgánica se disuelve dando lugar al llamado **álcali negro**.

El peligro del bicarbonato se mide por el **Carbonato Sódico Residual (CSR)**:

$$\text{CSR} = (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg}) \text{ en mg}$$

### Sustancias fitotóxicas

Ciertas sales, como las de boro, que en concentraciones bajas no son dañinas a las plantas e incluso pueden ser beneficiosas, se acumulan en el suelo a consecuencia del riego y alcanzan concentraciones tóxicas. El agua con un contenido de boro de 1 ppm, aún puede considerarse segura para la mayoría de los cultivos; siembras semitolerantes tales como las habas, la avena, el sorgo, el trigo, la cebada, los porotos y el algodón son sensibles a concentraciones de 1 a 2 ppm, la alfalfa y la remolacha pueden tolerar concentraciones de 2 a 4 ppm, que es el máximo tolerable para tales cosechas (Allison, 1964).

El boro no es raro en las aguas de pozo y un nivel tóxico puede alcanzarse en el suelo al regar con tales aguas. También puede estar presente en cantidades desusadamente altas en algunos suelos. Se necesita más agua para eliminar el boro que para eliminar las sales de

sodio, ya que el suelo retiene más firmemente el boro (Reeve et al, 1955).

### **Materiales orgánicos e inorgánicos en suspensión**

El contenido de fango de ciertas aguas de río usadas para riego es una característica cualitativa importante. Mientras más arcilla y materia orgánica contenga el fango, mayor es su capacidad para aumentar la fertilidad del suelo.

Sin embargo, un agua cargada de sedimentos es más difícil usarla para riego: la penetración del agua se hace más difícil y no puede aplicarse al riego con rociadores sin una sedimentación previa.

### **Estimación general de la calidad del agua**

No se puede determinar si el agua es adecuada o no para el riego, sin conocer el suelo que se va a regar, las semillas que se cultivarán, las prácticas agronómicas elegidas y las condiciones ambientales existentes en la región. Por lo tanto, los criterios de control de la calidad de las aguas de riego, no pueden aplicarse en forma rígida y deberán adaptarse a las condiciones regionales. Aún un agua de buena calidad puede causar daño cuando se aplica a un suelo impermeable, mientras que un agua de mala calidad puede ser satisfactoria cuando se usa para regar suelos permeables y bien drenados (Bernstein, 1962). La pregunta básica no es por lo tanto "cuán buena es el agua", sino "qué se puede hacer con el agua" (Lyerly y Longenecker, 1964).

### **Suelos**

El efecto de las sales en el crecimiento de las plantas en los suelos regados no está determinado por el contenido salino del agua, sino que depende de la concentración máxima de las sales existentes en la solución del suelo, la cual se alcanza poco antes del riego.

En los suelos muy permeables, las diferencias entre la concentración de las sales en la solución del suelo y el contenido salino del agua de riego, son a menudo pequeñas. En suelos menos permeables, la concentración de las sales en la solución del suelo, poco antes del riego, puede ser diez veces mayor que en agua de riego. Por lo tanto mientras menos permeable sea el suelo, mayor es el peligro al usar agua con un alto contenido de sales de sodio. Aún más, la situación a menudo empeora progresivamente, ya que la filtración se reduce como consecuencia del reemplazo de calcio por sodio en el sistema de intercambio del suelo.

En la India se ha encontrado que mientras más alto sea el pH del suelo, más restringido es el ámbito de tolerancia a la salinidad (Agarwal y Yadav, 1956).

Aguas de alta salinidad con concentraciones de 3 a 8 g/l se usan a menudo por períodos prolongados en Asia Central, el Cercano Oriente y el norte de Africa. Esto es posible cuando se cultivan semillas tolerantes a las sales, los suelos son muy arenosos, las aguas contienen mucho yeso, se aplican a tasas altas y en condiciones de excelente drenaje natural.

En el sur de Túnez, han usado por períodos largos aguas con un total de más de 5 g/l de sales, que contenían 1,2 g/l de sodio.

Los rendimientos fueron bajos por falta de fertilizantes, control inadecuado de plagas, etc., de modo que las sales no fueron un factor limitante en esas circunstancias (Kovda et al, 1967a). En Israel se usó en suelos arenosos sin perjuicio aparente, agua que contenía un total de 2,3 g/l de sales de las cuales 1 g/l era cloruro (Shalhevet y Reninger, 1964).

En Texas, se usa ocasionalmente agua con más de 4 g/l de sales (Longenecker y Lyerly, 1959).

En algunas regiones de Italia, en particular en la provincia de Bari, el riego con agua de alta salinidad, se ha practicado por largo tiempo (Bottini, 1961). Las aguas que usan tienen hasta 8-10 g/l de sales. Los suelos son arenosos hasta una profundidad de varios metros y por lo tanto muy permeables, con excelente drenaje natural, ricos en calcio y materia orgánica. Durante el período de crecimiento el suelo se mantiene con un alto nivel de humedad con riegos frecuentes. El riego se practica verano de por medio mientras que las lluvias lavan las sales en dos inviernos sucesivos, de 400-600 mm en cada estación. Aún con esas precauciones no todas las siembras pueden cultivarse: el maíz, que es un cultivo con tolerancia moderada, dá resultados muy bajos en estas condiciones, y lo que generalmente se siembra es tomate.

Por otro lado, el agua con un contenido salino relativamente bajo puede causar la salinización de suelos arcillosos, con filtración y drenaje pobres, en un tiempo relativamente corto, como ha ocurrido en las cuencas del Tigris y el Eufrates en la cuenca del Indus y en algunos otros lugares. El proceso se acelera si el agua se entrega lentamente, aún cuando en realidad se agregan menos sales.

## **Cultivos**

La evaluación del agua de riego dependerá de la tolerancia de los cultivos incluidos en la rotación, de la salinidad total del suelo y de la concentración de iones específicos. Los cultivos difieren en su tolerancia a la salinidad del suelo. La respuesta de los cultivos más económicos a la salinidad del suelo se ha determinado con base en mediciones de la conductividad eléctrica de una muestra de saturación del suelo. El grado de salinidad del suelo al que ocurre una reducción determinada en la producción, en comparación a condiciones no sa-

linas, sirve como criterio para establecer la tolerancia relativa de los cultivos a la salinidad.

Diferentes niveles de reducción de los cultivos, se han usado: 10% a 15% (Bernstein, 1962) y 50% (Richards, 1954).

### **Precipitaciones y temperatura**

La cantidad de precipitaciones se relaciona directamente con el nivel de sales que puede tolerarse en el agua de riego. En regiones o estaciones de pocas lluvias, hay una mayor demanda del agua de riego, de modo que se agrega al suelo más sales y al mismo tiempo se reduce el lavado de ellas por las lluvias. Estos efectos aumentan con las temperaturas altas, que causan mayor evaporación y transpiración. En estas regiones, con estaciones de muchas precipitaciones, la mayoría de las sales que se acumulan en la zona de la raíz durante la estación de riego, pueden ser lavadas durante la estación lluviosa siempre que el drenaje —natural o artificial— sea adecuado. Se estima que una precipitación anual de 400 a 500 mm remueve completamente cualquier exceso de sales (Tames, 1950). En consecuencia, los peligros de salinización aumentan en las regiones más áridas.

### **Variaciones estacionales**

La calidad del agua de riego no es estática sino que muestra variaciones estacionales. Como resultado de la evaporación, el contenido salino puede aumentar en los estanques a medida que el verano avanza. Este aumento es proporcional al tamaño del recipiente — de 20%, para un depósito grande como el Lago Tiberíades, a 100% para pantanos pequeños (Kovda et al, 1967). El contenido salino del agua corriente también puede variar en un amplio ámbito. Durante etapas de inundación, el Nilo tiene un contenido salino y un porcentaje de sodio bajos; el contenido salino llega a más del doble en los períodos en que el río está bajo (Bernstein, 1962). Los niveles hidrológicos profundos casi no muestran variaciones estacionales en el contenido salino. Por otro lado, las precipitaciones y el riego pueden causar cambios considerables en el contenido salino del agua de las capas superiores.

La solución del suelo tiene una concentración salina que excede a la de la mayoría de las aguas usadas para irrigación. En la mayor parte de los suelos regados, la concentración de sales de la solución del suelo es generalmente de tres a diez veces mayor que la del agua de riego usada (Tison, 1961).

Esta relación se ve afectada por la concentración real de sales en el agua de riego y del suelo, la permeabilidad del mismo, la eficiencia del drenaje, las condiciones climáticas y la tasa de lixiviación.

La concentración óptima de las sales solubles en las soluciones en suelos regados está en el ámbito de 3-5 g/l. Las plantas cultivadas

muestran cierta dificultad con concentraciones alrededor de 10-12 g/l y mueren con concentraciones de 20-25 g/l (Kovda, 1961). Por lo tanto, el riego con agua de un contenido salino relativamente alto (2-5 g/l) será útil para diluir las soluciones del suelo. Si la dilución es suficiente y el exceso de sales se lixivia, no habrá daño en las siembras. Solamente cuando se deja que se acumulen las sales por un lavado insuficiente y/o drenaje inadecuado, es que resulta en un daño permanente. Por lo tanto, el contenido salino permitido en el agua de riego depende de la cantidad de agua entregada y posteriormente eliminada (Kovda et al, 1967).

### Mejoramiento de la calidad del agua

A menudo la única alternativa para los granjeros cuyas aguas son de muy pobre calidad, es no regar o usar agua solamente para riego suplementario. Hay, sin embargo, casos en los que es posible mejorar la calidad del agua con un contenido alto de sodio y bajo de calcio, aumentando la proporción de iones de  $\text{Ca}^{++}$  en el agua de riego. El yeso es una fuente barata de calcio soluble, lo que reduce el cociente sodio:calcio en el agua de riego. El yeso agregado aumenta también la capacidad de filtración de los suelos que ya han sido afectados en forma adversa por riego con aguas sódicas.

### Prácticas de manejo

Los métodos de riego usados, la eficiencia del drenaje, el mantenimiento de una estructura de suelo favorable, un alto nivel de materia orgánica y otras prácticas agronómicas que afectan la fertilidad del suelo influyen en la calidad del agua que puede usarse sin peligro.

### Efectos del agua de riego en los suelos

El agua de riego afecta el suelo cambiando la **concentración** de la solución del mismo y la **composición** de los constituyentes en solución (Bower, 1961).

La cantidad de sales solubles agregadas a la zona de la raíz depende de la cantidad y la calidad del agua que pasa por esa zona durante un cierto tiempo. La concentración de la solución del suelo también aumenta a medida que el suelo se seca.

La magnitud de estos efectos dependerá de la frecuencia del riego, la cantidad de agua eliminada por evaporación y transpiración, la profundidad de la capa freática y la permeabilidad del suelo. El riego generalmente induce a un aumento gradual de las sales en la zona de la raíz, causando **salinización** del suelo. La abundancia de las sales solubles mantiene los coloides del suelo en un estado floculado y por lo tanto, tiene un efecto favorable en la estructura y en la permeabilidad del suelo.

A medida que las sales solubles se acumulan y la solución del suelo se hace mucho más concentrada, los límites de solubilidad del sulfato de calcio y del carbonato de magnesio pueden ser superados, haciendo que el calcio y el magnesio se precipiten.

Esto causa un aumento en la proporción relativa de sodio en la solución del suelo. Existe un equilibrio entre los cationes en la solución del suelo y aquellos adsorbidos por los agentes de intercambio. A medida que la proporción de sodio en solución aumenta, más sodio es absorbido por los agentes de intercambio.

Este proceso hará que el suelo se convierta en **salino y sódico**. El aumento de sodio de intercambio tiene una marcada influencia en las propiedades físicas del suelo, siendo el efecto mayor la tendencia a dispersar los coloides. Mientras hayan suficientes sales no sódicas en el suelo, aún las arcillas saturadas de sodio permanecen floculadas. Sin embargo, si las sales solubles se eliminan del suelo por lixiviación, transformando el suelo salino en suelo sódico no salino (desalinización), los coloides del suelo se dispersan y la estructura del suelo se deteriora. El agua entregada no se filtra fácilmente, el suelo no se desagüa bien y los niveles de oxígeno bajan. A medida que la solución del suelo se hace más diluída, nuevos equilibrios se establecen entre los cationes de la solución del suelo y los agentes de intercambio.

### **Efectos de la salinidad en los cultivos**

Las sales afectan a las plantas en forma directa de dos maneras: aumentando la presión osmótica y mediante la toxicidad específica de los iones. Es aún tema de discusión, cual de estos dos es el factor importante, ya que ambos efectos ocurren simultáneamente, y por lo tanto es muy difícil dilucidar sus mecanismos. Un efecto indirecto puede resultar también de perturbaciones en la alimentación, de los efectos de las sales en los microorganismos y de la estructura del suelo, teniendo como resultado las condiciones físicas adversas para el crecimiento de las plantas.

Las relaciones generales entre la producción de los cultivos y la salinidad del suelo se presentan en la Fig. 3.4.

### **Efectos osmóticos**

El aumento de la presión osmótica de la solución del suelo debido a las altas concentraciones de las sales, independiente del tipo de sales, aumenta la cantidad de energía que la planta debe usar para absorber agua del suelo. Como resultado, la respiración aumenta y tanto el crecimiento como la producción declinan progresivamente a medida que la presión osmótica aumenta (Grillot, 1956).

La disminución en el crecimiento de muchas siembras guarda generalmente una corrección lineal, en un amplio ámbito, con la concen-

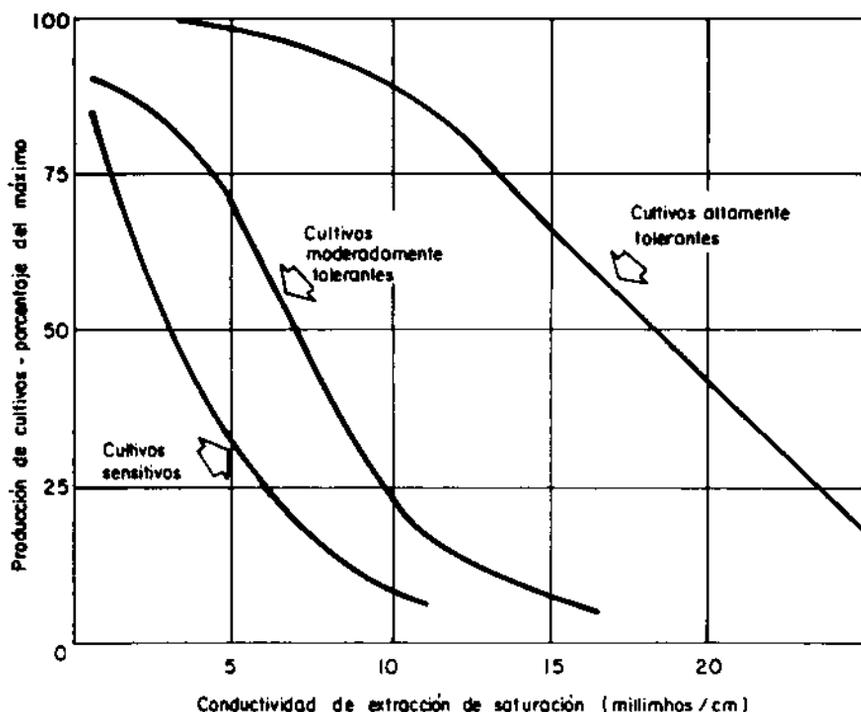


Fig. 3.4. Relaciones generales entre la producción de cultivos y la salinidad del suelo. (Fuente: Firemen y Kraus, 1965. Cortesía de "Tahal-Water Planning for Israel").

tracción osmótica del suelo. Para la mayoría de las siembras, las producciones disminuyen aún más, en climas cálidos que en climas templados o fríos para una concentración osmótica dada (Magistad et al. 1943).

A medida que el suelo se seca entre dos riegos, la concentración de sales en la solución del suelo aumenta progresivamente. Inmediatamente después del riego, la concentración del suelo se reduce bruscamente. Las plantas están sometidas, por lo tanto, en forma alternativa a un súbito exceso de sales seguido de un súbito aumento de agua, lo que puede causar ocasionalmente la ruptura y la muerte de las células (Grillot, 1956).

### Efectos tóxicos

Muchos de los iones que son inofensivos y aún son útiles a concentraciones relativamente bajas pueden convertirse en tóxicos para las plantas a concentraciones muy altas. Los iones que con mayor proba-

bilidad pueden ser tóxicos a las plantas son cloruro, sodio, bicarbonato, sulfuro y boro (Hayward, 1956).

La tolerancia a las sales parece estar relacionada a una capacidad de controlar la absorción de iones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  o a una tolerancia a altos niveles de cloruro antes que ocurra un daño a las hojas (Vose, 1963).

La mayoría de las cosechas no se dañan por absorción de concentraciones más o menos altas de sodio y cloro. Un exceso de bicarbonato puede ser tóxico a siembras sensibles como pasto Dallis y porotos (Allison, 1964); el boro, como se ha mencionado, puede ser muy tóxico a ciertos niveles.

### **Métodos de manejo apropiados**

El balance salino del suelo depende del mantenimiento de un balance de agua adecuado. Por lo tanto, el control efectivo de la salinidad depende de todas las medidas técnicas relacionadas con la cantidad de agua, la frecuencia con que se entrega y sus movimientos en el suelo. Entre estos métodos figuran:

- a. la preparación de la tierra que se va a regar y el manejo del suelo;
- b. métodos de riego adoptados;
- c. la cantidad de agua entregada y la frecuencia del riego, de acuerdo a las necesidades de la siembra;
- d. el mantenimiento de un balance salino por lixiviación; y
- e. la remoción de agua y de sales en exceso mediante drenajes.

### **Nivelación**

Una nivelación cuidadosa de las áreas que se van a regar, a la vez que una planificación esmerada del trazado del riego, son esenciales para asegurar una distribución uniforme de agua en métodos superficiales de riego. En el riego con rociadores esto es menos crítico. Cuando el agua de riego no está distribuida uniformemente a través de toda el área, su infiltración no es uniforme, la lixiviación no es efectiva en forma pareja: hay exceso de lixiviación en las áreas bajas y una acumulación de sales en los puntos altos.

### **Métodos de cultivo de la tierra**

Todos los métodos de cultivo de la tierra que mejoren la tasa de infiltración y mantengan una estructura de suelo favorable contribuyen al control de la salinidad.

## **Abono**

El abono ha mostrado ser útil en la reducción de las concentraciones de sales de las áreas localizadas del suelo mediante la reducción de la evaporación de la superficie del suelo, de modo que se acumulan menos sales y aumentan las tasas de filtrado, lo que hace que las sales se remuevan más fácilmente por lixiviación.

## **Fertilización**

La fertilización no es efectiva en un suelo muy salino, pero es importante una vez que la salinidad se reduce por lixiviación, de la zona de la raíz, lo que también remueve muchos de los alimentos nutritivos de la planta, en particular nitratos.

Una fertilización excesiva puede contribuir a la salinización. Ciertas sales fertilizantes son más peligrosas que otras: la aplicación de nitrato de sodio durante 27 años aumentó el contenido de sodio intercambiable de un suelo en Riverside, California, de un valor inicial de 2% a 20-30% (Bernstein, 1962).

## **Rotación de siembras**

La rotación de siembras puede ser muy efectiva en el control de la salinidad. La inclusión de las siembras, tales como arroz, que requiere una mayor cantidad de agua de lo común, hace posible la lixiviación del exceso de sales sin dañar las siembras. La inclusión de las siembras resistentes a las sales en la rotación, es también recomendable, durante los períodos de lixiviación y mejoramiento.

## **Métodos de irrigación**

Los métodos de irrigación tienen una influencia considerable en los niveles de salinidad y en particular en la distribución espacial de las sales en la zona de la raíz. Las sales se distribuyen más uniformemente en irrigación con rociadores. El riego mediante surcos produce una concentración máxima de sales en el lugar en que el daño a la planta es mayor (Wadleigh y Fireman, 1949).

La acumulación localizada de las sales sucede a menudo en los estratos elevados, y en los bordes. Bajo condiciones que conducen a una alta salinidad, es más adecuado el método de inundación desde los bordes que el riego mediante surcos, mientras las corrugaciones son inadecuadas. La frecuencia del riego puede afectar también el daño que la siembra puede sufrir a causa de las sales. La concentración de la solución del suelo es la causante de los daños a las siembras y no el agua de riego.

Regando a intervalos relativamente cortos, es posible evitar que la solución del suelo se concentre excesivamente. Mientras más salinas

sean las condiciones de crecimiento, más frecuentemente deben regarse las siembras, para reducir los efectos adversos en el crecimiento de la planta. Los riegos más frecuentes están asociados a una pérdida de agua, proporcionalmente mayor por evaporación y efectos reducidos de lavado — de modo que a la larga conducen al incremento de sal.

### **Balance salino y lixiviación**

Para prevenir la salinización, debe mantenerse un balance entre la cantidad de las sales disueltas agregadas a la zona de la raíz y las removidas de ese lugar. El agua de riego es la fuente principal de sales agregadas y por lo tanto parecería a primera vista que la reducción de la cantidad de agua al mínimo requerido es el paso esencial en la reducción de los peligros de salinización. Sin embargo, la experiencia ha mostrado ampliamente que sólo mediante el uso de una cantidad de agua mayor que la necesaria para consumo, puede prevenirse la acumulación de sales en la zona de la raíz, a menos que las precipitaciones sean adecuadas para lavar las sales durante la estación lluviosa.

El granjero que usa irrigación se ve frente a dos requerimientos contradictorios: se le pide no usar más agua de la que necesitan las siembras para evitar pérdidas y un aumento en el nivel hidrológico con todas las dificultades concomitantes y se le informa que la salinidad del suelo aumentará a menos que use más agua que la requerida por las siembras.

Los sistemas primitivos de la agricultura eran incapaces de resolver este dilema.

### **Requerimiento de lixiviación**

La cantidad de sales que se acumulan en la zona de la raíz en una estación de riego, depende de la cantidad de agua usada y su contenido salino. La cantidad de agua adicional que debe pasar por la zona de la raíz para reducir la salinidad del suelo a un nivel determinado previamente, llamado “requerimiento de lixiviación”, depende también de los mismos dos factores y de la tolerancia a las sales de los cultivos.

Bernstein (1962) estableció una fórmula que permite estimar el requerimiento de lixiviación (RL), basada en el mantenimiento de un balance entre la cantidad entregada y la cantidad removida. La fórmula es solamente una aproximación ya que no toma en consideración las precipitaciones de ciertas sales, su absorción por las plantas, colocación de fertilizantes, etc.

La cantidad de sal que entra en la zona de la raíz es:

$$EC_{iw} \times D_{iw} \times K \quad [1]$$

y aquella que abandona la zona de la raíz es:

$$EC_{dw} \times D_{dw} \times K \quad [2]$$

donde:

EC = conductividad eléctrica

D = profundidad de agua entregada por unidad de área,

K = constante

iw = se refiere a agua de irrigación y

dw = a agua drenada.

Para evitar la acumulación de sales en la zona de la raíz, la cantidad que se remueve debe ser igual a la cantidad agregada, así:

$$EC_{iw} \times D_{iw} \times K = EC_{dw} \times D_{dw} \times K \quad [3]$$

de donde se obtiene la ecuación:

$$RL = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} \quad [4]$$

$EC_{iw}$  es conocido del análisis de agua de riego; y  $EC_{dw}$  se establece de acuerdo a la concentración salina máxima permitida por la misma siembra.

El requerimiento de lixiviación varía del 15% cuando se usa agua de alta calidad, al 70% cuando se usa agua salina y las siembras son susceptibles a las sales (Fig. 3.5).

A menudo es posible hacer un riego muy fuerte para efectos de lixiviación a comienzos de la temporada, seguido por las tasas normales basadas en evaporación, transpiración y eficiencia de riego en el período de crecimiento de la siembra. Las lluvias menores a 250 mm al año son insuficientes para afectar apreciablemente el requerimiento de lixiviación (Eaton, 1954), mientras que con 450 mm al año, la lixiviación puede ser innecesaria (Kelley, 1951). La efectividad de estas precipitaciones para lavar las sales aumenta considerablemente si la zona de la raíz se deja húmeda al final del período de riego. Una lixiviación efectiva sólo es posible si el nivel hidrológico es muy bajo o donde el drenaje es satisfactorio.

### Métodos de lixiviación

Básicamente hay tres métodos en uso:

- inundación permanente (lixiviación anterior al cultivo);
- inundación con cultivo de arroz (lixiviación continua);
- aplicación de agua en exceso a los requerimientos de irrigación durante el cultivo (lixiviación intermitente).

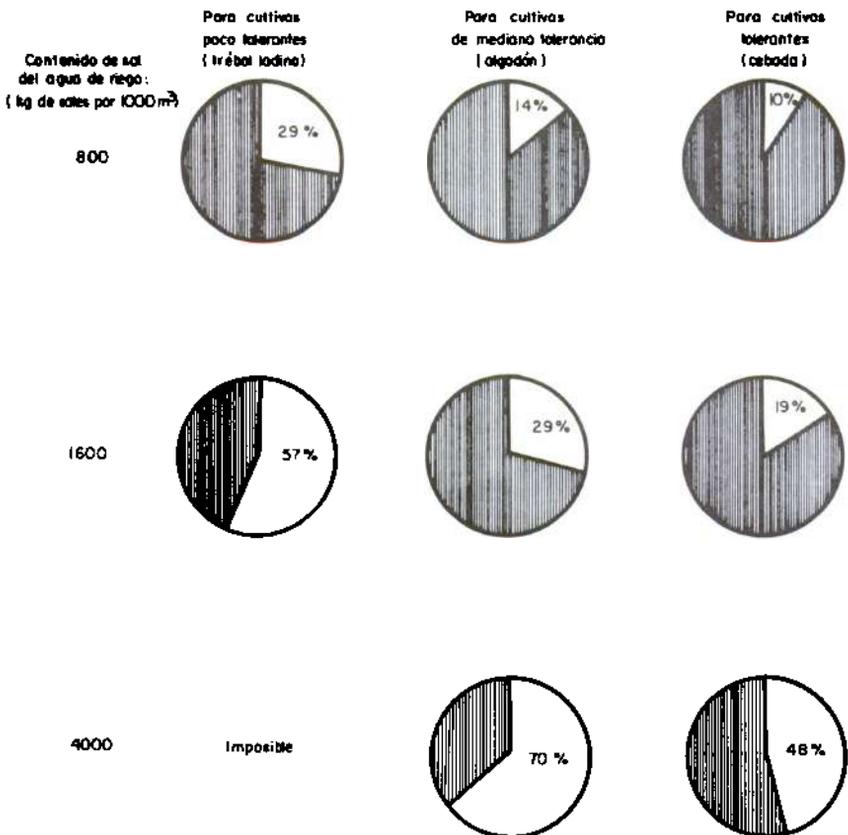


Fig. 3.5. Requerimientos de lixiviación en relación a la calidad del agua y a la tolerancia a las sales de los cultivos. El porcentaje de agua de riego (superficie blanca) que debe pasar más abajo de la zona de las raíces para prevenir una reducción considerable de los rendimientos. (Fuente: Lysterly, P. J. y Longenecker, D.F. 1964. Cortesía de World Farming).

## Drenaje

Como regla general, el riego aumenta significativamente el nivel del agua de los suelos, los cuales en regiones secas son mucho más salinos que en las regiones húmedas (Kelley, 1951). Un exceso de agua sobre el uso de consumo es necesario para limpiar la zona de la raíz. Además, la tendencia general es usar más agua que la requerida por las siembras. Escapes de los canales de riego y otras pérdidas debidas a un manejo errado junto con las precipitaciones de la estación lluviosa, contribuyen a aumentar el nivel hidrológico.

Cuando el nivel hidrológico ha alcanzado la zona de la raíz, la ascensión del agua cargada con sales y su eliminación por evaporación y transpiración deja atrás una concentración mucho mayor de sales en la zona de la raíz.

Hay muchos casos en los que el nivel hidrológico sube hasta un metro bajo la superficie del suelo, condiciones en las que las plantas sembradas no pueden cultivarse en forma lucrativa y el lavado del exceso de sales no es posible. La introducción del regadío en regiones secas traerá generalmente problemas de drenajes naturales.

Las condiciones en las cuales un drenaje natural satisfactorio puede existir no son usuales. El ejemplo clásico es el área que bordea el curso del Nilo, que tiene un drenaje natural hacia el río una vez que el nivel de éste ha bajado. Este drenaje fue adecuado mientras se practicó la irrigación en base a lagunas, pero no fue efectivo en condiciones de riego permanente que han eliminado los períodos de los niveles más bajos. Un drenaje natural con filtraciones profundas es también posible cuando hay un subsuelo con una gradiente considerable de filtrado de agua (Jewitt, 1966).

El drenaje tiene la doble función de remover el exceso de las sales y del agua.

El **drenaje superficial** es necesario para remover el exceso de agua en la superficie, debido a riego y lluvias, evitando su filtración al subsuelo y la formación de una capa freática cerca de la zona de la raíz o en ella. El **drenaje profundo** es necesario para controlar la altura del nivel hidrológico y remover el exceso de las sales. Esto puede lograrse solamente si la conductividad hidráulica es suficiente y si hay salidas adecuadas para el agua drenada.

## Magnitud del problema

En las regiones donde las fuentes principales de agua son los pozos, hay en general poco peligro de elevar el nivel hidrológico y los problemas de drenaje son poco importantes. El riego mediante pozos puede mejorar la situación aún en los lugares donde el suelo estaba

inicialmente anegado de agua. Por ejemplo, en el Valle de San Joaquín, en California, los pozos que proveen de agua de riego sirven para controlar con éxito el nivel hidrológico (Donnan y Hudston, 1967). El agua extraída de la fuente se reemplaza por filtraciones de la zona anegada de la raíz.

El problema se torna agudo cuando el agua se “importa” al área de irrigación.

El “distrito de irrigación” del Valle Imperial, en California, puede servir como ejemplo del deterioro progresivo de las tierras regadas antes que se intentara resolver el problema. En esta región, un área de 20.000 Ha se riega con una cantidad anual de 3600 millones de m<sup>3</sup>.

El agua de la región contiene aproximadamente una tonelada de sales por 1000 m<sup>3</sup> de agua.

El riego comenzó en el valle en 1901 y en 1929, el 25% de la tierra había sido ya afectada por acumulación salina y un nivel hidrológico alto (Thomas, 1956). El drenaje se inició posteriormente pero no fue lo suficiente extensivo como para prevenir el daño en la mayor parte del área. Por 1940, el nivel hidrológico estaba a menos de dos metros de la superficie y la sal se estaba acumulando a una tasa de dos toneladas y media por hectárea por año. En 1950, métodos adecuados de drenaje fueron desarrollados y aplicados y en el curso de una década el área entera fue mejorada con éxito. Se ha estimado que los problemas de drenaje existen por lo menos en un medio a dos tercios de los terrenos irrigados del mundo (Donnan y Hudston, 1967). Aproximadamente 80 millones de hectáreas de tierra regada están actualmente protegidas por drenaje (Gulhati y Smith, 1967), lo que indica que la importancia del drenaje como complemento de la irrigación está siendo más comprendida. En la URSS, el drenaje se considera usualmente como el primer paso en el mejoramiento de los suelos, tanto para el control de la salinidad como para el control de los niveles de agua del suelo (Soil Salinity, 1962).

En general los granjeros postergan la solución del problema hasta que la situación se ha deteriorado al punto de que no es posible una producción comercializable sin drenaje y mejoramiento. Los trabajos de drenaje como medida preventiva son aún la excepción.

En muchos casos, el drenaje artificial es innecesario si las pérdidas por transporte fueran eliminadas y se evitara un reparto excesivo de agua a las siembras.

El drenaje es generalmente un problema regional porque aún el granjero más cuidadoso puede ser castigado por anegaciones de agua de canales de regadío sobre los que no tiene control. A menudo, el exceso de agua en las tierras altas se escurre mediante vertientes laterales para reaparecer en tierras más bajas, a veces muchos kilómetros corriente abajo (Luthin, 1957). En muchos casos, someter tierras altas a irrigación, ha causado la pérdida de mejores tierras corriente abajo, como resultado del aumento del nivel hidrológico en éstas últimas.

Para que el drenaje sea efectivo, es necesario bajar el nivel hidrológico en un área más o menos considerable. Esto no puede lograrlo el granjero individual sino que requiere el esfuerzo comunitario (Kelley, 1951). En general los costos de los esquemas importantes de drenaje son cubiertos por los gobiernos que también administran los proyectos. Los costos de drenaje en terrenos individuales son cubiertos por los propietarios, aunque existen subsidios y préstamos gubernamentales con condiciones ventajosas para este efecto en la mayoría de los países en que los problemas de drenaje son agudos.

### Profundidad deseable del nivel hidrológico

En la URSS, las profundidades deseables de los niveles hidrológicos están basadas en el contenido salino del agua del terreno; este criterio se usa en la determinación de la profundidad y distancia de los desagües (Soil Salinity, 1962).

Por ejemplo en Tadshik (URSS), se adoptan las siguientes normas:

<u>Contenido salino del agua del terreno</u> (gr/l)	<u>Nivel hidrológico permitido</u> (metros)
1-2	1,5
3-5	2,5 ó más profundo

La tendencia general en la URSS es no bajar el nivel hidrológico más allá de lo esencial para el control de la salinidad. Cuando el nivel hidrológico se baja por drenaje profundo, las cantidades de agua requeridas para irrigación aumentan considerablemente. Se requieren 2-3 riegos más por estación con un nivel hidrológico bajo, comparado con uno menos profundo a las necesidades de agua de los cultivos (Soil Salinity, 1962).

### Procedimientos de mejoramiento

Una característica importante de los suelos afectados por las sales es que la situación puede cambiarse en un período corto, siempre que se crean las condiciones necesarias.

El mejoramiento de los suelos afectados por las sales y el sodio incluye:

- a. remoción del exceso de las sales solubles por lixiviación con cantidades apropiadas de agua;
- b. el desplazamiento de sodio intercambiable por calcio, ya sea agregando calcio soluble o agentes acidificadores que hacen soluble el calcio presente en el suelo;

- c. mejoramiento de la condición física del suelo; y
- d. provisión de drenaje adecuado.

### **Mejoramiento de suelos salinos**

Cuando la estructura del suelo es favorable y el drenaje es posible, el mejoramiento de estos suelos es simple y puede lograrse por lixiviación con una cantidad suficiente de agua. La cantidad requerida dependerá de su calidad y de la cantidad de las sales acumuladas en el suelo.

Como una regla práctica para reducir el contenido salino del suelo a aproximadamente 20% de los valores iniciales, la profundidad del agua de lixiviación debe ser igual a la profundidad del suelo a lavarse (Allison, 1964).

### **Mejoramiento de suelos sódicos y salino-sódicos**

El mejoramiento de estos suelos es más difícil y más caro que el de los suelos salinos. Los suelos salino-sódicos tienen una buena estructura y una filtración buena, que se mantiene siempre que contengan un porcentaje alto de sales solubles; cuando éstas se han lavado, debido a falta de calcio, el suelo salino sódico se transforma en un suelo sódico no salino, que se caracteriza por una baja permeabilidad que hace difícil la lixiviación.

A ambos tipos de suelo deben agregarse las cantidades adecuadas de sales de calcio o de sustancias que fomenten la solución  $\text{CaCO}_3$ , antes de la lixiviación o junto con el agua de riego, para favorecer la remoción del sodio intercambiable.

Si al **suelo salino-sódico**, se le agrega calcio soluble se impide que se convierta, en suelo sódico no salino, y en esta forma su estructura no se deteriora.

En el caso de un suelo que ya es sódico no salino, el calcio desplaza al sodio del complejo de cambio, convirtiendo la arcilla sódica en calcárea, lo que mejora así la estructura del suelo.

Pueden usarse dos tipos de sustancias para este propósito: materiales tales como yeso (sulfato de calcio), que provee de calcio soluble en forma directa y es adecuado para todo tipo de suelos, o agentes acidificantes tales como ácido sulfúrico, sulfato o sulfuro de hierro, para suelos ricos en carbonato de calcio. El sulfuro es inerte hasta que es oxidado por los microorganismos del suelo que lo convierten en ácido sulfúrico. Esto requiere tiempo. Los ácidos reaccionan con el  $\text{CaCO}_3$  para formar una sal de calcio conveniente ( $\text{CaSO}_4$ ). La solubilidad de la piedra caliza es muy baja para permitir que ésta sea una sustancia adecuada.

Las cantidades de las sustancias requeridas dependen también de la calidad del agua de riego y de la cantidad de sodio intercambiable

en el suelo a mejorar. Una medida usual es aplicar suficiente sustancia para reemplazar el sodio adsorbido en los 15 a 30 cm superiores del suelo (Reeve y Fireman, 1967).

Algunas sustancias solubles pueden aplicarse con el agua de riego. Los suelos sódicos pueden ser muy impermeables a la lluvia pero más permeables al agua salina. Estos suelos pueden mejorarse en un tiempo corto, saturándolos con agua de alta salinidad, que sirva como un agente de floculación y como fuente de cationes divalentes. Este método es aplicable solamente cuando el cociente de adsorción de sodio del agua de lavado es mucho menor que el de la muestra saturada del suelo que se va a mejorar ya que de otra forma adsorberá más sodio en lugar de ponerlo en circulación por los agentes de intercambio. El agua de lavado salina transforma el suelo sódico en uno salino-sódico, floculándolo de esta manera y aumentando su permeabilidad. Después del lavado inicial con aguas de alta salinidad, siguen lavados con diluciones cada vez menores del agua de alta salinidad, con agua de riego de buena calidad (Reeve y Bower, 1960). La dilución progresiva reduce el CAS del lavado, mejorando así la proporción de sodio en el suelo.

Se encontró que al tratar los suelos sódicos con polielectrólitos sintéticos (CRD-186) se obtiene un marcado aumento en la permeabilidad, en proporción a la tasa de tratamiento. Este efecto no se observó en suelos normales (Allison, 1952).

## **METODOS DE MANEJO DEL SUELO DESPUES DEL MEJORAMIENTO**

### **Colocación de fertilizantes y abonos**

La lixiviación no sólo remueve las sales indeseables, sino también los alimentos de las plantas, y en particular los nitratos. De aquí la necesidad de emplear cantidades altas de fertilizantes conteniendo nitratos. Después del lavado se recomienda colocar grandes cantidades de abono orgánico y/o cultivar una siembra como abono vegetal. Estas siembras ayudan a mejorar rápidamente la estructura del suelo y a elevar el nivel de su fertilidad sin requerir al uso de mayores cantidades de fertilizantes, que aumentan la presión osmótica.

### **Labranza**

Un arado profundo (70 cm o más) puede ser útil como un primer paso, en el mejoramiento al producir una labranza más efectiva, una ruptura de trozos duros, volteando las capas del suelo ricas en yeso, y mejorando el filtrado en general.

## Rotación de las siembras

Una rotación transitoria de las siembras, usando plantas tolerantes o resistentes a las sales puede llevarse a cabo durante y después del mejoramiento. Girasol, remolacha, cebada, trébol dulce (*Melilotus alba*) y varios pastos que crecen continuamente, tales como el pasto de Rhodas (*Chloris gayana*), pueden servir para este propósito. Las siembras tolerantes a las sales son muy efectivas para acelerar el proceso de mejoramiento induciendo un filtrado más efectivo y por el efecto del  $\text{CO}_2$  expelido por sus raíces, el que reacciona con el  $\text{CaCO}_3$  del suelo para formar bicarbonato de calcio que es más soluble (Kelley, 1951). Los abonos vegetales y de corral son también muy beneficiosos.

Bajo circunstancias especiales, se han recomendado plantas silvestres que son altamente resistentes a las sales y al mismo tiempo eliminan grandes cantidades de éstas, como Atriplex y Cochia, (Simonneau et al, 1967).

El arroz es una excelente siembra para cultivarse durante el período de mejoramiento de los suelos salinos, ya que puede resistir el riego abundante requerido para lavar las sales. Sin embargo, la salinidad debe reducirse lo menos al 0,5% antes de que el arroz pueda ser cultivado (Hamdan, 1961). Después del arroz, pueden sembrarse trébol y algodón.

## Drenaje

Después del mejoramiento debe mantenerse en forma permanente un sistema de drenaje adecuado, pues de otra manera, un nuevo ciclo de salinización y alcalinización comenzará y el proceso completo de mejoramiento deberá ser repetido. Con métodos técnicos y drenaje adecuados, los resultados del mejoramiento pueden ser permanentes (Kelley, 1951).

## RESUMEN

- a. La **calidad** del agua de riego disponible determinará la elección de las siembras por cultivarse, los suelos que pueden usarse y las técnicas de riego y manejo que deben adoptarse.
- b. Los criterios para evaluar el agua de riego están basados en los riesgos que pueden esperarse a causa de su uso: **riesgo de salinidad**, que depende del contenido total de sales solubles (SST); **peligro del sodio**, basado en el cociente de absorción de sodio (CAS); **peligro del bicarbonato**, basado en carbonato sódico residual (CSR) y el **peligro tóxico**, confinado generalmente al exceso de boro. Estos criterios no pueden aplicarse en forma rígida sino que deben adaptarse a las condiciones regionales.

- c. El riego causa generalmente la salinización de los suelos y puede culminar a largo plazo, en alcalinización (acumulación de sodio intercambiable) lo que convierte al suelo a la vez, en salino y en sódico.
- d. La salinización y la alcalinización del suelo pueden evitarse por métodos cuidadosos de cultivo y de riego mediante el mantenimiento del balance salino del suelo. Cuando sea necesario deben aplicarse mayores cantidades de agua de lo que necesita la irrigación para lavar las sales más allá de la zona de la raíz.
- e. A menudo la irrigación causa también un aumento en el nivel hidrológico, que puede crear condiciones de anegación en las cuales las siembras no pueden ser cultivadas en forma lucrativa.
- f. Los requerimientos paralelos de remoción del exceso de las sales y del agua hacen a menudo del drenaje un complemento esencial a la irrigación. El drenaje es un problema regional que debe ser resuelto mediante una acción comunal o gubernamental.
- g. Los suelos afectados por la salinidad pueden ser mejorados por lixiviación en presencia de abundante calcio soluble y con un drenaje adecuado.
- h. El mantenimiento de la productividad de las tierras irrigadas puede asegurarse evitando la acumulación de las sales y la anegación de agua y manteniendo un nivel de fertilidad satisfactorio.

## **USO DE LA TIERRA EN REGIONES TROPICALES HUMEDAS**

El uso de la tierra en los trópicos húmedos es muy intensivo, así como en las regiones densamente pobladas de Asia, o extensivo como en la mayoría de las áreas tropicales de Africa y América Latina.

### **Cultivo de desplazamiento o cultivo de roza**

El cultivo de desplazamiento es un sistema mediante el cual la producción de las siembras anuales y un número de siembras semipermanentes se alternan con períodos de barbecho con vegetación. Generalmente consiste en limpiar bosques silvestres o de segunda siembra, talar la mayor parte de los árboles y quemar toda la madera, que sea posible. Las semillas se plantan luego en una capa de suelo poroso y rico en materia orgánica, generalmente con una varilla de plantado entre los restos carbonizados. La tierra limpia está generalmente libre de malezas y el suelo tiene una reserva de alimentos para las plantas, además de aquéllos contenidos en las cenizas del material quemado. Por lo tanto, los resultados son buenos al principio.

A causa de la remoción de la protección que proporciona la cobertura forestal y la consecuente exposición del suelo al sol y la lluvia, se produce una rápida pérdida de los materiales orgánicos acumulados.

La considerable lixiviación de los nutrimentos de las plantas y su remoción adicional por las cosechas, también causan una pérdida rápida de la fertilidad del suelo. Por lo tanto, los rendimientos declinan rápidamente a medida que la fertilidad se agota y el terreno limpio es invadido por malezas. Después de un cierto tiempo, el terreno es abandonado nuevamente y se permite el crecimiento natural. Este sistema se ha usado ampliamente en todo el mundo y es aún una forma importante de uso de la tierra en los trópicos. Ha sido condenado a menudo como derrochador de las disponibilidades del suelo que son adecuadas a la agricultura. Los holandeses en Java, lo llamaban "economía de saqueo".

Esto no es así si la duración y la intensidad del período de cultivo y el tipo de barbecho con vegetales se adaptan adecuadamente a las necesidades locales del suelo y el clima.

Tomando en consideración los niveles de la producción de los cultivos, el cultivo de roza es un sistema completamente racional que puede mantenerse indefinidamente mientras el equilibrio biológico no sea perturbado a causa de un período de barbecho demasiado breve.

Los requerimientos de trabajo son bajos: el trabajo pesado que implica el clareamiento se hace principalmente por fuego. La fertilidad del suelo se regenera naturalmente y las malas hierbas se suprimen por la vegetación forestal durante el barbecho.

Mientras haya abundancia de tierra el cultivo de roza dará mejores retornos expresados en kilogramo de grano por hora/hombre de trabajo que la agricultura sedentaria, utilizando métodos primitivos idénticos de producción (Clark y Haswell, 1971).

Sistemas planificados promisorios tales como el sistema "Couloir\*", se han desarrollado y ensayado en el Congo, para reemplazar el sistema no sistemático tradicional.

El cultivo de desplazamiento es aún el sistema de cultivo más generalizado en los trópicos húmedos y puede seguir siendo el más práctico en muchas circunstancias hasta que puedan introducirse métodos más adecuados.

---

(\*) El sistema "Couloir" incluye granjas pequeñas de propiedad individual, cada una de las cuales consiste de franjas paralelas de bosques de aproximadamente 100 m de ancho. Estas franjas se extienden hacia el este y el oeste para reducir el efecto de la sombra en siembras de cultivos sensibles a la luz. El uso de cultivos sensibles a la luz y el uso de cultivos mixtos, incluyendo semiperennes y anuales, ayudan a mantener el suelo umbrío la mayor parte del tiempo. Las franjas se cultivan sistemáticamente, de modo que las franjas o pasillos representan todas las etapas del cultivo y barbechado. La duración del período de cultivo está determinada para permitir a un terreno cultivado volver a convertirse en bosque antes que la fertilidad del suelo esté completamente agotada (Coene, 1956).

El sistema es adecuado para una sociedad que necesita solamente subsistencia, siempre que la tierra se mantenga fértil y las cantidades de gente y de ganado permanezcan pequeños. Sin embargo, a largo plazo, una mitad de la granja estabilizada es esencial para el progreso.

El cultivo de roza es mucho menos efectivo en el mantenimiento de la fertilidad del suelo en las sabanas, que en las zonas de selva tropical (Nye y Greenland, 1960).

La vegetación de las sabanas, constituida por pastos y arbustos, es capaz de almacenar sólo cantidades de nutrimentos menores durante el período de barbecho, por lo que las contribuciones de material orgánico y de las cenizas depositadas en el suelo son muy pequeñas.

La renovación de la vegetación se retrasa por el quemado anual, el que se utiliza para proveer una provisión suculenta de hierbas para la ganadería.

Por lo tanto la lixiviación debida a las precipitaciones es menos acentuada que en los trópicos húmedos. La regla es "un círculo vicioso de barbechos empobrecidos conduciendo a cosechas reducidas" (Nye y Greenland, 1960).

### **Importancia del barbecho**

Se ha visto que en las regiones secas, el objetivo principal del barbecho es mantener la humedad y esto se logra principalmente mediante el cultivo del barbecho para mantenerlo libre de malezas. Por otro lado, en los trópicos húmedos, los sistemas tradicionales de la agricultura dependen, en gran medida, de un período de barbecho con vegetación para la restauración de la fertilidad.

Ya se ha visto que bajo la cubierta natural del bosque, un equilibrio en la fertilidad puede mantenerse en forma casi permanente. Este es el resultado de la cubierta protectora que evita la erosión del suelo y que permite la circulación de alimentos por los árboles de raíces profundas, lo que impide su lixiviación más allá de la zona de la raíz y por lo tanto, evita el empobrecimiento progresivo del suelo.

Después de que la vegetación natural se ha limpiado, como un prelude esencial al cultivo, este equilibrio precario se destruye fácilmente. El suelo desnudo se expone a las lluvias severas y se erosiona. Los alimentos solubles del suelo son arrastrados más allá de la zona de la raíz, además de que son absorbidos por las siembras cosechadas, de modo que las reservas nutritivas del suelo se agotan rápidamente.

Tradicionalmente, la fertilidad del suelo se restaura por medio de regeneración de la vegetación natural, que renueva su fertilidad; luego se limpian nuevas áreas para cultivo. De aquí se deriva el nombre de "cultivo de desplazamiento".

## Duración del período de barbecho

La influencia del período de “barbecho” en la regeneración de la vegetación natural y por lo tanto, en la restauración de la fertilidad del suelo, depende principalmente de la duración e intensidad del período de la siembra, la duración del barbecho y el tipo de suelo.

En los trópicos húmedos, con precipitaciones bien distribuidas, la vegetación predominante es boscosa o selvática; una regeneración después de la limpieza y del cultivo puede necesitar 40 años o más. Cuando se llega nuevamente al crecimiento de bosques altos, la tierra ha recobrado la mayor parte de su fertilidad original. Si el período de barbecho es de 10-20 años, el resultado será la formación de un bosque secundario. Períodos más largos y más intensos de cultivo y períodos más cortos de barbecho impiden eventualmente la regeneración de los bosques. El carácter de la vegetación cambia hasta hacerse irreconocible; en lugar de un bosque primitivo y denso, a menudo se desarrollan praderas, con pasto ordinario y arbustos desparramados. Este proceso se apresura por la tala de árboles, el crecimiento de malezas y las quemas.

En regiones con precipitaciones irregulares hay generalmente poco cultivo de desplazamiento. Si se practica en gran escala en selvas, matorrales y sabanas taladas, el resultado final será un cuasi desierto. Una vez que la vegetación de un área se ha mutado de boscosa o pasto, la tierra ya no es útil para el cultivo de desplazamiento. Su único beneficio posible es el pastoreo pobre o la caza. En las Filipinas, por ejemplo, cerca del 18% del área total está cubierta con pastos como resultado de los cultivos de desplazamiento y los incendios.

En la práctica, la duración de los períodos de barbecho requeridos para restaurar la fertilidad del suelo es muy variable. Puede ser de un año o de 20 años. Esto lo determina principalmente el medio ambiente y las características del suelo, su estabilidad para los cultivos y la rapidez con que la fertilidad se recupera en las condiciones del barbecho. En las regiones tropicales húmedas predominan los suelos de estabilidad muy pobre y poca capacidad regenerativa. Por esta razón los sistemas con períodos de barbecho largo o muy largo eran frecuentes. Hay también áreas limitadas, de alta fertilidad y gran poder regenerativo. En tales suelos, son posibles los períodos de barbecho muy cortos y los cultivos casi permanentes. Por ejemplo, en los suelos aluviales y en los suelos profundos de origen volcánico reciente, pueden cultivarse una secuencia casi ininterrumpida de siembras. En estas áreas con fertilidad mayor que lo normal, los intervalos entre secuencias no necesitan ser más largos que el período de cultivo. Por otra parte en los suelos pobres, la recuperación de la fertilidad puede requerir 20 años o más después de sólo 2 ó 3 de cultivo. Entre estos extremos se encuentra un ámbito completo de gradaciones (FAO, 1962).

## **Efectos de la presión demográfica**

En caso de un sistema que requiera largos períodos de barbecho, la unidad de producción es un área grande, de la cual sola una fracción – comúnmente no mayor de un octavo, se cultiva cada vez.

Mientras hay suficiente tierra, el barbecho estará en distintas etapas de regeneración y el área cultivada se rota alrededor de la unidad completa, para mantener un balance adecuado de barbecho cultivo, capaz de mantener la fertilidad del suelo. Esto sólo es posible en un bosque con poca población; cuando la población aumenta más allá de un punto llamado “densidad crítica”, la reducción de período de barbecho es inevitable.

De acuerdo a Wilde y McLoughlin (1967), en suelos lateríticos, una población promedio de 20 por Km<sup>2</sup>, puede ser compatible con el mantenimiento de los niveles de producción usando el barbecho ya tradicional con arbustos, en la zona del bosque. En suelos fértiles y con precipitaciones abundantes y bien distribuidas, la densidad crítica puede ser alrededor de 40-50 por Km<sup>2</sup>. Dónde las precipitaciones son escasas y los suelos pobres, la densidad crítica estará alrededor de 10-15 por Km<sup>2</sup>.

Después de que los bosques maduros se han limpiado mediante quema, el suelo quedará desocupado y libre de malezas, de modo que es fácilmente cultivable con azadón. Cuando los intervalos entre cultivos sucesivos se hacen tan cortos que se llega a un barbecho con hierbas, como resultado de un aumento en la densidad de la población, el suelo, una vez limpio es mucho más difícil de cultivar con azadones; la proliferación de malezas será también más seria. Finalmente cuando el barbecho es muy corto, la tierra se infecta de malezas permanentes que son muy difíciles de controlar con azadón.

Con la reducción del período de barbecho, la fertilidad también disminuye, al principio en forma gradual, pero el proceso se convierte rápidamente en un círculo vicioso. A medida que la producción baja, más tierra debe cultivarse, el período de barbecho se reduce aún más, de modo que el suelo no es capaz de producir ni cosechas mínimas. El sistema de cultivo de desplazamiento es por lo tanto auto destructor, una vez que la “densidad demográfica crítica” se ha alcanzado.

Debe quedar claro que cuando la presión demográfica fuerza a los granjeros a cambiar el cultivo de desplazamiento por sedentario, las áreas necesarias para mantener la familia al mismo nivel de subsistencia deben aumentarse debido a los niveles más bajos de fertilidad, los cuales no se recuperan al no practicarse una agricultura de desplazamiento.

## **SISTEMAS DE USO PERMANENTE DE LA TIERRA**

Muchos métodos para reemplazar el período de barbecho se han experimentado con diferentes grados de éxito. Estos incluyen: plan-

taciones de cultivos semipermanentes y de árboles, transición a pastizales, cultivos mixtos, producción ganadera, rotación de cultivos etc.

El problema básico es desarrollar un sistema o sistemas, de uso de la tierra adaptados a las condiciones ecológicas de la región tropical húmeda que permita:

- a. desarrollar una agricultura sedentaria con una producción a un nivel tal que haga posible conseguir un nivel de vida satisfactorio;
- b. expandir la producción de alimentos; y
- c. proveer una diversificación para reducir la dependencia de la economía de la monocultura de cultivos comerciales.

Los sistemas de uso de la tierra con agricultura diversificada podrían basarse en combinación apropiada de los cultivos de árboles, alimentos, fibras, forraje, cultivos que mejoren el suelo y la crianza de animales.

### **Cultivos permanentes**

El primer paso de una agricultura de desplazamiento hacia la modernización ha sido la plantación de cultivos tropicales perennes en lugares clareados dentro de matorrales y bosques. Para este propósito el bosque existente no es completamente clareado sino sólo atenuado. La producción de café y cacao en la agricultura tradicional, así como también el coco y las palmas de aceite se producen en esta forma. La etapa siguiente es la introducción de los **cultivos de árboles comerciales**. Esto generalmente ha tenido éxito porque los efectos ecológicos de las plantaciones son similares a los de la vegetación que reemplazan. Protegen el suelo bastante bien y renuevan los alimentos nutritivos de las plantas. Ha sido posible diseñar sistemas de manejo de la tierra que evitan la erosión del suelo y la pérdida de la fertilidad, mediante el uso de cultivos cobertores, y uso de fertilizantes químicos, por ejemplo.

Sin embargo, la desventaja ecológica principal de los cultivos continuos es que forman un ambiente en el cual las enfermedades específicas y las invasiones de insectos pueden asumir rápidamente proporciones epidémicas.

El énfasis primordial está puesto en el cultivo de árboles con alta producción que tienen demanda en el mercado mundial de productos, como café, cacao, té, palma de aceite, coco, caucho, etc. La producción de alimentos es un sector menor, auxiliar, para la subsistencia. Esto es típico de Sumatra, Java, Malaya, sudeste de Asia, partes de Africa Oriental y Occidental y en América Latina en los trópicos bajos de Ecuador, Perú, Bolivia, etc.

Los problemas económicos de los cultivos de plantaciones se tratan en el Capítulo 11.

### **Plantaciones combinadas**

Las plantaciones combinadas permanentes han sido mencionadas por varios autores citados por Watters (1971). Tales combinaciones son análogas a las asociaciones forestales y parecen ser las más estables y ecológicamente duraderas. En Turrialba (Costa Rica), por ejemplo, con una precipitación promedio de 2639 mm, se obtuvieron resultados netos mayores en plantaciones combinadas de cacao y caucho que de caucho solamente. Aparentemente las dos siembras forman una estructura de dos pisos que es complementaria y, por lo tanto, no compiten por luz o espacio.

### **Siembras semipermanentes**

En muchas áreas, las tendencias al establecimiento de los cultivos semipermanentes, tales como la caña de azúcar, el banano, la piña y el henequén han tenido éxito. Estas siembras pueden cultivarse en el mismo terreno durante muchos años siempre que se usen fertilizantes cuando sea necesario. Estos cultivos tienen distintos efectos en la fertilidad del suelo. En plantaciones bien administradas de caña de azúcar y banano, el suelo está protegido por los cultivos durante la mayor parte del tiempo y expuesto a la intemperie durante períodos relativamente cortos, una vez cada cuatro o cinco años. Aunque la caña de azúcar absorbe grandes cantidades de elementos nutritivos del suelo, el producto exportado no contiene elementos nutritivos minerales. La remoción de la fruta de las plantaciones de banano causa una gran disminución en la fertilidad del suelo y estas bajas deben compensarse con fertilizantes (Ferwerda, 1970).

Las fibras de henequén contienen cantidades mínimas de elementos nutritivos, por lo tanto las pérdidas de esos elementos en el suelo se mantienen a un nivel muy bajo.

Aunque la piña agota el suelo menos que el banano, esta plantación protege menos al suelo.

### **Pastizales cultivados**

Los pastizales proveen de una excelente protección a la tierra contra la erosión y la pérdida de materia orgánica. Pueden constituir una alternativa viable al cultivo de desplazamiento, especialmente en regiones subhúmedas. Inmensas áreas forestales en Panamá han sido convertidas de cultivo de desplazamiento o sabanas a praderas mejoradas en forma parcial, que parecen ser ecológicamente estables y capaces de alimentar el ganado (Watters, 1971). Los pastizales pueden usarse en rotaciones con siembras anuales.

## **Huertos caseros**

Áreas limitadas de cultivo más o menos sostenido de una mezcla de siembras anuales, semipermanentes y permanentes, se ha desarrollado en aldeas y a su alrededor en los trópicos húmedos. El uso permanente de la tierra es posible mediante el uso de grandes cantidades de abonos, estiércol o desechos caseros junto con pastos. La fertilidad del suelo familiar se mantiene y se mejora a costa de la fertilidad de otras tierras. Esto no es un problema mayor mientras estos huertos sean pequeños. Los huertos comerciales pueden basarse en los mismos principios, pero en general no será posible producir suficientes cantidades de abono y estiércol para este fin. Si el huerto compuesto contiene una gran cantidad de árboles, arbustos y banano, puede mantener su fertilidad usando desechos caseros. En este último caso, la producción de vegetales será, sin embargo, limitada. En regiones densamente pobladas, los huertos caseros pueden cubrir áreas considerables.

## **LA TRANSICION DE UNA AGRICULTURA DE DESPLAZAMIENTO A UNA PERMANENTE**

Al pasar de los cultivos de desplazamiento a las formas más estables del uso de la tierra, el éxito depende de una planificación adecuada, basada en un estudio detallado de la región y de ponerlo en ejecución en una forma efectiva.

Los siguientes son los pasos preliminares esenciales que se necesitan para la planificación: estudios del suelo, clasificación y confección de mapas, estudios relacionados con la capacidad de la tierra, estudios hidrológicos, información climática, información demográfica, etc. Antes se necesita: experimentos con una gran variedad de fertilizantes, rotación de sembrados, métodos tentativos de limpieza de bosques y la iniciación de esquemas piloto.

## **RESUMEN Y CONCLUSIONES**

La forma del uso de la tierra en los trópicos es un factor importante en el mantenimiento de su fertilidad:

- a. El cultivo de desplazamiento, una de las formas de agricultura más primitivas, se practica ampliamente en las regiones tropicales. Puede ser considerado como una rotación de los campos, más que de las siembras y está caracterizado por:

- 1) el uso de fuego para limpiar la vegetación natural;
- 2) ausencia de animales de tiro y de abono;

- 3) utilización de trabajo humano usando varillas cavadoras y/o azadones;
- 4) períodos de cultivos cortos alternados con períodos largos de barbecho;
- 5) un área total grande por familia, debido al extenso período de barbecho, aunque cada familia cultiva sólo un área pequeña cada año.

La eficiencia y estabilidad del sistema depende de la duración relativa de los dos períodos. El sistema se destruye cuando la relación cultivo/barbecho se hace muy pequeña como resultado de la presión demográfica.

b. Cuando se substituye el cultivo de desplazamiento por sistemas permanentes del uso de la tierra, el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la prevención de la erosión podrán lograrse mejor por:

- 1) mantenimiento de una cobertura permanente de hierbas para el pastoreo controlado;
- 2) cultivos semipermanentes o permanentes, en particular plantaciones de árboles, que provean una protección efectiva y el mantenimiento adecuado de la fertilidad por medio del uso razonable de cultivos de cobertura, abonos orgánicos y fertilizantes químicos;
- 3) plantaciones mixtas.

## **USO DE LA TIERRA EN LAS REGIONES MAS ALTAS DE LOS TROPICOS**

En los trópicos existen áreas de mesetas y valles de gran altitud que poseen características especiales y donde existen problemas y métodos de uso de la tierra especiales. Estas regiones están ubicadas al este de Asia y Africa y en América del Sur. En América Latina las vastas extensiones de las tierras altas son las que determinan las condiciones ambientales y el uso de la tierra en gran parte de la región. Esto incluye la Cordillera de los Andes y su prolongación norte hacia América Central y México, la meseta del Brasil y las aisladas tierras altas del sur de Venezuela.

La región andina es típica en los problemas y en los sistemas del uso de la tierra. En las regiones de mayor altitud del Ecuador, Perú y Bolivia, donde se encuentra la mayor parte de la región andina, viven más agricultores en las tierras altas que en las tierras bajas, pese a que las condiciones ecológicas de esas tierras no son favorables. La mayor parte del desarrollo de las últimas décadas ha ocurrido en las tierras

bajas de la costa, y por lo tanto, los ingresos de los agricultores en las tierras altas son mucho más bajos. En Perú, por ejemplo, con un ingreso *per cápita* promedio de \$179, la relación del ingreso *per cápita* es tres veces mayor en las tierras bajas que en las tierras altas (Hapgood y Millikan, 1965). El terreno abrupto de la región y su fragmentación en zonas pequeñas hace que la comunicación entre las zonas, así como sus mercados potenciales, sean difíciles o costosos. El sistema de caminos, es por lo general, pobre y limitado, y en muchas áreas el único medio de comunicación son los senderos. Probablemente, este es uno de los mayores obstáculos que impiden la transformación de la agricultura de subsistencia en agricultura comercial moderna.

## **MEDIO AMBIENTE FISICO**

La topografía tan variada de la región y las diferencias en la exposición a corrientes de aire cargadas de humedad, son la causa de que el clima, la vegetación y la producción agrícola, tengan súbitos cambios y grandes contrastes. Por ejemplo, en contraste con el lomaje de los Andes que mira al este, las colinas inclinadas al oeste están desiertas, ya que los vientos húmedos que soplan del este pierden su humedad en el lado Oriental.

### **Zonas ecológicas**

En términos generales, la región se divide en tres principales zonas ecológicas de acuerdo a su altitud, con diferencias apreciables de temperatura a cortas distancias.

**Bajas altitudes (hasta 2.000 m).** Las temperaturas son relativamente altas, rara vez hay heladas y la temporada de crecimiento es larga. En los valles, los suelos son profundos, planos y generalmente fértiles. El uso de la tierra es similar al de las tierras bajas.

**Elevaciones más altas (entre 2.000 y 4.000 m).** En la denominada "tierra fría", el peligro de las heladas aumenta, el promedio de temperaturas es más bajo, y la temporada de crecimiento es más corta al aumentar la altitud. Las precipitaciones son muy variables y su incidencia es irregular. Gran parte de los cultivos crecen en declives escarpados. Por ejemplo, en la región andina de Venezuela se estima que el 70% de los cultivos son trabajados en declives con empinación de más de 35° (Duckham y Masefield, 1970). En los declives, los suelos son por lo general, poco profundos y tienen una baja fertilidad inherente. Uno de los problemas principales es la erosión del suelo. Los valles son profundos y las montañas que los cierran muy empinadas, cortando la meseta mediante ventisqueros o ríos. En la región existen muchas comunidades agrícolas pequeñas, con una densidad

de población mayor en los valles. La mayor parte de las granjas son pequeñas y fragmentadas, con casi 50 "campos" por hectárea. La mayor parte de la tierra se cultiva con azadón, mientras que los bueyes se pueden utilizar en tierras planas o casi planas. Los principales cultivos son: maíz (hasta 2.500 m), trigo (hasta 3.000 m), cebada y papas (hasta 3.200 m). Se cultivan también ciertas plantas especiales y poco conocidas, entre ellas dos especies de *Chenopodium*, para granos: "quinua" y "kañihua"; y dos plantas tuberosas; "ulluco" (*Ullucus tuberosus*) y "arracacha" (*Arracacia xanthorriza*) (Duckham y Masfield, 1970).

La mayor parte de las tierras de mejor calidad pertenecen a las grandes haciendas, donde por lo general la tierra se encuentra subutilizada. Las tierras comunales son de propiedad conjunta de las aldeas y pueden hacerse en parcelas para el cultivo individual o utilizarse en el pastoreo de los animales de la aldea.

Los métodos agrícolas, especialmente los de las granjas pequeñas, han cambiado muy poco durante las últimas décadas y la densidad excesiva de la población en la región andina está dificultando cada vez más la aplicación de ciertos tipos de mejoramiento tecnológicos a los pequeños campesinos (Hopkins, 1969).

Una de las pocas posibilidades para mejorar la agricultura, fuera de la reforma agraria y una infraestructura adecuada, son las rotaciones de los cultivos mejorados, la construcción de terrazas para la conservación del suelo, la plantación de árboles donde el cultivo se hace imposible y el regadío.

## Regadío

Debido a las precipitaciones erráticas, el regadío puede ser un factor muy importante en el incremento de la productividad en las profundidades de los valles. Por lo general, estas regiones están dotadas de corrientes permanentes alimentadas por la acumulación de nieves en las cimas de las montañas. Existen también cuencas fisiográficas cerradas, donde el agua subterránea puede ser bombeada por pozos o por perforaciones.

## Altitudes muy elevadas

Las extensiones similares a la meseta, ubicadas sobre los 3.500-4.000 m, se dividen en altiplanos secos y páramos húmedos.

En ambas regiones se encuentran extensas áreas de sierras montañosas, donde la principal forma de uso de la tierra es el pastoreo de ovejas, pero también se pastorean llamas, alpacas, burros y cerdos en rebaños mixtos cuidados por niños y ancianos.

## **RESUMEN**

Se puede hacer mucho para mejorar la producción agrícola en las regiones de gran elevación, según se esbozan arriba; no obstante, hay dudas sobre la posibilidad de elevar allí el nivel de vida exceptuando las profundidades de los valles, con base a una economía estrictamente agrícola. Los declives empinados, la fragmentación de la granja debido a la topografía, el suelo poco profundo y las pérdidas continuas de éste debido a la erosión, el clima difícil y la distancia de los mercados, se opone a la adopción de las soluciones que pueden ser adecuadas en otras áreas. En las regiones elevadas, más que en otras partes, el progreso significativo depende de un desarrollo integral de una variedad de recursos económicos: agricultura, industria, artesanía, turismo y otros.

## **ROTACIONES DE CULTIVOS**

Las rotaciones de cultivos pueden definirse como programas de siembra planificados, de tal manera que ciertos cultivos (o grupos de cultivos) se suceden unos a otros en una secuencia regular. Esto es lo que distingue la rotación del cultivo continuo de un mismo producto, la sucesión de cultivos al azar o los cultivos mixtos.

## **OBJETIVOS DE LA ROTACION DE LOS CULTIVOS**

Una rotación de cultivos bien planificada debería tener las siguientes ventajas respecto a los monocultivos o a la sucesión de cultivos al azar:

- a. mantener y, aún más, aumentar la fertilidad del suelo;
- b. prevenir la aparición de pestes y enfermedades del suelo;
- c. controlar la erosión del suelo;
- d. asegurar un programa de trabajo equilibrado durante todo el año;
- e. prevenir o limitar los períodos de requerimientos máximo de agua;
- f. conservar la humedad de una estación a otra.

## **PRINCIPIOS DE LA ROTACION DE LOS CULTIVOS**

Los principios tradicionales en los que se basa la planificación de cultivos rotativos son:

- a. cultivo alternado de siembras con distinta capacidad de absorber alimentos del suelo o sistemas radicales a distinta profundidad;
- b. siembras alternadas de cultivos susceptibles a ciertas enfermedades con otras que son resistentes;
- c. una sucesión planificada de cultivos que tomen en cuenta efectos nocivos o beneficiosos del cultivo que lo sigue. Estos pueden deberse a efectos en la entrega de los elementos nutritivos, formación de materia orgánica, estructuras del suelo, humedad residual. Esto puede lograrse alternando cultivos que agotan el suelo con aquellos que como ciertas leguminosas contribuyen a aumentar la fertilidad del terreno y la inclusión de cultivos que protegen el suelo durante la rotación;
- d. cultivos alternados con distintas épocas de requerimientos máximos de trabajo, agua etc.

### ¿ESTAN LOS CULTIVOS ROTATIVOS EN DESUSO?

Los cultivos rotativos fueron considerados en alguna etapa como la base esencial para una agricultura estable. Eran los únicos métodos disponibles para prevenir el deterioro de la fertilidad del suelo y la obtención de resultados altos estables.

En el otro extremo, los monocultivos de los llamados cultivos comerciales eran considerados el prototipo de los métodos de cultivo retrógrados y autodestructores que dan como resultado un suelo agotado y erosionado.

### Revaluación de la necesidad de la rotación de cultivos

Las innovaciones tecnológicas en la agricultura justifican una reevaluación de la necesidad y una justificación de la rotación de los cultivos.

- a. **Fertilidad del suelo.** Cuando no existían fertilizantes químicos, o eran escasos y costosos, la rotación de cultivos, que incluía legumbres para la fijación del nitrógeno y la aplicación de abonos animales, era el único medio de asegurar un alto nivel de fertilidad del suelo y proveer los elementos nutritivos esenciales para los cultivos. Actualmente los fertilizantes químicos son abundantes y por lo general menos costosos; comparativamente los costos del cultivo de legumbres y del manejo de abonos.
- b. **Prevención de la aparición de infecciones del suelo, pestes y hierbas.** La aparición cada vez mayor de fungicidas, pesticidas

y herbicidas a disposición del granjero lo proveen de herramientas de protección a los cultivos, mucho más efectivas que la simple rotación de cultivos. Hay una cantidad de infecciones del suelo contra las cuales la rotación nunca fue efectiva. Por otra parte la agroquímica conlleva riesgos de polución del suelo y de las aguas.

c. **Control de la erosión.** Métodos adecuados de arado, arado mínimo y siembra del contorno permiten prevenir la erosión del suelo, aún en los monocultivos.

d. **Asegurar un programa de trabajo equilibrado durante todo el año.** En aquellos casos en que las operaciones agrícolas se llevan a cabo mediante animales o trabajo manual, la falta de mano de obra durante los períodos de requerimientos máximos pueden causar serias perturbaciones. Una de las mayores ventajas de las rotaciones de cultivos en estas condiciones, es que hacen posible programar la producción agrícola de modo de reducir los largos períodos de relativa inactividad que se alternan con períodos de gran demanda de mano de obra.

Con la mecanización de la agricultura y el uso de maquinaria cada vez más especializada, sofisticada y costosa, solamente el granjero que produce uno o a lo más dos cultivos puede afrontar el gasto de comprar y mantener el equipo especializado requerido para producir un cultivo en forma económica. Más aún, el granjero que cultiva una o dos siembras se convierte en especialista con un alto nivel técnico y gran competencia. En estos aspectos, el granjero que cultiva una mayor cantidad de siembras está en desventaja.

Como resultado de las recientes innovaciones la tecnología agrícola mencionada antes, el punto de vista histórico de una rotación planificada como algo esencial para el mantenimiento de la fertilidad del suelo y el uso eficiente del agua no es aceptado por todos. La nueva actitud es resumida por Pendleton (1966) de la siguiente manera:

“La tendencia al monocultivo no ha acarreado pérdidas considerables de agua, suelo y producción como se predijo no hace muchos años. En gran medida, esto puede atribuirse a avances tecnológicos. Esta nueva era de ‘cultivos especializados’ ha resultado en una mayor cantidad total de alimentos, forraje y fibras de cada granja y por lo tanto, en un uso más eficiente del agua”.

### **Limitaciones del monocultivo**

Antes de que las rotaciones puedan ser abandonadas como un elemento esencial en un cultivo adecuado, una cantidad de limitacio-

nes deben aún ser superadas. Para las siembras alimentadas por las lluvias, en condiciones semiáridas, la humedad deficiente del suelo limita la cantidad de fertilizantes químicos que pueden usarse y, en el caso particular del nitrógeno, pueden a veces hacer no deseable su uso. Repuestos pobres en cosechas también hacen prohibitivo el uso de grandes dosis de fertilizantes. En la discusión de los sistemas de cultivo, adaptados a esas condiciones, se ha mostrado que las rotaciones que incluyen legumbres son, a menudo, la solución más económica a este problema. El monocultivo también tiende a trastornar el balance de los elementos nutritivos en los suelos, debido al uso preferencial de ciertos elementos de nutrición dejando otros sin tocar.

Con riego continuo, hay aparición simultánea de infecciones, pesetas y hierbas y un debilitamiento de la estructura del suelo. Aún cuando existen muchos pesticidas, fungicidas y herbicidas, ninguno de éstos ha permitido, hasta ahora, un control completo de las infecciones, de los insectos y de las hierbas que se encuentran en los campos. Su eficiencia máxima se obtiene cuando están integrados a un sistema de manejo de los cultivos que incluye siembras rotativas. En regiones áridas, una enfermedad de la raíz del algodón causada por *Phymatotrichum omnivorum* es muy común. El efecto de esta enfermedad puede ser disminuido considerablemente mediante la inclusión de cereales en la rotación de cultivos rotativos.

En Texas, mediante la plantación de cereales en una rotación de cuatro años, la mortalidad de los brotes de algodón se redujo de 40% a 5%. La erradicación completa de esta enfermedad mediante rotaciones, no es posible, ya que el hongo puede infectar cerca de 2.000 especies de hierbas y siembras cultivadas.

El modo más efectivo de revitalizar el suelo logrando su limpieza y un mejoramiento de su estructura, es la inclusión de siembras alimentadas por las lluvias o de poco riego para secar el suelo en forma apreciable. Si en la agricultura de suelo seco son las legumbres las que juegan un papel preponderante en su mejoramiento, en la agricultura de riego son los cereales los elementos claves para mejorar el grado de limpieza y la estructura del suelo.

La necesidad de equipos especializados costosos es un argumento importante que no puede subestimarse sino que debe considerarse en la evaluación económica global de los sistemas de cultivo. Este problema puede superarse mediante el empleo de equipos contratados para ciertas operaciones, tales como cosecha mecanizada.

La mejor rotación de los cultivos es aquella que proporciona las mejores ganancias, con una base estable y un mínimo de fluctuaciones durante un cierto número de años.

Contra las ventajas económicas aseguradas por el monocultivo, están las menores fluctuaciones y la desminución de los riesgos de cultivar varias siembras ya que las fluctuaciones climáticas y de precio no afectan a todas las siembras en la misma forma.

Los granjeros deberán compensar una alta estabilidad de entradas y, por lo tanto, menores riesgos, contra la posibilidad de mayores entradas que se pueden obtener de una sola siembra.

El granjero que cultiva el mismo producto continuamente no puede estar seguro de que sus niveles de producción no declinen gradualmente. Tal disminución se verá oculta por fluctuaciones en la producción, debido a factores ambientales. Aún peor, la producción puede bajar brusca y marcadamente como resultado del aumento de la cantidad de organismos infecciosos a nivel epidémico. Aún en un cultivo como el algodón, que es poco sensible al cultivo continuo, la producción puede declinar después de un cierto tiempo. En Australia, el algodón cultivado en forma ininterrumpida, en tierras que eran vírgenes, mantuvo su nivel de producción por once años consecutivos; después de esto, declinó independientemente de la cantidad de fertilizantes usados.

Donde se practica el cultivo de irrigación, la posibilidad de usar agua de riego en distintos períodos del año, como es el caso cuando se cultivan varias siembras, puede ser el factor limitante. Con una sola siembra, el período de requerimiento máximo de agua es el que limitará el área que es posible cultivar con la cantidad de agua disponible.

Resumiendo, se puede decir que el granjero ya no es tan dependiente de una rotación de cultivos para mantener niveles altos de producción, como lo fue en el pasado. Sin embargo, una rotación bien planificada aún cumple funciones importantes de limpieza, fertilización, control de malezas, regulación del trabajo y uso del agua, estabilidad y seguridad en las entradas, lo cual, en muchos casos, aún otorga ventajas económicas sobre los monocultivos.

## **TIPOS DE ROTACIONES DE CULTIVOS**

Aún cuando las rotaciones pueden variar considerablemente en diferentes regiones según la tradición, el tipo de siembra cultivada, y los factores económicos locales, etc., ciertos prototipos se han desarrollado los cuales se discutirán junto con los principios en que están basados.

### **En regiones subtropicales secas**

a. **Regiones de transición entre aridez y semiaridez (250 a 400 mm).** En la región de transición entre aridez y semiaridez, donde las precipitaciones promedio fluctúan entre 250 y 400 mm, el cultivo de siembras alimentadas por las lluvias es posible, pero está amenazado de graves peligros. En épocas favorables, cuando las precipitaciones son mayores que el promedio, es posible obtener excelentes resultados debido a la acumulación de fertilizantes durante la época de pocas lluvias y fallas en las siembras. Extensas áreas se siembran para

convertirse en regiones polvorizadas cuando hay una sucesión de años secos.

Los sistemas de rotaciones más importantes que se aplican en estas áreas son:

1) **Trigo (o cebada) continuo**, sirviéndose de las fallas de las siembras en los años secos como períodos de barbecho fuera de programa. Si se pueden obtener buenos resultados durante las estaciones favorables, los fertilizantes de nitrógeno son esenciales. Las inversiones son, por lo tanto, altas y con pocas probabilidades de éxito.

2) **Trigo y barbecho alternados**. El objetivo principal del barbecho en regiones con lluvias insuficientes es conservar la humedad del suelo de una estación a otra, mediante el sacrificio de una siembra, de modo que las precipitaciones combinadas de dos estaciones lluviosas pueden ser suficientes para producir una siembra satisfactoria.

El barbecho será efectivo en la conservación de la humedad del suelo sólo si la cantidad, y en particular, la distribución de las lluvias durante el período de barbecho es tal, que permita una penetración profunda de la humedad. Por lo tanto, la lluvia total de la estación no sólo debe ser suficiente, sino que las lluvias individuales deben penetrar profundamente en el suelo. Las pérdidas por evaporación están restringidas principalmente a los 10-20 cm superiores del suelo, por lo tanto, de la cantidad total de las precipitaciones se pierde una proporción mucho mayor de agua cuando caen muchas lluvias livianas que cuando caen menos lluvias pero fuertes.

Las condiciones de filtrado deben ser satisfactorias y el escurrimiento debe ser mínimo por un cultivo adecuado. La pérdida de humedad debe prevenirse por un control eficiente de las malezas.

Sin embargo, aún con los mejores métodos de manejo, el barbecho no es eficiente para mantener la humedad, como muestra el ejemplo siguiente: en las Great Plains, con un sistema alternado de cultivo y barbecho, la cantidad promedio de la humedad almacenada en el suelo durante el período de barbecho era de sólo un 16,3% de las precipitaciones totales en condiciones en que las pérdidas debidas a escurrimiento y filtraciones profundas eran despreciables y las malezas estaban bien controladas.

Aún siendo ineficiente en regiones con precipitaciones marginales, los 80-100 mm adicionales almacenados en el suelo por el barbecho constituían toda la diferencia entre el éxito y el desastre completo de las siembras siguientes.

En Australia, la experiencia ha mostrado que la secuencia barbecho-trigo en las regiones trigueras, con una precipitación anual

de 250 a 375 mm, generalmente le asegura una cosecha al granjero mientras que siembras continuas de trigo serían una completa falla.

- 3) **Trigo y pastos alternados.** Una rotación trigo-pastos adaptada a condiciones semiáridas está basada en períodos alternados de dos años o más de legumbres de crecimiento anual, pastoreados por el ganado vacuno o las ovejas, y que depositan sus propias semillas al fin de la estación, con un año o más de siembras de granos.

Este sistema tiene un mecanismo autoregulator incorporado, que asegura una entrada continua pero fluctuante: en las estaciones con buenas lluvias las legumbres y el rastrojo de cereales proveen de herbaje durante todo el año (siempre que el número de cabezas de ganado esté acorde a la capacidad de producción) y al mismo tiempo se cosechan producciones buenas de granos. En las estaciones con lluvias escasas la producción de legumbres es baja, pero se suplementa por el pastoreo en los campos de trigo, en los cuales a causa de la deficiencia en las precipitaciones, no hay perspectiva de producir una cosecha satisfactoria de granos. En esta forma, en un año de sequía, lo que hubiera sido una pérdida completa en un plan de producción de granos, solamente resultará en una producción de forraje.

Las legumbres pueden producir de 100 a 500 F.U.\*/Ha y más con una lluvia de 60-100 mm; con 200 mm, el cereal puede aún producir de 4000 a 5000 F.U./Ha, cuando la humedad es insuficiente para la producción de granos. En un buen año, las legumbres producirán 4000 F.U./Ha y el rastrojo del grano proveerá otros 300-500/F.U./Ha.

Este sistema integrado de crianza de animales y cultivos de cereales tiene además la ventaja de que los gastos son bajos; las legumbres depositan sus propias semillas prácticamente y no se requiere arado.

Sólo fertilizantes fosfóricos se necesitan y si se colocan en exceso, los residuos no se pierden. Las legumbres proveen todo el nitrógeno necesario para la siembra del cereal; pero en un buen año, el nitrógeno adicional puede aplicarse a la superficie. El cereal puede plantarse en el mismo lugar que las legumbres con un horador sin arado adicional; el exceso de legumbres en la plantación de cereales puede controlarse con herbicidas. Plantas de cereal que crecen espontáneamente entre las legumbres proveen de un herbaje balanceado. Malezas permanentes como el pasto *Sorghum halepense* o *Cynodon dactylon* se mantienen bajo control tanto mediante el herbaje, como por la competencia de la siembra de cereal.

---

(\*) F.U. = 1 Kg de granos de cebada.

**b. Regiones semiáridas con lluvias de 400 mm y más.** Estas son las regiones en las cuales a una estación húmeda le sigue una completamente seca, como en el clima Mediterráneo:

**1) Siembras rotativas tradicionales.** El objetivo principal de los cultivos arables es generalmente la producción de cereales, de preferencia trigo. En las áreas más problemáticas el trigo se reemplaza por cebada.

Los granjeros saben que el cultivo continuado de cereales incita al desastre y, por lo tanto, la mayor parte del trigo o de la cebada, en las regiones más secas, se cultiva de año de por medio. Como normalmente sólo puede cultivarse una siembra al año, la rotación de dos años predomina en toda la región.

Un factor común a todas las rotaciones es que no incluyen siembras que mejoren la fertilidad del suelo, que generalmente está a muy bajo nivel. El granjero tan siquiera adopta en forma rigurosa ninguna de estas rotaciones. Si las lluvias son tempranas y abundantes y la estación tiene un buen pronóstico, se sentirá tentado a plantar un área mayor que la asignada para trigo en la rotación.

**2) Siembras rotativas mejoradas.** Las rotaciones de cultivos tradicionales ya descritas agotan el suelo y no contribuyen a su fertilidad. El problema básico es diseñar un tipo de rotación de cultivos que aumente el nivel de la fertilidad del suelo, haciendo que la siembra se beneficie tanto como sea posible del régimen favorable de humedad que existe durante el período de crecimiento.

Los cultivos de leguminosas que se usan para pastizales, verduras, heno, ensilaje, o como abono vegetal y que no alcanzan a producir semillas han resultado elementos esenciales para mejorar la fertilidad del suelo. Al principio, los abonos vegetales eran considerados como la solución ideal para elevar rápidamente la fertilidad del suelo. En conjunto, los resultados obtenidos en condiciones semiáridas han sido desilusionantes y los abonos vegetales no han constituido ningún beneficio sobre aquellos derivados de siembras de heno leguminoso. Aún donde los abonos vegetales fuesen beneficiosos, el aumento de la producción rara vez justificó la pérdida de una estación de cultivo o los riesgos y gastos involucrados. Sin embargo, las legumbres cosechadas para forraje, antes de alcanzar a producir semillas, resultaron muy efectivas en el aumento de la producción.

En las condiciones en las que la inclusión de legumbres en la siembra rotativa aumentó la producción de la siembra siguiente, la humedad residual del suelo después de la siembra de legumbres era alta y no mucho menor que aquella después del barbecho.

Mientras más temprano se cosechaba la legumbre, mayor era la cantidad de humedad residual. El abono vegetal y el ensilaje eran tan efectivos para mantener la humedad como el barbecho cultivado. En el otro extremo opuesto, cuando se usa una legumbre de raíz profunda como la alfalfa o el trébol dulce se ha usado como abono vegetal, el suelo se seca hasta una profundidad de varios pies.

Las áreas asignadas a una siembra para mejorar el suelo pueden variar de un tercio a un sexto del área total, con una tendencia a dejar un área tan grande como sea posible para el cereal de invierno en la siembra rotativa. En esta forma se tiene, un conjunto de siembras rotativas de tres, cuatro, cinco y seis años, con diferentes secuencias de cultivo, en las cuales los cereales de invierno ocupan una posición importante. Los mejores resultados globales se han obtenido con la siguiente rotación con tres componentes:

Primer año: cereales de invierno (trigo, cebada, avena).

Segundo año: cultivos de verano (sorgo, maíz, girasoles, sésamo, garbanzos).

Tercer año: siembras de legumbres forrajeras (arveja, trébol, etc.).

A veces se adopta una secuencia diferente, en la cual el cereal de invierno sigue a la siembra de verano. Esto se justifica cuando los campos están infectados de malezas anuales como *Phalaris* y avena. En tales casos es a la siembra de verano a la que se asigna el lugar preferencial en la rotación, beneficiándose así de la humedad residual de las legumbres y del estado favorable en cuanto a nitrógeno.

### **En regiones tropicales húmedas**

**Cultivo de subsistencia en condiciones de agricultura de desplazamiento.** Ya se ha demostrado que el cultivo de desplazamiento para propósitos de subsistencia hace poco daño a la fertilidad del suelo, siempre que el período de barbecho sea suficientemente largo. La disminución de la cantidad de elementos nutritivos para la planta es generalmente mínima, primero porque la mayoría de las siembras son para el consumo familiar en la granja y, en cualquier caso, los niveles de producción son bajos.

En dónde las precipitaciones son suficientes y bien distribuidas, generalmente son posibles dos cultivos por año. Aún cuando los cultivos mixtos predominen, pueden encontrarse algunos tipos de siembras rotativas. Por ejemplo en las selvas vírgenes es posible la siguiente rotación (Ferwerda, 1970):

1er año—	Primer semestre	Arroz, maíz o ambos pa- leados con legumbres, ve- getales y condimentos.
	Segundo semestre	Melón junto con plátano.
2do. año—	Primer semestre	Cosecha gradual de me- lón.
	Segundo semestre	Continúa la cosecha de melón; primera cosecha de plátano.
3er año—	Primer semestre	La cosecha final de me- lón; continúa la cosecha de plátano.
	Segundo semestre	Continúa la cosecha de plátano.
4o. a 15o. año		Barbecho del bosque. Du- rante los dos primeros años de la regeneración forestal, las hojas de los melones jóvenes pueden recolectarse para usarse como vegetal y los últi- mos racimos de plátano pueden ser recogidos.

El suelo se deja prácticamente intacto ya que el cultivador se limita a reparar los hoyos para plantar y controlar las hierbas.

Un segundo tipo importante de cultivo de subsistencia se encuentra en la zona de bosques de hojas anchas y sus sabanas. Aquí una rotación típica podría ser como sigue:

1er año—	estación de lluvias: estación seca:	vegetales; barbecho;
2do. año—	estación de lluvias: estación seca:	cereal; barbecho;
3er año—	estación de lluvias: estación seca:	mandioca; barbecho;
4o. a 6o. año—		barbecho.

Durante el primer año de regeneración por barbecho, la cosecha de mandioca puede continuar. El cultivo de la tierra es más intensivo que en la zona forestal por la necesidad de preparar un lecho libre de malezas y apropiado para la semilla.

## BARBECHOS MEJORADOS

Para los agrónomos de los países templados, los largos barbechos con vegetación que no cumplen otro papel que el de restaurar la fertilidad del suelo, pueden parecer una gran pérdida de tierra y trabajo. Se han hecho muchos esfuerzos en este siglo para reemplazar los barbechos con vegetación por cultivos anuales de plantas útiles que sirvan el mismo fin. Tanto en los centros experimentales agrícolas como en las plantaciones privadas y en las granjas estatales. Esto no es fácil de lograr y hasta el momento ha fallado.

Muchos asentamientos agrícolas en los trópicos llevaban una existencia miserable o fueron abandonados debido a que las organizaciones de ayuda técnica gubernamental como la internacional sobrestimaron la capacidad de la tierra. Un ejemplo es el fallido esquema de maní de Africa Oriental. Los granjeros altamente capacitados del Asia Sudoriental, que han estado familiarizados con el cultivo continuo de arroz por regadío en la misma tierra por aproximadamente 4000 años, continúan practicando el cultivo de desplazamiento en tierras sin posibilidades de riego.

La mayor parte del trabajo realizado en barbechos mejorados se ha llevado a cabo en las zonas de sabana y en menor grado, en bosques ya caducos. En una discusión de los resultados dada por Webster y Wilson (1966) se desprende que barbechos plantados de pasto o legumbres **permanentes** dan los mismos resultados que los barbechos de pasto **silvestre**. No tiene ningún sentido hacer esto a menos que el pasto plantado ofrezca mejores resultados en la producción animal.

En áreas densamente pobladas de la zona de los bosques vírgenes no es raro alternar dos o tres años de cultivo de siembras anuales, con 25 ó más años de siembras permanentes, tales como palmas, coco, caucho, y cacao. La mayoría de las arboledas de palma silvestre en Africa Occidental y Central, son barbechos, asociados con los cultivos de siembras anuales.

Las plantaciones de palma establecidas en tierras forestales parecen beneficiarse de plantaciones intercaladas durante los dos primeros años después de plantadas, a pesar de una pequeña reducción de la fertilidad de las capas superiores del suelo.

El granjero que trabaja con cacao puede usar un nuevo lugar limpio para cultivar un cereal, seguido de taros y plátanos, los que al mismo tiempo dan sombra temporal a sus nuevas plantas de cacao. El cultivo de plantas anuales en plantaciones nuevas de cacao es común en la India y Ceilán y puede continuarse por varios años. Los peque-

ños propietarios del Lejano Oriente siembran cultivos anuales durante 2-3 años en sitios recién clareados y replantados.

Se cree que el uso permanente de la tierra, alternando siembras anuales y permanentes, incluyendo pastizales plantados, ofrece mejores posibilidades en la zona de las selvas vírgenes, que el uso sólo de siembras anuales y semipermanentes.

## **CULTIVO DE SIEMBRAS COMERCIALES**

Según el clima y la fertilidad del suelo, el sistema de desplazamiento —para una agricultura de subsistencia— puede proveer alimento para una población de 25-50 por Km<sup>2</sup>. Este no provee de los medios para lograr un nivel de vida más alto debido a que los granjeros producen muy poco sobre sus propias necesidades. La introducción de siembras para el mercado mundial, tales como algodón, maíz, maní y tabaco en las rotaciones, los ha provisto de medios modestos para comprar algunas de las bendiciones básicas de la civilización moderna, incluyendo escopetas, cartuchos, mechas, azadas, hachas, ropas, bicicletas, máquinas de coser y aparatos modernos portátiles. Además, sierras y arados mecánicos han facilitado la limpieza de más tierra, induciendo períodos más cortos de barbecho si las reservas de tierra se agotan. La razón principal, sin embargo, de que la introducción de siembras comerciales haya acelerado la disminución de la fertilidad de la tierra en cultivos de desplazamiento, es la casi inexistente utilización de los fertilizantes.

Los efectos nocivos de cultivar y vender el maní en cáscara podrían eliminarse en gran medida si el aceite se extrae en el país de origen y la pasta se le devuelve al granjero para alimento de los animales. Lo mismo se aplica a la semilla del algodón, ya que los hilillos contienen pequeñas cantidades de minerales.

Otra razón importante para la mayor tasa de deterioro del suelo después de la introducción de siembras comerciales es la descomposición acelerada de la materia orgánica, debido al arado. Además, para arar se necesita una remoción completa de las raíces y cabos, por lo que la vegetación natural se regenera más lentamente durante el barbecho y el suelo está expuesto durante un período más largo a los efectos nocivos del sol y el escurrimiento.

## **ROTACIONES CON ARROZ REGADO**

La mayoría del arroz se cultiva en terrenos planos, continuamente inundados y con subsuelo impermeable. En estas condiciones no hay pérdida de la fertilidad del suelo por erosión y hay poca o ninguna lixiviación. La descomposición de las materias orgánicas es más lenta que en las tierras secas, bajo las mismas condiciones climáticas. Los residuos de los cultivos y las hierbas son arados junto con la tierra y, como regla general, no son destruidos por el fuego. El agua de riego

puede agregar elementos nutritivos y abono a los campos. Si hay suficiente agua durante todo el año, es posible hacer dos cultivos de arroz anualmente, en el mismo terreno. Bajo condiciones muy favorables de terreno y manejo es posible hacer hasta tres siembras al año. Con frecuencia, sólo se cultiva una siembra.

Si el agua es insuficiente durante seis meses, la tierra queda en barbecho y puede proveer herbaje. En otros casos, la humedad del suelo puede ser adecuada para permitir el cultivo de siembras anuales, tales como maíz, soya, habas, tabaco. Esto es posible, sin embargo, sólo si la tierra se desagua suficientemente. Ya que las pérdidas por erosión y lixiviación son despreciables, la disminución de la fertilidad del suelo se debe casi en su totalidad a la remoción de los cultivos.

Mientras las siembras se cultivan para subsistencia, estas pérdidas pueden compensarse completamente si los residuos de los cultivos, los desechos caseros y las excreciones humanas y de animales se devuelven a la tierra como abono o estiércol. Esto explica como en Asia Sudoriental el arroz pudo ser cultivado durante siglos en la misma tierra y sin fertilizantes. Las producciones eran usualmente bajas (1.000-2.000 Kg/Ha de arroz), pero hasta hace poco tiempo había poca evidencia que estuviesen limitadas en gran medida por deficiencias de nutrición. La mayoría de las variedades de arroz son altas, con vegetación abundante y de maduración tardía y difícilmente toleran más de 20 Kg/Ha de nitrógeno (Ferwerda, 1970).

Por el contrario, las nuevas variedades de híbridos cortos, robustos y de maduración temprana desarrollados por el International Rice Research Institute, en las Filipinas, responden bien a la fertilización con nitrógeno y pueden producir hasta 7.000 Kg/Ha de arroz. Queda por verse si a largo plazo estos altos niveles de producción pueden mantenerse sin un uso excesivo de fertilizantes con nitrógeno, que puede producir contaminación de corrientes y estanques de agua en las regiones de crecimiento del arroz.

## **CULTIVOS MIXTOS**

El cultivo mixto es una característica de la agricultura primitiva que se remonta a la antigüedad. Es un método que tiende a lograr el máximo posible de las potencialidades del medio ambiente. Plantando juntos un cierto número de productos, con distintas épocas de siembra, cosecha y hábitos de crecimiento, los elementos nutritivos de las plantas en distintos niveles del suelo se explotan en mejor forma y la energía luminosa se intercepta en forma más efectiva. Las plantas de la misma especie compiten más intensamente entre ellas que las plantas de especies distintas debido especialmente a las diferencias entre los sistemas radicales y a las épocas de requerimiento máximo de agua, de modo que una cantidad limitada de agua se usa

en forma más efectiva en un sistema de cultivos mixtos que en siembras individuales. Los riesgos por enfermedades, pestes y factores climáticos se reducen en siembras mixtas, a la vez que las hierbas se suprimen más efectivamente. Por eso, la producción total de un área dada con cultivo mixto puede ser mayor que otra con cultivos individuales (Baldy, 1963).

Un buen ejemplo de cultivo múltiple, practicado por un pueblo primitivo, es maíz-porotos-calabazas, originario de México, del período 1500-900 A.C. Esto tuvo tanto éxito que se extendió fuera de México, y se convirtió en la base de prácticamente toda la agricultura india de la mayor parte de América.

El conjunto de tres siembras explotaba el suelo y la energía luminosa en forma más efectiva: los porotos subían por los tallos del maíz, exponiendo sus hojas al sol sin sombrear en forma excesiva las hojas del maíz; la calabaza cubre a ras del suelo evitando el crecimiento de malezas. El cultivo mixto constituía a la vez, una dieta bastante equilibrada: el maíz proveía la mayoría de los carbohidratos y algunos de los aminoácidos, de los cuales, los porotos no contienen mucho; los porotos proveían la mayoría de las proteínas, a la vez fósforo, hierro y las vitaminas riboflamina y ácido nicotínico. Las calabazas agregaban calorías y una cantidad de grasas (Stakman et al, 1967).

El cultivo intercalado se practica aún en gran escala en la región Mediterránea, en Africa y la India. En Africa Oriental, es una excepción cuando los granjeros hacen cultivos individuales. Evans (1960) duda de la posibilidad de introducir esquemas rotativos de agricultura basados en siembras individuales mientras la azada sea la principal herramienta agrícola. Encontró que plantando maíz o sorgo junto con maní se obtienen mayores producciones que sembrando cada uno por separado.

Esto sucedió en dos áreas de fertilidad opuesta a la vez que en condiciones diferentes de lluvias; a saber: precipitaciones escasas y distribuidas en forma irregular y precipitaciones favorables.

Las combinaciones de ricino-maní y ricino-soya, también mostraban un aumento global de la producción por hectárea. Cuando ataques severos de mirids reducían drásticamente la producción de ricino, la siembra asociada producía un aumento compensador (Evans y Sreedharan, 1962).

Cultivos mixtos de algodón, tanto alimentados por lluvias como por riegos, con una amplia gama de cultivos en diferentes proporciones se practica extensamente en la India. Combinaciones usuales son: algodón con sorgo, legumbres, sésamo, cucurbitáceas, maní o ricino. Generalmente, una o dos de las siembras asociadas se intercalan con 8-10 filas de algodón.

El cultivo mixto da como resultado una mayor producción que una siembra pura de cada uno de los constituyentes; constituye un seguro contra una falla total y reduce la erosión del suelo, especial-

mente si una de las dos siembras asociadas crece a ras del suelo. En una investigación de descomposición de las raíces (*Rhizoctonia* sp.) llevada a cabo en el Punjab, se encontró que cuando se planta el algodón junto con los porotos (*Phaseolus aconitifolius*), se dañaban menos por la enfermedad que si se le cultivaba sólo (Sawhney y Sikka, 1960).

Con muy pocas excepciones, especialmente entre siembras de forraje y pastizales, la agricultura moderna se basa en cultivos individuales. El control de las malezas, ya sea mecanizado o químico, a la vez que el control de pestes e infecciones, se ven obstaculizados en siembras mixtas. Los usos racionales de los fertilizantes no son siempre posibles a una mezcla de diferentes cultivos. Sin embargo, probablemente la limitación principal al cultivo mixto en la agricultura moderna es que la cosecha mecánica eficiente de un cultivo mixto no es posible.

## BIBLIOGRAFIA

1. AGARWAL, R. R. y YADAV, J. S. P. Salinity and alkali scale to evaluate saline alkali soils for crop responses. *Indian Society of Soil Science* 4:141-145. 1956.
2. ALLISON, E. L. Effect of synthetic polyelectrolytes on the structure of saline and alkali soils. *Soil Science* 73(6):443-454. 1952.
3. ———. Salinity in relation to irrigation. *Advances in Agronomy* 16:139-178. 1964.
4. ARTHUR, H. G. y THOROKY, G. N. Water conservation through transport loss reduction. In *Water for peace*. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1967. v. 3. pp. 562-572.
5. BALDY, C. Cultures associées et productivité de l'eau. *Annales Agronomiques* 14(4):489-534. 1963.
6. BERNSTEIN, L. Salt-affected soils and plants. *Arid Zone Research* 18:139-174. 1962.
7. BOTTINI, O. Tradition et recherche en Italie dans l'emploi des eaux saumâtres pour l'irrigation. *Arid Zone Research* 14:251-258. 1961.
8. BOWER, C. A. Prediction of the effects of irrigation waters on soils. *Arid Zone Research* 14:215-222. 1961.
9. CLARK, C. y HASWELL, M. The economics of subsistence agriculture. London, MacMillan, 1971. 245 p.
10. COENE, R. de. Agricultural settlement schemes in the Belgian Congo. *Tropical Agriculture* 33:1-12. 1956.
11. DONNAN, W. W. y HUDSTON, C. E. Drainage related to irrigation management. In Hagan, R. M., Haise, R. H. y Edminster, T. W. eds, *Irrigation of agricultural lands*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 974-984.
12. DOZIER, C. L. Mexico's transformed Northwest — The Yaqui, Mayo and Fuerte Examples. *Geographical Review* 53:548-571. 1963.
13. DUCKHAM, A. N. y MASEFIELD, G. B. Farming system of the world. London, Chatto and Windus, 1970. 524 p.

14. EATON, F. N. Formulas for estimating leaching and gypsum requirements of irrigation waters. Texas. Agricultural Experiment Station. Miscellaneous Publication no. 11, 1954. 15 p.
15. EVANS, A. C. Studies on intercropping. I. Maize or sorghum with groundnuts. East African Agricultural Journal 26:1-10. 1960.
16. ——— y SREEDHARAN, A. Studies of intercropping. II. Castor-bean with groundnuts or soyabean. East African Agricultural Journal 28:7-8. 1962.
17. FERWERDA, J. D. Soil fertility in the tropics as affected by land use. In Congress of the International Potash Institute, 9th. Antibes. Proceedings. 1970. pp. 317-329.
18. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO Africa survey report on the possibilities of African rural development in relation to economic and social growth. Rome, 1962.
19. GOLDBERG, D. Métodos y técnicas de riego en Israel. México, D.F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1971.
20. GRASSI, C. J. Factors affecting irrigation efficiency and the contribution of agricultural engineering in the improvement of water use in Latin American irrigation projects. In Water for peace. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1967. pp. 497-505.
21. GREENLAND, D. J. Intensification of agricultural systems with special reference to the role of potassium fertilizers. In Potassium research and agricultural production. Berne, International Potash Institute, 1974. pp. 51-263.
22. GRILLOT, C. The biological and agricultural problems presented by plants tolerant of saline or brackish water and the employment of such water for irrigation. Arid Zone Research 4:9-35. 1956.
23. GULHATI, N. D. y SMITH, W. C. Irrigated agriculture; an historical review. In Hagan, R. M., Haise, R. H. y Edminster, T. W. eds. Irrigation of agricultural lands. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 3-9. (Agronomy no. 11).
24. HAGAN, R. M., HAISE, H. R. y EDMINSTER, T. W. ed. Irrigation of agricultural lands. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. 1180 p.
25. HAMDAN, G. Evaluation of irrigation agriculture in Egypt. Arid Zone Research 17:175-218. 1961.
26. HAPGOOD, D. y MILLIKAN, M. F. ed. Policies for promoting agricultural development. Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, 1965. 321 p.
27. HAYWARD, H. E. Plant growth under saline conditions. Arid Zone Research 4:37-71. 1956.
28. HOPKINS, J. A. The Latin American farmer. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, 1969. 138 p.
29. INTERAMERICAN DEVELOPMENT BANK. Economic and social projects in Latin America. Washington, D.C., 1972.
30. JEWITT, T. N. Soils of arid lands. In Hills E. S. ed. Arid lands; a geographical appraisal. Paris, Unesco, 1966. pp. 103-124.
31. KELLEY, W. P. Alkali soils. New York, Reinhold, 1951. 176 p.
32. KOVDA, V. A. Principles of the theory and practices of reclamation and utilization of saline soils in the arid zones. Arid Zone Research 14:201-214. 1961.

33. \_\_\_\_\_, EGOROV, V. V. y HILLS, N. S. Landscape in relation to irrigation drainage and salinity. In *Irrigation and drainage of arid lands*. Paris, FAO/UNESCO, 1967. pp. 218-245.
34. LONGENECKER, D. E. y LYERLY, P. J. Chemical characteristics of soils of West Texas as affected by irrigation water quality. *Soil Science* 87:207-216. 1959.
35. LUTHIN, J. N. Drainage of agricultural lands. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1957. 620 p.
36. LYERLY, P. L. y LONGENECKER, D. E. Salinity control in irrigation in agriculture. *World Crops* 6(10):4-7, 34. 1964.
37. MAGISTAD, O. C. Plant growth relations on saline and alkali soils. *Botanical Review* 11:181-230. 1945.
38. \_\_\_\_\_, AYERS, A. D., WADLEIGH, C. H. y GAUCH, H. C. Effect of salt concentration, kind of salt and climate on plant growth in sand culture. *Pl. Physiology* 18:157-166.
39. MALAVOLTA, E. y NEPTUNE, A. M. L. Recent developments of K fertilization in several countries of Latin America. In *Potassium research and agricultural production*. Berne, International Potassium Institute, 1971. pp. 231-250.
40. MALETIC, J. T. y HUTCHINGS, T. B. Selection and classification of irrigable land. In Hagan, R. M. Haise, R. H. y Edminster, T. W. eds. *Irrigation of agricultural lands*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 125-156.
41. NACE, R. L. Water management, agriculture and government supplies. In Hockensmith, L. D. ed. *Water and agriculture*. Washington, D.C., American Association for the Advancement of Science, 1958. pp. 43-61.
42. NYE, P. H. y GREENLAND, D. J. The soil under shifting cultivation. Bucks, England, Commonwealth Agricultural Bureau-Harpender, 1960. 156 p.
43. OLIVIER, H. Irrigation as a factor in promoting regional development. In *Water for peace*. Washington, D.C., U.S. Government Printing Office, 1967. v.7, pp. 266-281.
44. PENDLETON, J. W. Increasing water – use efficiency by crop management. In Pierre, W. H. et al. *Plant environment and efficient water use*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, 1966. pp. 236-258.
45. RAWITZ, E. y HELLER, J. Special irrigation methods and accessory devices. In *Irrigation in arid zones*. Bet-Dagan, Volcani Institute of Agricultural Research, 1969. pp. 211-215.
46. REEVE, R. C., PILLSBURY, A. F. y WILCOX, L. V. Reclamation of a saline and high boron soil in the Coachella Valley of California. *Hilgardia* 24:61-94. 1955.
47. \_\_\_\_\_, y BOWER, C. A. Use of high-salt waters as a flocculant and a source of divalent cations for reclaiming sodic soils. *Soil Science* 90:139-144. 1960.
48. \_\_\_\_\_ y FIREMAN, M. Salt problems in relation to irrigation. In Hagan, R. M., Haise, R. H. y Edminster, T. W. eds. *Irrigation of agricultural lands*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 998-1003.

49. RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, Handbook no. 60. 1954. 160 p.
50. SAWHNEY, K. y SIKKA, S. M. Agronomy. In Cotton in India. Bombay, Examiner Press, 1960. v. 1, pp. 106-163.
51. SHALHEVET, J. y REININGER, P. The development of salinity profiles following irrigation of field crop with saline water. Journal of Agricultural Research (Israel) 14(4):179-187. 1964.
52. SIMONNEAU, P. et al. Plants in relation to waterlogging and salinity. In Irrigation and drainage of arid lands. Paris, FAO/UNESCO, 1967. pp. 343-388.
53. SOIL SALINITY and irrigation in the Soviet Union. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 1962.
54. STAKMAN, E. C., BRADFIELD, R. y MANGELSDORF, P. C. Campaigns against hunger. Cambridge, Mass., Belknap Press. 1967. 328 p.
55. TAMES, A. C. Cálculo del agua necesaria para el riego y empleo de salinas. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1950.
56. THOMAS, W. L. Changes in quantities and qualities of ground and surface waters. In Thomas, C. O. et al. Man's role in changing the face of the earth. Chicago, University of Chicago Press, 1956. pp. 542-567.
57. TISON, L. T. Hydrologie et salinité des eaux souterraines. Arid Zone Research 14:25-36. 1961.
58. VOSE, P. B. Varietal differences in plant nutrition. Herbage Abstracts 38:1-13. 1963.
59. WADLEIGH, C. H. y FIREMAN, M. Salt distribution under furrow and basin irrigated cotton and its effect on water removal. Soil Science Society of America. Proceedings 13:527-530. 1949.
60. WALLEN, C. C. Arid zone meteorology. In Hills, E. S. ed. Arid lands; a geographical appraisal. Paris, UNESCO, 1966. pp. 31-50.
61. WATTERS, R. F. Shifting cultivation in Latin America. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Agricultural Development Paper no. 17. 1971. 342 p.
62. WEBSTER, C. C. y WILSON, P. N. Agriculture in the tropics. London, Longmans, 1966. 488 p.
63. WILDE, J. C. DE y MCLOUGHLIN, P. E. M. Experiences with agricultural development in tropical Africa. Baltimore, Maryland, John Hopkins, 1967. 2 v.



## **SEGUNDA PARTE**

# **LA TRANSICION DE LA AGRICULTURA TRADICIONAL A LA AGRICULTURA MODERNA**



# CAPITULO 4

## LA FUNCION DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS

### PAPELES DE LA AGRICULTURA EN UNA ECONOMIA EN DESARROLLO

La década del 60 fue denominada década de desarrollo. No obstante, la explosión demográfica fue el cambio social y económico de mayor envergadura que tuvo lugar en los países en desarrollo lo que hizo aún más difícil la solución de los problemas económicos. El flujo de recursos financieros provenientes de países desarrollados no aumentó sino que se estancó; existe también una reducción en las inversiones privadas a largo plazo debido a la disminución del ritmo de desarrollo, a la inestabilidad política interna, y a los conflictos limítrofes.

La demanda en los países desarrollados de artículos de exportación tradicionales de los países en desarrollo también disminuyó, y al mismo tiempo, no se desarrollaron suficientemente los mercados para nuevas exportaciones. La considerable diferencia de ingresos entre los países desarrollados y en desarrollo se amplía continuamente y la producción de alimentos *per capita* está declinando. Dos tercios de la población en los países en desarrollo sufren de desnutrición, ciertas costumbres sociales, sumadas a las enfermedades y el analfabetismo obstaculizan, por lo general, todo programa destinado a aumentar la productividad en la agricultura (Myrdal, 1965).

A pesar de que existen distintas opiniones sobre las “condiciones previas” esenciales para lograr el “despegue” hacia un “crecimiento autosostenido” en los países en desarrollo, existe un acuerdo general acerca de dos hechos esenciales:

- a. La agricultura tiene que jugar un papel crucial y su “despegue” constituye el primer paso esencial.
- b. Estos requerimientos no pueden lograrse apoyándose en la agricultura tradicional.

A excepción de Panamá, la agricultura en América Central aún contribuye a más del 20% del Producto Doméstico Bruto (P.D.B.).

En varios países de América del Sur: Argentina, Bolivia, Brasil, Perú y Uruguay, este sector sigue produciendo entre un 10% – 20% del P.D.B. Chile, con una economía basada en la minería, constituye menos de un 10% de la producción total, pero Colombia es de un 27,6% y en Ecuador y Paraguay, más de un 30%.

Sin embargo, la contribución del sector agrícola al producto doméstico bruto regional está declinando lentamente de 19,3% en 1960, a 15,3% en 1971. Esta tendencia de disminución se hizo sentir en todos los países de la región (exceptuando Uruguay y Venezuela) con una marcada variabilidad en su grado de disminución (Inter-American Development Bank, 1972).

A largo plazo, las metas políticas de los países en desarrollo deben concentrarse en alcanzar un desarrollo industrial considerable, acompañado de una reducción en la fuerza laboral agrícola. Sin embargo, entretando, “un marcado incremento en la agricultura de la productividad por trabajador, constituye una condición previa para la revolución industrial en cualquier parte del mundo” (Kuznets, 1959). En los países en desarrollo, es más probable encontrar ventajas comparativas internacionales en la agricultura, especialmente en cultivos para la industria que en la industria (Nicholls, 1969).

El desarrollo económico en países de bajo nivel de ingresos confirma un incremento considerable en la producción agrícola. El rápido crecimiento de la población, y un nivel de ingresos en aumento, causan un incremento en la demanda de alimentos y de vestido.

Las importaciones de productos de consumo, que constituyen la única alternativa al aumento de la producción local, deberán competir posteriormente en la asignación de las escasas divisas extranjeras, con los requerimientos de inversiones necesarias para el desarrollo de la industria y la agricultura. El desarrollo de la agricultura es, por lo tanto, un prelude esencial para el crecimiento de la industria. Además de mejorar los niveles nutritivos existentes, tanto en cantidad como en calidad y de sustentar a una población en rápido crecimiento, la agricultura deberá aportar contribuciones substanciales que permitan el crecimiento económico nacional a lo largo de un amplio frente que incluye:

- a. producción de cultivos de exportación como fuente de divisas extranjeras;
- b. provisión de materias primas para el procesamiento industrial;
- c. provisión de empleo productivo para una población rural en rápido crecimiento;
- d. incremento de la eficiencia, para liberar mano de obra destinada a la expansión de la industria y otras actividades económicas;
- e. provisión de fuentes de ahorro que podrán invertirse a fin de desarrollar la industria;

- f. creación de un mercado creciente para las nuevas industrias nacionales.

## PROVISION DE ALIMENTOS

El mayor problema de los países en desarrollo es la necesidad de proveer alimentos a sus poblaciones en rápido crecimiento (Fig. 4.1).

Los cultivos de subsistencia se caracterizan por contener un alto nivel de hidratos de carbono que proveen un 70-80% de las calorías consumidas. Los cultivos básicos peculiares varían de acuerdo a los diferentes medio ambientes, por ejemplo: sorgo y mijo en las áreas de más bajas precipitaciones; arroz en ciertas áreas limitadas de América Latina; maíz, en México, los países centroamericanos y Bolivia; bananos y plátanos, a lo largo de las áreas húmedas de los trópicos; y mandioca (cassava) en Brasil y ciertos países de Centroamérica. La batata y el ñame también constituyen una importante fuente de hidratos de carbono en algunos países.

Las áreas rurales constituyen los principales centros de desnutrición y pobreza en los países en desarrollo. Es en estas áreas donde aún habita la mayor parte de la población y dónde su rápido crecimiento ejerce una máxima presión, causando así un descenso constante en el nivel de vida. Si se desea mejorar los niveles de vida de la mayoría de la población, el mejoramiento de la agricultura es esencial.

A pesar del tamaño desproporcionado del sector agrícola en la economía nacional en casi todos los países "crecientes" de América

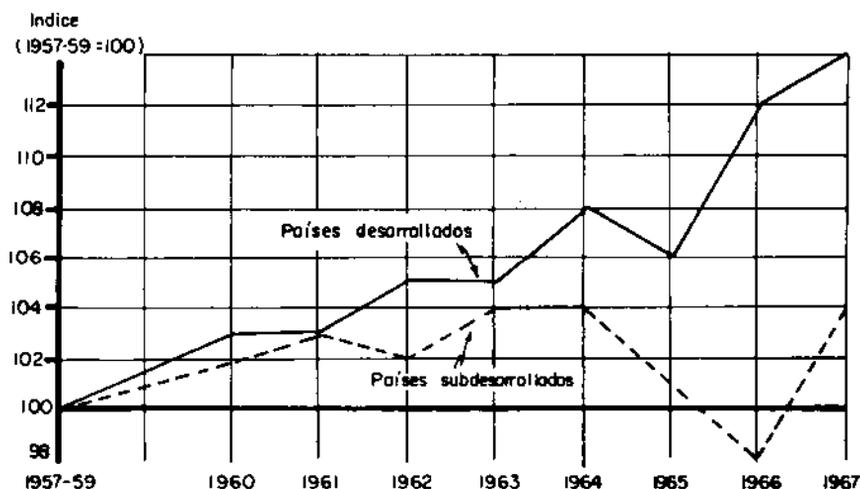


Fig. 4.1. Tendencias en la producción *per capita* de alimentos en los países desarrollados y subdesarrollados. (Cortesía de U.S. Department of Agriculture).

Latina, una cantidad de sus escasas divisas se emplean en la importación de alimentos (Frank et al, 1970), lo que trae como resultado la merma de las divisas y el incremento de presiones inflacionarias.

En el período 1940-1960, la producción agrícola en América Latina creció en un 80%. Sin embargo, si se toma en cuenta el aumento de la población, el incremento de producción por habitante ha alcanzado apenas la exigua proporción del 0,2% anual (Prebisch, 1963).

En América Latina el crecimiento de la producción agrícola ha fluctuado bastante. Mientras la producción en México creció durante 10 años (1952-1961) en un 85%, en Brasil en un 50% y en Venezuela en un 40%, la producción agrícola de Argentina aumentó sólo en un 6%, la de Chile en un 4% y la de Cuba en un 2%. En Uruguay se registró una disminución de la producción agrícola (Cole, 1965).

Cerca de la mitad de la población agrícola de América Latina aún practica una economía similar a la economía de subsistencia y produce sólo un pequeño excedente sobre sus propias necesidades. En consecuencia esta población consume un promedio de 2.000-2.400 calorías diarias, mientras que una dieta adecuada incluye 3.000 calorías diarias (Malavolta y Neptune, 1974).

## PRODUCCION DE CULTIVOS DE EXPORTACION

En muchos países en desarrollo, la producción para la exportación constituye la mayor parte de la agricultura comercial y es la principal fuente de ingreso de divisas extranjeras. Los cultivos para la exportación constituyen generalmente “pequeñas islas de producción con orientación de mercado ubicadas en medio de un mar de economías campesinas estancadas” (Buchanan, 1971).

A excepción de los países poseedores de importantes recursos minerales, tales como los grandes depósitos de petróleo en Venezuela, los productos agrícolas tropicales como café, cacao, banano, té y azúcar, aportan un 75% y frecuentemente más del 80% del valor total de las exportaciones (McPherson, 1968).

En América Latina la agricultura es una de las principales fuentes de ingreso de divisas: en 1968 los alimentos y otros productos agrícolas constituyeron el 54% del total de exportaciones de América Latina. En el período base de 1960-62 hasta 1968-70, la tasa promedio anual de incremento de las exportaciones agrícolas fue de un 4,4% y la de importaciones de un 6,5%, la participación de esta región en las exportaciones e importaciones mundiales en 1970 fue de 14,7% y 3,9% respectivamente. Durante 1961-70, el valor de las exportaciones agrícolas de la región aumentó en un 60%. Las exportaciones agrícolas de América del Sur aumentaron constantemente, aproximándose a un 67%. Las importaciones agrícolas de la región en general también mostraron una tendencia de aumento en el período 1961-1970; su valor aumentó en un 88%. Sin embargo existen marcadas diferencias

geográficas: en América Central aumentaron en un 178%, mientras que en América del Sur, sólo un 46% (Inter American Development Bank, 1972).

Varios países en desarrollo se basan en un cultivo único que constituye la mayor parte de sus exportaciones agrícolas. En los países andinos de América Latina, tres productos constituyen el 90% de sus exportaciones. Esta concentración en un número limitado de materias primas para la exportación causa una gran vulnerabilidad en la economía de estos países y una dependencia de ellos en otras naciones.

La agricultura en estos países está, por lo tanto, basada en métodos primitivos de producción de alimentos para consumo propio, por un lado, y en una dependencia de un número limitado de cultivos de exportación por el otro.

## **PROVISION DE MATERIAS PRIMAS PARA EL PROCESAMIENTO**

Aquellas industrias que dependen de productos agrícolas locales son generalmente las más viables desde el punto de vista económico, mientras que las que dependen de materias primas importadas están frecuentemente obstaculizadas por la escasez de divisas extranjeras requeridas para financiar las importaciones necesarias.

## **LA TRANSFERENCIA DE FUERZA LABORAL AGRICOLA A OTRO TIPO DE OCUPACIONES**

A pesar de que la agricultura continúa siendo la fuente principal de empleos en América Latina, el porcentaje de la fuerza laboral empleada en este sector muestra grandes fluctuaciones en los distintos países. Haití, Honduras y Guatemala, en un extremo de la escala, ocupaban en 1970, más de la mitad de su fuerza laboral en actividades agrícolas, mientras que en Costa Rica, Brasil, Colombia, Perú, Panamá y México, trabajaban en la agricultura entre un 39% y un 46% de la población económicamente activa. En Chile y Venezuela el sector agrícola proveía empleos para un 21,1% y 20,8% de la fuerza laboral (Inter American Development Bank, 1972).

Una situación en la cual una proporción muy grande de la población se ocupa en la agricultura, es incompatible con el mejoramiento del nivel de vida de la población rural y con el desarrollo de la economía nacional en su totalidad. Tal situación no puede sostenerse por largo tiempo.

A medida que se disponga de oportunidades alternativas, deberá transferirse gradualmente mayor cantidad de mano de obra de la agricultura a la industria y a otros servicios. A fin de evitar una

merma en la producción agrícola debido a tal transferencia, es esencial que se produzcan cambios radicales en los métodos de producción. La agricultura tradicional se caracteriza por una marcada estacionalidad en la demanda de mano de obra durante los períodos cumbres de trabajo, tales como la preparación del terreno y la siembra, desmalezamiento y cosecha.

Mientras que el total del sector agrícola se caracteriza por un subempleo en ciertos períodos del año, la escasez de mano de obra puede sentirse en realidad.

Por lo tanto, para liberar permanentemente mano de obra para la industria y los servicios sin que disminuya la producción agrícola, es necesario aumentar la productividad por hombre, principalmente durante los períodos críticos de requerimiento de mano de obra, y/o reducir las variaciones estacionales de éstos. Lo primero puede lograrse gradualmente mediante el uso de mejores herramientas, la introducción de tracción animal y finalmente la mecanización; lo segundo puede lograrse mediante una diversificación bien planificada de la producción.

## **PROVISION DE CAPITAL PARA SU INVERSION EN EL DESARROLLO INDUSTRIAL**

En las primeras etapas del desarrollo, la agricultura constituye generalmente la fuente principal de capital para invertir en la industria y la infraestructura.

Cuando el aumento de la productividad de trabajo en la agricultura excede al incremento de los niveles de consumo de la población rural, se puede usar gran parte del incremento de la producción agrícola para financiar la formación de capital en otros sectores de la economía. Esto es cierto cuando el incremento de la producción de la granja agrícola requiere sólo pequeños desembolsos de capital, e incrementos modestos en otros insumos (Johnston, 1962).

El incremento en la producción de la granja y en su productividad, facilita también la acumulación de capital en otros sectores de la economía, al reducir el costo de los alimentos.

El ejemplo clásico del papel que juega la agricultura en la provisión de capital para el desarrollo industrial es del Japón, que impuso grandes impuestos a su agricultura durante el período de rápida industrialización de este país.

Un "estrujamiento" excesivo de la agricultura obstaculizará no sólo el desarrollo agrícola, sino también restringirá el crecimiento industrial. La agricultura no puede servir como fuente significativa de capital de inversión en la industria, a menos que se inviertan en la infraestructura y en los servicios requeridos para el desarrollo agrícola, sumas substanciales de fondos privados y públicos, como por ejemplo, para investigación, educación rural, trabajos de riego, transporte, etc.

## **CREACION DE UN MERCADO EN EXPANSION PARA NUEVAS INDUSTRIAS**

Una agricultura de bajos niveles de ingreso es uno de los obstáculos principales para el desarrollo de mercados locales remunerativos para las industrias locales, ya que la capacidad industrial puede exceder en alto grado a la demanda efectiva. El mercado efectivo de muchos de los países en desarrollo, no es mayor que el de una ciudad europea de tamaño moderado.

No obstante, a medida que los ingresos provenientes de la agricultura aumentan como resultado de la modernización, la población rural puede proveer a un mercado local mayor; esto es un requisito previo para hacer posible a las industrias locales alcanzar un volumen de producción y ventas que las transforme en viables desde el punto de vista económico.

La introducción de variedades mejoradas de trigo y arroz, por ejemplo, fue la causa directa de un aumento considerable de superficies regadas en varios países. Como consecuencia de esto se originó una demanda nueva y vasta de bombas de riego y de pozos de agua. En India, el número de bombas producidas por la industria local aumentó de 67.000 en 1956, a 200.000, en 1967, ya cerca de 400.000 en 1970, originando así empleos para alrededor de 250.000 obreros en la producción de acero, en la manufactura de bombas y en su distribución (Brown, 1970).

Por lo tanto, el fracaso en el desarrollo de las potencialidades para la producción agrícola impedirá el progreso económico en general y la industrialización en particular.

## **NECESIDAD DE TRANSFORMAR LA AGRICULTURA TRADICIONAL**

A pesar de que la importancia del desarrollo de la agricultura parece evidente por sí misma, muchos países en desarrollo han otorgado muy baja prioridad a este sector de la economía. Como los países más ricos del mundo son los países industrializados, aparentemente parecería lógico concentrar todos los esfuerzos y recursos disponibles en la industrialización. Una agricultura de subsistencia es característica de una economía rural retrasada. Por lo tanto, se concluye que debe realizarse un mayor esfuerzo en transformar la agricultura y no en perpetuar negligentemente el retraso en esta área vital.

La agricultura de subsistencia se caracteriza por tener recursos de capital muy limitados, por la ignorancia de técnicas modernas y por el aislamiento de influencias externas y de medios de aprendizaje. Estas características tienden a perpetuar la situación existente (Poleman, 1964), Fig. 4.2.

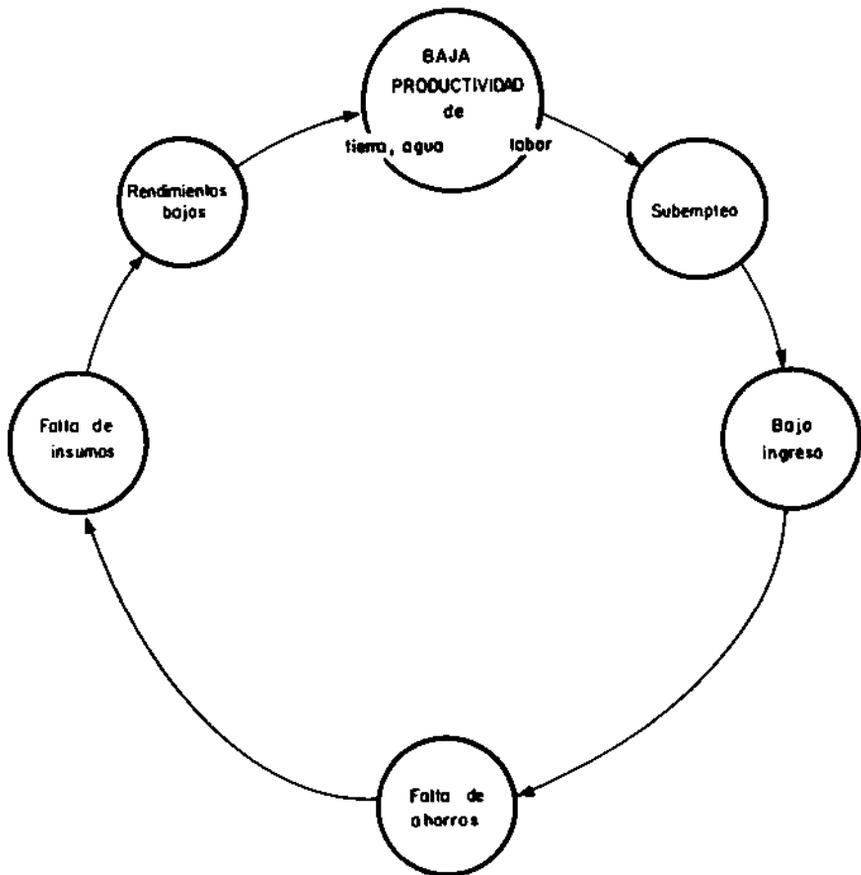


Fig. 4.2. Círculo vicioso perpetuando la baja productividad de la agricultura de subsistencia.

A pesar de los grandes avances de la tecnología agrícola en el curso del Siglo XX, la mayoría de los agricultores en los países en desarrollo están aún ubicados en la clase de subsistencia. En México, que ha sido un país pionero en lo que respecta a la "revolución verde", el 70% de los agricultores continúan produciendo a un nivel de subsistencia. En la mayoría de los otros países en desarrollo, la situación es aún peor. En una escala mundial, las granjas de subsistencia constituyen cerca de un 40% de la tierra cultivada, y sustentan a un 50-60% de la humanidad (Wharton, 1969).

Una agricultura tradicional o de subsistencia no puede contribuir en gran medida al desarrollo total de un país, debido a que su capacidad de producción es baja y la mayor parte de los ingresos se usa para

alimentar a los mismos productores de alimentos. La agricultura de subsistencia es característicamente pobre “dado que los factores de los cuales depende la economía son incapaces de una mayor producción, bajo estas circunstancias”. El simple incremento en la aplicación de factores tradicionales de producción en la situación reinante, otorga una tasa de retorno tan baja que no induce a posteriores inversiones. Por lo tanto, sólo será posible un gran cambio si se proveen “mejoramientos en la calidad de los insumos”, es decir, nuevos insumos agrícolas con un grado de retorno relativamente alto. Todos estos “nuevos” insumos de potencial promisorio deben provenir de factores **externos** a la agricultura tradicional, ya sean variedades mejoradas, fertilizantes, equipo o pesticidas, y su éxito dependerá del uso eficiente que se les dé a estos insumos.

La FAO (1969) sugiere el orden de magnitudes implicado en el aumento de insumos modernos requeridos.

CUADRO No. 4.1. Insumos técnicos requeridos por la agricultura de los países menos desarrollados (FAO, 1969).

(en millones de dólares)

	Actual (1962)	Proyectado (1985)
Fertilizantes	664	7.838
Productos químicos para la protección de los cultivos	180	2.077
Equipo animal	625	720
Mecanización	575	2.675

### DEPENDENCIA DEL DESARROLLO AGRICOLA EN OTROS SECTORES DE LA ECONOMIA

Previamente se trató el papel esencial que juega la agricultura en la evolución de los medios para un despegue hacia el crecimiento auto-sostenido. No obstante, la agricultura no puede desarrollarse en forma aislada; su desarrollo posterior depende por completo de la expansión de las actividades no agrícolas.

El desarrollo de la agricultura consiste en la transformación gradual de una agricultura de subsistencia a una producción orientada al mercado y en la adquisición de insumos de producción de otros sectores de la economía. Una condición previa a esto es la existencia de una población no agrícola con un nivel razonablemente alto de vida. Por esta razón, el desarrollo industrial posee un profundo efecto sobre la agricultura. Al hacer posible un rápido aumento de los ingresos, el desarrollo industrial crea amplios mercados para la producción

agrícola. Así mismo, se producen cambios en las estructuras y en las normas sociales que influyen a su vez sobre los valores y la conducta de los agricultores y produce un impacto sobre la tecnología agrícola.

La agricultura moderna depende también del suministro de productos industriales, maquinarias, productos químicos, materiales envasados, etc. Anteriormente, el agricultor proveía por sí mismo las semillas que requería, mantenía la fertilidad del suelo con abonos orgánicos, estiércol, cultivos de cobertura de suelos, controlaba malezas, pestes y enfermedades de la mejor manera que podía, y usaba herramientas de trabajo simples, hechas en su casa. La esencia de la modernización de la agricultura consiste en el uso de variedades "mejoradas", producidas por reproductores de semillas, en la compra de fertilizantes, herbicidas, y productos químicos para el control de enfermedades y pestes, en herramientas de trabajo y maquinarias producidas (Jones, 1971).

La agricultura tiene más éxito en aquellas regiones donde la industria y otros recursos (tales como minería, turismo, etc.) promueven y comparten los costos del desarrollo de una infraestructura adecuada de rutas, comercio, servicios y amenidades. Por lo tanto, el desarrollo agrícola y el industrial son altamente interdependientes y complementarios entre sí.

Las industrias que procesan los productos agrícolas (tales como productoras y refinadoras de aceite que producen aceites vegetales y jabones, moledoras de cereales y legumbres, producción textil, producción azucarera y de almidón, conservas de alimentos, etc.) hacen posible la diversificación de la producción agrícola. Un moderno procesamiento de alimentos aporta también una contribución considerable a la economía de un país al reducir los sobrantes y al prevenir las superabundancias estacionales. La integración de las industrias en las áreas rurales posee otros beneficios adicionales: reduce la emigración masiva de la población rural hacia las ciudades, y como corolario, mejora el nivel de los servicios provistos a la población rural en lo que respecta a salubridad, educación, cultura, etc. Los mercados locales para los productos agrícolas incrementan la remuneración de los agricultores; la producción de materias primas para las industrias locales diversifica la agricultura y la labor estacional en la agricultura, suministrando pleno empleo a lo largo del año.

Taiwán constituye un ejemplo interesante sobre la acción recíproca entre la agricultura y los otros sectores económicos.

En un comienzo, en la década del sesenta, se le dio una marcada prioridad al desarrollo agrícola, ésta tuvo como resultado una demanda potencial de insumos agrícolas manufacturados. Simultáneamente, se logró una distribución equitativa de la tierra, llevando a la práctica la reforma agraria; esto trajo como resultado una distribución de ingresos más justa, y originó un mercado para bienes de consumo en las áreas rurales. Se establecieron organizaciones campesinas, que fueron fortalecidas, haciendo posible la compra de insumos agrícolas y

la venta de productos agrícolas. En la industria, se estimularon firmas que usaban métodos de producción de intensidad de trabajo, creando así un rápido crecimiento de las oportunidades de empleo para el excedente de mano de obra rural. Como consecuencia, el salario real aumentó rápidamente en el sector agrícola y en el industrial, y la diferencia entre el salario urbano y rural prácticamente desapareció (Griffen, 1973).

En resumen el factor limitante en el proceso de desarrollo económico puede ser el incremento inadecuado de la producción agrícola, o el crecimiento inadecuado de un sector no agrícola vinculado a la industria y a los servicios.

El desarrollo agrícola e industrial son interdependientes y ninguno de ellos debe tratarse negligentemente si se desea que el desarrollo se lleve a cabo a un ritmo aceptable. Es necesario que el avance en ambos sectores sea complementario, que la agricultura produzca alimentos para la población local y para la exportación, al mismo tiempo que materias primas para la industria local y que ésta a su vez produzca insumos para una agricultura moderna y bienes de consumo para la población en su totalidad.

## FOMENTO DE TECNOLOGIAS MEJORADAS

Se ha estimado que la producción agrícola en América Latina tendrá que aumentar a razón de un 4-6% anual; esto quiere decir que la producción agrícola deberá incrementar en más del 130% en los próximos 20 años, mucho más que el crecimiento registrado durante los 20 años precedentes. Este aumento de la producción deberá lograrse, principalmente mediante el aumento del **rendimiento** por unidad de tierra, más que por el aumento de superficies cultivadas, como se logra en la actualidad (Prebisch, 1971).

Los cambios en los rendimientos por hectárea pueden considerarse, al menos parcialmente, como un índice de la medida en la cual América Latina está aplicando nuevas tecnologías a su agricultura.

En el período transcurrido entre 1961-1971, los rendimientos regionales de trigo aumentaron en un 20%, comparado con el aumento de un 42% logrado en los Estados Unidos. En México se registró un aumento de un 60% en los rendimientos de trigo, comparado con un aumento de un 8% en Argentina durante la misma década.

El rendimiento del maíz por hectárea aumentó en un 22% en América Latina y en un 39% en los Estados Unidos. En Canadá, los rendimientos del maíz en 1970 fueron más de 200% mayores que en América Latina. Sin embargo, se registraron aumentos significativos en los rendimientos del maíz en Chile y en El Salvador.

Los rendimientos del arroz disminuyeron en América Latina en un 6%, en el período transcurrido entre 1961 y 1971. En Brasil y en Chile se registró una disminución de la producción por hectárea,

mientras que el resto de los productores demostraron un aumento de la producción.

En América Latina en general, la fibra de algodón registró un aumento de producción por hectárea de un 21% entre 1961 y 1971, mientras que la producción de caña de azúcar por hectárea aumentó sólo en un 10%. En 1971, el rendimiento del algodón en los Estados Unidos era un 40% mayor que en América Latina, en Europa un 77% mayor y en Australia un 69%. El rendimiento de la caña de azúcar en 1971 era 29%, 50% y 24% mayor en los Estados Unidos, Europa y Australia respectivamente, que en América Latina (Inter American Development Bank, 1972).

Estas cifras indican que aún cuando existe en América Latina una marcada tendencia de modernización de la agricultura, la región en general está retrasada con relación a los países desarrollados. La tasa de adopción de nuevas tecnologías no es sólo muy diferente en los distintos países de América Latina, según lo demuestran las cifras mencionadas, sino que en algunos países el progreso se ha limitado a ciertos sectores que forman islas de modernización dentro de una economía que es predominantemente de subsistencia.

La agricultura moderna es muy dinámica y flexible. Al reemplazar un cultivo por otro y al acomodar la tecnología a nuevas situaciones, la agricultura moderna responde rápidamente a los cambios producidos en la demanda de productos agrícolas. La agricultura moderna se caracteriza por un incremento continuo de la productividad en términos de rendimientos de cultivo o rendimiento por obrero.

La transformación de la agricultura tradicional en agricultura moderna está acompañada de cambios profundos en los factores de producción y de la importancia relativa de cada uno de ellos. La cadena de sucesos que conduce al logro de mayores ingresos por los agricultores se indica en la Fig. 4.3.

Para que tengan éxito los esfuerzos que incumben a la transformación de la producción agrícola, es necesario desarrollar simultáneamente cuatro funciones relacionadas entre sí (Fig. 4.4):

- a. **la generación de tecnología nueva** adecuada a las condiciones específicas de la región y a sus recursos;
- b. **transferencia efectiva de la nueva tecnología al agricultor.** Esto requiere educación y entrenamiento para lograr receptividad por parte del agricultor a nuevas ideas y para capacitarlo a aplicar las nuevas tecnologías, y un servicio de extensión eficaz que pueda vincular la investigación con el agricultor;
- c. **la provisión de condiciones esenciales,** como por ejemplo, incentivos para motivar al agricultor a cambiar sus métodos de producción a pesar de los riesgos existentes, como la fijación de precios adecuados, crédito, reforma agraria y otras medidas, y

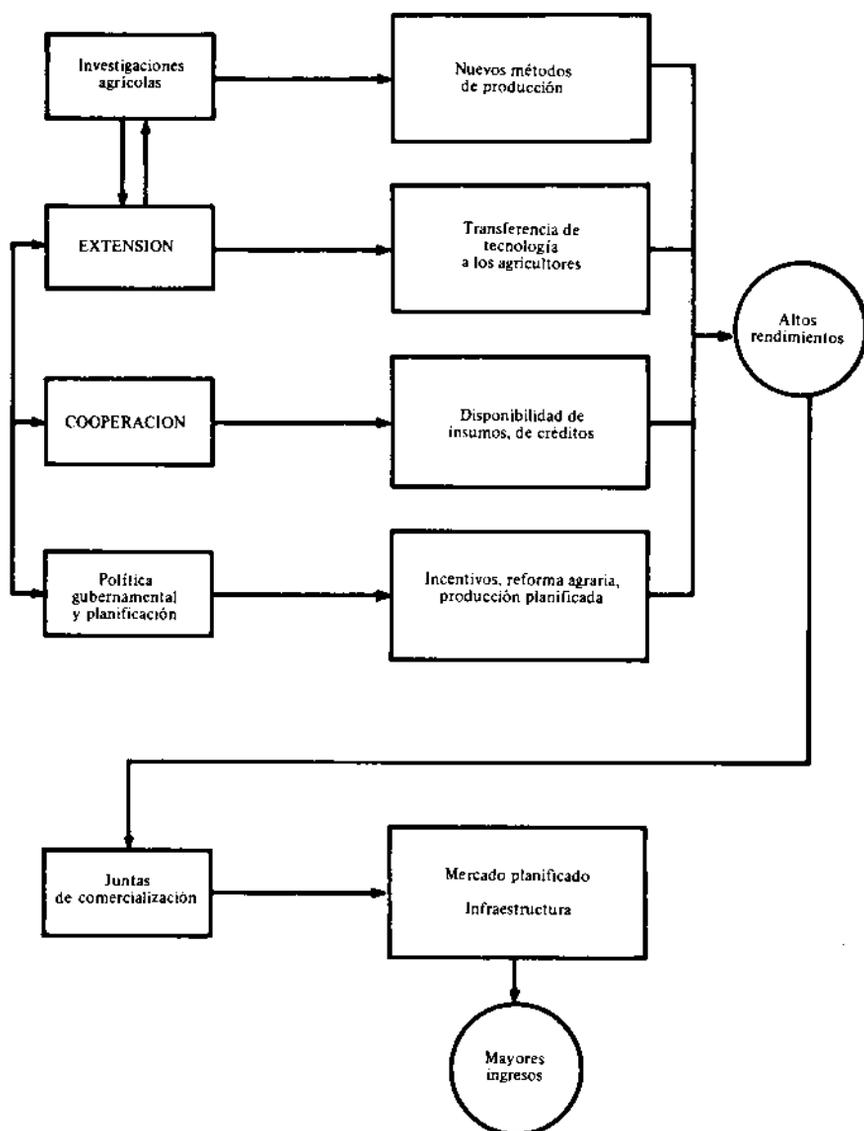


Fig. 4.3. Esquema de la cadena de sucesos que conducen al logro de mayores ingresos por los agricultores.

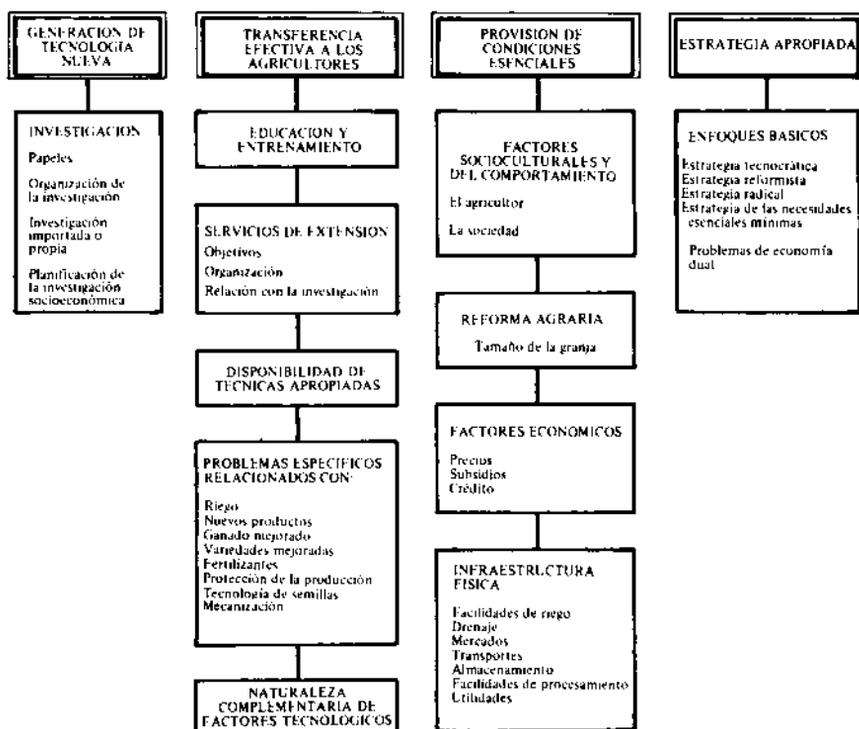


Fig. 4.4. Fomento de tecnologías mejoradas.

un complejo de **infraestructura** que preste servicios a la producción agrícola, capaz de proveer el abastecimiento y las facilidades necesarias para la producción y la comercialización. La transición de una agricultura tradicional a una agricultura moderna implica la necesidad de nuevas formas sociales y de cambios estructurales en la sociedad rural que permitan al agricultor superar las nuevas complejidades cada vez que afrontará con mayor intensidad;

- d. la formulación de una **estrategia apropiada** para fomentar el cambio tecnológico. "El proceso de cambio tecnológico no es comprendido debidamente, incluso en países avanzados, y los problemas relativos a la generación de un proceso así en la tenue atmósfera económica de los países en desarrollo no ha sido investigada sistemáticamente" (Edwards, 1973). No obstante estas limitaciones, el cambio tecnológico debe planificarse, se deben tomar decisiones sobre estrategias y prioridades, y deben

anticiparse las consecuencias económicas y sociales de estas decisiones. Estos problemas serán analizados en detalle en los capítulos siguientes.

## BIBLIOGRAFIA

1. BROWN, L. R. R. *Seeds of change*. New York, Praeger, 1970. 205 p.
2. BUCHANAN, K. Profiles of the third world. In Mountjoy, A. M. ed. *Developing the underdeveloped countries*. Basingstoks, McMillan, 1971. pp. 17-44.
3. COLE, J. P. *Latin American; an economic and social geography*. London, Butterworths, 1965. 468 p.
4. EDWARDS, E. O. *Employment in developing countries*. New York, Ford Foundation, 1973. (Mimeographed).
5. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Tentative indicative world plan*. Rome, 1969.
6. FRANK, A. G., COCKROFT, J. D. y JOHNSON, D. L. *Economía política del subdesarrollo en América Latina*. Buenos Aires, Signos, 1970.
7. GRIFFEN, K. Policy options for rural development. In Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment, Ibadan, Nigeria, 1973.
8. INTERAMERICAN DEVELOPMENT BANK. *Economic and social progress in Latin America*. Washington, D.C., 1972.
9. JOHNSTON, B. F. Agricultural development and economic transformation. *Food Research Institute Studies* 3:223-276. 1962.
10. JONES, G. *The role of science and technology in developing countries*. London, Oxford University Press, 1971.
11. KUZNETZ, S. *Economic change; six lectures on economic growth*. Glencoe, Ill, Free Press, 1959. 122 p.
12. MALAVOLTA, E. y NEPTUNE, A. M. L. Recent developments of K fertilization in several countries of Latin America. In *Potassium research and agricultural production*. Berne, International Potassium Institute, 1974. pp. 231-250.
13. McPHERSON, W. W. Status of tropical agriculture. In \_\_\_\_\_ . ed. *Economic development of tropical agriculture*. Gainesville, Fla., University of Florida Press, 1968. pp. 1-22.
14. MYRDAL, G. *The 1965 McDougall memorial lecture*. Rome, FAO, 1965.
15. NICHOLLS, W. H. Development in agrarian economies; the role of agricultural surplus, population pressures, and systems of land tenure. In Wharton, C. R. Jr. ed. *Subsistence agriculture in economic development*. Chicago, Aldine, 1969. pp. 296-319.
16. POLEMAN, T. T. *The Papaloapan project; agricultural development in the Mexican tropics*. Stanford, Stanford University Press, 1964. 167 p.
17. PREBISCH, R. *Hacia una dinámica del desarrollo Latinoamericano*. México, Fondo de Cultura Económica, 1963. 212 p.

18. PREBISCH, R. Change and development. Latin America's great task. New York, Praeger Publishers, 1971.
19. WHARTON, C. R. Jr. The green revolution; Cornucopia or Pandora's box. *Foreign Affairs* 47:464-476. 1969.

# CAPITULO 5

## GENERACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS

### EL PAPEL QUE JUEGA LA INVESTIGACION AGRICOLA

El medio ambiente físico en el cual se practica la agricultura tropical y subtropical tiene algunas características inmutables. Estas pueden hacer la producción agrícola más difícil, o pueden proveer condiciones potencialmente favorables, que pueden dar a estas regiones ventajas competitivas en relación a las zonas templadas. Para poder sobreponerse parcial o completamente a las limitaciones impuestas por las condiciones ambientales naturales y para hacer más eficaz el uso de los recursos potenciales favorables, es esencial la investigación agrícola.

Al analizar los factores que contribuyen al progreso rural en la India, Mellor et al, (1968) aseveran: “la lección obvia es, que el primer paso de un programa de desarrollo agrícola debe ser la iniciación de un programa de investigación substancial y altamente integrado, relacionado directamente a los problemas de la granja, por un lado, y a la investigación básica y a los logros de otros países, por el otro”.

Los principales problemas que la investigación agrícola debe solucionar los constituyen las modificaciones del medio ambiente, cuyo propósito es hacer posible un nivel de producción más elevado de plantas y animales para que reaccionen más favorablemente a los insumos físicos y mayor protección frente a los peligros de la naturaleza.

El científico agrícola debe estar consciente de varios obstáculos económicos, humanos, y sociales que pueden impedir la adopción de nuevas prácticas.

Los motivos de rechazo, o de falta de eficacia de gran parte de la investigación agrícola llevada a cabo en países en desarrollo se atribuyen a los siguientes factores (Bunting, 1971):

- a. la investigación ha sido fragmentada en una serie de disciplinas especializadas;

- b. el conjunto de innovaciones no ha sido diseñado como un todo;
- c. algunos investigadores están motivados desde su primer propósito por la atracción profesional e intelectual de la ciencia pura;
- d. la imposibilidad de aplicar tecnologías agrícolas avanzadas desarrolladas en regiones templadas, a condiciones ecológicas completamente diferentes;
- e. la concentración de la investigación agrícola en productos de exportación, que no siempre pueden adaptarse a sistemas agrícolas locales, y la consecuente negligencia del cultivo de alimentos.

Probablemente el motivo más importante para no aceptar los resultados de la investigación en los países en desarrollo es porque la nueva tecnología es inadecuada, ya sea porque no es relevante a un medio ambiente social o por factores económicos.

Una premisa convencional, generalmente aceptada, es que la función de la investigación agrícola se ha cumplido cuando un problema dado ha sido solucionado en el laboratorio o en el campo de experimentación. La tarea de lograr que estos resultados sean adoptados en la práctica agrícola, está según esta filosofía, a cargo del Servicio de Extensión. En la práctica, la consecuencia de tal premisa es la formulación de propuestas tecnológicas que frecuentemente no son apropiadas a las condiciones de trabajo de la mayoría de los campesinos.

Este desinterés en aplicar las recomendaciones de la investigación conduce al enajenamiento del investigador con respecto a los verdaderos problemas de la comunidad agrícola.

Se admite cada día más la premisa de que la responsabilidad del investigador está involucrada hasta el punto en el cual la posibilidad de aplicar las nuevas propuestas por el campesino ha sido probada.

Esta situación condujo a la formación de equipos de “investigaciones preextensión” que fueron iniciados en El Senegal.

Estos equipos prueban los métodos desarrollados en las estaciones experimentales, en condiciones semejantes a las de la agricultura de subsistencia, para investigar si los campesinos están en condiciones de adoptarlos. Se investigan los obstáculos técnicos, económicos y sociales que actúan de barrera para la adopción de las innovaciones propuestas, y se identifican las modificaciones necesarias para hacer posible su adopción por los diferentes grupos de agricultores.

Las metas principales de la “investigación preextensión” son:

- a. Diseñar modelos de sistemas de producción aplicables en el ambiente campesino existente.
- b. Suplir la información básica con el fin de dar orientación a la investigación agrícola y a la planificación del desarrollo.

- c. Desarrollar una metodología para la difusión más eficiente de las innovaciones tecnológicas que sea compatible con los medios disponibles y con la participación activa de los mismos agricultores.

Los equipos de “investigación preextensión” son multidisciplinarios, incluyendo agrónomos, economistas, sociólogos y especialistas en extensión.

## INVESTIGACION “IMPORTADA” O INVESTIGACION “PROPIA”

En todas partes del mundo se llevan a cabo gran cantidad de trabajos de investigación agrícola. Por lo tanto es lícito dudar acerca de la necesidad de investigación en los países en desarrollo. La investigación puede parecer un lujo en un país que está tratando de establecer una economía sana, que carece de personal adiestrado y cuya población agrícola es aún primitiva. Cabe preguntar si la lógica elemental no obliga a un país en desarrollo a concentrarse en la divulgación y aplicación de los conocimientos ya disponibles en otros países y que pueden encontrarse en los numerosos textos, boletines, y periódicos dedicados al progreso agrícola, conocimientos que aumentan diariamente a un ritmo tal que hacen prácticamente imposible estar actualizado acerca de las innovaciones. En otras palabras, ¿debería el limitado personal disponible con instrucción adecuada dedicarse a la extensión en lugar de la investigación? .

Sin embargo, esta lógica aparente constituye una peligrosa falacia y una política basada en ella sería autodestructiva. La transferencia directa de la tecnología desarrollada mayormente en las zonas templadas y para cultivos templados, a las regiones subtropicales y tropicales, en donde se encuentra la mayor parte de los países subdesarrollados y en desarrollo no es factible, y en ciertos casos fue la causa de considerables daños. Los principios básicos pueden establecerse en cualquier parte del mundo, pero su aplicación a un medio ambiente específico requiere equipos de investigación local que trabajen bajo condiciones locales (Arnon, 1978).

Por ejemplo, se acepta cada vez con mayor convicción que los métodos para una producción mejorada de arroz no pueden ser transferidos inmediatamente de los Estados Unidos y Japón al sudoeste de Asia. La ecología de los trópicos monzónicos, así como las relaciones entre costos y precios, descartan la transferencia directa de la tecnología existente para producción de arroz sobre la base de consideraciones tecnológicas y/o económicas. Lo que sí puede transferirse es la capacidad de enfocar los esfuerzos científicos hacia problemas técnicos de significado económico y la pericia originada al resolver problemas similares, aunque esto se haya realizado en un medio ambiente diferente (Ruttan, 1968).

En resumen, el proceso de adaptación no es un proceso sencillo y muchos de los esfuerzos para promover la adopción de tecnologías conocidas del mundo Occidental han resultado en experiencias que han tenido poco éxito en los países subdesarrollados debido a que han tenido sólo un éxito parcial en la solución de problemas de adaptación (McPherson, 1968).

Los recientes incrementos de rendimiento, en la mayoría de los países en desarrollo, se han logrado principalmente mediante el uso de mayor cantidad de fertilizantes, variedades de cultivo mejoradas, sistemas de control de plagas más efectivos, mejorías en los métodos de plantación, labranza y cosecha, y con el uso más efectivo de los recursos de agua.

Prácticamente todas estas innovaciones son específicamente locales y requieren investigación aplicada a la región en la cual se pondrán en práctica.

Se considerará como ejemplo la investigación fitotécnica. Anualmente se desarrollan y liberan miles de nuevas variedades mejoradas de los principales cultivos en el mundo entero. No obstante, no es suficiente salir a "comprar" variedades mejoradas de cultivos. Es necesario establecer un Servicio de Introducción y las promisorias variedades introducidas deberán examinarse en lo que respecta a su adaptabilidad, resistencia a enfermedades y adaptación tecnológica, de acuerdo a los procedimientos más científicos. Aún la simple "aplicación" de logros científicos desarrollados en otro lugar no es sencilla. Además, si la introducción de nuevas variedades de cultivos se llevan a cabo sin las salvaguardias científicas necesarias, ésta puede provocar daños incalculables al introducir plagas o enfermedades que no existían previamente en el país.

Aún las mejores variedades son prácticamente inútiles a menos que se sitúen bajo las condiciones ecológicas apropiadas de nutrimentos y de agua, duración del día, secuencia de cultivos y control de malezas, plagas y enfermedades, mientras que muchos otros factores deben elucidarse y tomarse en consideración. Estos no pueden determinarse por la simple lectura de textos de estudio publicados en países extranjeros, sino que requieren una investigación apropiada bajo las condiciones locales.

Un ejemplo pertinente es la introducción de la variedad robusta de café en la Costa de Marfil, que alcanzó una amplia distribución y reemplazó a la variedad Kouilou, la cual estuvo sujeta a una epidemia de traqueomicosis. Sólo posteriormente se encontró que la variedad introducida no tuvo éxito en ciertas zonas donde Kouilou solía desarrollarse bien, debido a su mayor susceptibilidad a la sequía (de Wilde y McLoughlin, 1967).

Aunque sean muy buenas las variedades importadas, con el tiempo demostrarán cierta debilidad que limitará seriamente su utilidad. Esto se supera en general por medio de un programa adecuado de mejoramiento fitotécnico, llevado a cabo por científicos locales que actúen

bajo condiciones locales. Tarde o temprano, se desencadenarán situaciones de emergencia: una invasión imprevista de insectos, una enfermedad epidémica inexplicable o cualquiera de las situaciones de emergencia que se representan normalmente en una agricultura progresiva. Estas no pueden atacarse simplemente por medio de la consulta de textos o periódicos, sino que requieren equipos de investigación expertos en las respectivas profesiones y plenos conocedores de las condiciones locales.

El siguiente ejemplo fue citado por Paddock y Paddock (1967): “a fines de la década del 40, llegó a México John Niederhauser y se unió al cuerpo de investigadores de la Fundación Rockefeller. Este investigador tenía el doctorado en Patología Vegetal y varios años de experiencia con trabajos sobre problemas de papa en el Estado de Nueva York. En México, encontró que los cultivos de papa sufrían del mismo problema que en su zona nativa: una enfermedad universal denominada ‘tizón tardío’. Sabía que todo lo que debía hacer era importar papas resistentes al tizón tardío desde Nueva York. Efectivamente, las papas fueron importadas y plantadas y les aseguró a los escépticos agricultores mexicanos que obtendrían extraordinarios resultados. Lo que sucedió fue que las papas sufrieron el tizón apenas emergieron del suelo y no pudo ni siquiera establecer el cultivo. Las papas eran resistentes al tizón de Nueva York pero, a pesar de las teorías sostenidas en aquel tiempo, no eran resistentes al tizón de México. Niederhauser procedió a pulverizar en el modo convencional que estudiara en los Estados Unidos, pero la violencia del ataque del tizón en México lo tomó desprevenido. Trató todos los métodos que alguna vez escuchara. En su desesperación, llegó a emplear niños para recolectar las hojas afectadas con tizón tardío, a pesar que estaba consciente de la futilidad de esta medida. Una década más tarde, Niederhauser y sus colaboradores produjeron finalmente una variedad de papa que era resistente al tizón mexicano, gracias a los recursos de la Fundación Rockefeller que patrocinó este programa de investigación sobre el tizón tardío. Sólo entonces fueron capaces de proveer al país de un nuevo y revolucionario cultivo alimenticio. Actualmente México es un centro mundial de investigación del tizón tardío”.

En todas partes donde se ha realizado la “revolución verde”, su éxito ha sido el resultado de una acción recíproca del trabajo hecho en centros internacionales de investigación donde se originaron las variedades mejoradas, y la investigación en cada país por separado, que tiene como meta adaptar las prácticas agronómicas a las nuevas variedades, en las condiciones ambientales existentes. La “revolución verde” ha requerido y estimulado una considerable consolidación de programas nacionales de investigación (Johnston y Kilby, 1971).

En aquellas partes de las regiones tropicales donde se llevaron a cabo investigaciones los resultados fueron impresionantes.

En las áreas tropicales de los países en desarrollo se han logrado altos niveles de productividad con bananos, cacao, café, palma de aceite y otros cultivos para la exportación; lo mismo se ha logrado con los cultivos alimenticios en México y en las Filipinas durante los últimos años. Con base en estos ejemplos, McPherson y Johnston (1967) llegaron a la conclusión de que "los altos niveles de productividad en las zonas templadas bien pueden deberse a las diferencias en la investigación y a los esfuerzos para el desarrollo, más que a las diferencias en la dotación de recursos".

La mayor parte de la investigación realizada en zonas tropicales fue dirigida en el pasado hacia cultivos para la exportación. Esto se debió especialmente al apoyo dado por las industrias que usaban estos productos, a la mayor facilidad de financiar investigaciones sobre cultivos de exportación, mediante el amillaramiento entre productores, comerciantes o exportadores, a la estructura de las grandes estancias que facilitaban la adopción de nuevas técnicas e insumos y a los definidos incentivos monetarios destinados a incrementar el rendimiento y su calidad (Oram, 1972). Actualmente es esencial extender la investigación agrícola a otros cultivos y particularmente, al cultivo de productos alimenticios. El éxito logrado con los dos cereales principales, trigo y arroz, ha sido grande. Sin embargo hay varios cultivos importantes de productos alimenticios, como por ejemplo, el cultivo de raíces, tubérculos, legumbres y variedades de aceites que requieren urgentemente programas adecuados de investigación. Otro campo importante para la investigación es el desarrollo de maquinaria agrícola adecuada para granjas familiares, que aumentarían su eficiencia y disminuirían las obstrucciones, causando un desplazamiento en gran escala de la fuerza laboral.

Es un error asumir con base a lo antedicho, que los deberes de los investigadores en una economía de desarrollo están limitados a "resolver problemas inmediatos". El investigador debe abrir camino a nuevos progresos, pensar a más largo alcance que los agricultores y los planificadores y ser la punta de lanza del progreso agrícola. Los investigadores deben estar continuamente atentos a los nuevos avances tecnológicos y a las oportunidades previstas por nuevas informaciones que tengan su origen en las investigaciones básicas realizadas en otros lugares. Sería una negligencia no aprovechar cada uno de los adelantos en el conocimiento agrícola de cualquier parte del mundo, pero aún la evaluación de los adelantos previstos reportados en la literatura científica, requiere personal adiestrado en investigación, que pueda juzgar cuáles de estos adelantos deben examinarse y adaptarse a las condiciones locales y sea capaz de llevar a cabo este trabajo. Como consecuencia de la creciente especialización, sólo los investigadores en un ramo dado, son capaces generalmente de mantenerse actualizados acerca de las innovaciones y de evaluar correctamente la importancia potencial y la aplicabilidad, en sus condiciones

específicas, de los resultados de la investigación básica realizada en otros lugares.

Ruttan y Hayami (1973), en un análisis de largo alcance de los efectos que tiene la transferencia de tecnología en el desarrollo agrícola, llegaron a la conclusión de que el “fracaso de una nación al institucionalizar la capacidad de investigación local puede traer como resultado serios impedimentos en la transferencia efectiva de tecnología internacional”. Uno de los desafíos principales para los países en desarrollo es desarrollar su capacidad científica e institucional para diseñar y adaptar la tecnología específica de una localidad a las dotaciones de recursos y a los ambientes económicos en los que se usará la nueva tecnología agrícola.

Kislev y Evenson (1973), en un estudio intensivo sobre la transferencia de tecnología de países desarrollados a países en desarrollo, especificaron un modelo internacional en el cual la productividad (en la producción de trigo y maíz) no estaba solamente relacionada al programa de investigación de ese país, sino también al programa de investigación de otros países situados en zonas climáticas similares. Se trató de determinar la cantidad de descubrimientos que la investigación logró en otros países, que podrían ser “copiados” o transferidos a un país determinado. Se encontró una relación fundamental que se presenta en la Fig. 5.1.

La Fig. 5.1 muestra que aún cuando un país “copia” o aprovecha los resultados de investigación de otros países, la medida en que se beneficia, depende de su capacidad de investigación propia. El estudio de Evenson-Kislev concluyó que los países que no poseen la capacidad de publicar investigaciones internacionalmente significativas, tampoco tienen la capacidad de aprovechar los resultados de investigación de otros países. Los países que poseían la capacidad de

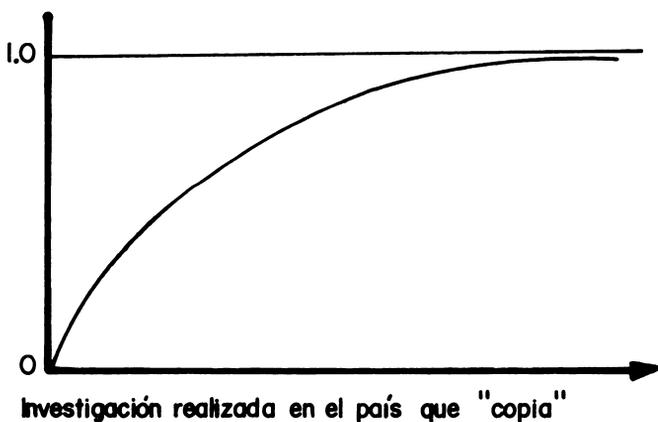


Fig. 5.1. Relación entre la investigación, que puede ser potencialmente “copiada” y los resultados ya copiados.

investigación propia en la producción de trigo y maíz se beneficiaron significativamente de la investigación realizada en regiones similares; sin embargo, no se beneficiaron de la investigación realizada en otras regiones. Los resultados de investigación no son transferidos de zonas de clima templado a zonas de clima tropical, por ejemplo.

El flujo de beneficios de la investigación propia o nacional está constituido por tres componentes: una contribución directa, una contribución por medio de la aceleración de la transferencia de otros países, y una contribución a otros países.

### **Investigación socioeconómica**

En el pasado, la investigación agrícola se dedicó principalmente a los problemas de índole biológico y técnico, mientras que la investigación socioeconómica fue descuidada. Actualmente la investigación socioeconómica está siendo reconocida, en medida creciente, medio importante para evaluar la viabilidad económica de las nuevas tecnologías, para identificar los motivos que imponen su adopción, para analizar los resultados posibles de su uso y para elaborar métodos alternativos para obtener proyectos de desarrollo.

Los estudios sobre la viabilidad económica de nuevas tecnologías requieren el análisis de las relaciones costo/precio, tasas de costo/beneficio, necesidades de crédito y otros factores económicos, a la vez que parámetros sociales relacionados con la motivación y prevención de riesgos. Es posible conducir estos estudios a nivel del agricultor o de la familia individual así como a nivel de aldeas o comunidades enteras (Consultative Group on International Agricultural Research, 1973).

Otros temas que deben estudiarse incluyen la extensión y estructura de la granja (por ejemplo, fragmentación), el problema de la tenencia; los cambios factibles o necesarios para desarrollar mejores estructuras (por ejemplo mediante la reforma agraria); la influencia de los intermediarios sobre los incentivos de los agricultores para incrementar la producción; la influencia de la educación y de los tabús sociales; el papel de las mujeres y los niños; el grado de eficiencia con el cual la tecnología y los conocimientos técnicos relacionados son puestos a disposición de los productores por las instituciones y los servicios gubernamentales; el ajuste de los factores físicos requeridos tales como agua, fertilizantes, etc.

La tarea más difícil que confrontan los investigadores de materias socioeconómicas es, probablemente, la tentativa de analizar, *ex ante*, las consecuencias de la adopción, en gran escala, de las nuevas tecnologías.

Esto puede involucrar indicaciones acerca de la probable intensidad de su impacto en términos del aumento de la producción, del "valor agregado", de la extensión del área de aplicación, de la estructura predominante y de las prácticas agrícolas a las cuales serán apli-

cadás; del número de intermediarios y unidades agrícolas involucradas y del tipo de institución o de infraestructura requerida para lograr beneficios óptimos.

La predicción de las implicaciones en cuanto a los cambios sociales es también de importancia, como son los efectos de la mecanización sobre los requisitos de mano de obra o el uso de nuevas variedades e insumos sobre el costo de la producción, el valor nutritivo del producto, etc. Ello puede entrañar la necesidad de que los científicos planifiquen de nuevo ciertos aspectos de sus lineamientos o aún que introduzcan alternativas menos perjudiciales desde el punto de vista social. Cuando tal análisis previo no es factible, el estudio o la evaluación *ex post* de situaciones análogas en otros lugares, provee a menudo indicaciones muy útiles para la investigación.

Los investigadores de la socioeconomía pueden prestar asistencia a los investigadores en otras disciplinas mediante la programación y el análisis de experimentos de manera que provean no sólo conclusiones científicas sólidas sino también orientación hacia consideraciones económicas. Tal vez sea necesario emplear criterios distintos a los empleados en los países con una economía avanzada en países en vías de desarrollo. A los profesionales en ciencias sociales corresponde un papel mayor en la definición de tales criterios.

## BIBLIOGRAFIA

1. ARNON, I. Organización y administración de la investigación agrícola. Lima, Perú, IICA, 1972. 341 p.
2. BUNTING, A. H. Change in agriculture. London, Duckworth, 1971.
3. CONSULTATIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH. Socio-Economic Research Seminar. Washington, D.C., 1973. (Mimeo).
4. EDWARDS, E. O. Employment in developing countries. New York, Ford Foundation, 1973. (Mimeo).
5. INTERAMERICAN DEVELOPMENT BANK. Economic and social progress in Latin America. Washington, D.C., 1972.
6. JOHNSTON, B. y KILBY, P. Agricultural strategies, rural-urban interactions and the expansion of income opportunities. Paris, O.E.C.D., 1971.
7. KISLEV, Y. y EVENSON, R. Agricultural research and productivity; an international analysis. New Haven, Yale University, 1973. (Mimeo).
8. KUZNETZ, S. Six lectures on economic growth. Glencoe, Ill, Free Press, 1959.
9. LEWIS, W.A. The theory of economic growth. Homewood, Ill., 1955. 453 p.

10. McPHERSON, W. W. Status of tropical agriculture. In \_\_\_\_\_ ed. Economic development in tropical agriculture. Gainesville, University of Florida Press, 1968. pp. 1-22.
11. \_\_\_\_\_ . y JOHNSTON, B. F. Distinctive features of agricultural development in the tropics. In Southworth, H. M. y Johnston, B. F. eds. Agricultural development and economic growth. Ithaca, N.Y., Cornell University Press, 1967. pp. 184-230.
12. MELLOR, J. W. et al. Developing rural India. Ithaca, N.Y., Cornell University Press, 1968. 411 p.
13. MIRDAL, G. The 1965 McDougall memorial lecture. Rome, Food and Agriculture Organization of the U.N., 1965.
14. ORAM, P. A. Accelerating agricultural research in the developing countries. In State of food and Agriculture, 1972. Rome, FAO, 1972. pp. 141-164.
15. PADDOCK, W. y PADDOCK, P. Famine-1975! Boston, Little, 1967. 276 p.
16. PREBISCH, R. Transformación y desarrollo; la gran tarea de América Latina. Washington, D.C., BID, 1970.
17. RUTTAN, V. W. Strategy for increasing rice production in Southeast Asia. In McPherson, W. W. ed. Economic development of tropical agriculture. Gainesville, University of Florida Press, 1968. pp. 155-182.
18. \_\_\_\_\_ . y HAYAMI, Y. Technology transfer and agricultural development. New York, Agricultural Development Council, Staff Paper 73-1, 1973.
19. WILDE, J. C. DE y MCLOUGHLIN, P. E. M. Experiences with agricultural development in tropical Africa. Baltimore, John Hopkins Press, 1967. 2 v.

## CAPITULO 6

# TRANSFERENCIA EFECTIVA DE NUEVAS TECNOLOGIAS A LOS AGRICULTORES

En la mayoría de los países en vías de desarrollo existe una profunda brecha entre el conocimiento disponible sobre tecnología mejorada y las prácticas prevalecientes; el problema más apremiante en el presente y en el futuro es, cómo eliminar esta brecha y asegurar que las innovaciones más importantes sean adoptadas rápida y ampliamente.

Los resultados de las investigaciones no se transforman automáticamente en prácticas agrícolas; incluso en el mejor de los casos, generalmente transcurre un periodo de tiempo considerable entre el desarrollo de una nueva técnica y su práctica. De la misma manera, como los agricultores de los países desarrollados difieren de los agricultores de los países subdesarrollados y en vías de desarrollo, así también difieren los problemas de extensión agrícola.

Según Rogers (1962) el proceso de difusión de una tecnología nueva en una comunidad rural es la siguiente: la innovación es inicialmente adoptada por un pequeño número de agricultores que son lo suficientemente capaces para apreciar el potencial de la innovación, que tienen el dinero para comprar los insumos requeridos y que pueden permitirse los riesgos involucrados (primeros adoptadores).

Cuando la innovación tiene éxito la siguen los agricultores que están menos dispuestos a aceptar riesgos, pero que tienen los recursos necesarios. La innovación se propaga a una tasa en aumento y, finalmente queda sólo una minoría de "rezagados": los más pobres, los ancianos, los conservadores y los que no se arriesgan (Fig. 6.1).

Como consecuencia de este modelo general se derivan dos conclusiones: 1) la extensión no debe dedicarse a los "rezagados", porque forman una pequeña minoría; 2) hay que enfocar todos los esfuerzos de la extensión a los agricultores progresistas que son los más receptivos a las nuevas ideas y tienen los recursos necesarios para adoptarlas. Después de que ellos adoptan la nueva práctica, el resto de los agricultores la adoptarán también.

Esta concepción práctica es especialmente atractiva en los países que son pobres en recursos: humanos y materiales. Ella brinda una apariencia de justificación y legitimación a la tendencia que existe

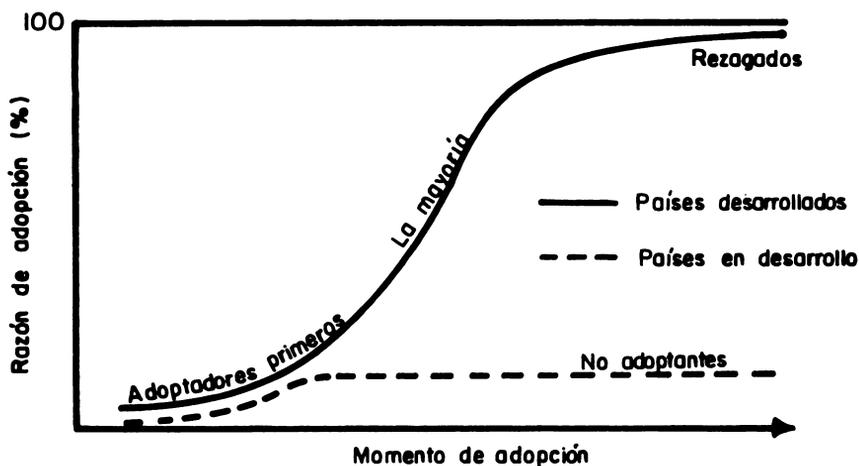


Fig. 6.1. Modelos contrastantes de adopción de una nueva tecnología en los países desarrollados y en las comunidades rurales de los países en desarrollo.

entre los extensionistas de dedicarse, en primer lugar, a los grandes agricultores, con los cuales es más fácil lograr grandes resultados. En algunos países de América Latina, por ejemplo, en los cuales el 1-2% de los terratenientes controlan más de la mitad de la tierra agrícola, reciben una proporción mayor de los esfuerzos de la extensión.

Lamentablemente es en los países pobres donde la difusión de innovaciones no sigue, por lo general, el modelo antes descrito. En estos países, la comunidad rural consiste en una minoría de agricultores que adoptan nuevas tecnologías después de haber sido probadas sus ventajas, y una gran mayoría de campesinos que carecen de los medios para hacerlo. Aún después de que los vecinos más ricos las han probado y adoptado, ellos no siguen su ejemplo.

Por lo tanto, en lugar de una minoría de rezagados, según el modelo aceptado, habrá una mayoría de "no adoptantes", por falta de medios para hacerlo y no por preferirlo así, y sin la intervención activa de los gobiernos, los adoptantes llegarán a ser más ricos y los "no adoptantes" permanecerán pobres.

Como consecuencia de la producción incrementada resultante de la innovación, los países en vía de desarrollo no pueden permitirse la perpetuación de una situación en la cual la mayoría de los campesinos permanecen estancados. Por consiguiente, es esencial adoptar simultáneamente una estrategia doble: aplicar métodos convencionales de extensión para los agricultores que tienen los medios necesarios para adoptar nuevas tecnologías y diseñar programas especiales para hacer posible que el sector en desventaja haga lo mismo.

En resumen, en un país desarrollado el problema es cómo comunicar efectivamente los resultados de la investigación a un agricultor que está mentalmente dispuesto a aceptar nuevas prácticas, que le

darán a su vez mayores devoluciones. Al contrario, en los países subdesarrollados y con vías de desarrollo, se debe resolver no sólo el problema de comunicar información, sino también el de motivar al operador de la granja a aceptar cambios tecnológicos y a usar prácticas avanzadas para su propio bien.

## **EDUCACION Y PERFECCIONAMIENTO**

Si los esfuerzos de la investigación tienen como deber contribuir al progreso agrícola, es un axioma establecer que la transmisión efectiva de los resultados de investigación a los agricultores es esencial. Por este motivo, es necesario que el agricultor posea una base mínima de educación general y que exista un progreso continuo de perfeccionamiento de adultos, así como también niveles de educación adecuados para los que prestan servicios en la comunidad de la granja.

### **Categorías de receptores de educación**

Hay cuatro categorías de personas cuya educación influirá sobre el desarrollo agrícola (Wharton 1965):

- a. **Los agricultores:** incluyen propietarios, operadores, inquilinos, obreros, etc.
- b. **Los que prestan servicios a los agricultores en forma directa:** activistas en la extensión, planificadores del desarrollo, investigadores, etc.
- c. **Los que prestan servicios a los agricultores en forma indirecta:** comerciantes, agencias de crédito, abastecedores de insumos agrícolas, etc.
- d. **Líderes y políticos de todos los niveles:** del nacional hasta los locales.

En este texto se tratarán sólo los requisitos educativos de los dos primeros grupos: los agricultores y los que prestan servicios directos al agricultor.

## **EDUCACION Y PERFECCIONAMIENTO DEL AGRICULTOR**

### **EDUCACION GENERAL**

En los países donde hay gran porcentaje de analfabetismo en la población, una gran mayoría de este porcentaje se concentra en las áreas rurales.

A excepción de Argentina, Chile, Costa Rica, y Uruguay, se le ha dado poca atención a la creación de escuelas situadas fuera de las ciudades o aldeas. Esto significa que los niños del ambiente rural, que viven muy lejos de las aldeas no pueden asistir diariamente a la escuela, y por lo tanto reciben muy poca instrucción. No se ha eliminado el número de niños rurales que no han asistido nunca a la escuela.

Aún cuando se puede influir en personas analfabetas para que usen tecnologías mejoradas e incluso entrenarlas en el uso de maquinaria agrícola, no hay duda de que es más difícil hacerlo que con personas alfabetizadas. La eficacia de los métodos de extensión se ve reducida considerablemente en el primer caso, y requiere mayor número de personas que trabajen en extensión.

La educación de la población rural de Japón se considera como uno de los principales factores responsables del desarrollo de la agricultura en ese país desde el comienzo del siglo.

Se puede resumir la contribución de la educación general al incremento de la productividad agrícola de la siguiente manera:

- a. Provee a los agricultores de conocimientos básicos (lectura, escritura, aritmética) que facilitan la transmisión de conocimientos técnicos, permiten mantener registros de la granja y efectuar los cálculos simples requeridos para tomar decisiones, en lo referente a los beneficios económicos de los insumos propuestos.
- b. Mejora la racionalidad y facilita la superación de obstáculos tradicionales, sociales o culturales que frenan el progreso.
- c. Incrementa la curiosidad y de esta forma mejora la receptividad de nuevas ideas, oportunidades y métodos.
- d. Cambia los valores y las aspiraciones y por lo tanto, fortalece el deseo de economizar y facilita la adopción de nuevas técnicas (Tang, 1961).

Estos cambios de los conocimientos básicos y de las perspectivas son particularmente importantes cuando la administración de pequeñas unidades agrícolas es responsabilidad de un gran número de operadores de pequeña escala, que deben tomar sus propias decisiones a la luz de las condiciones específicas de sus granjas.

### **Nivel de la educación general requerida**

En investigaciones sobre la influencia que tiene la alfabetización sobre la tasa de modernización se reveló que personas que poseen dos o tres años de estudios no se diferencian significativamente en sus

actitudes, de personas que no poseen educación alguna; el umbral de la educación en la mayor parte de los países en vías de desarrollo parece ser por lo menos de cuatro a cinco años de estudios (Rogers, 1969).

De acuerdo a datos recientes, en Colombia, Guatemala y Honduras, sólo del 1% al 4% de los alumnos que comienzan el primer grado, llegan al cuarto. La atmósfera de la aldea tradicional no estimula la lectura; también hay poco material de lectura disponible para mantener el interés y como resultado general, mucha gente olvida en corto tiempo lo poco que aprendió. La práctica que generalmente se sigue en países en vía de desarrollo, es la de tratar de dar un poco de educación a todos. De acuerdo a los resultados mencionados, es esencial asegurar oportunidades educativas que permitan como meta mínima lograr que los niños finalicen una educación postprimaria.

## **EDUCACION VOCACIONAL**

En países en vía de desarrollo, de bajos ingresos, la educación vocacional incluye sólo el entrenamiento de agricultores principiantes; el objetivo principal de esta educación es el de entrenar técnicos que deberán servir a los agricultores, y por lo tanto, este tema se discutirá más adelante.

## **EDUCACION POR MEDIO DE LA EXTENSION**

La extensión es generalmente el medio principal, si no el único por el cual el agricultor adquiere educación en los países en vía de desarrollo.

### **Objetivos**

**Provisión de entrenamientos tecnológicos.** Los agricultores de países en vías de desarrollo requieren tres tipos principales de conocimientos (Wharton, 1965):

- a. **Conocimientos sobre nuevos insumos**, que incrementarán su productividad por unidad de superficie, por su inversión de trabajo y por su capital. Esto requiere información actualizada sobre nuevas variedades de cultivos, razas de animales, agroquímicos, equipo, etc.
- b. **Conocimiento sobre técnicas de producción**, tales como manejo del uso de la tierra y métodos de siembra, tasas y técnicas de fertilización, control efectivo de enfermedades, pestes y malezas, alimentación y tratamiento de animales, etc.

- c. **Conocimiento de los factores económicos de la producción.** El agricultor debe ser no sólo un técnico en alimentos, sino también un hombre de negocios. Debe conocer la variedad de productos que puede producir, debe tener información sobre precios y condiciones de mercado, sobre técnicas de preparación de los productos para el mercado, sobre su procesamiento, almacenaje, etc.

**Influir en el medio ambiente sociocultural de la comunidad agrícola.** Generalmente se acepta que los objetivos del trabajo de extensión en la agricultura no sólo constituyen el logro de una mejora en el sector agrícola por la aplicación de la ciencia y la tecnología, sino que también tienden a fomentar la vida social, cultural, recreacional, intelectual y espiritual de la población rural. También se acepta especialmente en países en desarrollo, que mientras que el servicio de asesoramiento debe adaptarse al marco social existente de los agricultores, éste debe también actuar a fin de fomentar un cambio que conduzca a un marco social más progresivo como prerequisite para el cambio tecnológico.

## EL SERVICIO DE EXTENSION

### Organización

El Servicio de Extensión puede estar organizado de varias formas: estar bajo la responsabilidad del Gobierno, como ocurre en la mayoría de los casos; quedar bajo el cuidado de las universidades; de las asociaciones de agricultores o de los organismos semiautónomos. Cuando el Gobierno es el responsable de la extensión, cada Departamento en el Ministerio de Agricultura puede tener su propio Servicio de Extensión, o puede existir una organización que sea la responsable de la extensión en todos los sectores de la producción agrícola y de la economía rural.

El método de crédito supervisado en conjunto con la extensión se utiliza en diversos países y ha tenido gran aceptación entre los extensionistas. La posibilidad de ofrecer una tasa de interés subsidiada, aunque sea en pequeños préstamos, constituye un medio que facilita a los agentes de extensión obtener la atención y participación de los agricultores, que de otra manera, poco se interesarían en los métodos o proyectos propuestos por los Ministerios de Agricultura.

### Ejemplos de los sistemas de extensión

Existen ciertas diferencias entre los distintos sistemas latinoamericanos de extensión. Estos dependen del tamaño del país de los productos agrícolas de importancia, de las organizaciones de los agricultores y de los aspectos que interesan a éstas, de la estructura de las

ramas agrícolas de los gobiernos, de la magnitud de sus presupuestos y de los tipos de capacitación en las escuelas agrícolas de donde los extensionistas son reclutados (Hopkins, 1969).

En Argentina, el Servicio de Extensión forma parte del INTA, que así mismo dirige las estaciones experimentales. La efectividad del servicio mejoró mucho desde que el INTA fue creado a mediados de la década del 50. En el año 1966 existían 155 Oficinas de Extensión que estaban organizadas en siete centros regionales.

En Chile, el Departamento de Conservación y Asistencia Técnica (DECAT) constituye el Servicio Nacional de Extensión. En el año 1963, éste poseía 53 agencias con 70 agrónomos, 31 demostradoras de economía doméstica y 21 paraprofesionales. En Chile existe asimismo una agencia de crédito supervisado, la cual, al igual que el DECAT, pertenece al Ministerio de Agricultura. Esta agencia lleva a cabo actividades adicionales de extensión, aparentemente poco coordinadas con las actividades del DECAT.

En Perú, el Servicio de Investigación y Promoción Agraria (SIPA), constituye la principal agencia de extensión. En 1962 ésta poseía 50 agencias que empleaban a 129 ingenieros agrónomos, 28 veterinarios, 26 agentes de demostraciones domésticas y 123 ayudantes de campo. Miembros del SIPA han estimado que si se desea abarcar el 50% de los agricultores de Perú, será necesario triplicar el número de agencias, crear 300 subagencias y emplear 900 personas con capacitación técnica. Este número sobrepasa en mucho la cantidad de técnicos que existen en la actualidad en el Perú.

Además del SIPA, las instituciones que realizan extensión agrícola, son las siguientes: el Banco de Fomento Agropecuario, la Sociedad Nacional Agraria y el Programa Andino de la Organización Internacional del Trabajo. Esta situación crea, como consecuencia, la fragmentación y posiblemente la redundancia del servicio, tal como suele ocurrir en otros países.

En México existen varios tipos de organizaciones de extensión. El más grande es el Servicio de Extensión Nacional, que pertenece a la Secretaría de Agricultura y Ganadería. No obstante, tanto los fondos como el personal son limitados.

Existen así mismo otras agencias especializadas en café, maíz, leche, ovinos, mejoramiento de semillas y otras ramas. Además, se llevan a cabo cursos de corta duración para agricultores por intermedio de brigadas (grupos de especialistas) enviadas por la Secretaría de Agricultura, que cuentan con la participación de un gran número de agricultores.

Los servicios de extensión de Centro América se enfrentan con problemas muy similares a los ya enunciados en adición a otros problemas que son el resultado del reducido tamaño y de los limitados recursos de cada uno de los países. La escasez de personal capacitado también se hace sentir en estos países.

En algunos países, las cooperativas de agricultores proveen a sus miembros de asesoramiento e información.

En Argentina, las organizaciones del Consorcio Rural de Experimentación Agrícola (CREA) consisten en 12 a 16 grandes haciendas cada una. Cada grupo emplea un agrónomo u otra persona con capacitación técnica a fin de asesorar a sus miembros en la solución de problemas de organización agrícola y operación de fincas. En 1966 existían 73 organizaciones cooperativas de estudio agrícola de este tipo, que constituían un ente de poderosa influencia para el mejoramiento a nivel de las grandes fincas.

En Brasil, la asistencia técnica la provee la Cooperativa de Cotia y la Cooperativa Central de Cultivadores de Café, en Mogiana.

Colombia constituye un ejemplo de un caso extremo de redundancia de los servicios. Además de los servicios de extensión generales o nacionales, existen instituciones de café, algodón, tabaco, arroz, por lo menos dos agencias regionales dependientes de corporaciones de desarrollo y finalmente, las agencias de extensión dirigidas por algunos de los estados. Es bastante común la existencia de agencias de extensión separadas para el asesoramiento en cultivos y en la cría de animales.

La redundancia de los servicios no sólo incrementa los gastos sino que también perpetúa la monocultura. El entrenamiento y la promoción de empresas de cierto tipo, frecuentemente son opuestos a los objetivos del agricultor, cuyo interés reside en el desarrollo de una combinación empresarial de cultivos y cría de animales que produzca la máxima tasa de retornos posible y que no limite a su finca a la producción de un sólo cultivo excluyendo categóricamente los otros.

### **Número de trabajadores en la extensión**

Determinar el número mínimo de extensiones necesarias para lograr un impacto significativo en la agricultura de una región es un problema difícil. La proporción deseable entre extensionistas y fincas dependerá de las condiciones específicas prevalecientes en cada región, tales como las potencialidades para incrementar la producción o diversificación, el nivel técnico y educativo de los agricultores, la densidad de la población agrícola, la movilidad y dedicación del extensionista, etc.

En una conferencia auspiciada por la FAO, sobre Extensión en Africa Oriental, se llegó a la conclusión de que una proporción entre 1:350 y 1:1000 representa un objetivo mínimo (FAO, 1962).

Los siguientes datos demuestran lo lejos que están la mayoría de los países latinoamericanos de alcanzar estos objetivos mínimos y la gran variedad e intensidad de los servicios en los distintos países (USDA, 1965).

CUADRO No. 6.1. Intensidad de los servicios de extensión en América Latina.

	Número total de empleados	Número de agricultores por extensionista agrícola
Venezuela	332	749
Argentina	544	1005
Chile	154	980
Guatemala	94	11000
El Salvador	70	3200
Honduras	31	5000
Nicaragua	32	1900
Costa Rica	41	1600

El estudio llevado a cabo por el Colegio Superior Centro Americano (CSUCA), demuestra lo lejos que están aún los Servicios de Extensión, cuyo número de empleados es muy limitado, de producir un impacto sobre los agricultores. Este estudio estimó que el número total de contactos entre agentes de extensión y agricultores es igual a un 15% de los agricultores en Costa Rica, un 5% en Guatemala y aproximadamente un 4% en el Salvador y Honduras (USDA, 1965).

## LOS PROBLEMAS DE LA COORDINACION ENTRE INVESTIGACION Y EXTENSION

Mientras que la necesidad de una estrecha cooperación entre investigación y extensión es aparentemente axiomática, su logro en la mayoría de los países constituye una excepción más que una regla. El trabajo de extensión y de investigación están generalmente organizados en diferentes servicios y existe una tendencia general conducente a la separación de intereses y aún a la alineación entre ambos. Esto puede conducir fácilmente a una situación en la cual el extensionista, en lugar de servir de nexo entre la investigación y el agricultor, se transforma, en un obstáculo entre ambos. La falta de contacto entre los investigadores y los extensionistas provoca fácilmente concepciones antagónicas e instrucciones opuestas a los agricultores con el consecuente perjuicio y confusión.

Generalmente todos aceptan que una situación de este tipo es incompatible con las necesidades de la comunidad agrícola y que debe evitarse en los países en desarrollo. No obstante la prédica de esta idea no es suficiente y los problemas no podrán solucionarse sólo mediante contactos a nivel individual.

Ambos servicios, de Extensión e Investigación, aún cuando posean una meta común, difieren básicamente en sus métodos de trabajo y objetivos y, por lo tanto, requieren una maquinaria administrativa diferente y separada con el fin de asegurar su eficiente funcionamiento.

Sin embargo, esto puede fortalecer las tendencias centrífugas, las cuales podrán contrarrestarse por los siguientes medios (Arnon, 1978):

- a. El diseño de un marco de organización común para las dos unidades administrativas, que asegure la máxima cooperación entre ellas, y permita un buen grado de movilidad del personal entre la investigación y la extensión. A esto los franceses denominan: "ambivalencia del personal".  
La política y el programa de los dos servicios deben formularse conjuntamente pero la ejecución de la política es de la responsabilidad de cada uno de los servicios, en lo que concierne a sus propios aspectos.
- b. Reducir las diferencias entre la investigación y la extensión. Para ello se recomienda:
  - 1) Hacer participar a los extensionistas en el establecimiento de programas de investigación, en la determinación de prioridades, etc.
  - 2) Permitir a los extensionistas calificados cooperar en programas de investigación, especialmente en el caso de trabajos experimentales a nivel regional que puedan también servir para propósitos demostrativos.

### **Participación de los agricultores**

La participación de los propios agricultores en el trabajo de extensión, que incluye la formulación de políticas y necesidades, la planificación de programas y su ejecución, es de primordial importancia.

En ciertos casos esto ya se ha realizado. En Argentina, el Instituto de Tecnología Agrícola (INTA) cuenta con comités asesores, comités de agricultores y gente de negocios. Argentina cuenta también con la Sociedad Rural de Experimentación Agrícola (SREA), que son en la práctica, organizaciones de los grandes agricultores que estudian los resultados de los distintos métodos agrícolas utilizados por sus miembros. En 1966 existían 73 grupos cooperativos de este tipo, y cada uno consistía de 12-16 grandes agricultores; cada grupo empleaba un agrónomo u otro especialista, para analizar los avances de las granjas y asesorar a sus miembros en lo referente a la mejoría

de los métodos. En Brasil, dos cooperativas grandes y efectivas proveen servicios y asesoran a sus miembros, y existen algunas organizaciones similares en Perú, Colombia y otros países (Hopkins, 1969).

La vinculación activa de la población rural por medio de los ayuntamientos locales o de otras organizaciones de productores, como las asociaciones de agricultores, puede jugar un papel importante en este asunto.

La contribución de líderes locales apropiadamente elegidos puede ser considerable. Esto es posible no sólo en países desarrollados, sino que puede adoptarse también a países en desarrollo, siempre que se estimule debidamente.

La efectividad de los trabajadores en la extensión agrícola será mucho mayor si al tiempo que tratan de enseñar a los agricultores tradicionales, aprenden de ellos también. Varios intentos de incrementar la productividad de los agricultores tradicionales fracasaron debido a que las personas encargadas de la extensión no estudiaron con prioridad la lógica de los sistemas de los agricultores tradicionales, ni los consultaron al contemplar nuevos métodos de trabajo.

En la Costa de Marfil fue desarrollada la siguiente táctica: motivaron a los agricultores para que tomaran parte activa en la extensión. Con este método, denominado "animación rural", la persona clave es el "animador", agricultor seleccionado por los aldeanos, para actuar de enlace entre los agricultores y los agentes de extensión (denominados "asesores o extensionistas"). Ambos, "animadores" y "asesores", reciben igual instrucción en centros especiales de adiestramiento; los animadores son voluntarios no remunerados y los "asesores" son reclutados y remunerados por el Servicio de Extensión. La ventaja principal de este método es "crear en la aldea un ambiente de receptibilidad al cambio y sentido de participación" (Wilde y McLoughlin, 1967). Esto permite al Servicio de Extensión actuar en forma más eficiente y concentrarse en problemas que urgen de acuerdo al sentimiento de los mismos agricultores. Un sistema semejante funciona con éxito en la India.

### **Trabajo de extensión con gente joven**

Se debe explotar el potencial que tienen los movimientos y organizaciones juveniles como factor educacional. El Club 4-H, desarrollado en los Estados Unidos y adoptado con distintas variaciones en otros países, es un ejemplo de una organización juvenil dedicada a la educación vocacional en la agricultura, economía del hogar y educación en general.

Tales clubes que funcionan con éxito en el Brasil, Chile, Perú, Uruguay, comenzaron sus actividades durante la Segunda Guerra Mundial.

Summers (1962) confirma que la experiencia en varios países ha demostrado que la juventud rural es muy receptiva a nuevas ideas y

puede contribuir considerablemente a influir en las actitudes de la generación mayor. Los movimientos juveniles pueden proporcionar a la juventud rural un sentido de misión, dedicación y valores, que llenan sus vidas de un nuevo contenido.

Una de las mayores ventajas que tienen los países en desarrollo sobre los países desarrollados es que tienen una multitud de desafíos, metas y misiones que pueden ofrecer a su juventud, mientras que los países desarrollados son relativamente pobres en esto y por lo tanto se ven enfrentados a los problemas de una juventud desilusionada, con todos los males que esto conlleva.

## EL EJERCITO COMO FACTOR DE DESARROLLO

El ejército puede ser una fuerza potente porque puede completar la educación de los jóvenes agricultores. Desafortunadamente los ejércitos son aún parte esencial del esquema nacional; sin embargo, pueden utilizarse para propósitos constructivos.

En América Latina existen ejemplos del uso del ejército como factor de desarrollo (Ministry of Defense, 1968).

El Ejército Nacional del Ecuador, dio comienzo en 1966 a su primer programa de Conscripción Agraria Militar (CAME).

CAME constituye un sistema de colonización orientada, en base a un elemento humano calificado receptor de nuevas técnicas de desarrollo agropecuario. El sistema permite que los campesinos ecuatorianos en edad de 20-25 años cumplan con el Servicio Militar obligatorio y al mismo tiempo se benefician del plan de colonización. Además, CAME presta asistencia técnica a las unidades del ejército que disponen de propiedades agrícolas. Dentro de sus objetivos principales CAME contempla un plan de colonización orientada, localizada especialmente en los lugares fronterizos.

En Bolivia, el Comando de Ingeniería del Ejército tiene a su cargo un número de granjas, en los más diversos climas y condiciones ecológicas existentes en el país. Utilizando métodos modernos y prácticas desconocidas en la zona, los destacamentos se convierten en granjas modelo que irradian conocimientos y progreso al campesino.

En estas granjas, los soldados en su período de servicio militar, conjuntamente con la instrucción militar, tienen oportunidad de aprender y practicar nuevos métodos agrícola-ganaderos que luego ponen en práctica en la vida civil.

El Comando de Ingeniería del Ejército estableció en 1966 el Centro de Instrucción Militar Agropecuario (CIMA) con el propósito de emplear esta unidad para planes agrícolas. Dos Fincas-Escuelas Agropecuarias fueron establecidas, una en Chalumani (Yungas) y una Azafranal (Altiplano). En cada una de ellas, los voluntarios desarrollan un entrenamiento práctico y teórico de trabajo agrícola durante un año y se preparan para el retorno a sus hogares en el campo.

Además el CIMA intenta usar un número de Centros Agrícolas como base de colonización interna en la cual exsoldados y civiles establecerán conjuntamente nuevas formas de vida campesina.

El Ejército del Perú encaró varios intentos de colonización y población que resultaron infructuosos, cada vez que una guarnición del ejército se hallaba en la zona de establecimiento, mantenían en su circuito a grupos de poblaciones indígenas, pero tan pronto el ejército abandonaba la región, ellos se dispersaban. Con base a esa experiencia, el Ejército del Perú llegó a la conclusión que no sería posible colonizar nuevas regiones sin prestarles a los pobladores la ayuda pertinente, créditos y asistencia técnica.

Por lo tanto se firmó un acuerdo entre el Instituto Peruano de Desarrollo Agrícola y las autoridades del Ejército, donde se comprometieron a realizar conjuntamente la obra de colonización militar. El Ejército tomó a su cargo la preparación de la base del establecimiento, la construcción de las viviendas, de las instalaciones agrícolas y de los caminos de acceso, así como también la selección de los pobladores — especialmente entre el personal desmovilizado. El Instituto de Desarrollo Agrícola se hizo cargo de conceder los créditos a los pobladores, fijarles las parcelas, planificar el establecimiento, así como cada parcela, llevar a cabo los ensayos agrícolas, otorgar semillas y retoños y, finalmente conceder apoyo constante a los pobladores en todo lo que pudiera serles de utilidad.

En 1966 se llevó a cabo la fundación de la primera colonia basada en esta cooperación: la Nueva Nazaret que se halla a orillas de uno de los tributarios del Amazonas.

## **CAUSAS DE LA FALTA DE EXITO DE LOS ESFUERZOS DE EXTENSION**

Los esfuerzos de extensión no siempre logran los resultados anticipados. Rogers (1969) enuncia los siguientes factores responsables de estos fracasos:

- a. La carencia de innovaciones agrícolas climáticamente adaptadas. Los resultados de la investigación realizada en climas templados, deben ser sometidos a estudios de adaptación en medioambientes tropicales y semitropicales previamente a la promulgación de su adopción. Este aspecto se descuida frecuentemente.
- b. La carencia de comunicación vertical efectiva a través de las líneas jerárquicas dentro del servicio de extensión. Como resultado, la política nacional rara vez llega al extensionista local y la retroalimentación ("Feedback") pocas veces alcanza los altos niveles de la administración; éstos toman decisiones, sin poseer un conocimiento completo y actualizado de la situación a nivel operacional.

- c. Los extensionistas locales con frecuencia son incompetentes en los aspectos técnicos de la agricultura y no comprenden los problemas del cambio cultural ni las estrategias del cambio. Como resultado de esto, muchos agricultores tienen poca confianza en los agentes de extensión.
- d. El sistema de extensión americano ha sido adoptado sin tomar en cuenta las normas culturales locales, ni los recursos físicos o mentales.
- e. El Servicio de Extensión se ha utilizado para conseguir otros objetivos, fuera de la promoción de la producción agrícola por ejemplo, propaganda política o étnica, distribución de requisitos, funciones de regulación, etc.
- f. La falta de prestigio que tiene el extensionista entre los agricultores a quienes debe asesorar, y el insuficiente apoyo técnico y administrativo a nivel nacional.
- g. La falta de coordinación funcional con centros de investigación y capacitación.
- h. La falta de reconocimiento de la naturaleza compleja, sofisticada y costosa de un servicio de extensión apropiado, así como la persistencia que se requiere para desarrollar un apoyo logístico. El número de extensionistas dista mucho de ser adecuado.
- i. Los medios de transporte insuficientes para los agentes de extensión, que son el resultado de presupuestos inadecuados, constituyen un obstáculo adicional para el trabajo de extensión. Rara vez existen suficientes vehículos para todos los agentes y gran parte de los "jeeps" y automóviles se encuentran, por lo general, fuera de servicio y a la espera de reparaciones.

Estas condiciones, sumadas a los limitados fondos destinados a viajes, impiden que los agentes hagan reuniones y visiten a los agricultores con la frecuencia que deberían realizarse estos eventos para obtener buenos resultados.

### **EDUCACION DEL PERSONAL QUE PRESTA SERVICIOS AL AGRICULTOR DIRECTA O INDIRECTAMENTE**

Un servicio de extensión requiere un número suficiente de personas capacitadas, que entiendan las nuevas tecnologías desarrolladas por medio de la investigación y que estén en situación de demostrar las nuevas prácticas y su aplicación a un número razonable de agricultores.

## NIVEL DE EDUCACION REQUERIDO

El nivel de capacitación y educación que se requiere para los agentes de extensión es importante. Este depende directamente del nivel de educación, competencia técnica y sutileza de los agricultores.

La educación y la capacitación no pueden efectuarse fuera del contexto del desarrollo económico y social. Si la agricultura no se moderniza, no proveerá oportunidades ocupacionales para el personal capacitado.

Si se incrementa el éxodo selectivo de la agricultura, el esfuerzo invertido en la educación y capacitación no sólo será en vano, sino que también se transformará en fuente de resentimiento y frustración y será contraproducente (Prebisch, 1970).

En las primeras etapas del desarrollo, la falta de personal altamente calificado y las necesidades objetivas de la comunidad agrícola no justifican la aspiración a un alto nivel educativo de los agentes de extensión. Un estudio llevado a cabo por el Instituto Agrícola de Allahabad (1958), en la India, demostró que los agentes de extensión a nivel de aldea, poseedores de educación elemental solamente, resultaron ser más efectivos en llegar al aldeano hindú de lo que fueron los agentes de cambio con educación secundaria o universitaria. Por otra parte, si el agente no está lo suficientemente adelantado en conocimientos agrícolas y nivel educativo general en relación al agricultor, no logrará el prestigio y reputación requeridos para influir sobre su "cliente". Probablemente el primer tipo mencionado de extensionista es quizá efectivo sólo durante el período inicial y relativamente breve del desarrollo de la aldea. Durante este período, los que deben cumplir con esta tarea son los agricultores más hábiles, técnicos que poseen educación secundaria y maestros de agricultura con capacitación incompleta.

Al mejorar el nivel general de la agricultura, el nivel profesional del extensionista debe ser más alto.

En países desarrollados, la mayoría de los servicios de asesoría requieren un extensionista que sea altamente calificado en agronomía, y que posea por lo menos un título de B.Sc. o su equivalente. La educación agrícola de alto nivel presenta ante el futuro agrónomo altos requisitos personales: debe trabajar con gente del campo y vivir en un medio ambiente rural; debe ser capaz de adaptarse a su medioambiente y ver su trabajo como una misión; debe desarrollar la capacidad de convivir con la gente de campo; debe ser competente no sólo desde el punto de vista profesional, sino tener también amplia educación general; asimismo, debe poseer altas cualidades personales.

Al finalizar sus estudios, el agrónomo deberá cumplir las funciones de un asesor agrícola, maestro, administrador de alguna organización

agrícola, o ser un investigador. Cada una de estas ocupaciones requieren capacitación adicional en los temas apropiados. Un agrónomo que piensa ser asesor debe ser capacitado en métodos de instrucción, tener el estilo de vida de la gente de campo, con las condiciones agrícolas y con sus tradiciones, debe ser experto en los trabajos de la granja, como labranza y manejo de tractores, y debe aprender a escuchar al agricultor, educado y experto.

En una educación agrícola más elevada debe enfatizarse por igual la teoría y la práctica. El conocimiento práctico es muy importante y la práctica y la teoría deben estar entrelazadas. El hecho de que sea muy bajo (entre 10% y 25%) el número de estudiantes y de profesores de los países latinoamericanos que han vivido o trabajado realmente en fincas constituye una gran cantidad.

La profesión de ingeniero agrónomo no posee una fuerte atracción para los jóvenes de la región. De un total de 926 estudiantes universitarios, cuyos padres fueron agricultores, criadores de animales o se ocupaban de tareas similares sólo 31 de ellos (3%) eligieron cursos de agronomía y un 12% la carrera de medicina veterinaria. Los graduados de las escuelas agrícolas, sus profesores y las personas que se graduaron antes en esas instituciones, son las que ocupan posiciones en los ministerios de agricultura, llevan a cabo trabajos de investigación y extensión y constituyen la élite de científicos y de funcionarios de la agricultura latinoamericana. El hecho de que la mayoría de ellos no provengan del ámbito rural, explica en gran medida algunos de los inconvenientes de la agricultura de la región y en particular la brecha en la comunicación entre los funcionarios agrícolas y los propios agricultores.

El estudiante que aspira a un nivel educativo agrícola más elevado debe poseer uno o dos años de experiencia práctica. Por el otro lado, no se deben ignorar las ciencias básicas. Las ciencias agrícolas están basadas en las ciencias naturales y en otras ciencias exactas. Por lo tanto, es esencial una buena base en botánica, zoología, química, matemáticas y física.

La pregunta fundamental relativa a la eficiencia del futuro extensionista es: ¿qué debe producir la universidad, generalistas o especialistas? En los países altamente desarrollados puede justificarse la capacitación de especialistas de primera categoría, pero el problema es diferente al considerar el bajo nivel agrícola y su retraso en una agricultura diversificada. En este caso, la universidad debería estar destinada a egresar agrónomos que posean amplios conocimientos y que sean competentes en todas las ramas agrícolas.

Cualquiera que sean los antecedentes del agente de extensión, debe dársele una capacitación introductoria de su trabajo. Incluso el graduado universitario puede aprender después de finalizar sus estudios formales.

En los últimos años, la mayoría de los países grandes de América Latina, capacitan sus agentes de extensión, ya sea previamente a su

designación o mientras están acupando su puesto. El INTA en Argentina, da un curso para agentes de extensión ya en servicio que dura de 6 a 8 meses. Diversos países realizan esfuerzos para enviar funcionarios claves del servicio de extensión a los Estados Unidos o a Europa para su capacitación y la observación de métodos de trabajo.

Las metas de la capacitación “en puesto” deben ser:

- a. estar actualizado con la investigación por medio de reuniones fijas entre investigadores y extensionistas, coloquios, etc.;
- b. impartir conocimientos básicos, no sólo en temas relacionados directamente con la agricultura, sino también con sociología, economía, sicología, etc.;
- c. mejorar los métodos de extensión, por medio de métodos de evaluación constante, del estudio en conjunto de los resultados de investigación y métodos de extensión y el intercambio de experiencia.

La capacitación “en puesto” es un proceso que no tiene fin. No consiste exclusivamente en lo que proporcionan los servicios; las personas relacionadas deben continuar capacitándose por medio de esfuerzos personales: lectura, autoeducación, etc.

### **Capacitación del investigador**

En la mayoría de los países en desarrollo, la falta de mano de obra científica es el principal factor limitante en el establecimiento de una organización de investigación agrícola de una envergadura que esté en proporción con los problemas que deben tratarse.

“La estación agrícola experimental de Minnessota” cuenta con más personal capacitado con Ph.D. en sus sucursales de estaciones experimentales en Crookston, de lo que tiene toda la rama de investigación del Departamento de Agricultura del Gobierno de Malasia (Moseman, 1970).

Varios países en desarrollo cuentan con facultades de agricultura que proporcionan títulos a nivel de B.Sc. Sin embargo, hay pocas facilidades para una capacitación más avanzada. Como resultado de esto, esta capacitación se tiene que adquirir en países desarrollados, y rara vez es apropiada a las necesidades del país del estudiante.

Por lo tanto, se debe enfatizar el desarrollo de facilidades para proporcionar una capacitación avanzada en los países en desarrollo. Con base en la experiencia adquirida durante los últimos años, Moseman (1970) propuso el siguiente esquema de capacitación avanzada por jóvenes investigadores:

- a. Capacitación “en servicio” en métodos experimentales para investigaciones de campo y de laboratorio, por medio del aprendizaje de proyectos de investigación bien diseñados y con orientación a los problemas en el propio país, en otro país que se encuentre en la misma región o en alguno de los institutos regionales o internacionales especializados.
- b. Después de la capacitación “en servicio”, continuar con estudios para obtener el título M.Sc. en alguna institución del país, o dentro de la región.
- c. Los que demuestran tener aptitudes especiales para ser investigadores principales deben continuar sus estudios hacia el título de Ph.D. en instituciones apropiadas, seleccionadas con base en las necesidades especiales de la persona, de su institución y del campo de investigación en el cual tomará parte activa.

### BIBLIOGRAFIA

1. ALLAHABAD AGRICULTURAL INSTITUTE. Extension evaluation. Allahabad, India, Leader, 1958.
2. ARNON, I. Organización y administración de la investigación agrícola. 2a. ed. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Serie de Libros y Materiales Educativos no. 35, 1978. 433 p.
3. CHANGES IN agriculture in 26 developing nations 1948 to 1963. U.S. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Economic Report no. 27. 1965. 134 p.
4. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO Africa survey report on the possibilities of African rural development in relation to economic and social growth. Roma, 1962.
5. ISRAEL. MINISTERIO DE DEFENSA. El ejército como factor de desarrollo. Tel Aviv, 1968.
6. HOPKINS, J. The Latin American farmer. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, 1969. 138 p.
7. MOSEMAN, A. H. Building agricultural research systems in the developing nations. New York, Agricultural Development Council, 1970.
8. PREBISCH, R. Transformación y desarrollo; la gran tarea de América Latina. Washington, D.C., BID, 1970.
9. ROGERS, E. M. Diffusion of innovations. New York, Free Press, 1962.
10. \_\_\_\_\_. Modernization among peasants. New York, Holt, 1962. 429 p.
11. SUMMERS, E. A. The role of agricultural extension in the application of Science and technology. In Conference in the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas. Geneva, United Nations, 1963.
12. TANG, A. Research and education in Japanese agricultural development. In Annual Meeting of the Econometric Society. Oklahoma, Stillwater, 1961.

13. WHARTON, R. Jr. Revolutionizing higher education in the developing world; observations on Southeast Asia. New York, Agricultural Development Council, 1965.
14. WILDE, J. C. DE y MCLOUGHLIN, P. E. M. Experiences with agricultural development in tropical Africa. Baltimore, Maryland, John Hopkins, 1967. 2 v.

# CAPITULO 7

## PROBLEMAS ESPECIFICOS DE NUEVAS TECNICAS

### INTRODUCCION

Se pueden distinguir entre innovaciones y nuevos insumos que incrementan la productividad por unidad de superficie de tierra, como el riego, innovaciones biológicas y químicas, e innovaciones que hacen posible incrementar la superficie cultivada por agricultor, como la mecanización.

Existen problemas generales relativos a la adopción de nuevas tecnologías, como también problemas específicos para cada tipo de tecnología.

A continuación se consideran los problemas específicos para cada tipo de tecnología, que tienen gran importancia en el desarrollo de la agricultura.

### LA INTRODUCCION DEL REGADIO

#### IMPORTANCIA

El regadío se considera como el primer paso esencial en el desarrollo de regiones secas y como una poderosa herramienta para el progreso, incluso en regiones donde es posible cultivar con aguas de lluvia. Pero el regadío no es sinónimo de modernización. La agricultura de regadío posiblemente precedió a la agricultura alimentada por precipitaciones y en muchos casos aún es el resumen de métodos de producción retrasados.

En ciertas áreas, tal como en la Costa del Perú y el Norte de Chile, la producción de cultivos depende por completo de la irrigación, mientras que en otras, como en algunas áreas de México y de Venezuela, la irrigación sólo complementa las precipitaciones de carácter inseguro.

La importancia principal de la irrigación en estas áreas reside en la posibilidad de una sucesión más intensiva de cultivos, una mayor variedad de ellos y el logro de niveles más altos de rendimiento. El reemplazo de un cultivo alimentado por precipitaciones, tal como el

trigo, por un cultivo de irrigación, como el algodón, hace factible triplicar y aún cuadruplicar el ingreso neto por unidad de superficie (Arnon, 1972).

La importancia potencial de regadío en un país que tiene precipitaciones erráticas o insuficientes queda demostrada por los siguientes datos: México sólo riega una pequeña porción de sus tierras. Por lo tanto, sólo el 0,5% de todas las unidades agrícolas (bajo sistema de regadío) producen un 32% del valor total de la producción agrícola, mientras que en el otro extremo, el 50% de las granjas producen (bajo el sistema de cultivos alimentados por lluvias) sólo un 4% del valor total (Stavenhagen, 1969). Incluso en aquellas regiones donde la cantidad anual de precipitaciones es relativamente abundante, el regadío es importante. Extensas áreas de los trópicos tienen períodos secos más o menos largos. En regiones en las cuales la cantidad de precipitaciones anuales varía entre 1.000 mm y 6.000 mm, pero donde la mayor parte de las lluvias cae durante 4-5 meses, el regadío permite cultivos a lo largo de todo el año. En cultivos perennes, como el banano, el regadío es productivo durante la temporada seca, puesto que incrementa considerablemente las cosechas, incluso en áreas donde cae gran cantidad de lluvia, como la región del Caribe (McPherson y Johnston, 1967).

El desarrollo de la irrigación produce así mismo un impacto sobre el desarrollo de los sectores no agrícolas de la economía, tales como el comercio, los servicios y el transporte. También el desarrollo contribuye a la balanza de pagos y provee mercado para la producción industrial de artículos y equipos agrícolas.

En ciertas áreas en desarrollo existen muchos proyectos de irrigación que no producen los rendimientos razonables y no tienden a una intensificación significativa de la producción tal como fue previsto (Burke-Knapp, 1966).

## **PROYECTOS DE IRRIGACION EN GRANDE ESCALA**

La mayoría de los proyectos de irrigación conciernen a las grandes estructuras de irrigación tales como represas de desviación, depósito, canales, etc. A pesar de que suministran agua, estos proyectos no pueden ser totalmente productivos sin un plan coordinador de desarrollo para la conservación de la cuenca fluvial situada sobre el proyecto, la provisión de drenaje, la infraestructura necesaria y los insumos requeridos para la utilización efectiva del agua.

La negligencia en la conservación de la cuenca fluvial permite la erosión y la consecuente acumulación de limo en los depósitos de agua, limitando su vida útil a unas pocas décadas.

Muchos proyectos de irrigación han fracasado debido a la falta de drenaje que provocó la elevación de la capa freática y la salinización en tal medida que los rendimientos declinaron en un período corto.

Para que la agricultura de regadío sea efectiva, es necesario invertir mucho capital; los otros insumos deben aplicarse en forma intensiva y con un alto nivel tecnológico. Desafortunadamente estos aspectos son menospreciados. El prestigio derivado de las grandes estructuras es el principal interés de las autoridades. Los ingenieros en irrigación se ocupan exclusivamente de la desviación, almacenamiento y transporte del agua, y poseen por lo general un limitado conocimiento acerca de la aplicación y la utilización efectiva del agua, en cada una de las fincas (U.S. President's Science Committee, 1967). Este aspecto se omite generalmente y los resultados son desastrosos.

La agricultura de regadío puede ser la forma más productiva de cultivo, pero la suposición de que la irrigación por sí misma equivale a una agricultura intensiva capaz de incrementar la productividad y elevar el nivel de vida cuando se aplica bajo condiciones primitivas, constituye un gran error.

La agricultura de regadío debe ser intensiva debido a los altos capitales invertidos y a sus costos de operación. Una irrigación con éxito involucra mucho más que la simple aplicación de agua a las tierras. La irrigación se convierte en un instrumento efectivo para el incremento de la producción, que se mantiene a un alto nivel, sólo si se aplican conjuntamente con cambios de cultivos y variedades por una parte y con las prácticas culturales más intensas y actualizadas por la otra, asegurando así un alto rendimiento por unidad de agua.

Las llanuras del Punjab y las regiones del Sind en el Pakistán Occidental, que son irrigadas por el Indo y sus cinco tributarios que transportan un flujo mayor que el doble Nilo, constituyen un ejemplo práctico. Con una población de 30 millones en esta región, más del 70% viven de la agricultura y producen alimentos y fibras para 50 millones de personas.

Sólo la mitad del flujo de los ríos se usa para irrigar aproximadamente 9 millones de hectáreas, lo que constituye la mayor área irrigada en el mundo. La cantidad de agua dulce contenida en la capa acuífera subterránea se estima en 10 veces el flujo anual de los ríos (Revelle, 1966).

A pesar de este enorme potencial para el desarrollo de una agricultura próspera, la mayoría de la población vive pobremente y debe importar sus alimentos. Esto es el resultado de un drenaje ineficiente que ha saturado el terreno con agua y lo ha acumulado de sales, como resultado de los problemas de tenencia de las tierras y prácticas agrícolas deficientes. Aproximadamente una quinta parte de esta área está dañada por la salinidad y la saturación de los terrenos. Los canales pierden tal cantidad de agua por infiltración, que la que se suministra a los campos sólo alcanza para irrigar la mitad de las tierras durante cada estación. Esta escasez crea una tendencia a subirrigar durante el verano, agudizando aún más los problemas de salinidad.

El problema se agrava más aún debido a los métodos primitivos de cultivo, al uso de semillas no seleccionadas de variedades de bajo rendimiento y a la fertilización inadecuada (Revelle, 1966).

Las instalaciones de riego usadas en la agricultura tradicional por lo general no son adecuadas para la producción de cultivos de alto rendimiento y de cultivos dobles.

La necesidad de adoptar las prácticas agrícolas a las potencialidades de una agricultura irrigada puede ilustrarse mejor con los resultados frustrantes que se han obtenido en un gran número de proyectos de irrigación en países en desarrollo, no obstante las grandes inversiones realizadas. De Wilde y McLoughlin (1967) mencionan dos ejemplos de las consecuencias de la realización de grandes inversiones en esquemas de irrigación y mecanización, cuando los planificadores actuaron sin un conocimiento o una consideración adecuada de los factores relevantes.

A fines de la década de los años 20 se inició en Mali, un esquema de irrigación. En una etapa posterior se encontró que las precipitaciones fueron seriamente subestimadas. No se llevó a cabo un estudio previo del suelo y el estudio topográfico resultó inadecuado. Sólo después de invertir grandes sumas y esfuerzos en un esquema de irrigación para la producción de algodón, se descubrió que era posible obtener rendimientos económicos de este cultivo sin que fuera necesaria la irrigación. Debido a que la red de irrigación fue instalada en base a una información topográfica y edáfica inadecuada, se crearon serios problemas de saturación del suelo y dificultades para lograr un drenaje eficiente en grandes áreas.

En un esquema de irrigación en Kenya, el empleo de riego en lagunas, combinado con el uso de derechos de agua inapropiados para un tipo de suelo que resultó ser de difícil drenaje, se produjo una alta infestación de la maleza perenne *Cyperus* que transformó el 20% del área en tierras inútiles para cultivos posteriores.

La exploración y el desarrollo de los recursos de agua en el Medio Oriente, han constituido las mayores inversiones agrícolas en esta área. Sin embargo, la contribución total de la irrigación a la producción agrícola ha sido pequeña. También, se han creado problemas de salinidad debido a técnicas de irrigación deficientes y a drenajes inadecuados (F.A.O., 1966).

Los resultados frustrantes de los esquemas de irrigación en Irak se deben a la falta de provisión de asistencia técnica y financiera para la nivelación y el drenaje de los campos (Stippler y Darwish, 1966).

El impacto pleno de los esquemas de irrigación en el Cercano Oriente sobre la producción agrícola fue obstaculizado debido a los factores limitantes de carácter institucional enumerados a continuación (F.A.O., 1966):

- a. Falta de incentivos para las inversiones, como resultado de la estructura agraria y los sistemas de tenencia de tierras.

- b. Escasez de crédito institucional: más del 85% de los créditos agrícolas los proveen prestamistas que cobran intereses exorbitantes. Los agricultores se ven obligados a vender sus productos inmediatamente después de la cosecha a precios regidos por sus acreedores.
- c. Suministro inadecuado de fertilizantes, insecticidas, etc. Estos artículos no están disponibles localmente en la época oportuna o no son provistos en cantidades suficientes o a precios razonables.
- d. Facilidades de comercialización deficientes, falta de depósitos, falta de precios garantizados para los artículos básicos.
- e. Servicio de extensión inadecuado: la proporción actual es de un extensionista por cada 8000 agricultores, mientras que el nivel mínimo deseable es de 1 a 1000. Igualmente, las normas para la instrucción de extensionistas no son satisfactorias.
- f. Organizaciones de agricultores inadecuadas o inexistentes.

Existe un acuerdo general entre los expertos nativos de la India y los expertos extranjeros, acerca del hecho de que los resultados frustrantes de los proyectos de irrigación en la India se debieron a la falta de relación entre los insumos de agua y otros insumos y a la falta de coordinación efectiva entre los departamentos de irrigación, agricultura y reforma agraria. El tamaño inapropiado de las fincas fue otro factor que contribuyó a esta situación. Sin embargo, la principal causa residió en el hecho de que fueron incrementadas las áreas bajo irrigación sin preocuparse paralelamente por intensificar los métodos de producción.

Los grandes proyectos de irrigación deben estar complementados por un mejor control y uso del agua en cada una de las fincas. El acarreo del agua desde el proyecto principal hasta cada uno de los campos involucra por lo general la pérdida de enormes cantidades de agua. Esto no sólo constituye un desperdicio sino que contribuye también a elevar el nivel del agua subterránea y el de la salinidad.

Existe una tendencia general a irrigar en demasía, especialmente si el agua es subsidiada. Esta tendencia puede evitarse si se dispone de información acerca del método eficiente de uso del agua y si se organiza un servicio de campo respecto a cuándo y cómo regar.

## **PROYECTOS DE IRRIGACION EN PEQUEÑA ESCALA**

Además de los proyectos de irrigación en gran escala, los recursos hidráulicos pueden desarrollarse a nivel de fincas o aldeas indivi-

duales. Bombas de baja elevación y pozos entubados pueden aportar una contribución considerable al desarrollo de una región.

Por el momento, no existen suficientes datos que permitan realizar un análisis de la productividad social alcanzada por medio de las obras de gran escala en comparación a pequeñas obras encaminadas por lo general, a complementar la irrigación o a incrementar la eficiencia en las áreas que se encuentran bajo irrigación. Sin embargo, la rápida difusión de este segundo tipo de inversión, en muchos casos realizada por personas en forma privada, parece indicar un cambio en la estrategia con respecto a la agricultura de irrigación. Las inversiones por hectárea en las grandes obras exceden los US\$ 1.000; las experiencias actuales harían fluctuar esta suma hasta los US\$ 1.500\*. En el caso de pequeñas obras, por ejemplo, la inversión que se requiere para la instalación de bombas de agua y aspersores, es generalmente menor a los US\$ 750 por hectárea.

La velocidad de ejecución, sumada al hecho de que un mayor número de productores pueden beneficiarse con una suma dada de capital, convierte a la "pequeña irrigación" en un mecanismo ideal para alcanzar objetivos de redistribución más equitativa de los recursos de producción (Inter-American Development Bank, 1972).

## **EL DESARROLLO DE LA IRRIGACION EN AMERICA LATINA**

Si se considera el desarrollo de la agricultura de irrigación en la región desde un punto de vista histórico, pueden identificarse claramente tres períodos distintos a partir de la Independencia. El comienzo y la duración de estos períodos varía de acuerdo a la historia económica de cada país latinoamericano y, como es de prever, en muchos casos estos períodos se juntan dentro de un mismo país. (Inter American Development Bank, 1972).

La primera fase consistió en un período de desarrollo de la irrigación en forma privada; involucran la realización de obras sencillas con el uso de las tierras más fértiles para las cuales el agua estaba disponible a un costo bajo.

La segunda fase tuvo como característica una vigorosa intervención gubernamental en la construcción de la infraestructura básica. Estas obras fueron de propósitos múltiples y por lo general de gran magnitud, siendo la intervención gubernamental muy reducida a nivel de fincas dado que esta actividad se dejó a la iniciativa de cada uno de los productores. Esta fase comenzó en los primeros años de la década de los años 30 y en la mayoría de los casos continúa hasta el presente. Los resultados han sido irregulares y su evaluación varía en cada uno de los casos, según el punto de vista adoptado.

---

(\*) Es difícil comparar el costo por hectárea de distintos proyectos debido a la falta de homogeneidad entre ellos.

La tercera fase, que ya comenzó en varios países de la región, varía en sus características. Su rasgo más notable es la gran preocupación manifestada por el uso eficiente de recursos naturales y humanos, con vistas a intensificar el uso del agua y las tierras ya disponibles. A partir de la década de los años 50 hubo en la agricultura cambios tecnológicos radicales, incluyendo aquellos cambios con un efecto directo sobre las técnicas de irrigación. Este proceso aceleró la movilización de los recursos privados. El descenso de los costos de equipos de bombeo y aspersión constituye un ejemplo de este fenómeno, que posibilitó la aplicación de irrigación complementaria en áreas agrícolas de clima seco. Este período también se caracteriza por un enfoque más integral de la planificación de los recursos de agua. Algunos de los proyectos constituyen subprogramas de desarrollo rural que tratan no sólo acerca de la infraestructura básica, sino también acerca de las inversiones a nivel de las fincas y del desarrollo de la comunidad.

Por último, otro aspecto fuertemente asociado a la etapa anterior es el hecho de que se da prioridad para lograr una distribución más equitativa de los ingresos por medio de inversiones directas, en vez de abandonar este objetivo a los efectos inciertos de mecanismos indirectos.

## **EJEMPLOS DE ESQUEMAS PLANIFICADOS DE DESARROLLO DE LA IRRIGACION**

### **El Proyecto San Lorenzo**

El Proyecto San Lorenzo es un buen ejemplo del enfoque de los primeros proyectos de desarrollo en América Latina.

Este proyecto está ubicado al noroeste del Perú. Comprende una área total de tierra irrigable de 45.000 hectáreas, de tierra irrigada de 20.000 hectáreas. El Proyecto forma parte de un programa integral de desarrollo de recursos hidráulicos de las cuencas Chira-Piura.

El clima en esta región es seco y cálido, con muy poca o casi ninguna precipitación durante el año. La temperatura promedio es de aproximadamente 25°C, y nunca desciende al punto de congelación. Si el suministro de agua es adecuado, el clima es muy favorable para la agricultura, y casi cualquier clase de cultivos tropicales pueden sembrarse y cosecharse con éxito, ya que la época de siembra dura todo el año.

El desarrollo planificado en gran escala de las cuencas Chira-Piura fue precedido por el Proyecto San Lorenzo.

En 1949, se inició la construcción de la desviación del Río Quiroz al río Piura. Este proyecto posteriormente fue ampliado con el Proyecto San Lorenzo, que incluye una represa y un sistema de irrigación para 50.000 hectáreas aproximadamente, y cuya construcción se

terminó en 1957 (Internacional Engineering Co. 1968). Se proporcionarán compuertas a la actual presa de San Lorenzo con el fin de incrementar la capacidad del reservorio y de los volúmenes de agua disponibles.

Hasta después de haber iniciado el Proyecto San Lorenzo se realizó un extenso estudio de los datos básicos disponibles. Se realizaron investigaciones en el campo y pruebas en el laboratorio con el fin de proporcionar información adicional sobre recursos que se consideraron necesarios. Se solicitó la opinión y el juicio de muchas personas relacionadas con el desarrollo económico y social del área, y se consideró en el análisis muchos aspectos del plan.

La agricultura es la base de la economía de la zona. Las condiciones ambientales son muy favorables para el cultivo de algodón de fibra larga, que ocupa del 50% al 70% de la tierra irrigada. Otros cultivos importantes son el arroz, el maíz y las frutas.

En la actualidad no existen servicios de preservación de productos en la zona del proyecto como son el embalaje, la deshidratación y otras formas de conservar los productos alimenticios de fácil descomposición, lo que constituye un serio obstáculo para la diversificación de la agricultura.

Sólo en 1967 se instaló una parcela experimental piloto para la medición de uso consuntivo de agua para diversos cultivos.

Todavía falta un programa amplio y coordinado de investigación, con especial énfasis en la diversificación de los cultivos, y en la solución de los problemas agrotécnicos de los cultivos principales ya sembrados en el área. También falta un análisis detallado de clasificación de tierras, el cual está previsto.

Con el fin de lograr una economía equilibrada se ha previsto, además el desarrollo industrial de la región. La mayoría de estas industrias estarán basadas en el procesamiento de materias primas agrícolas locales.

Por falta de información y de planificación adecuadas, el proyecto tiene algunas deficiencias.

Un área bastante extensa de suelos arenosos (Tablazo) fue abandonada debido a que necesitaba cantidades excesivas de agua, como resultado del uso de métodos de riego por gravedad.

En algunas áreas del proyecto, la producción agrícola se ve reducida por la existencia de napas freáticas altas y de suelos salinos, lo que indica que los problemas de drenaje no han sido aún resueltos.

### **Proyecto “estrategia para la inversión y metodología de la planificación de la agricultura de irrigación en América Latina”**

El nuevo enfoque para el desarrollo de la irrigación en América Latina no se limita a la construcción y ejecución de proyectos de

irrigación específicos. Conciérne también al desarrollo de nuevas ideas y estrategias.

El año 1975, sería testigo de la iniciación de un proyecto de investigación en el que participaría el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PDNU) y para el cual el Banco Interamericano de Desarrollo actuaría como agencia ejecutiva. Se trata de un proyecto regional que involucra la directa participación de cinco países: Argentina, Brasil, Chile, El Salvador y Perú. Perú actúa como anfitrión del proyecto titulado "Estrategia para la Inversión y Metodología de la Planificación de la Agricultura de Irrigación en América Latina". Uno de los objetivos claves es analizar las experiencias pretéritas de la región por medio de casos de estudio en estos cinco países e identificar las variables asociadas con el éxito o fracaso de los proyectos, con el fin de reformar futuras políticas de irrigación. El estudio enfatizará especialmente el análisis de instituciones y la planificación del uso del agua. Se supone que la investigación tendrá una duración de 30 meses e involucrará la participación de un grupo internacional de expertos junto con cinco equipos nacionales, cada uno de ellos responsable por el estudio a nivel nacional (Inter American Development Bank, 1972).

## NUEVOS PRODUCTOS

A juzgar por los planes de desarrollo, los principales motivos de la tendencia a introducir nuevos productos son: 1) disminuir la dependencia en un cultivo único; 2) abandonar un cultivo de perspectivas pobres de mercado para introducir un cultivo cuya demanda probablemente aumentará; 3) estimular la producción de cultivos que posean un mercado local asegurado (sustituto actual o potencial de un producto de importación); 4) fomentar cultivos que requieran mano de obra intensiva; 5) estimular la producción de cultivos que puedan procesarse por industrias locales (United Nations, 1973).

En la actualidad, la substitución de un cultivo o grupo de cultivos por otros se lleva a cabo en una mayor escala en comparación con lo ocurrido desde el gran auge de la agricultura en el Sur de América Latina, a raíz del flujo de nuevos inmigrantes en el Siglo XIX (Cole, 1965).

## CULTIVOS COMERCIALES

Una manera simple de aumentar los ingresos de la granja es trabajar cultivos que producen un alto valor por unidad de tierra.

A medida que la agricultura tradicional evoluciona, una proporción cada vez mayor de sus ingresos debe destinarse a las ventas con el fin de pagar por los servicios y los insumos de los cuales depende una productividad en aumento.

Los cambios en los tipos de cultivos y en particular los cambios de cultivos alimenticios para el propio consumo a cultivos comerciales, hace posible utilizar mano de obra más intensiva.

Los primeros en adoptarse son los cultivos anuales, que requieren una mano de obra intensiva pero al mismo tiempo son, suficientemente remunerativos.

Conforme aumenta el nivel de ingresos en los países en desarrollo, se consumen más verduras. Aún cuando las ciudades vecinas proveen mercados atractivos, las mayores oportunidades y más remunerativas son por lo general la exportación, en particular a los países más ricos. El ámbito de las hortalizas que pueden cultivarse en las regiones tropicales y subtropicales es mayor que el de las regiones templadas. También, los cultivos pueden producirse en estas regiones en períodos del año durante los cuales no es disponible la producción local en las regiones templadas, o alcanza costos muy elevados. El cultivo del tomate fuera de temporada en Haití, destinado al consumo en los mercados de los Estados Unidos, reemplaza al cultivo tradicional de la caña de azúcar y demostró poseer un gran potencial para el desarrollo. El cultivo tradicional del trigo en la agricultura árabe de Israel fue desplazado, en gran parte, por el de cebollas para exportación, tomates para conservas y remolacha azucarera. Se ha demostrado que al reemplazar parte de los cultivos tradicionales por cultivos de labor más intensiva y más remunerativos, sumado al uso de insumos modernos, el ingreso neto del agricultor árabe se triplica en relación a una misma superficie cultivada anteriormente (Arnon y Molho, 1971).

Ecuador es un ejemplo de la importancia potencial de los cultivos para la exportación. La producción de banano para la exportación se incrementó rápidamente desde 1950, a un 60% del valor de la exportación total del país, y a un cuarto del total del mercado mundial de este producto, como resultado del desarrollo de técnicas intensivas de producción para la comercialización (Jones, 1971).

Los cultivos industriales pueden proveer oportunidades no sólo para la exportación, sino también para su procesamiento local. Cerca de un 60% del total de producción industrial de América Latina proviene de industrias que utilizan principalmente materia prima agrícola; bebidas elaboradas de alimentos, tabaco, textiles, calzado y ropas; cuero, caucho, papel y madera (Jones, 1971). La producción local de materia prima para la propia industria proporciona al país una gran ventaja en relación a los países industriales que deben importarla.

El caso típico es la industria textil. Es posible también persuadir a los agricultores que adopten cultivos perennes, aún cuando deban esperar algunos años hasta los primeros frutos, si estos cultivos son atractivos. En muchos países latinoamericanos, por ejemplo, se plantaba mucho café a comienzos de la década de 1950 bajo el estímulo de su alto precio.

## **CRIANZA DE ANIMALES**

En varios países de América Latina se ha estimulado la expansión de la industria ganadera en los trópicos y se ha apoyado mediante préstamos del Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. La justificación de esta política se debe a un buen mercado para la carne, la necesidad de disminuir la “brecha de las proteínas”, la buena adaptación de varias regiones tropicales para la ganadería y la posibilidad de obtener razas mejoradas, adaptadas a regiones tropicales (Nelson, 1973).

Las ventajas potenciales de integrar cultivos arables con la crianza de animales se analizaron en el Capítulo 3.

En la vecindad de las grandes ciudades o en áreas con pasturas particularmente favorables, se han realizado muchos intentos para mejorar la producción lechera.

La introducción de vacunos para la producción de leche puede ser un factor de gran importancia en el desarrollo de la agricultura comercial, en el mejoramiento del nivel de vida de los agricultores y en el mejoramiento del nivel nutritivo de la población en general.

Cuando surgen problemas de comercialización, como resultado del aumento de la producción de granos debido a la adopción de prácticas mejoradas, lo lógico es alimentar con estos granos, las aves, puercos o vacunos.

La cría de porcinos y aves se practica en casi todo América del Sur, en forma negligente y en todo tipo de fincas. La productividad es muy baja debido a las prácticas pobres de manejo: 81.3 millones de porcinos producen 1.391.000 toneladas de carne, mientras que en los Estados Unidos de Norte América, 62.5 millones de porcinos producen 6.192.000 toneladas (FAO, 1972).

La avicultura es una rama de la producción que puede llegar a ser muy remunerativa y es fácil de introducir.

Por ejemplo, las técnicas modernas de producción de pollo-capón, pueden adoptarse casi en cualquier lugar, con pequeñas adaptaciones a las condiciones locales. En países pobres la cría de aves posee algunas ventajas: el alimento que se requiere para producir un kilo de carne de ave es mucho menor que el que necesita el ganado, el período de retorno del pago es muy corto y las inversiones son modestas.

## **PROBLEMAS Y LIMITACIONES**

Los cambios en el tipo de cultivos producidos no son fácilmente aceptados por los agricultores de subsistencia y no aparecerán en forma espontánea. Estos cambios requieren un número de condiciones previas y en particular, la iniciativa gubernamental en lo que respecta a extensión, comercialización, financiamiento, etc. Por ejem-

plo, los cultivos de alto valor para exportación sólo podrán desarrollarse cuando los mercados locales absorban parte de la producción.

Debe destacarse que aún cuando se introduzcan los cultivos comerciales, los agricultores de muchas culturas tradicionales aún insistirán en lograr su autoabastecimiento de alimentos.

Sólo aquellas tierras que no sean necesarias para la producción de los alimentos que la familia requiere, serán destinadas a cultivos comerciales, a condición que exista mano de obra disponible para este propósito. Por lo general la seguridad que otorga el autoabastecimiento de alimentos constituye una consideración más importante que el alto ingreso otorgado por un cultivo comercial.

En ciertos casos existen factores no económicos que atentan contra el reemplazo de cultivos tradicionales por cultivos más apropiados a las condiciones naturales y contra la producción de nuevos productos que permitirían diversificar la agricultura.

El maíz es un ejemplo para destacar la influencia de los hábitos alimenticios sobre la producción de un cultivo no adaptado a su medio ambiente. El maíz se encuentra en todas las áreas de agricultura establecidas en América Latina, aún donde reinan condiciones inadecuadas para su producción, y bajo las cuales otros cultivos alimenticios podrían ser mucho más productivos.

Sin embargo no debe enfatizarse demasiado en la resistencia de los agricultores tradicionales para adoptar nuevos cultivos.

A medida que mejora la productividad de la tierra y la fuerza laboral ocupada en una producción de subsistencia, el agricultor estará más dispuesto a dedicar algunos de sus recursos a la producción de otros cultivos comerciales. En las regiones tropicales existe la antigua tradición de producir nuevos cultivos. La gran variedad de suelos y climas existentes en los trópicos hace posible el cultivo de muchas variedades y los agricultores están acostumbrados a cultivarlas. Esto favorece los cultivos nuevos, especialmente cuando las condiciones del mercado sugieren una remuneración adecuada (Behrman, 1969).

La falta de diversificación puede transformarse en problema de gran envergadura en la agricultura establecida.

A pesar que la agricultura en América Latina se caracteriza por poseer todos los principales tipos de economía agraria, la producción agrícola de cada país en particular se basa en el casi-monopolio de uno o de pocos cultivos. Los siguientes ejemplos ilustran el porcentaje total del valor exportado que representan estos cultivos en unos países de América Latina:

- a. El café es el cultivo dominante en Colombia (77%), Guatemala (72%), El Salvador (72%), Haití (63%), Brasil (58%), y Costa Rica (51%).

- b. El banano predomina en Panamá (69%), Nicaragua (54,5%), Ecuador (57%), y Honduras (51%).
- c. El azúcar en Cuba (77%), y la lana en Uruguay (54%).

Estos países son muy vulnerables a las fluctuaciones del mercado.

El uso ineficiente de la mano de obra constituye otro de los problemas.

En aquellos países donde se cultiva un sólo producto agrícola para la exportación, la estación de trabajo oscila entre 80 y 120 días. Una mayor diversificación de los cultivos podría extender el período activo anual de los trabajadores que actualmente sólo están ocupados durante la corta estación de la cosecha en las plantaciones. La diversificación también incrementaría el autoabastecimiento de cultivos alimenticios y mejoraría en gran medida los hábitos alimenticios.

Varios países latinoamericanos que dependen de un cultivo de exportación o de pocos, han tratado de aplicar programas de diversificación. Como ejemplo se puede citar el programa de diversificación de café del Instituto Mexicano de Café, cuyo objetivo es reducir las superficies de café, mediante un estímulo para producir aguacates, frutas cítricas, caucho y ganado (Instituto Mexicano de Café, 1965).

El desarrollo de la producción ganadera en las regiones tropicales posee, además de problemas biológicos y técnicos, varias limitaciones económicas e institucionales, siendo las más importantes la disponibilidad de una infraestructura física y medios de comercialización adecuados. La producción ganadera requiere el campo social y el empleo. Se ha estimado que los costos de inversión por familia (limpiar el terreno de bosques, siembra, cercas y otras instalaciones, compra de una unidad de cría) pueden elevarse hasta 30.000 dólares. Incluso cuando ésta puede ser una inversión económicamente atractiva, es difícil realizarla en gran escala para el asentamiento de campesinos (Nelson, 1973).

La introducción de formas intensivas de producción animal también causa ciertos problemas.

Las razas de ganado tropical nativo, son en su mayoría pobres productoras de leche. En consecuencia, si se proyecta expandir la industria lechera, será necesario introducir razas especiales o de doble propósito ya aclimatadas y/o explotar la heterosis como se hace en la costa del Golfo de México (pardo suizo x ganado indio) o en Cuba (holandés x hindú o criollo). Esto implica el mejoramiento de las instalaciones de viviendas, prácticas de manejo y alimentación.

La producción de aves puede expandirse rápidamente, pero el costo de los alimentos en una producción intensiva de aves es elevado y el abastecimiento generalmente no es adecuado. Ciertas costumbres

culturales de la población pueden restringir en gran medida el mercado para los huevos (Lee, 1957).

La producción de porcinos en la agricultura tradicional se basa principalmente en la recolección de desechos de las fincas. Una producción intensiva puede expandirse fácilmente pero los animales en este caso compiten con el hombre por los alimentos básicos, tales como cereales y proteínas animales. De ahí que el precio de los porcinos en los trópicos sea tan elevado.

## MEJORAMIENTO DE LAS TECNICAS DE CULTIVO

### PRACTICAS AGRICOLAS SIMPLES

Los rendimientos de muchos países en las primeras etapas del desarrollo, pueden aumentar por medio del mejoramiento de ciertas prácticas agrícolas simples que no requieren grandes inversiones. Una labranza más cuidadosa, mejor nivel de cultivos, siembra y desmalezamiento en el momento oportuno, pueden contribuir a mejorar los rendimientos.

Ciertas prácticas agronómicas deseables, tales como la siembra oportuna, pueden estar en conflicto con los requerimientos máximos de mano de obra ocupada en cultivos de subsistencia tradicionales; por lo tanto, estas prácticas no son factibles. Por este motivo, los métodos de preparación del suelo, siembra y desmalezamiento se hacen en forma descuidada y apresurada.

Una de las innovaciones más importantes en la producción de arroz en el Japón es la introducción de variedades de temprana, regular y de retrasada maduración adecuadas para su plantación en distintas épocas. Así fue posible extender considerablemente el período de plantación de arroz. Otra innovación fue la introducción de viveros de arroz cubiertos de papel encerado o de vinílico, que permiten su cultivo en períodos tempranos. Como resultado de esto se puede transplantar en Mayo y cosechar en Agosto, en vez de la práctica convencional de plantar a fines de Junio o a principios de Julio, y cosechar en Agosto.

### ROTACIONES MEJORADAS DE CULTIVOS

Las ventajas de la integración de la producción de cultivos a la cría animal y sus efectos sobre la productividad debido a la inclusión en la rotación de cultivos de leguminosas para pastura o forraje en Israel y Australia, fueron descritas antes. El primer paso en la transformación de la agricultura tradicional puede involucrar otras prácticas culturales mejoradas que podrán constituir el marco dentro del cual se incrementa la reacción de los cultivos a otros factores que afectan a la producción.

Sin embargo, las prácticas agrícolas mejoradas por sí solas, poseen efectos limitados sobre los rendimientos y no pueden producir una expansión manifiesta de la producción. Aún la rotación mejorada de cultivos sin el uso de fertilizantes para las leguminosas, resultará bastante ineficaz. En las etapas iniciales del desarrollo, las mejoras en las técnicas son muy importantes ya que conducen a la agricultura tradicional hasta el punto de hacer un cambio cualitativo. Estas técnicas mejoradas incrementan la capacidad de los agricultores para adquirir insumos más costosos, tales como fertilizantes e insecticidas, y realizan los efectos de estos últimos.

## CULTIVOS MULTIPLES

La producción de dos o más cultivos al año es posible en regiones tropicales y subtropicales. En los centros de investigación de los Baños, Filipinas, se cultivan tres siembras al año con una producción total de 15 Ton/Ha. Usando irrigación en la estación seca, pueden alcanzarse máximas potencialidades. Debido al clima soleado, las producciones de tipos fértiles de arroz pueden producir en la estación seca en promedio 50% más que las que se obtienen durante la estación húmeda (Brown, 1970).

Donde falta agua para producir arroz en la estación seca pueden sembrarse otros cultivos que requieren menos agua como el trigo o el sorgo. Los terrenos plantados con un tipo de arroz temprano seguido de sorgo produjeron 20 Ton/Ha que se consideran una producción normal en algunas partes de Asia (Brown, 1970).

Junto a las ventajas de mayores producciones, los cultivos múltiples justifican las inversiones de medios de irrigación, animales de tiro y equipo agrícola, que de otra manera permanecerían inactivos durante la estación seca.

El cultivo múltiple no está libre de problemas. En ciertos casos es una tradición para los campesinos pastorear el campo después de la cosecha. Esto se hace imposible o restrictivo entre cultivos sucesivos. La pérdida de derechos de pastoreo en el rastrojo puede tener implicaciones sociales y económicas importantes.

Las variedades para cultivos múltiples deben ser de temprana maduración e insensibles al fotoperíodo para lograr su madurez en un número constante de días después de la siembra.

En los períodos casi continuos de producción de cultivos, los insectos dañinos y las malezas llegan a ser más problemáticos y difíciles de controlar.

La aplicación de fertilizantes debe aumentarse para lograr niveles de producción más altos, y en particular podrán aparecer deficiencias de micronutrientes.

Como consecuencia de los cultivos múltiples, se pierde menos tiempo entre una cosecha y la siembra siguiente. Así, un gran número

de operaciones deben hacerse en un tiempo breve. Esto podría conducir a una ejecución negligente de las operaciones agrícolas.

También pueden existir problemas de cosecha y secado del grano durante las épocas de lluvia.

En resumen, los cultivos múltiples requieren un alto nivel de conocimientos técnicos y habilidad de gerencia; abastecimiento de seguro de agua todo el año; aumentos e inversiones considerables tales como fertilizantes y pesticidas y métodos mejorados para el procesamiento y la comercialización de los productos.

Debe hacerse notar que por lo general, el potencial inherente en los cultivos múltiples no está aún suficientemente explotado en la agricultura irrigada en Latinoamérica. Esto se refleja en el hecho de que en 1970 se estimó que la intensidad de los cultivos en las áreas irrigadas de Sur América fue apenas del 62% de las tierras disponibles.

## VARIEDADES MEJORADAS

La siembra de variedades mejoradas de cultivos tradicionales constituye probablemente, para un agricultor particular, el medio menos costoso a su disposición para aumentar la producción.

Dado que los cereales son la principal fuente de nutrición para las poblaciones de los países en desarrollo, el logro de mayores rendimientos dependerá en gran medida de los resultados de los esfuerzos por producir y propagar variedades adaptadas de alto rendimiento de trigo, maíz, arroz y sorgo.

Las nuevas variedades de alto rendimiento, de las cuales las más prominentes son en la actualidad el trigo y el arroz, constituyen el centro de la denominada "revolución verde".

El hecho de que estas nuevas variedades sean poco sensibles a las diferencias de duración del día, permite su adaptación a una amplia gama de condiciones ambientales y han incrementado la posibilidad de su adopción en muchas regiones del mundo. Igualmente, se invierten esfuerzos considerables en la creación de variedades de altos rendimientos en otros cereales como el maíz, el sorgo y el mijo.

## EL IMPACTO DE LAS VARIEDADES DE ALTO RENDIMIENTO SOBRE EL DESARROLLO AGRICOLA

### Efectos sobre la producción y la autosuficiencia

Gran parte de los países en los que se ha llevado a cabo la "revolución verde" fueron originalmente importadores de granos y producían parte de sus propias provisiones a un alto costo (Dalrymple y Jones, 1973).

Las variedades de alto rendimiento han contribuido fundamentalmente al desarrollo económico de estos países.

Las nuevas variedades de trigo de alto rendimiento que fueron desarrolladas en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo en México, fueron ya adoptadas a principios de la década del 60 por los agricultores mexicanos y constituyeron el 90% del área total de trigo cultivado en el país. Estas nuevas variedades lograron duplicar los rendimientos naturales por hectárea en comparación a las variedades tradicionales.

El área sembrada con nuevas variedades de alto rendimiento de trigo, arroz, maíz y sorgo, en el Sur y Sureste de Asia aumentó de una cifra prácticamente nula en 1964-65, hasta un total de 15.000.000 de hectáreas en 1969-70.

Wellhausen (1970) menciona algunos ejemplos que ilustran el impacto de estas variedades sobre la economía de algunos países de Asia. La producción total de trigo en Pakistán, debido a la adopción de semillas y de tecnologías de producción importadas de México, aumentó en cinco años de 4.6 a 8.4 millones de toneladas, lo que representa un incremento del 83%.

En forma similar, la importación de las mismas variedades y tecnologías de producción de México, incrementó en la India la producción de 12 millones de toneladas en 1965 a más de 20 millones en 1970, lo que representa un incremento del 67%.

El desarrollo y la distribución de nuevas variedades de alto rendimiento, concomitante con nuevas técnicas de producción perfeccionadas por el Instituto Internacional de Investigación de Arroz en Los Baños, ha causado un incremento considerable en los rendimientos de este cultivo en muchas regiones del sur y sudoeste de Asia. Filipinas alcanzó un autoabastecimiento en 5 años debido a las plantaciones extensivas de la variedad semienana IR8. En un período similar, Ceilán aumentó su producción en un 50%.

La difusión del maíz híbrido en los países en desarrollo fue por lo general lenta debido principalmente al complejo problema de producción de semillas del reemplazo anual de semillas híbridas.

En los países en desarrollo, el énfasis en la producción de nuevas variedades de maíz fue transferido a la creación de variedades sintéticas de polinización libre, cuyas semillas pueden producirse en forma sencilla, a bajo costo y reemplazarse sólo cada tres o cuatro años. Las variedades sintéticas, aunque potencialmente no son de tan alto rendimiento como los híbridos mejor adaptados, son capaces de producir rendimientos dos veces mayores que las principales variedades locales de polinización libre (Ojala, 1972). Tales variedades mejoradas se difundieron con rapidez.

Durante la década pasada, la producción en Tailandia aumentó a un ritmo de aproximadamente 52.000 Ha y 100.000 Ton por año, debido al uso de variedades de alto rendimiento y a las prácticas de cultivo. El Pakistán Occidental incrementó los rendimientos en un

30% en el curso de un año. En la India, el área plantada con maíz se elevó en un 40-50% desde el año 1960 con rendimientos por unidad de área en continuo aumento. Las nuevas variedades enanas de sorgo aumentaron también con mucha rapidez, especialmente en India y Pakistán.

### **Efectos sobre la remuneración**

Los costos de producción por unidad de superficie son más elevados para las nuevas variedades que para las tradicionales, debido a que la capacidad potencial para incrementar los rendimientos, en el caso de estas nuevas variedades, depende de insumos adicionales. Por ejemplo, Ladejinsky (1970) menciona que en la región del Punjab, en la India, un agricultor poseedor de 7 a 10 acres debe invertir 10.000 a 12.000 rupias, para pasar a una de las nuevas variedades de trigo de alto rendimiento. Por lo contrario, el costo promedio por unidad de producto es generalmente menor en el caso de las variedades de alto rendimiento que en el de las variedades tradicionales.

Inicialmente los agricultores innovadores se beneficiarán de la mayor producción por unidad de superficie y de precios más elevados en los países donde la demanda ha sido superior a la oferta durante el pasado. Sin embargo, una mayor producción debida a la amplia adopción de variedades de alto rendimiento puede abaratar los precios en beneficio de los consumidores (Darlymple y Jones, 1973). Esta disminución de precios implicará para los agricultores innovadores el cese de las altas ganancias. Sin embargo, los ingresos derivados de las variedades de alto rendimiento continuarán siendo elevados debido a los altos niveles de producción y a la desocupación de tierras para otros cultivos de altos ingresos. Igualmente se beneficiará el agricultor en su carácter de consumidor de los precios reducidos.

### **Efectos a corto plazo sobre la ocupación**

Existe un consenso general acerca del hecho de que la "revolución verde" incrementó los requerimientos de mano de obra por unidad de superficie al mismo tiempo que disminuyó la mano de obra por unidad de producción, en caso de no haber ocurrido un cambio en el grado de mecanización. El incremento por unidad de superficie fue mayor y más estable en el caso del trigo que del arroz (Dalrymple y Jones, 1973). En otros cultivos, este incremento fue aún más considerable. Por ejemplo, en un estudio realizado en la zona de Gujarat (India) se encontró que las variedades mejoradas de algodón requieren 91% de mano de obra adicional, en comparación a las variedades nativas (Desai et al, 1970).

Las variedades de alto rendimiento de arroz de maduración temprana e insensibles al fotoperíodo, han permitido la implantación de

cultivos múltiples y por lo tanto, han creado una fuente adicional de mano de obra.

El aumento de la demanda de mano de obra puede ser beneficioso en aquellos casos donde se buscan ocupaciones productivas adicionales para la abundante mano de obra existente, pero puede ser un factor limitante en los casos donde la oferta es reducida.

Aunque sobre el nivel de los salarios rurales influyen distintos factores, la introducción de variedades de alto rendimiento, elevó por lo general este nivel a causa de una mayor demanda de mano de obra.

De esta manera, la mano de obra rural compartió en forma parcial los beneficios económicos derivados de la introducción de nuevas variedades. En un estudio realizado en el Punjab (India), se demostró que en el curso de tres años, a medida que aumentó la difusión de las nuevas variedades de trigo de un 3,5% a un 57,9% de la superficie total de este cultivo, los salarios reales de la mano de obra rural, también aumentaron en forma significativa tanto en empleos agrícolas como no agrícolas (Soni, 1970).

### **Efectos sobre la nutrición**

La introducción de variedades de alto rendimiento propició una mayor disponibilidad de alimentos en los países donde prevalecía un estado de subnutrición o de malnutrición. Sin embargo, el efecto sobre la calidad, no es tan explícito. Este efecto puede ser de carácter positivo si la adopción de las nuevas variedades causa la desocupación de tierras para cultivos de alto valor nutritivo, tales como frutales, hortalizas y productos lecheros; puede ser negativo si las nuevas variedades desplazan a las legumbres con alto contenido de proteínas o si las nuevas variedades poseen bajo nivel proteínico y/o proteínas de escaso valor biológico. Se espera superar estos inconvenientes, parcial o totalmente, por medio de trabajos fitogenéticos adecuados.

El desplazamiento de las legumbres es un peligro real, debido principalmente a sus bajos rendimientos y precios.

### **MAYOR PRODUCTIVIDAD POR UNIDAD DE AGUA**

La eficiencia del uso del agua para las variedades de alto rendimiento es mayor que para las variedades tradicionales, debido a los altos rendimientos. En un estudio comparativo sobre irrigación con aguas de pozos en el distrito de Aligarh, en la India, se demostró que la respuesta a incrementos de agua e insumos asociados (en especial fertilizantes) fue cuatro veces mayor en el caso de trigo mejicano que en el de la variedad nativa, y aproximadamente cinco veces mayor en el caso del mijo híbrido que en el de la variedad tradicional (Moorti, 1971).

Debido a una mayor eficiencia en el uso del agua, la introducción en gran escala de las nuevas variedades de trigo en el Punjab (India) causó un aumento de 7.000 a 120.000 pozos entubados en dicha región, en el curso de cuatro años (Ladejinsky, 1970).

### **Efectos catalizadores**

La adopción de variedades de trigo y arroz de alto rendimiento y alta respuesta a los fertilizantes, creadas en México y en Las Filipinas, por las Fundaciones Rockefeller y Ford, constituyó el principal catalizador de cambios en la agricultura. Este tema será tratado posteriormente en forma detallada en los incisos “relación entre el uso de fertilizantes y otras prácticas mejoradas” y “la revolución de los fertilizantes y semillas de este mismo Capítulo”.

## **PROBLEMAS DERIVADOS DE LA ADOPCION DE NUEVAS VARIETADES DE ALTO RENDIMIENTO**

Las variedades de alto rendimiento poseen sus restricciones. Han creado grandes ventajas, pero también han causado nuevos problemas, ya que el recibir mayores beneficios derivados de esta nueva tecnología, conlleva muchos esfuerzos, financiaciones extensivas y una planificación integral.

### **Necesidad de insumos adicionales**

Sin la aplicación de fertilizantes, las variedades de alto rendimiento poseen poca o ninguna ventaja sobre las variedades antiguas. Este aspecto será tratado en el inciso “la revolución de los fertilizantes y de las semillas de este mismo Capítulo”.

Las nuevas variedades exigen muchos fertilizantes, buen manejo del agua y considerables mejoras en los métodos tradicionales de cultivo y de protección vegetal. Su uso requiere grandes inversiones de insumos de producción así como una mejora substancial en la distribución y facilidades de almacenamiento. Deben también ampliarse otros servicios de soporte, tales como crédito y extensión, así como modificar el sistema de tenencia de la tierra en ciertos países.

### **Necesidad de diversificación de la producción de cultivos**

Las nuevas variedades de cereales de alto rendimiento han incrementado tanto la necesidad como la posibilidad de diversificación de la producción de cultivos, debido a que se han elevado las ganancias de la agricultura y se ha reducido el área cultivada necesaria para suplir las demandas de los alimentos básicos.

En los países donde tuvo éxito la promoción de variedades de alto rendimiento, deben asegurarse la diversificación de los cultivos y los usos alternativos de las tierras anteriormente dedicadas a la producción de cereales. Los hábitos de alimentación de la población determinarán en gran medida la selección de cultivos alternos.

### **Necesidad de la adaptación a condiciones locales**

Las variedades tradicionales se han seleccionado a lo largo de generaciones por su adaptabilidad a las condiciones locales de crecimiento. Por lo tanto, no sorprende el hecho de que las variedades nuevas sean, por lo general, mucho menos resistentes que las variedades tradicionales a la sequía, a las temperaturas extremas, inundaciones, pestes y enfermedades.

Por esto, no todas las regiones son apropiadas para el cultivo de variedades de alto rendimiento.

Por ejemplo, ninguna de las variedades de arroz de alto rendimiento introducida hasta la actualidad en India posee una adaptabilidad completa a las condiciones monzónicas (Agricultural Attache, 1973). El uso de las variedades mexicanas de trigo se ve limitado en Turquía, Afganistán y Pakistán, debido a las bajas temperaturas (Dalrymple y Jones, 1973).

El mayor problema en el caso del arroz, consiste en que la mayor parte de las regiones de Asia no acusan las condiciones ideales para las nuevas variedades de alto rendimiento. Las inundaciones profundas, aún cuando sean de corta duración, pueden ser desastrosas para el cultivo y los rendimientos que se pueden obtener, serán muy inferiores al nivel potencial de rendimiento si el suministro invernal no se regula cuidadosamente (Dalrymple y Jones, 1973).

Hasta hoy, la adopción de variedades de alto rendimiento se ha visto limitada casi totalmente a regiones bajo irrigación o a aquellas que poseen una adecuada precipitación pluvial natural. Estos problemas podrán resolverse a medida que se realizaron progresos en el mejoramiento de las variedades, con el fin de tratar de adaptarlas a condiciones adversas específicas.

### **Problemas de la aceptación por parte del consumidor**

Pueden crearse dificultades si la producción de las nuevas variedades son menos aceptadas por la gente que las variedades tradicionales a las que estaban acostumbrados. Por ejemplo, la calidad de cocción del famoso arroz IR8 es menos aceptada que la de las variedades locales. Como resultado, el precio pagado por el arroz nuevo es inferior en un 30% al pagado por las variedades locales.

El uso de las nuevas variedades enanas de trigo de alto rendimiento en Israel, fue limitada debido a su baja calidad en la panificación.

Posteriormente, esta dificultad fue superada debido a un intenso programa fitogenético.

### **Efectos a largo plazo sobre los empleos**

El impacto positivo de la “revolución verde” sobre los empleos puede ser de carácter temporal. A largo plazo, el aumento del salario real y la intranquilidad en el ámbito ocupacional conducirán a un aumento de la mecanización, principalmente en las fincas de mayor tamaño. La mecanización podrá hacerse debido a las altas ganancias que se obtendrán. Una vez adoptada la mecanización en las fincas, podrá ser luego contratada por las de tamaño medio y pequeño.

La mecanización en la producción de trigo puede reducir la mano de obra desde 30-40 trabajador-días por tonelada, que es la cifra usual en caso de usarse exclusivamente tracción animal, hasta menos de 1 trabajador-día por tonelada (Dalrymple y Jones, 1973).

### **Desigualdad creciente entre los diferentes sectores de la población rural**

Aunque la “revolución verde” posee pocas economías de escala, ha conducido a efectos diferenciales a niveles de la región y de las fincas, que produjeron el aumento de la desigualdad entre los diferentes sectores de la población rural de cada país. Este proceso favorece a los agricultores comerciales que adoptan rápidamente esta tecnología y a los que gozan créditos preferenciales e insumos, en **contraposición** a los pequeños agricultores y los trabajadores no poseedores de tierra. Igualmente, se ven favorecidas las regiones con condiciones óptimas de cultivo, en **contraposición** a las regiones marginales. Este tema será tratado detalladamente en el Capítulo 9.

## **FERTILIZANTES**

### **IMPORTANCIA**

En el curso de 20 años (1946-1966), el consumo mundial de fertilizantes aumentó en un 543%, mientras que la **superficie cultivada** incrementó en menos del 20%. En 1966-67 el consumo total de fertilizantes fue aproximadamente de 48.3 millones de toneladas, lo que significa un incremento del 9,6% en relación a 1965-66. El consumo mundial de fertilizantes, se incrementó más rápidamente que la producción mundial, la que aumentó a un ritmo del 7,9% anual.

La mayor parte de los fertilizantes del mundo los usan los países desarrollados. A principios de la década del sesenta (1960), Europa, Norteamérica y Japón, usaron aproximadamente el 90% del total mundial de tierras arables. Sin embargo, uno de los mayores aumen-

tos en el uso de fertilizantes durante los últimos años, se registró en los países en desarrollo (O.E.C.D., 1967).

La aplicación de fertilizantes en la agricultura latinoamericana ha sido hasta hace poco tiempo a escala limitada y de carácter local. Con excepción del nitrato chileno y del guano peruano, América Latina en el pasado dependió en gran medida de la importación de fertilizantes. Sin embargo, tanto la producción como el uso de los fertilizantes han aumentado mucho, aunque aún constituyen una muy pequeña proporción de la producción y el consumo mundial (Fig. 7.1).

Por ejemplo, el uso de fertilizantes en Brasil permaneció estable entre los años 1960-66 y se duplicó bastante en los tres años sucesivos. El aumento en el uso de fertilizantes en la India fue muy lento hasta 1966 y luego se triplicó entre los años 1966 y 1969. Tendencias similares fueron reconocidas en Turquía y en Pakistán (Brown, 1970).

México constituye un ejemplo de la rápida adopción de fertilizantes en la agricultura en el proceso de la modernización, aunque su considerable potencial no ha sido aún explotado totalmente. Entre

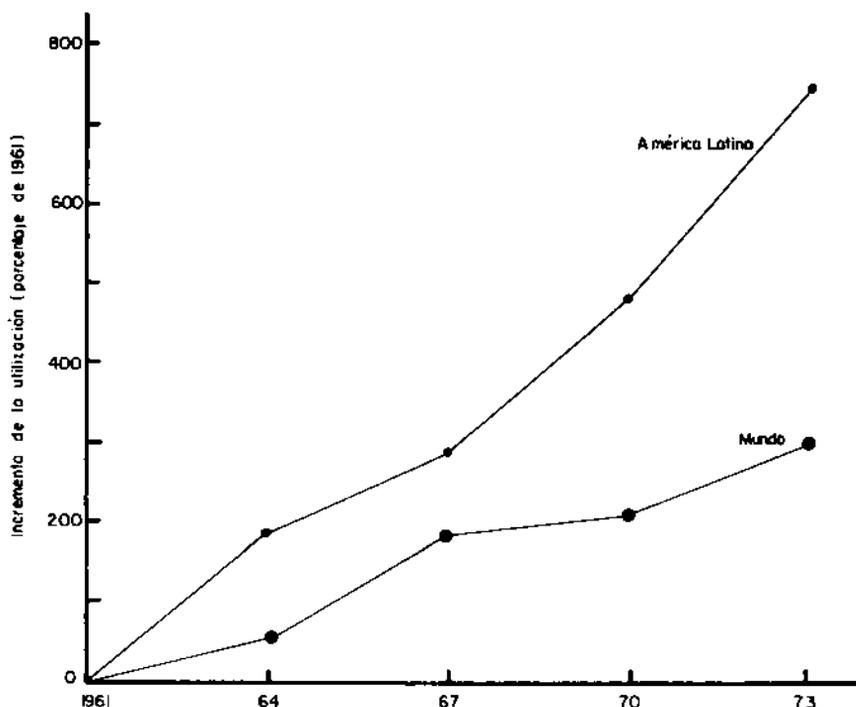


Fig. 7.1. Incremento relativo en el uso de fertilizantes en América Latina y en el mundo, en el período 1961-1972.

los años 1948-52 y 1966 el consumo de nitrógeno se duplicó, el de fosfatos aumentó 10 veces y el de potasio 5 veces. El área fertilizada de cultivo aumentó de un 5% a un 15% del total del área cosechada. Aunque esto denote un incremento significativo, debe destacarse el hecho de que el gran potencial de los fertilizantes aún no ha sido explotado en la mayoría de las tierras agrícolas (Venezian y Gamble, 1969).

Aunque la mayoría de los países latinoamericanos incrementan el uso de los fertilizantes, la aplicación de éstos es muy desigual en los distintos países y en particular dentro de cada uno de ellos. En México, por ejemplo, la mayor parte de los fertilizantes se usan en la región norte del país, mientras que en Perú se utilizan particularmente a lo largo de la zona costera y no en la región andina.

El uso de fertilizantes en Colombia se incrementó rápidamente. Entre los años 1955-1964 aumentó el consumo de nitrógeno en un 85%, el de ácido fosfórico en un 26% y el de la potasa en un 42%. Aún así, se estima que después de estos aumentos sólo el 16% del total del área cosechada recibió fertilizantes. Los cultivos que consumieron mayor cantidad en toneladas de fertilizantes durante 1963 fueron, en orden de importancia, los siguientes: papas, arroz irrigado, banano de exportación, caña de azúcar, trigo, cebada, algodón y hortalizas. Se estima que estos cultivos recibieron un 80%-90% del total de nutrimentos vegetales químicos que se usaron. En las plantaciones de café y maíz se destaca la baja aplicación de fertilizantes a pesar de la gran importancia que tienen estos dos cultivos en la agricultura del país.

De acuerdo al rápido incremento actual en el uso de fertilizantes, se espera que para 1985 su adquisición en los países en desarrollo exceda la de todos los otros insumos manufacturados en conjunto (FAO, 1969).

Gran parte del incremento de los rendimientos de cultivos en los países desarrollados se atribuye al aumento en el uso de fertilizantes. Por ejemplo, se estima que la mitad del aumento de la producción por unidad de superficie en los Estados Unidos desde 1930, se debe a los fertilizantes (Duroset y Barton, 1960). En la India, se estimó que el aumento en el uso de los fertilizantes aportó 4.6 millones de toneladas, de los 11.2 millones de toneladas en que se incrementó la producción de alimentos durante el segundo plan quinquenal (FAO, 1967). Sin embargo, es difícil aislar los efectos de otras prácticas mejoradas, las que además de su propio aporte al aumento de rendimientos, facilitaron en gran medida la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes.

En todas las regiones y países del programa de fertilización de la "Campaña de la Libertad contra el Hambre", organizada por la FAO, el nitrógeno tuvo efectos positivos en el 97% de las localidades, el fósforo en el 90% y el potasio en el 85% (Couston, 1967). El tratamiento con fertilizantes que tuvo más éxito incrementó los rendi-

mientos en un promedio de 60% y fue remunerativo en más del 90% de las localidades. Si se hubieran introducido también los otros insumos de producción, el efecto total en la productividad habría sido mayor. La relación valor-costos alcanzó un promedio de 4 a 8, lo que indica que la inversión en el uso propicio de los fertilizantes es altamente remunerativa (Olson, 1968).

## EL USO DE FERTILIZANTES EN REGIONES SECAS

Desde el punto de vista del uso de los fertilizantes **en las regiones secas**, existen dos sistemas contrastantes:

**En las regiones semiáridas** donde no existe agua disponible para riego, las escasas precipitaciones sólo permiten una agricultura de labrantío para un limitado número de cultivos, mediante el uso de variedades adaptadas y técnicas especiales de cultivo.

Bajo estas condiciones, la eficiencia de los fertilizantes guarda una relación directa con la cantidad de precipitaciones. Si éstas son demasiado escasas, la respuesta a los fertilizantes será nula o aún negativa cuando el crecimiento vegetativo inicial se promueve por su acción, agotando las reservas de agua en los estadios iniciales y formando los granos bajo condiciones de deficiencia de agua. Si las precipitaciones son suficientes, la respuesta al fertilizante será inmediata. Por lo tanto, el agricultor está obligado a tomar decisiones acerca de los tipos y cantidades de fertilizantes que aplicará, en un determinado momento, cuando aún desconoce la magnitud de las futuras precipitaciones, que constituyen el principal factor para determinar las consecuencias de su decisión. Si aplica fertilizantes y las lluvias son muy escasas, el agricultor perderá no sólo su cultivo sino también parte de **sus inversiones** en efectivo. Si no aplica fertilizantes y el año es favorable, obtendrá bajos rendimientos y no podrá recuperar las pérdidas sufridas en años anteriores desfavorables.

Estas condiciones han promovido la formación de una política muy cautelosa de fertilización. En la actualidad, la tendencia consiste en **incrementar** el uso de los fertilizantes en las regiones semiáridas debido a lo siguiente:

- a. Los agricultores consideran que aún en años desfavorables, sus inversiones en fertilizantes no son desaprovechadas, pues en gran parte serán restituidas en los años favorables.
- b. En las áreas dedicadas a la monocultura de cereales, la fertilidad inherente de los suelos declinó en tal medida que el suministro de nutrimentos se convirtió en un factor crítico, aún bajo condiciones de limitado suministro de humedad.
- c. Las técnicas modernas existentes de conservación del agua mejoran el régimen de humedad del suelo o incrementan la respuesta de los cultivos a los fertilizantes.

**Bajo condiciones de regadío** el potencial de rendimientos de las regiones secas es mucho más elevado que en las regiones templadas y los trópicos húmedos. Este potencial sólo puede lograrse con muy altos grados de fertilización. La actitud general del agricultor frente al uso de los fertilizantes debe ajustarse a la nueva situación, dejando de lado su cautela y usarlos en gran magnitud.

El agricultor debe utilizar los fertilizantes en niveles muy superiores a lo acostumbrado en la agricultura intensiva de las regiones templadas.

## **EL USO DE FERTILIZANTES EN LOS TROPICOS HUMEDOS**

Durante la primera base del desarrollo de la agricultura tradicional, en los **trópicos húmedos**, los incrementos en los rendimientos debidos a los fertilizantes son limitados, a pesar de que los nutrimentos de las plantas constituyen el principal factor limitante (suponiendo que el suministro de agua sea adecuado).

La productividad marginal del aumento de fertilizantes en la mayoría de los cultivos alimenticios es baja, debido a que no están presentes otros factores esenciales de producción que interactúan con los fertilizantes.

En el cultivo de árboles la situación es diferente. Estos se cultivan bajo regímenes favorables de precipitaciones y por lo común se usan variedades de alto rendimiento. Los fertilizantes que se aplican bajo estas condiciones demuestran su capacidad de producir incrementos marcados en los rendimientos. En Ghana, por ejemplo, al usar una combinación de variedades de cacao de alto rendimiento, sombrero reducido y medidas eficientes de control de enfermedades y plagas, se demostró que los fertilizantes incrementaban los rendimientos más de diez veces, hasta una cifra de 3000 Kg por Ha (FAO, 1962). Los fertilizantes aplicados a variedades mejoradas de palma de aceite, hacen posible una producción más temprana (a una edad de 3-4 años, en lugar de la edad usual de 7-10 años) e incrementan los rendimientos de semillas y aceite de palma en 3 y 6 veces respectivamente (Ministry of Economic Planning, 1961).

## **PROBLEMAS DE UTILIZACION**

El conocimiento limitado acerca de las formas más efectivas de usar fertilizantes puede disminuir también su impacto. Factores tales como grados óptimos, mejor época para la aplicación, portadores de nutrimentos apropiados y combinación de fertilizantes en la proporción correcta, son muy importantes en los efectos que se obtienen. Técnicas de aplicación defectuosas o descuidadas, tales como la distribución irregular de los fertilizantes, pueden también reducir su efectividad.

Debe existir un margen suficiente entre beneficios y costos, el cual se estima en 5 a 1 inicialmente para los fertilizantes (Nelson, 1967).

Todos estos problemas desaparecen gradualmente, como resultado de la investigación, a medida que aumenta el conocimiento acerca de la aplicación de fertilizantes y los conocimientos técnicos de los agricultores mejoran por medio de la educación y la extensión.

## **RELACION ENTRE EL USO DE FERTILIZANTES Y OTRAS PRACTICAS MEJORADAS**

Por causas prácticas y psicológicas, el aumento en el uso de los fertilizantes es importante desde las primeras etapas del desarrollo. Causas prácticas, se deben a que las ganancias son rápidas y se requiere poco capital; el uso de fertilizantes es probablemente el factor que más responde al aumento del rendimiento por hectárea o por unidad de agua.

Las razones psicológicas consisten en que pocos insumos tengan efectos tan grandes sobre la producción. El fertilizante en sí es un insumo tangible, de modo que, la relación entre causa y efecto es evidente. Por esta razón, la aplicación de fertilizantes se considera como una práctica "pionera" que predispone al agricultor a adoptar otras prácticas mejoradas. Todo mejoramiento en variedades y prácticas de manejo que incrementen los rendimientos, también aumenta la necesidad de fertilizantes para elevar el potencial de rendimientos debido a prácticas mejoradas y para reponer los nutrientes adicionales extraídos del suelo.

Existe una relación complementaria tan alta entre los fertilizantes y otras prácticas incrementadoras de rendimientos, que la cantidad de fertilizantes usada por hectárea de terreno pasó a constituir un índice confiable de progreso en la adopción de tecnologías incrementadoras de rendimientos en general. Williams y Couston (1962), informan acerca de un coeficiente de correlación de 0,87 entre consumo de fertilizantes y rendimientos de granos en 40 países. En el Japón, los fertilizantes son artículos muy costosos y equivalen a un 30% del total de gastos dedicados a la producción agrícola (Christensen y Stevens, 1962). Los países con un nivel bajo en el uso de fertilizantes y en el valor de rendimiento de la producción de los cultivos\* son por lo general los países subdesarrollados; los altos niveles de cultivos caracterizan a los países con una agricultura moderna, altamente productiva y con un sector industrial eficiente.

Castillo (1973) menciona que la adopción de nuevas prácticas en el cultivo del arroz (variedades de alto rendimiento con grandes aplica-

---

(\*) El índice de valor del rendimiento de la producción de cultivos por hectárea se obtiene al multiplicar la producción de cada cosecha registrada por su precio-ponderado regional; se suman esos valores y luego, se dividen por el número total de hectáreas cultivadas (Williams y Couston, 1962).

ciones fertilizantes) por medio del agricultor filipino “acarreo un enfoque de modernización en la agricultura, nuevas actitudes, aspiraciones, percepciones y amenidades en la vida. En el curso de cinco años (entre 1965 y 1970), la introducción de nuevas tecnologías para el arroz en una aldea filipina produjo la expansión del sistema de irrigación y de cultivos múltiples. Se establecieron nuevas escuelas y nuevos templos, se mejoraron caminos y los radios a transistores como así también los tractores de operación manual, se volvieron populares” (Lewis 1971).

Ladejinsky (1970) informa acerca de un cambio similar en las actitudes mentales de los agricultores en la India que adoptaron la combinación de nuevas variedades de trigo y de fertilizantes. La importancia del cambio psicológico resultante, tal como se expresa en un deseo de emplear mejores métodos agrícolas y un mejor nivel de vida, nunca podría enfatizarse exageradamente.

El uso de los fertilizantes es generalmente adoptado por agricultores de todo tipo y de distintas relaciones de tenencia. Puede existir un retraso de dos a tres años mientras el pequeño agricultor observa los efectos en las fincas de mayores recursos. Existen evidencias de que usando menos fertilizantes pero mayores insumos de mano de obra (desmalezamiento más cuidadoso por ejemplo), los pequeños agricultores obtuvieron en los rendimientos aumentos similares a los de las fincas grandes (Gotsch, 1973).

## **LA REVOLUCION DE LOS FERTILIZANTES Y DE LAS SEMILLAS**

La relación que existe entre variedades de alto rendimiento y los fertilizantes es posiblemente una de las interacciones más notables y difundidas entre los factores de producción agrícola. La causa principal de su alta productividad consiste en que la principal característica de estas nuevas variedades es su habilidad de responder marcadamente a la aplicación de los fertilizantes. Los dramáticos efectos resultantes de la combinación de nuevas variedades de cultivos y fertilizantes fue ya mencionada.

El término de “revolución verde” se asocia por lo general a la introducción de nuevas variedades de trigo y arroz de alto rendimiento. Sin embargo, es un hecho reconocido que sin el uso de los fertilizantes el impacto de estas nuevas variedades es imperceptible o, en el mejor de los casos, de limitado grado (Fig. 7.2).

Recíprocamente la respuesta de los cultivos alimenticios a los fertilizantes en condiciones de agricultura tradicional realizados en un período significativo en una gran cantidad de ensayos, resultó ser sólo de carácter nominal. Aunque el incremento que se obtiene aparenta ser considerable de acuerdo a los porcentajes (por ejemplo, un 50% de aumento en los rendimientos), el aumento absoluto fue muy

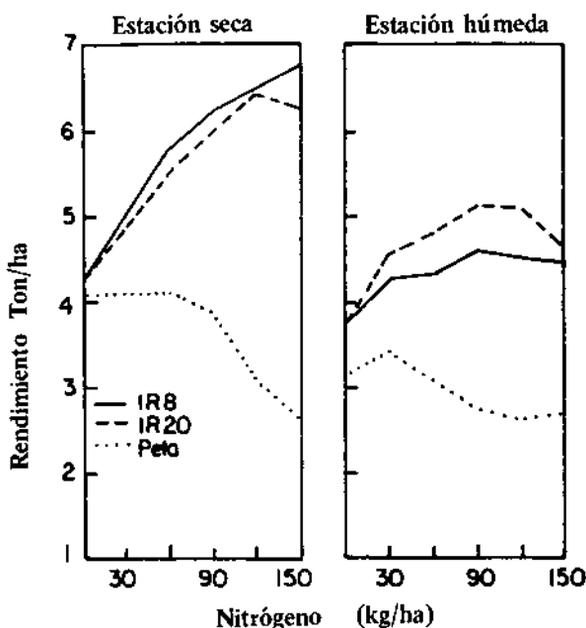


Fig. 7.2. Respuesta diferencial de variedades de arroz mejoradas (IR8, IR20) y una variedad tradicional (Peta) a fertilizantes (Brady et al, 1976). (Los datos son los promedios de cosechas en el período 1968-1973. Cortesía del Instituto Internacional de Investigaciones de Arroz, Los Baños, Filipinas).

bajo. Gran parte de los experimentos demostraron que la fertilización química puede retardar el grado de disminución de los rendimientos bajo condiciones de cultivo continuo. En ciertos casos, fue posible mantener un nivel estable de rendimientos por medio de la fertilización, pero muy rara vez fue notado un aumento considerable. La conclusión de estos experimentos es que el fertilizante por sí mismo no es el factor decisivo en el incremento de la producción en dicho medio ambiente (Cline, 1971).

La experiencia mejicana, citada por Wellhausen (1967), es un ejemplo ilustrativo de la ineficiencia de los fertilizantes cuando se aplican a las variedades no adaptadas a altos niveles de fertilidad. En México, las variedades nativas de trigo eran susceptibles a la roya negra del tallo. Cuando se aplicaron fertilizantes a estas variedades, el macollamiento profuso y el crecimiento frondoso del follaje, crearon un microclima favorable a la germinación de esporas de la roya. En consecuencia, la alta infección y diseminación epidémica de la roya causó el fracaso completo del cultivo. Por el contrario, en campos no fertilizados, el sol penetraba por entre las poblaciones ralas de las plantas, haciendo que el rocío se secase en las tempranas horas de la mañana.

En estas condiciones, la germinación de la roya fue limitada y se evitó que la enfermedad alcanzara proporciones epidémicas. Bajo estas condiciones los rendimientos fueron bajos, de unos 750 Kg/Ha, pero bastante constantes. Contrariamente, Kellogg (1962) ilustra la necesidad de aplicar fertilizantes para que las variedades mejoradas incrementen los rendimientos. Ensayos de fertilizantes de maíz realizados en la India, demostraron que los incrementos obtenidos en relación a las variedades locales no fertilizadas fueron de 1290 Kg/Ha por el uso de semillas híbridas, de 1110 Kg/Ha por la aplicación de fertilizantes, y de 3480 Kg/Ha por la combinación de ambos tratamientos.

De lo enunciado, queda claro que la aplicación de fertilizantes en conjunto con las variedades mejoradas es una condición *sine qua non* de la “revolución verde” (Griffen, 1973), denominada también “la revolución de los fertilizantes y semillas” (Johnston y Cownie, 1969).

La revolución verde o de variedades y fertilizantes, comúnmente se considera de carácter reciente en los países en desarrollo. Esta estimación no es exacta. Al principio del Siglo XX, la productividad, de la mano de obra agrícola del Japón fue prácticamente duplicada después de adoptar dos factores muy complementarios de gran importancia: el desarrollo de variedades que respondían considerablemente a las aplicaciones cada vez mayores de fertilizantes y el aumento concomitante de los mismos (Johnston, 1962).

Durante un período de 60 años, los fertilizantes comerciales fueron el insumo que acusó el mayor aumento de importancia en el Japón, paralelamente a la introducción de variedades de alto rendimiento. Los denominados trigos “milagrosos” se desarrollaron sólo después de la creación de nuevas variedades en México, que introdujeron características genéticas previamente desarrolladas en el Japón varios años atrás. La adopción en estas nuevas variedades en un gran número de regiones fue posible debido a su baja sensibilidad a la duración del día. Sin embargo, su éxito dependió de aplicaciones adecuadas de fertilizantes. El Cuadro 7.1 resume dos ejemplos que ilustran este tipo de relación.

CUADRO No. 7.1. Rendimientos comparativos (Kg/Ha) de variedades de trigo y arroz mejoradas y tradicionales, con y sin el uso de fertilizantes en la India (Griffin, 1973).

	TRIGO		ARROZ	
	Variedad tradicional (C-306)	Variedad mejorada (Sonora-Gy)	Variedad tradicional	Variedad mejorada (IR-8)
Sin fertilizantes	2350	2230	2500	3000
con fertilizantes	3690	4600	3500	4570

El potencial de altos rendimientos y la resistencia al vuelco de las nuevas variedades de arroz y trigo, les permiten mantener grados de respuesta a los fertilizantes favorables hasta niveles 3 ó 4 veces mayores que el nivel en el cual las variedades tradicionales comienzan a volcarse y/o presentar disminución de los rendimientos. Esta característica permite aumentos en condiciones de campo de hasta un 200% (Johnson y Cownie, 1969). Por ejemplo, el reemplazo del 80% de las variedades tradicionales de trigo por los trigos "milagrosos" en el Punjab triplicó el consumo de fertilizantes en un período de 4 años. El grado de aplicación aumentó de 5 a 8 Kg/Ha hasta cifras tales como 100 a 150 Kg/Ha (Ladejinsky, 1970).

Las nuevas variedades de arroz, no sólo responden a mayores grados de aplicación de fertilizantes, sino que también son mucho más eficientes en su uso. Las variedades tradicionales rinden aproximadamente 10 Kg adicionales de granos por cada Kg aplicado de nitrógeno, mientras que en las nuevas variedades mejoradas esta proporción es de 20 a 1 (Hopper, 1968).

En muchos casos, el potencial de rendimiento de la combinación de variedades de alto rendimiento y fertilizantes no se explota en su totalidad debido a la **insuficiencia** o a la aplicación desequilibrada de fertilizantes, o a ambos factores. Por ejemplo, en un estudio de campo realizado en el Pakistán Occidental, el rendimiento promedio en la muestra de agricultores investigados durante los años 1968/9 fue de 236 Kg/Ha en el caso del trigo enano y de 137 Kg/Ha en el caso de la variedad local. Esta diferencia está asociada con un promedio de casi 55 Kg/Ha de nitrógeno aplicado a las variedades enanas, comparado con 41 Kg/Ha aplicados a las variedades locales.

La tasa de respuesta del grano al nitrógeno fue de un promedio de 17 Kg de grano por Kg de nitrógeno en el caso de las variedades enanas, comparada a algo más de 8 Kg en el caso de las variedades locales. La cantidad promedio de nitrógeno aplicada a las variedades enanas fue considerablemente menor que la mitad del nivel óptimo. Este es el principal factor al que se adjudica la diferencia existente entre el nivel potencial de rendimiento y los rendimientos reales obtenidos por los agricultores (Eckert, 1971).

Un estudio realizado por el Gobierno de Pakistán Occidental en 1970, demostró que el 80% de los agricultores aplicaban nitrógeno al trigo enano y sólo 25% aplicaban fosfato y en cantidades mucho menores que la mitad de las recomendadas. Más de la mitad de los agricultores nunca habían oído hablar acerca de los fosfatos (Government of Punjab, 1970). La potasa, ni siquiera fue mencionada en este estudio. Debido al gran incremento de los rendimientos a causa del cultivo de variedades mejoradas, las reservas edáficas de P y K son rápidamente agotadas y la consecuente deficiencia de uno o ambos elementos reduce la efectividad de la aplicación del nitrógeno. Los ensayos de fertilización en trigo enano, en el Pakistán Occidental, constituyen un ejemplo que ilustra tal situación. En estos ensayos se

encontró que el rendimiento promedio de granos fue de 2860 Kg/Ha en el caso de aplicarse 113 Kg/Ha de nitrógeno, mientras que el rendimiento alcanzó los 3800 Kg/Ha cuando se aplicó 56 Kg/Ha de  $P_2 O_5$  en adición al nitrógeno (Eckert, 1971).

En la India, la brecha entre los rendimientos potenciales y reales es probablemente mayor en el caso del arroz que en el del trigo, debido a una aplicación desequilibrada e insuficiente de fertilizantes (Johnston y Kilby, 1971).

La relación que existe entre el agricultor y la práctica de irrigación constituye otro ejemplo de la interdependencia entre la aplicación de fertilizantes y otras prácticas culturales. Ciertos agricultores de Pakistán que dependen del suministro de agua por medio de un canal y poseen poco control sobre el período de riego y la cantidad de agua que se aplica al cultivo, usaron menos de la cantidad de nitrógeno en comparación a los agricultores capaces de adquirir agua de pozos entubados. Los agricultores dueños de sus propios pozos entubados, y por lo tanto poseedores de un control completo sobre el suministro del agua, usaron aproximadamente una cantidad tres veces mayor de nitrógeno que los agricultores que dependían del agua del canal (Johnston y Kilby, 1971).

## REQUERIMIENTOS DE FERTILIZANTES

A excepción del caso de Brasil, el uso de fertilizantes por hectárea de tierras disponibles en América Latina, es aún menor que el promedio mundial. Gran parte del aumento en el uso de fertilizantes se debe a la expansión de las áreas cultivadas y no al cambio de la intensidad de uso por unidad de área.

Se ha estimado que un crecimiento promedio anual del 2% al 6% en la producción total de alimentos en los países en desarrollo hasta 1980, requerirá un aumento en el consumo de fertilizantes, equivalente a cuatro veces el nivel de consumo de 1965. Un incremento anual en la producción de alimentos de 3,1% necesitará un aumento seis veces mayor en la demanda de fertilizantes. Por lo tanto, su consumo aumentará a un ritmo mucho mayor que la propia producción agrícola (O.E.C.D., 1967).

Como resultado, la importación de fertilizantes de los países en desarrollo aumentó velozmente en los últimos años. La necesidad de concentrarse en los rendimientos por unidad de superficie y por unidad de agua, implicará el continuo aumento de la importación de fertilizantes. Este aumento crea considerables problemas en los países que dependen de su importación, y que a menudo tienen grandes déficits en su balanza de pagos y escasez de moneda extranjera.

Estos problemas se han hecho mucho más críticos con el gran incremento de los precios de los fertilizantes químicos, debido a los cambios en la política petrolera. La producción de fertilizantes

químicos en general, y de los fertilizantes en particular, requiere altos insumos de energía. Se ha estimado que en los países desarrollados, los fertilizantes necesitan 44-47% de la energía total que se requiere para la producción de los cultivos (Hutter, 1976).

Mientras el uso de abonos orgánicos, incluso "compost", pueden aliviar la situación, la producción intensiva de cultivos con el objeto de alcanzar rendimientos altos, no es posible en gran escala sin el uso adecuado de fertilizantes químicos. La última solución es el ajuste de los precios de los productos agrícolas a los costos de producción incrementados, debido a los cambios en los precios de fertilizantes y a otros factores de producción esenciales.

## TECNOLOGIA DE SEMILLAS

La provisión de semillas de calidad tiene dos objetivos: asegurar que el agricultor siembre la variedad más apropiada para sus condiciones y garantizar, dentro de lo posible, que reciba una plena y uniforme población de plantas.

Aún en los países avanzados, algunos agricultores no están bien equipados para mantener la pureza y la identidad genética de las variedades que cultiva. En el caso de variedades híbridas, cuya importancia aumenta en cultivos de amplia difusión, se descarta por completo, la producción de semillas por el propio agricultor.

Además de la necesidad de mantener la identidad genética de las variedades mejoradas, una fuente certificada de semillas asegurará que el agricultor obtenga semillas puras con alto porcentaje de germinación y emergencia, así como libre de enfermedades transmitidas por semillas y de semillas nocivas. Un progreso mayor se alcanza si las semillas ya están tratadas contra las enfermedades transmitidas por semillas o endémicas en el suelo y contra insectos del mismo. La campaña de tratamiento de semillas contra el tizón bacterial del algodón llevada a cabo en el Norte de Nigeria, fue muy efectiva en el control de la enfermedad y de muy bajo precio para el agricultor, y es un ejemplo de lo que puede lograrse con un control centralizado de desinfección de semillas.

Los requisitos necesarios para la producción comercial de buena calidad de semillas son (Fig. 7.3):

- a. Facilidades para el secado, limpieza, clasificación, tratado y empaque de las semillas.
- b. Facilidades de almacenamiento y servicio adecuado de distribución.
- c. Promulgación de leyes de semillas y creación de entidades para la supervisión, el control y la ejecución.

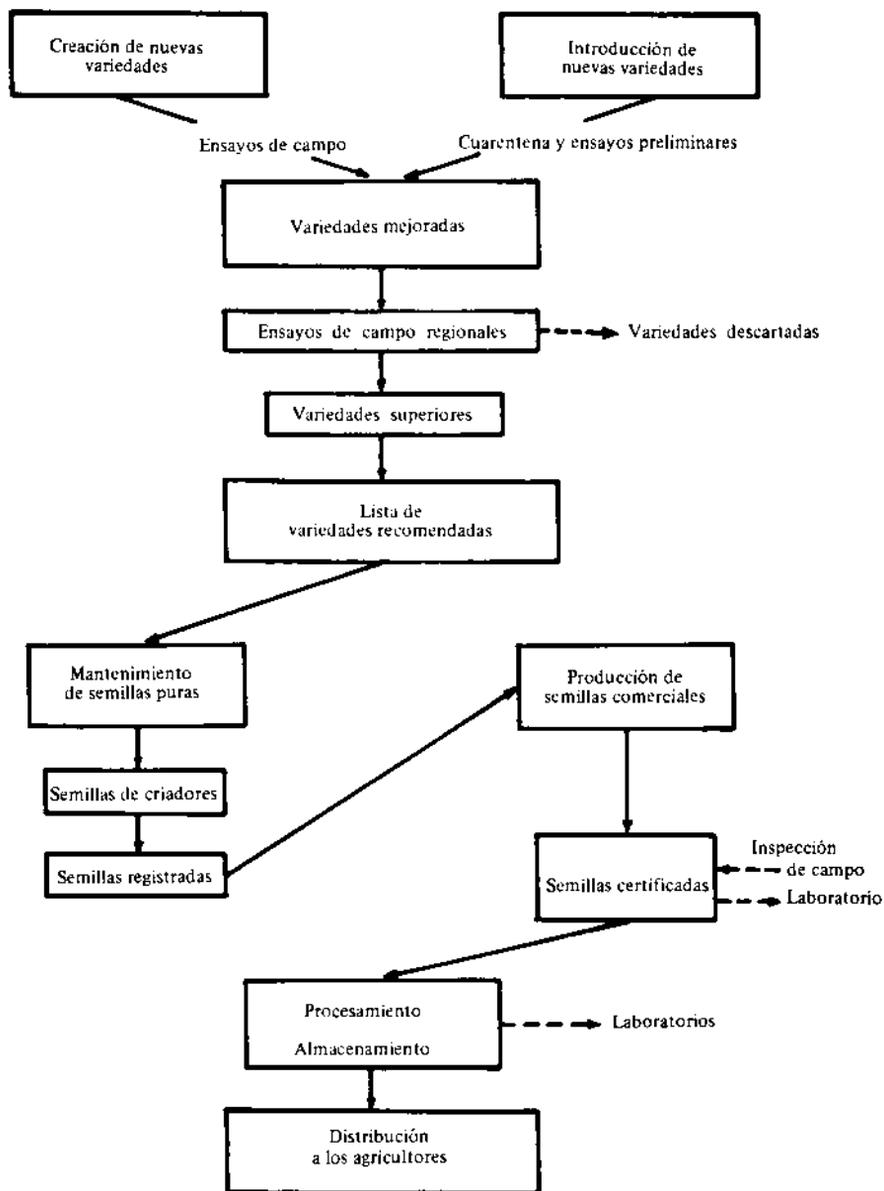


Fig. 7.3. Esquema de las etapas de un sistema eficiente de producción de semillas de calidad.

En los países avanzados, el suministro de semillas certificadas está por lo general a cargo de firmas particulares o de empresas cooperativas. En los países en desarrollo ésta puede ser una función importante a cargo de un servicio apropiado del Ministerio de Agricultura.

## CONTROL DE ENFERMEDADES Y PLAGAS

### IMPORTANCIA

En gran parte de la región tropical de América Latina no se aplican aún métodos efectivos de control de enfermedades y, cuando se hace, los costos suelen ser cinco o diez veces más elevados que en las zonas templadas. Se estima que anualmente la pérdida total, como consecuencia de enfermedades de las plantas en las regiones tropicales de América Latina, ha sobrepasado los 3.000 millones de dólares (Wellman, 1967).

Wellman (1967) sostiene que las enfermedades de las plantas tienen mayor incidencia en las bajas cosechas en las regiones tropicales de América Latina que la baja fertilidad del suelo. El enfatiza que el tizón de la papa (*Phytophthora*) fue, posiblemente, la causa básica de la hambruna que sembró el desastre de los Incas. Durante los últimos tiempos se han producido hambrunas en ciertas regiones, debido a enfermedades del maíz; la cosecha de frijoles se ve frecuentemente azotada, cuando un período de lluvias un poco más prolongado provoca condiciones propicias para enfermedades epidémicas de tizón y antracnosis.

Las plantaciones, y especialmente las que se propagan asexualmente, son incluso más vulnerables a las enfermedades. Pocos años después de la aparición de la enfermedad de escobón en las plantaciones de cacao en la Guayana Holandesa, ésta se propagó en otros países y en Ecuador, por ejemplo, causó una reducción de 60%-80% en las cosechas.

La enfermedad de la tristeza exterminó las plantaciones de cítricos en el Brasil.

Los riesgos de pérdidas debidas a plagas y a enfermedades deben ser reducidos a límites tolerables, si se pretende que los agricultores adopten nuevos métodos incrementadores de producción.

Ciertas plantaciones comerciales, tales como el algodón, no pueden ser cultivadas en escala comercial a menos que se apliquen métodos satisfactorios de control de insectos. El uso de insecticidas es un factor clave en la expansión de la producción de algodón en América Central, donde el costo del control de insectos puede abarcar del 20% al 45% de los costos totales de la producción (Leurquin, 1966). En el caso del banano, el control de la "Sigatoka" que constituye una enfermedad importante de este cultivo, puede requerir de 15 a 30

pulverizaciones por año, lo que representa un ítem de primera magnitud en los costos de producción.

Aproximadamente el 80% de los pesticidas se usan en países desarrollados, en sólo el 30% del total mundial de superficie cultivable. Asimismo, existe un marcado contraste en lo que respecta al objeto de su uso. En países desarrollados se enfatiza cada vez más en objetivos tales como el tratamiento preventivo de plagas y enfermedades, los métodos integrales de control, el uso de herbicidas y su aplicación a cultivos alimenticios y pasturas. En los países en desarrollo los tratamientos son, por lo general, de carácter terapéutico, los métodos de control se basan principalmente en productos químicos, los que se usan especialmente para cultivos de exportación; el uso de herbicidas es menos frecuente.

La infestación de nematodos es un problema de importancia subestimado en gran medida, a pesar de que afecta a casi todos los cultivos tropicales de exportación y a muchos cultivos alimenticios, causando severas mermas en sus rendimientos. La desinfección del suelo por medio de productos nematicidas, tales como dibromuro de etilo, constituye el método de control más efectivo y su costo es muy elevado. El uso de material vegetal libre de nematodos y la rotación de cultivos y otros, constituyen medidas paliativas.

## EFFECTOS DE LAS TECNOLOGIAS MEJORADAS

Los problemas de plagas se intensifican por lo general paralelamente a la adopción de variedades puras y al aumento de los niveles de fertilizantes, agua y otros insumos de producción.

Las nuevas variedades pueden ser más susceptibles a enfermedades o a plagas que las variedades tradicionales que aquellas que reemplazan. Los agentes patógenos de enfermedades se adaptan fácilmente a las variedades genéticamente puras de distintos cultivos y la diseminación de una epidemia es mucho más rápida en el caso de una población uniforme que en el de una población mixta. Más aún, con el fin de lograr altos rendimientos con una variedad, tal como la del arroz de alto rendimiento IR-8, es necesario efectuar la plantación a densidades mayores y aplicar fertilizantes en cantidades considerables. El exuberante crecimiento vegetativo a causa de estas medidas crea condiciones ideales para la difusión de epidemias, en particular de piricularia en arroz y roya en trigo, como así mismo de infestaciones de insectos.

Contrariamente, el uso de variedades resistentes a enfermedades constituye el método más efectivo y económico para su control, especialmente en aquellos casos donde no se desarrollaron métodos químicos que logran un control efectivo. En muchos casos, el cultivo continuo de una planta en un área determinada sólo es posible después del desarrollo de variedades resistentes.

La formación de variedades resistentes a insectos recibió en el pasado menos atención que la que recibió la de resistencia a enfermedades. Sin embargo, se desarrollaron ciertas variedades resistentes a insectos, tales como variedades de maíz resistentes al "gusano minador" (*Ostrinia nubilalis*), de trigo resistentes a la mosca de Hesse, (*Mayetiola destructor*) y de algodón resistentes a jásidos (Painter, 1958).

En general, la irrigación favorece la incidencia y la difusión de enfermedades en muchos cultivos debido a su influencia sobre los macroclimas y los microclimas, así como sobre el régimen de humedad del suelo. Esta situación afecta tanto al cultivo hospedante como al agente patógeno.

La rápida sucesión de los cultivos (especialmente si se practica un sistema de monocultura), los mayores períodos de apertura de los estomas y la mayor succulencia de los tejidos vegetales debida al suministro favorable de humedad y a las mayores proporciones de fertilización nitrogenada, así como la mayor población vegetal necesaria para lograr un uso más efectivo de las condiciones favorables de cultivo, constituyen, en su conjunto, factores que contribuyen al aumento de la susceptibilidad del cultivo y a la creación de condiciones más favorables a la infección.

Cuando se desarrollan por primera vez tierras desérticas por medio de la irrigación, suele presentarse un período de relativa ausencia de enfermedades vegetales. Sin embargo, una vez que se introducen ciertas enfermedades, éstas se difunden rápidamente en esas áreas, especialmente si no se practica una rotación adecuada de los cultivos. Cuando el cultivo de porotos fue de carácter continuo en la cuenca de Columbia, en el noroeste de América del Norte, la incidencia de la podredumbre de las raíces debida a *Fusarium*, aumentó de un nivel casi irreconocible en el primer año hasta un nivel de daños muy serios en el tercer año de cultivo (Menzies, 1967). En muchos casos, los agentes patógenos se introdujeron por medio de semillas infectadas a las zonas donde esta enfermedad no existía previamente.

## LIMITACIONES DE LOS INSECTICIDAS

Los insecticidas fueron un éxito durante varios años pero gradualmente comenzaron a revelarse sus limitaciones. Las estimaciones para el exterminio total de las principales plagas resultaron prematuros. Ciertos insectos fueron controlados efectivamente, pero al mismo tiempo fueron reemplazados por otros, que se consideraron hasta ese momento, plagas de menor importancia. Por ejemplo, en el Sudán el control químico de los jásidos (*Empoasca* sp.) del algodón, resultó en un aumento de la incidencia de "moscas blancas" (*Bemisia gossypiperda*). Cuando las moscas fueron controladas aumentó marcadamente el daño producido por el gusano de los capullos del algodón (*Heliothis armigera*) (Joyce, 1955).

Se demostró que tres pulverizaciones consecutivas con alguno de los hidrocarburos clorurados son suficientes para aniquilar todos los enemigos naturales de estas plagas. Esta es la causa principal del aumento epidémico de ciertas plagas que no fueron directamente afectadas por los insecticidas usados.

### Control biológico

El control biológico se define como “el uso directo o indirecto de organismos vivos para el control de plagas y la reducción de los daños por debajo de los niveles económicos” (Chant, 1966). Los organismos vivos que se utilizan son insectos o agentes patógenos.

Un gran porcentaje de insectos hacen presa de otros insectos y el factor principal que previene el aumento exagerado de la población de una especie de insectos es la existencia de sus enemigos naturales. Estos pueden clasificarse en dos grupos principales: los **predadores**, que por lo general son mayores y más vigorosos que sus víctimas y los **parásitos**, que viven sobre o dentro de insectos mayores, más vigorosos que ellos.

No todos los enemigos naturales de los insectos son beneficiosos para la humanidad. Los enemigos naturales de los insectos dañinos poseen sus propios predadores y parásitos, los cuales, por tal hecho, son de carácter dañino. Estos, a su vez, también poseen sus enemigos naturales que sí son, por lo tanto, beneficiosos.

Las relaciones entre los insectos, sus enemigos naturales y los hiperparásitos son muy complicadas y es fácil comprender como la intervención del hombre puede trastornar fácilmente el delicado sistema en el equilibrio existente en la naturaleza, entre los distintos componentes de un sistema biológico.

### Control integrado

Los enemigos naturales de una especie de insectos no pueden controlarse por completo (esto causaría su propia extinción) ni aún continuamente. Por lo general son capaces de mantener la población de insectos dañinos dentro de ciertos límites, de manera que no causen daños económicos apreciables (Biliotti et al, 1962). Bajo circunstancias que favorezcan el rápido aumento de los insectos dañinos, sus enemigos naturales no logran controlar la exagerada población de insectos, haciéndose necesaria la intervención del hombre por medio del uso adecuado de técnicas de control.

El control integrado se basa en una premisa fundamental: la erradicación completa de una plaga no es necesaria ni aún deseable. El desarrollo de un sistema integrado de control requiere la existencia continua de una población de insectos, aunque de baja densidad. Esta situación se denomina como “el principio del campo infestado” y es una condición esencial para la permanencia de un sistema balanceado

de plagas y enemigos naturales. La presencia de una plaga, cuando se mantiene a ciertos niveles, no causa daños económicos (Chant, 1966). Esto puede alcanzarse por “un ajuste de programa de pulverización tal, que cause un daño mínimo a los enemigos naturales de la plaga que desea ser controlada” (Ordish, 1967).

### **Problemas de adopción**

El control de plagas es otra de las prácticas pioneras que los agricultores adoptan fácilmente, porque tan pronto se aplica el tratamiento, desaparecen los insectos y otras pestes. Sin embargo, por regla general, el control de plagas y enfermedades no debe dejarse al agricultor individual, especialmente si aún no posee experiencia en las tecnologías modernas. Primero, porque el agricultor tal vez no sabe identificar la plaga o enfermedad y no conoce los métodos apropiados de control. En segundo lugar, si controla efectivamente una irrupción en su propio campo, malgastará sus esfuerzos y su dinero si sus vecinos no hacen lo mismo. Y en tercer lugar, existe una diferencia significativa aparente en la velocidad de adopción de los pesticidas entre las fincas grandes y las pequeñas. Esto parece deberse aparentemente, a la mayor complejidad en el uso de estos productos químicos, comparado con nuevas variedades o fertilizantes, y referidos a la naturaleza altamente tóxica de muchos de los productos en uso (Gotsch, 1973).

En consecuencia, es necesario crear y mantener un eficiente servicio de protección vegetal, como uno de los medios esenciales para el desarrollo agrícola. Este servicio tendrá que predecir, siempre que sea posible, invasiones de insectos y epidemias de enfermedades, aconsejar al agricultor acerca de medidas apropiadas y organizar medidas conjuntas de control en gran escala siempre que la necesidad lo indique.

### **CONTROL DE MALEZAS**

Aunque las malezas compiten con los cultivos por luz, aire, humedad y nutrimentos, generalmente no se aprecia en toda su extensión el daño económico que causan y los efectos directos sobre el rendimiento de los cultivos. En los climas áridos, la falta de agua en los cultivos, es frecuentemente el aspecto más dañino en competencia con las malezas, ya sea durante el crecimiento del cultivo o en los períodos de barbecho entre los cultivos.

Las malezas que crecen muy rápidamente en los subtrópicos y los trópicos, constituyen uno de los principales obstáculos para la producción agrícola. La necesidad de mantener los cultivos libres de malezas, es el factor dominante que limita la cantidad de tierra que puede cultivar cada familia. Por esta causa, la mayoría de los agricultores en la agricultura de desplazamiento trabajan pequeñas propieda-

des. Utilizando los métodos tradicionales, una persona puede cultivar entre 4 y 4,5 hectáreas por año (Watters, 1971).

En Tanganica, los experimentos demostraron que los rendimientos de maní fueron considerablemente incrementados después de que la deshierba se empezó a hacer varios días después de la germinación.

Los esfuerzos destinados a persuadir a los agricultores para que realizaran desmalezamientos oportunos fueron inefectivos, debido a que esta operación competía con la mano de obra en un período cuando debían prepararse las tierras, con el fin de sembrar antes que cesaran las lluvias (Joy, 1969).

Aún cuando se haya introducido la mecanización, las malezas pueden constituir un serio impedimento si la superficie de las tierras preparadas para la siembra es mayor a la que puede desmalezarse durante la estación del crecimiento.

Los efectos de la competencia con las malezas se hacen sentir principalmente en las primeras etapas del cultivo.

El crecimiento rápido de las partes aéreas y las raíces de muchas malezas les confiere una ventaja considerable en la represión de las plantas cultivadas entre las cuales se desarrollan. Las malezas también incrementan los costos de producción: el control exige mucha mano de obra y/o herbicidas caros, la cosecha se hace más difícil, se requiere limpieza costosa de las semillas, se reduce el flujo de agua en los canales de irrigación y drenaje y aumentan los peligros de incendios.

En el caso del cultivo de roza, la infestación de malezas se expande hasta volverse incontrolable. En el pasado, la única solución práctica consistió en abandonar las tierras por períodos prolongados, hasta que la regeneración del bosque redujera y finalmente controlara el crecimiento de las malezas. Esto resultó ser el método más efectivo para su control en la agricultura tradicional.

El problema se agudiza más aún por la idea generalmente aceptada de que el desmalezamiento constituye una labor degradante para el sexo masculino. Por lo tanto, sólo las mujeres están disponibles para efectuar esta ardua tarea.

La introducción de los herbicidas puede constituir un factor muy importante en el aumento de la eficiencia del cultivo. El desarrollo de los herbicidas orgánicos selectivos constituye, probablemente, el progreso más significativo de la agricultura en las últimas dos décadas.

En la actualidad, el agricultor posee medios para el control selectivo de malezas en la mayoría de los cultivos, aún en aquellos que fueran considerados muy susceptibles a los herbicidas hormonales, debido al desarrollo de una serie de nuevas técnicas y productos químicos, tales como pulverización de bajo volumen, emulsionadores perfeccionados, aplicación más precisa de herbicidas sobre el suelo, formulaciones granuladas, tratamientos presiembra y preemergencia para el control de las malezas, el descubrimiento de nuevos herbicidas que exterminan selectivamente gramíneas y de productos químicos que las plantas o el suelo convierten en herbicidas.

## **Problemas de adopción**

Los herbicidas pueden ser destruidos en el suelo por microorganismos; pueden descomponerse químicamente o debido a un proceso de fotodescomposición, pueden ser inactivados debido a la adsorción por partículas coloidales del suelo o perderse por el lavado del suelo o en la volatilización (Klingman, 1961). La degradación biológica de los herbicidas es el principal factor que determina su desaparición. La descomposición de los herbicidas hasta niveles subtóxicos, debidos a los microorganismos, puede necesitar unos pocos días o prolongarse por más de un año.

Por lo general, los suelos irrigados bajo buen manejo son calientes, húmedos, fértiles y aireados, y estas características conducen a una rápida descomposición de los herbicidas orgánicos. En el caso de la agricultura de secano, la descomposición microbiológica puede cesar completamente durante los extensos períodos en los que el suelo permanece seco.

El problema de la persistencia de los herbicidas en el suelo posee dos aspectos contradictorios: por una parte, la persistencia es deseable para asegurar un medio ambiente libre de malezas durante el mayor tiempo posible y por la otra, no es deseable si interfiere con la siembra de un cultivo que se desea proteger. Además, el crecimiento acumulativo de los residuos puede alcanzar niveles tóxicos para la mayoría de los cultivos o aún para la generalidad de ellos.

Los efectos perjudiciales de los residuos de herbicidas son generalmente más serios en las regiones áridas que en las húmedas y en cultivos de secano más que en cultivos con riego artificial. Las precipitaciones de carácter errático e imprevisible en las regiones semiáridas, hace muy difícil el pronóstico del período necesario para que los herbicidas puedan ser degradados hasta niveles inocuos. Los prolongados períodos de sequía permiten la persistencia de la actividad herbicida, la cual puede interferir con los programas de cultivo.

La acumulación de residuos de herbicidas hasta un nivel tóxico puede superarse parcialmente con la dilución (arado, irrigación), la degradación acelerada (por medio de la adición de abono orgánico o el mantenimiento de un régimen favorable de la humedad del suelo), la siembra de un cultivo no susceptible, y principalmente con el uso cuidadoso de los propios herbicidas por medio de un exacto dosaje y calibración, la selección adecuada de los productos, evitando el uso continuo de un sólo tipo de herbicida etc.

## **Dificultades de la aplicación**

De todos los productos químicos para la agricultura, los herbicidas son los más difíciles de introducir en la agricultura tradicional, debido a su costo y las sofisticadas técnicas de su uso.

El reemplazo de la ardua labor manual y el aseguramiento de cultivos libres de malezas por medio de los herbicidas, necesita para su amplia difusión una información exacta acerca de los tipos y las cantidades de herbicidas que deben aplicarse y de los métodos de aplicación apropiados para cada cultivo y bajo condiciones ecológicas determinadas.

El uso de estos productos requiere también equipos complejos y una aplicación meticulosa de acuerdo a las instrucciones recibidas. Es difícil esperar que estas condiciones sean cumplidas por aquellos agricultores que poseen poca o ninguna experiencia en los métodos de la agricultura moderna.

## TRACCION ANIMAL Y MECANIZACION

### IMPORTANCIA

En gran parte de las regiones tropicales, incluso ciertas áreas en América Latina, los principales instrumentos agrícolas son hasta hoy día la azada y el machete. Por ejemplo, el 65% del total de las explotaciones agropecuarias de Colombia están basadas exclusivamente en el trabajo humano y aún en la actualidad dependen del azadón, el machete, el hacha y el fuego para sus tareas agrícolas (Smith, 1967).

En estas condiciones, las labores son difíciles debido a la falta de herramientas adecuadas. Paralelamente se reducen las áreas que pueden cultivarse con eficiencia y los rendimientos se ven afectados adversamente, debido a que las operaciones agrícolas esenciales deben postergarse o no se ejecutan apropiadamente. El momento oportuno para la realización de muchas operaciones agrícolas, tales como siembra, desmalezamiento y cosecha, está determinado por las características del clima.

La mano de obra de una finca, cuando carece del equipo adecuado, es incapaz de cubrir los requerimientos de trabajo de ciertas estaciones. Los métodos descuidados en la preparación del terreno para la siembra, la siembra y el desmalezamiento, tan característicos de la agricultura tradicional, son todos el resultado de las condiciones enumeradas.

Bajo estas condiciones no tiene sentido la introducción de maquinarias, a menos que sea precedida por un cambio completo en el sistema del uso de las tierras.

En cierta etapa del desarrollo, la mecanización conduce a un conflicto de intereses entre agricultores individuales en gran escala y los intereses de la comunidad. El agricultor ahorra mano de obra por medio de la inversión de capital, sin preocuparse del hecho de que la agricultura no puede absorber en forma útil la redundancia de mano de obra.

El incentivo de substituir mano de obra por maquinaria es mayor en las plantaciones y en las grandes haciendas que en las granjas familiares, debido a los siguientes motivos:

- a. economía de escala;
- b. incrementos del salario y escasez de mano de obra de estación; y
- c. motivos económicos y sociales que no tienen relación con el proceso de producción actual.

Puede ocurrir que los dueños de los fundos y los operarios de las plantaciones substituyan la mano de obra por capital, no por motivos económicos, sino para evitar conflictos potenciales resultando del aumento en la concientización política de la mano de obra y una capacidad de organización.

El desplazamiento de la labor humana incrementa a su vez las tensiones sociales y políticas.

En muchos casos, la política del gobierno estimula la mecanización, incluso en regiones que se caracterizan por el subempleo en la agricultura (y los consiguientes bajos salarios) por medio de políticas no justificadas de precios, tasa de cambio y crédito, que distorsionan los costos relativos de la fuerza mecánica relativa a la mano de obra o a la tracción animal. Hay muchos casos en América Latina donde existen marcadas distorsiones que inducen a una mecanización prematura (Ruttan y Hayami, 1970).

En las etapas iniciales, sin embargo, puede hacerse mucho para incrementar la productividad de la mano de obra mediante el mejoramiento de las herramientas tradicionales y el reemplazo parcial de mano de obra por animales de tracción. Este simple cambio puede constituir, para algunas regiones, una importante mejora tecnológica.

El reemplazo del arado de madera por el de acero, de ruedas de acero por ruedas con neumáticos de goma y de la hoz por la guadaña, pueden constituir, por ejemplo, importantes mejoras tecnológicas. El desarrollo de sembradoras sencillas para reemplazar en ciertos cultivos el sembrado al voleo por el sembrado en hileras, posee grandes ventajas. Las sembradoras economizan semillas y pueden aumentar el rendimiento al asegurar una población completa de plantas como resultado de la distribución y la ubicación de las semillas. El equipo para protección vegetal puede ser el único medio que facilite el control en gran escala de las enfermedades y plagas. En la India, la siembra del mijo Ragi, efectuada con sembradora de hileras, aumentó los rendimientos en un 20% aproximadamente en comparación a la siembra al voleo (Patil, 1963).

Es necesario asegurarse primero, que las innovaciones que en apariencia son útiles no sean en realidad perjudiciales. En Saucio, Colombia, cuando se cambió la hoza por la guadaña en la siega de

cereales, “el terreno, la clase de semilla, las malezas, el clima en relación con la amarrada y el amontonamiento de los haces o manojos, el sistema de trilla, conspiraron en contra de la eficiencia de la guadaña como instrumento de trabajo para la siega de cereales, por lo que los agricultores no la aceptaron y continuaron usando la hoz” (Smith, 1966).

## TRACCION ANIMAL

Para los propósitos de tracción y transporte en regiones difíciles, América Latina depende de los caballos, los asnos y en particular, de las mulas. Latinoamérica se encuentra en un nivel intermedio entre los países de mecanización más avanzada en el mundo y aquellos países donde el trabajo manual aún predomina. No obstante, muchas unidades agrícolas en los países en desarrollo todavía dependen por completo del trabajo humano. En este último caso, el problema básico que afrontan los planificadores es la disyuntiva de si adoptar la tracción animal como primer paso hacia la mecanización o si pasar directamente del equipo más primitivo a una mecanización moderna.

Antes de considerar este problema, es necesario destacar que en ciertas circunstancias, el cultivo manual es aún necesario, tal como es el caso de las pendientes topográficas demasiado escarpadas, fincas muy pequeñas o un completo clareamiento de bosques que eleva mucho el costo y que no se justifica el uso de equipo de tracción animal o de tractores. La mecanización no se necesita tanto en el caso de cultivos perennes, tales como el café, o cuando existe una amplia disponibilidad de mano de obra. La introducción de la tracción animal como primer paso para el desarrollo, tiene las siguientes ventajas:

- a. La adquisición de los animales y la mayor parte del equipo necesario no requiere la inversión de divisas extranjeras.
- b. La inversión de capital no es considerable y está dentro de las posibilidades de muchos agricultores.
- c. Los animales de tiro pueden venderse sin que merme su valor después de varios años de servicio.
- d. El equipo para los animales de tiro se adapta a fincas pequeñas.
- e. La producción de los cultivos puede beneficiarse en forma directa debido al abono producido, la necesidad de incluir en la rotación cultivos forrajeros, un labrado mejor y más oportuno, etc.

Existen, sin embargo, un número de desventajas:

- a. En muchas partes del mundo, el área que puede cultivar un animal de tiro con un arado primitivo es mucho menor que el área de pastura natural necesaria para alimentarlo. Por lo tanto, se debe dedicar al pastoreo un área considerable de tierras y durante la estación seca cultivar forrajes para alimentar a los animales.
- b. Por lo general, los animales se encuentran casi famélicos en áreas sobrepastoreadas, durante las épocas del año que no realizan casi ningún trabajo.  
Debido a los bajos niveles de alimentación, los animales tienen un bajo rendimiento de trabajo y la mortalidad es alta cuando están sujetos a grandes esfuerzos durante la estación cumbre de trabajo.
- c. Los animales no pueden arar suelos pesados o duros previamente a la aparición de las lluvias, lo que puede provocar un retraso considerable en la siembra.

Giles (1963) cita el siguiente ejemplo típico: todos los animales de tiro empleados en traccionar arados en el distrito de Raipur, en la India, requieren 56 días para preparar adecuadamente los campos del arroz regado por las lluvias del distrito. Sin embargo, el tiempo disponible para un arado satisfactorio de estos campos es de sólo 10 a 15 días. Como resultado, los campos de arroz se preparan deficientemente lo que afecta a los rendimientos.

La introducción de los animales de tiro, principalmente de bueyes, ha tenido éxito en ciertas regiones y en otras no, aun cuando la mosca "tsetse" no se halle presente. En los casos donde tuvo éxito el cultivo hecho con animales contribuyó considerablemente al desarrollo agrícola, sobretodo porque hizo posible la expansión de las áreas bajo cultivo, lo que permitió la producción de cultivos comerciales en adición a cultivos de subsistencia (de Wilde y McLoughlin, 1967).

La tracción animal tuvo éxito particularmente entre los agricultores que poseían cierta tradición de cría de animales y poseían suficientes tierras de pastoreo, al no existir factores limitantes básicos, tales como la mosca "tsetse" u otros insectos o enfermedades mortales.

En regiones con una estación húmeda muy corta, como el caso de ciertos climas monzónicos, es esencial el uso de animales de tiro para lograr la preparación de las tierras a su debido tiempo, cualquiera sean los costos que esto acarree.

No obstante, esto implica que no puedan emplearse los animales de tiro todo el año, ya que su capacidad puede utilizarse con una eficacia no mayor del 25% al 40%, debido a los períodos cumbres de requerimientos de duración relativamente corta.

## MECANIZACION

### Justificación

El tractor y sus modernas herramientas asociadas, se les considera con frecuencia como el símbolo del desarrollo agrícola, aún cuando el progreso agrícola no depende necesariamente de una mecanización inmediata. La agricultura basada en la mano de obra abundante y barata que realiza arduas operaciones, perpetúa un bajo nivel de vida. Sin embargo, la mecanización prematura es, no sólo errónea desde el punto de vista social, sino que también causa un daño considerable si se practica indiscriminadamente. La maquinaria agrícola requiere una gran inversión de capital y la principal justificación para usarla en los países desarrollados es el ahorro de la mano de obra. En la mayoría de los países subdesarrollados, por lo menos en sus primeras fases de desarrollo, el capital es un recurso limitado y la mano de obra es abundante.

Sin embargo, los grandes terratenientes poseen, por lo general, el capital suficiente para invertir en la mecanización, si esto es de su interés.

El Cuadro 7.2 describe el promedio del insumo total de mano de obra por hectárea en todas las áreas cultivadas del Punjab (Billings y Singh, 1969).

CUADRO No. 7.2. Mano de obra por hectárea.

	hombre/días/Ha	%
a. Agricultura tradicional	127	100
b. Variedades de altos rendimientos e insumos asociados	150	117
c. Similar a-b pero con mecanización	64	50

A pesar de que las nuevas variedades productivas incrementan marcadamente los requerimientos de mano de obra en las pequeñas fincas, los mayores ingresos sirven de incentivo a las grandes fincas para reemplazar la mano de obra por maquinarias.

No sólo se desplaza la mano de obra contratada, sino que en muchos casos la mecanización provee a los grandes terratenientes del incentivo para desplazar a los arrendatarios y a los pequeños cultivadores.

### Mecanización selectiva

Giles (1967) calculó que la fuerza mínima necesaria para hacer posible una agricultura eficiente es aproximadamente 0,5 HP/hectárea, sin considerar si la fuente de la fuerza es el trabajo humano, la tracción animal o la mecanización. En América Latina, por ejemplo, la fuerza promedio disponible para la agricultura es de sólo 0,27 HP/Ha, o aproximadamente la mitad del mínimo requerido (Fig. 7.4). Este hecho significa que en ciertos casos, la mecanización selectiva en los primeros estadios del desarrollo puede justificarse por ser

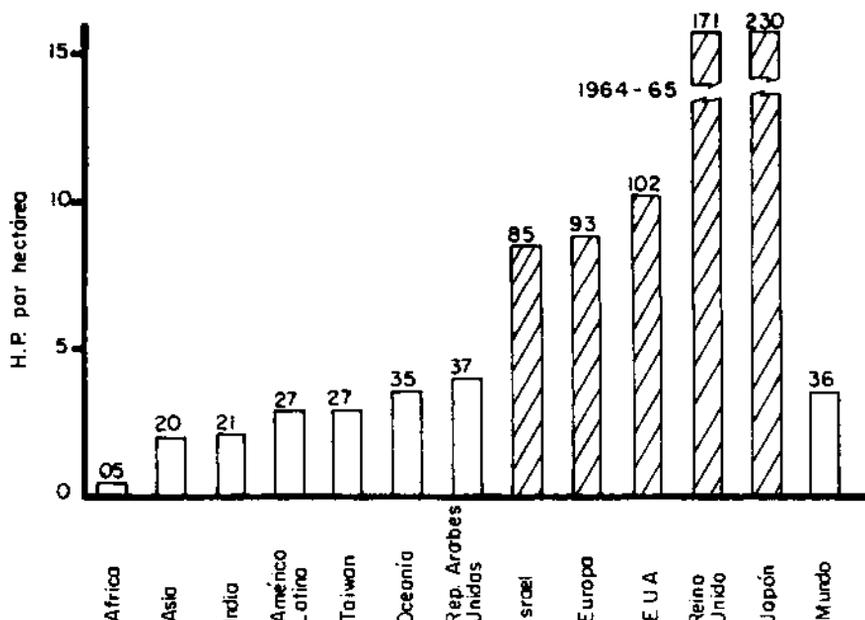


Fig. 7.4. La fuerza disponible para la producción agrícola en las regiones del mundo en algunos países seleccionados (Giles, 1967. Cortesía del autor).

el único medio para cumplir la deficiencia en fuerza motriz. En particular la mecanización puede constituir un complemento esencial de la irrigación para el desarrollo de grandes extensiones de tierras áridas.

La rápida expansión de la producción de algodón y trigo en el norte de México, a partir de la segunda guerra mundial, que ha constituido una parte substancial del gran crecimiento de la producción agrícola de ese país, es un ejemplo de desarrollo de irrigación en gran escala.

Los métodos mecánicos de clareamiento de bosques, que reemplazan a los sistemas actuales de talado y quemado permiten reducir el

tiempo requerido, disminuir los costos y hacer posible la explotación de la madera. El uso de sierras mecánicas, de tractores equipados de palas mecánicas para clarear crecimientos secundarios y de máquinas trituradoras de árboles, son algunas de las posibles alternativas al quemado de los bosques.

Cuando se requiere grandes inversiones en la infraestructura para el desarrollo de las tierras con bosques, la justificación económica del proyecto depende de la rapidez con la que comienzan a producir los terrenos dentro de la zona de influencia de esta infraestructura. Esto puede lograrse sólo mediante un clareamiento mecanizado.

Se estima que para establecer pastizales permanentes en terrenos clareados, la unidad mínima de ganado deseable es de 400 cabezas, las que requieren de 150-200 hectáreas de pastizales. El clareamiento y la mantención de una superficie de este tamaño ejecutados en forma manual en un período razonable, es prácticamente imposible (Nelson, 1973).

En áreas extensas, la preparación del terreno para ser sembrado en su debido tiempo, sólo es posible si la labranza es mecanizada, dado que sólo en caso de usarse equipo tirado por tractores será posible labrar los suelos endurecidos por el sol antes del comienzo de las lluvias y completar la siembra de grandes áreas en períodos relativamente cortos. Lo oportuno del trabajo puede también llegar a ser un factor decisivo en la forma de hacer cultivos dobles (Fig. 7.5).

### Calidad del trabajo

La calidad del trabajo que se puede lograr por medio de la labranza mecanizada no es posible si se usan animales de tracción y cuando el trabajo se realiza manualmente. Por ejemplo, en el Cercano Oriente, el arado tradicional apenas araña la superficie del suelo, y a causa de esto la mosca del trigo (*Syringopais temperatella*) causa enormes daños y reduce considerablemente los rendimientos. La labranza mecanizada, que rompe el suelo hasta una mayor profundidad, actúa efectivamente al destruir las larvas de esta plaga.

### El aumento del uso productivo de la mano de obra

No es correcta la suposición de que la mecanización de la agricultura siempre desplaza la mano de obra. Los efectos de la mecanización y el nivel de empleos sobre el cultivo del arroz fueron estudiados en el Instituto Internacional de Investigación del Arroz. Se encontró que el uso de pequeños tractores, que fueron puestos a disposición de pequeños agricultores por un sistema de renta, redujeron la mano de obra necesaria para la preparación de la tierra, mientras que incrementaron la necesaria para el desmalezamiento. De esta manera los

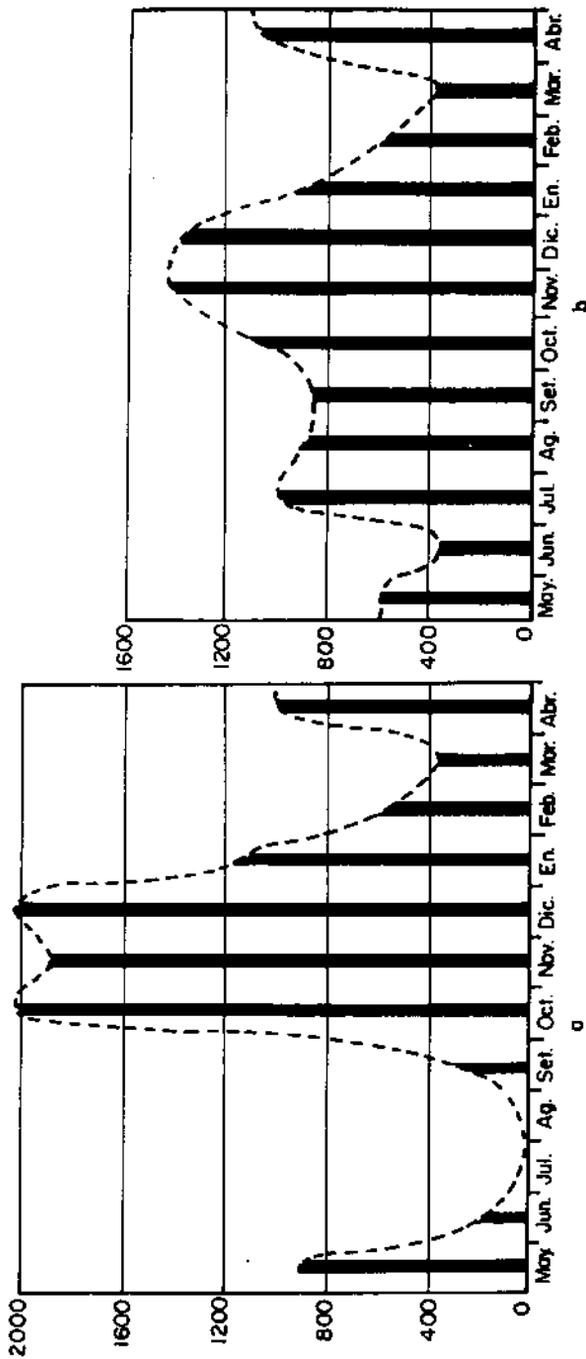


Fig. 7.5. Distribución mensual de los requerimientos de labor humana en dos aldeas de 12 hectáreas, en la región Ludhiana, India:

- a. Cultivo único anual, tracción animal (10.500 hombres/días).
- b. Cultivos múltiples, mecanización (11.000 hombres/días).

requerimientos totales de trabajo no variaron de modo considerable mientras que la producción aumentó marcadamente. En los casos en que las maquinarias incrementan los rendimientos, podrán involucrar una necesidad de mano de obra adicional. Donde la mecanización permite efectuar un doble cultivo, aumenta como consecuencia, la demanda de mano de obra. En las aldeas árabes en Israel, la mecanización fue acompañada por un cambio en los cultivos. Los cereales fueron reemplazados en gran parte por cultivos de mano de obra intensiva tales como remolacha azucarera, tomate, cebolla, etc. En tal forma la introducción de tractores fue paralelamente acompañada por un incremento de la mano de obra contratada (Arnon y Molho, 1971).

### **Efectos sociales**

La mecanización posee también ciertas implicaciones sociales de importancia que no pueden ser subestimadas. En la mayoría de los países en desarrollo, la agricultura implica una posición social inferior, incitando de tal forma a los jóvenes, poseedores de iniciativa y cierta instrucción, a abandonar las tareas agrícolas con el fin de encontrar ocupaciones urbanas. El tractor puede constituir el catalizador en la transformación de las actitudes hacia la agricultura y los agricultores.

La mecanización y otros insumos tecnológicos pueden transformar a la agricultura de una ocupación primitiva a una empresa moderna, e influirán en tal forma sobre los jóvenes capacitados, para que no abandonen la agricultura.

### **Reducción de los costos de producción sin afectar adversamente a los requerimientos de mano de obra**

El bombeo mecánico de agua constituye un ejemplo típico. Un estudio realizado en la India demostró que el reemplazo de las “norias persas”, accionadas por animales de tracción, por el uso de motores Diesel redujo el costo de bombeo en una situación determinada, de 345 a 60 rupias, lo que constituye una reducción mayor al 80% (Balis, 1968).

El reemplazo de la “noria persa”, poseedora de baja eficiencia y capacidad, por bombas accionadas por motores Diesel o eléctricos ha producido también un enorme aumento en el uso de aguas subterráneas para la irrigación en la India y Pakistán. La reducción en los costos de agua hizo posible la producción económica de ciertos cultivos con altos requerimientos de mano de obra.

### **Liberación del capital invertido en novillos y de las tierras utilizadas para el suministro de forraje**

La contratación de un tractor para reemplazar la tracción animal en la preparación del suelo para la siembra, puede ser justificada en ciertas circunstancias. Por ejemplo, la preparación mecanizada de la siembra del arroz puede obviar la necesidad de mantener un equipo de novillos durante todo el año, y hace posible un ahorro considerable y la liberación de tierras para la producción de cultivos.

### **Costos reducidos de transporte**

El uso de los tractores en el transporte de los productos agrícolas hacia el mercado y el de fertilizantes y otros insumos hacia la finca, pueden estimular la producción de cultivos intensivos, usando mayores cantidades de mano de obra.

### **Algunos problemas de la mecanización**

A medida que la economía invierte mayores esfuerzos en el crecimiento industrial, el cual absorbe mano de obra agrícola, se reduce la proporción de trabajadores rurales dentro de la población total. Por esta causa, la necesidad de incrementar la productividad de cada trabajador rural y de elevar la rapidez y la precisión de las operaciones se agudiza progresivamente.

Como resultado, aumenta la necesidad y la justificación de la mecanización. Debido a una mecanización selectiva, no existe un límite definido entre la era del trabajo de la tierra por la tracción animal y la era de la mecanización. La transición de esta era de trabajo de la tierra y tracción animal involucra, por lo general, un número de problemas.

### **Problemas económicos**

En los países en desarrollo, actúan un número de factores que tienden a encarecer excesivamente la mecanización. Estos factores incluyen: necesidad de divisas extranjeras, dificultades con el mantenimiento y la reparación, necesidad de un minucioso rescate de tierras de su ineficiente operación y utilización. La justificación económica de la mecanización dependerá de la eficiencia con que los tractores y las maquinarias pueden operarse y del grado en el cual se aumenten los productos por el incremento de los rendimientos y/o por la extensión del área cultivada con el fin de hacer más eficiente la operación.

La necesidad de divisas extranjeras para importar tractores y equipo y para los gastos periódicos del consumo de combustibles,

aceite y repuestos, puede constituir un gravamen agobiador en la economía nacional.

Por otra parte, el hecho de que bajo las condiciones de subempleo crónico, características de una agricultura de subsistencia, existe una considerable justificación económica para la mecanización de la agricultura en las grandes fincas constituye una trágica paradoja debido a las siguientes causas (Dandekar, 1969):

- a. La mecanización provee un medio para la inversión productiva de los ahorros en este sector.
- b. La mano de obra existente, carente de la destreza necesaria y con una baja eficiencia de producción debido a su nutrición deficiente, es un sustituto improductivo para la mecanización.
- c. Reduce la dependencia de este sector de trabajadores insatisfechos con su parte, cuya hostilidad latente puede causar problemas.

### **Problemas de operación**

Una de las principales causas del fracaso de la mecanización reside en la baja eficiencia de su uso, debido a una instrucción inadecuada de operadores y mecánicos, la falta de facilidades de mantenimiento y de reparación y la falta de repuestos. Es muy común en muchos países en desarrollo que la mitad de los tractores de una finca permanezcan inactivos en un momento dado, debido a la falta de repuestos. Por ejemplo, se estimó que en 1966, el 40% de los tractores en la India estaban fuera de funcionamiento (Brown, 1970) por este motivo. Este problema es agravado además por la importación de equipo de distinto origen, generalmente a causa de consideraciones políticas o fiscales.

No obstante, las dificultades experimentadas en el mantenimiento y la reparación no deben considerarse como un obstáculo permanente. La instrucción de conductores y mecánicos y el establecimiento de facilidades adecuadas para la reparación, pueden superar adecuadamente estas dificultades. Las pérdidas involucradas en el período inicial pueden considerarse como un tipo de subsidio para facilitar la mecanización.

La **eficiencia de las operaciones** se puede mejorar proveyendo servicios contratados a los agricultores, mancomunando las distintas tierras de propiedad individual en más amplios fundos, organizando esquemas de colonización (particularmente esquemas de irrigación y por medio de grandes fincas estatales o fincas colectivas).

La experiencia ha demostrado que el mantenimiento de un servicio de tractores a cargo de un grupo de fincas, posee mayores ventajas

que un servicio de alquiler gubernamental. Este último es ineficiente debido a la falta de incentivo personal. Las fincas pueden concentrar sus esfuerzos en los cultivos y emplearán menos horas en viajar hasta el lugar de trabajo, lo que les proporcionará un pleno uso de los tractores durante el año (Mettrik, 1968).

Las condiciones locales, o sean la posibilidad de cooperación y el conocimiento técnico disponible, determinarán en gran medida, si los agricultores deberán mantener los servicios en forma cooperativa o deberán alentar a los **empresarios** privados para que provean estos servicios. El contrato privado de tractores puede resultar remunerativo para el empresario y ser ventajoso para los agricultores, siempre que la demanda sea suficiente, exista amplia experiencia en la operación de las maquinarias y el número de tractores justifique la existencia de facilidades adecuadas de reparación y servicios.

Mientras que los empresarios puedan proveer los servicios mecánicos a un grupo de tierras consolidado, cada agricultor será responsable de todas las otras operaciones a realizarse en la parcela de su propiedad.

La medida en que las maquinarias se usan constituye uno de los factores principales que influye sobre la eficiencia de las operaciones y, por lo tanto, sobre el costo por unidad de superficie. Se han estimado necesarias 500 horas de trabajo por año y una superficie mínima de 50 a 80 Ha para justificar económicamente el uso de un tractor (de Wilde y McLoughlin, 1967).

### **La necesidad de mayores rendimientos**

La introducción de equipo mecanizado no puede justificarse económicamente a menos que la producción se intensifique para cubrir los costos incrementados (Fig. 7.6).

Mientras que los ingresos continúen siendo primitivos, los gastos no podrán transformarse en modernos. Por lo tanto, la mecanización debe ir acompañada de prácticas de cultivo mejoradas para elevar los rendimientos por unidad de superficie.

Hubo un número suficiente de fracasos en esquemas de mecanización en gran escala, de los cuales el más conocido es probablemente el esquema del cultivo de maníes en lo que fue Tanganica.

Por lo general, la mecanización logró mayores éxitos en los esquemas de irrigación, debido principalmente a que el control del suministro de humedad posibilita el logro de mayores rendimientos y la diversificación de los cultivos, lo que a su vez asegura el uso de equipo mecánico a lo largo de amplios períodos. En forma recíproca, el oportunismo y la calidad de las operaciones mecánicas puede constituir una precondition para el logro de altos rendimientos. No obstante, no todos los esquemas mecanizados de irrigación tuvieron

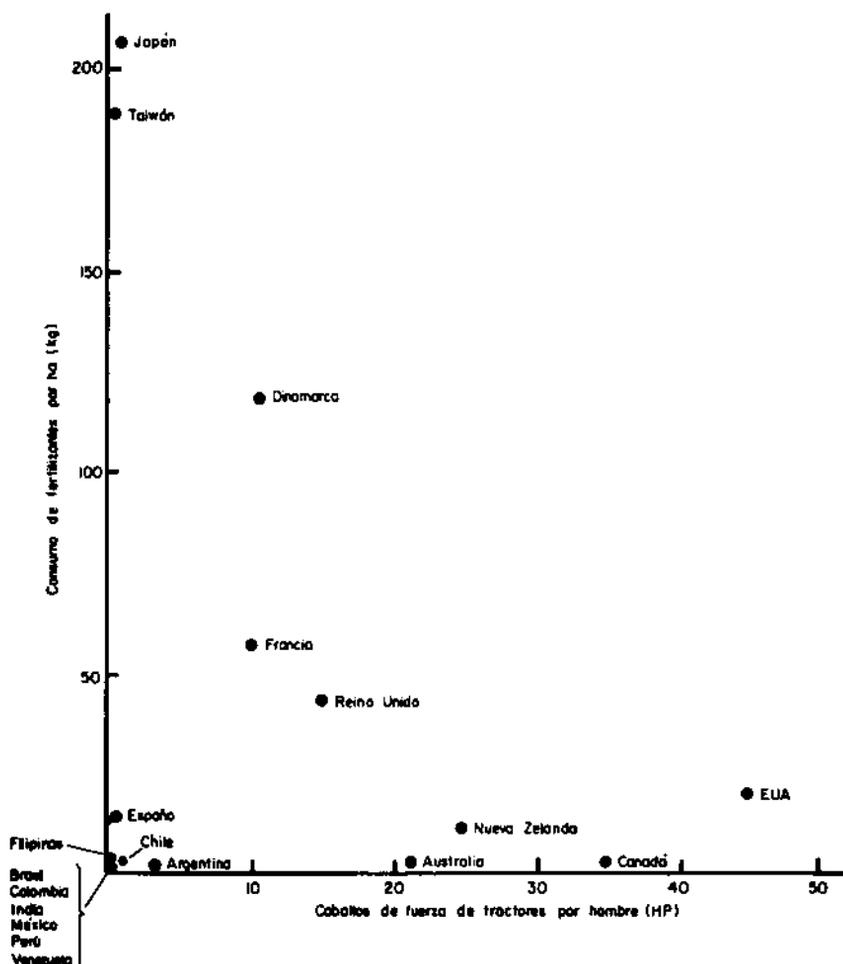


Fig. 7.6. Relación entre el uso de tractores y el uso de fertilizantes en algunos países representativos. Nótese que existen países que tienen un consumo muy alto de fertilizantes y usan poca mecanización (Japón, Taiwán). La mayor parte de los países latinoamericanos usan poca mecanización y tienen un bajo consumo de fertilizantes.

éxito. Por ejemplo, el esquema de irrigación de Richard-Toll en Senegal, citado por De Wilde y McLoughlin (1967), que abarcó 5500 hectáreas desarrolladas para la producción mecanizada de arroz, nunca resultó remunerativo. A pesar de que todas las operaciones (preparación de la tierra, cosecha y trilla) fueron mecanizadas, los rendimientos fueron muy bajos para que justificaran los altos costos

de inversión para el desarrollo de las tierras y los costos periódicos de mecanización.

### **La creación de “cuellos de botella” en la mano de obra**

La creación de “cuellos de botella” en la mano de obra es un peligro inherente en la mecanización parcial de la agricultura. Por ejemplo, en el proyecto de mecanización iniciado en Nigeria del Norte después de la segunda guerra mundial, se previó que la preparación mecanizada de las tierras permitiría a cada agricultor cultivar una superficie de 10 hectáreas aproximadamente.

Sin embargo, esto no resultó práctico debido a que el agricultor se vio imposibilitado de realizar manualmente las tareas de desmalezamiento que requieren en el área antedicha una labor de 400 días-hombre durante un período de seis semanas (Baldwin, 1957). La cosecha puede crear otro importante “cuello de botella” de particular importancia para aquellos cultivos en los cuales la demora en su cosecha puede involucrar considerables pérdidas.

### **Pérdidas de la fertilidad del suelo y peligro del incremento de los riesgos de erosión**

Al incrementar la expansión de las tierras cultivadas, la mecanización tiende a reducir el período de barbecho que constituye la etapa durante la cual puede restaurarse la fertilidad del suelo.

El complejo clareamiento de los terrenos, que incluye la extracción de cepas de árboles y rocas, es indispensable si se desea adoptar la mecanización.

El alto costo de estas operaciones incrementa el incentivo para la realización de un cultivo intenso y la reducción o la abolición del período de barbecho.

En condiciones de cultivo manual, se reducen los peligros de la erosión debido al tamaño reducido de los campos, las cepas y las raíces de los árboles remanentes y la práctica de cultivos mixtos.

Dado que estos peligros aumentan considerablemente una vez introducida la mecanización de los cultivos, deben adoptarse medidas adecuadas de prevención.

### **La mecanización de pequeñas fincas**

Las economías de escala no son críticas para muchas de las prácticas de cultivo mejoradas, tales como el uso de mejores variedades,

fertilizantes, desmalezamiento, etc., mientras que por lo general esto no sucede en el caso de la mecanización.

Además de las diferentes formas de organización antes tratadas que mancomunan el equipo mecánico, haciendo posible su oferta a las condiciones económicas de las unidades agrícolas pequeñas, en los últimos años se ha logrado un considerable progreso en la adaptación de la maquinaria agrícola moderna a las necesidades de la pequeña finca familiar. Japón fue el primero en este campo y los países de Europa Occidental también han hecho importantes contribuciones.

La trilladora rotatoria a pedales desarrollada en el Japón facilitó la expansión de los cultivos múltiples al reducir los requerimientos de mano de obra durante la estación crítica de la cosecha (McPherson y Johnston, 1967).

El Instituto Internacional de Investigación del Arroz desarrolló con éxito una tecnología adaptada a las necesidades del pequeño agricultor de un tractor manual barato y fácil de mantener. Este tractor puede producirse con facilidad y a un precio competitivo en las Filipinas, con lo que se reducen las necesidades de divisas extranjeras y aumentan el nivel de empleo (Consultative Group on International Agricultural Research, 1973).

Existen también tipos de maquinaria adecuada para las fincas pequeñas, tal como motores y bombas para pequeños pozos entubados, sembradores de hilera, tractores de dos ruedas y pequeñas máquinas accionadas por motores.

### **Fincas consolidadas**

Una nueva forma de organización, denominada "agricultura de común" o "consolidada", está surgiendo en varios países productores de arroz (Brown, 1970). La consolidación de varias fincas pequeñas en una unidad de mayor tamaño para los fines de su manejo, permite a los pequeños agricultores beneficiarse de las operaciones en gran escala. Estas unidades conservan las ventajas de la propiedad directa y al mismo tiempo hacen posible las economías de escala. El establecimiento de las unidades agrícolas consolidadas se favorece por los siguientes factores:

- a. la necesidad de un efectivo control y manejo del agua;
- b. un gran número de agricultores lindantes que producen el mismo cultivo;
- c. cuando la escasez de la mano de obra rural aumenta como resultado del desarrollo industrial.

En Taiwan, por ejemplo, las unidades agrícolas consolidadas permiten a los agricultores mantener el título de sus tierras y repartir su

cosecha en una base privada, al mismo tiempo que se mantienen operaciones coordinadas. En fincas consolidadas, el mejor control y manejo del agua ha incrementado incidentalmente los rendimientos de un 10% a un 25%.

### LA NATURALEZA COMPLEMENTARIA DE LOS FACTORES TECNOLOGICOS

Por regla general, el progreso de la agricultura no puede lograrse fragmentariamente. La introducción de las variedades mejoradas tiene poco sentido si no son capaces de desarrollar sus potencialidades debido a la falta de nutrimentos. No hay razón que justifique la adopción de prácticas dirigidas a producir cosechas que superan las usuales, si no se previenen las enfermedades ni se controlan las plagas que puedan reducir gran parte del cultivo. El nivel de vida difícilmente se eleva si el control de las malezas es inefectivo, debido a que se efectúa arduamente y en forma manual.

Es por esta razón que los programas reducidos a promulgar una sola práctica como la introducción de irrigación, la aplicación de fertilizantes, el uso de buenas semillas, el control de plagas, etc., lograron resultados deficientes.

Otro aspecto que refuerza el argumento en contra del uso de una práctica única, aún cuando resulte efectiva, es que sólo producirá un reducido aumento de los rendimientos en comparación a la agricultura tradicional y por lo tanto tendría muy poco impacto. El aumento de un 10% ó aún de un 20% sobre un rendimiento promedio de granos de 500 a 600 Kg/Ha, que es usual con métodos de cultivos tradicionales, es inferior a las variaciones normales de los rendimientos, debido a las condiciones climáticas, y el agricultor ni siquiera lo atribuiría a las prácticas mejoradas. Además, es dudoso que el aumento sea suficiente para justificar el costo del insumo requerido. En los primeros estadios del desarrollo es casi esencial obtener por lo menos, el doble o el triple de los rendimientos normales. Generalmente esto no puede lograrse por medio del uso de una práctica única, pero puede ser previsto por la aplicación de un apropiado "conjunto" de prácticas.

La aplicación combinada de ciertas técnicas puede dar muy buenos resultados en muy corto plazo. Una combinación de variedad, fertilización y población adecuadas de plantas y un control eficiente, de las malezas y protección vegetal, puede incrementar considerablemente los rendimientos (Fig. 7.7). Los gastos en insumos por parte del agricultor pueden ser muy bajos en relación al rendimiento adicional logrado, siempre que los precios pagados por fertilizantes y pesticidas no estén inflados como resultado de una política deliberada, por la dependencia de intermediarios inescrupulosos, costos ficticios de distribución y otros factores creados por el hombre que quebrantan la relación de costos entre las cosechas y los factores de insumo.

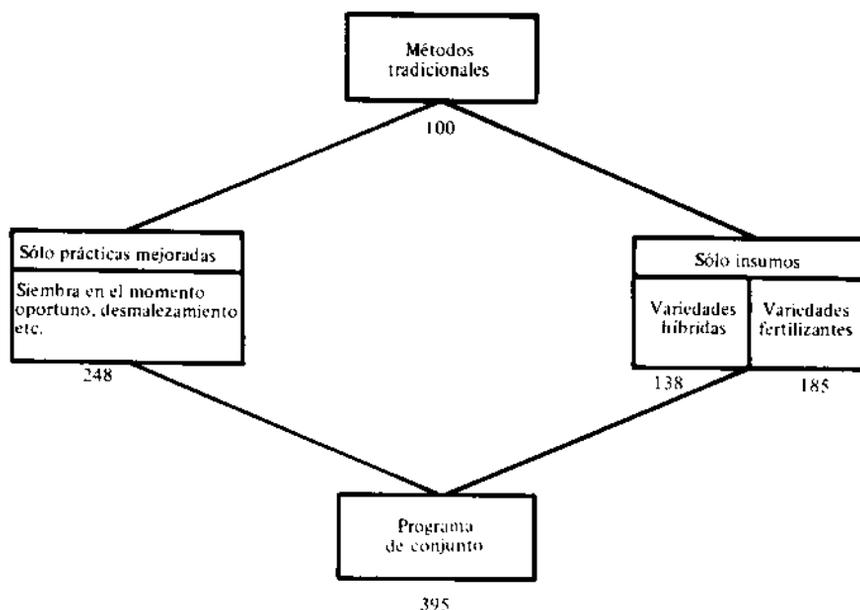


Fig. 7.7. Efectos de factores de producción aislados y combinados en los rendimientos de maíz en Kenia. (Basado en datos de Atta. Los rendimientos en porcentajes de los obtenidos en métodos tradicionales).

### Programas de conjunto

El “programa de conjunto” (Package programmes) que se llevó a cabo en diversos distritos de la India es un buen enfoque para la introducción en gran escala de prácticas mejoradas en la agricultura tradicional (Malone, 1965).

Más de un millón de agricultores han participado en este programa, lo que representa alrededor del 2% de la población agrícola de la India. En su cuarto Plan Quinquenal, la India tiene intención de extender los principios del “programa de conjunto” a más de 100 de los 325 distritos agrícolas del país.

El concepto básico en el que se fundamenta el programa es que el progreso agrícola será más rápido y la adopción de prácticas mejoradas más efectiva si se dan las siguientes condiciones:

- a. Los especialistas establecen un “conjunto” de prácticas de producción mejoradas y complementarias, adaptadas a las condiciones locales de suelo, clima e irrigación.
- b. El “programa de conjunto” se aplica en su totalidad en una comunidad agrícola ayudando a que grupos completos de agri-

cultores en cada aldea rompan con los sistemas tradicionales al adoptar el conjunto de prácticas contra enfermedades, equipo para mejorar la preparación del campo por sembrarse, fertilizantes, medidas de protección vegetal y prácticas de irrigación efectivas. El conjunto se adopta a cada localidad, pero siempre consiste de una combinación de prácticas interconectadas.

- c. Los abastecimientos técnicos (semillas, fertilizantes, pesticidas y herramientas) necesarios para la ejecución del programa y los créditos necesarios para financiar los planes, son suministrados a las aldeas en su debido tiempo y en cantidades suficientes. Además se otorga un conjunto de servicios de soporte requeridos para los propósitos del programa, como por ejemplo: transporte y medios de comercialización adecuados, facilidades de almacenamiento, laboratorios para el examen de semillas y suelos, talleres, e instituciones de crédito.
- d. Se ejecuta un programa educacional general que incluye parcelas de demostración, con el fin de clarificar los beneficios derivados del plan de conjunto. Cada demostración se lleva a cabo, en dos parcelas, en el campo de un agricultor; en una de ellas se aplica el conjunto de prácticas mejoradas, y en la otra se cultiva de acuerdo a los métodos tradicionales.
- e. Se diseña un plan agrícola sencillo con cada agricultor participante, donde se indican los cultivos que se efectuarán y los abastecimientos que se requerirán.

El “programa de conjunto” de la India comenzó en 1960 en siete de sus distritos, con el apoyo de la Fundación Ford, que brindó ayuda financiera y la asistencia técnica. El efecto del Programa en el Distrito de Tanjone, en el cual participaron casi 63.000 fincas, fue estudiado por Malone (1965).

En cada área de extensión del Distrito, que consiste de 90 aldeas y 83.000 fincas aproximadamente, el programa fue llevado a cabo por tres funcionarios extensionistas y veinte trabajadores comunitarios. Los extensionistas lograron en el término de dos años enrolar a un 50%-70% de los agricultores en el plan mencionado.

Este plan incluyó fincas de todos los tamaños, de arrendatarios o de sus propietarios. Después de tres años se introdujo el plan, el tonelaje de fertilizantes usados en el Distrito de Tanjone aumentó en un 90%, mientras que su aplicación en las fincas del Plan de Conjunto fue el doble del promedio para este Distrito. Los insumos de “nuevas prácticas”, tales como fertilizantes y materiales de protección vegetal, se incrementaron en un 250%. La adquisición de alimentos para animales también aumentó. El insumo de mano de obra por unidad de superficie aumentó en un 20% como resultado del empleo de

prácticas mejoradas y la diversificación de los cultivos. Los rendimientos de arroz aumentaron en un 19% (alrededor de 450% Kg/Ha). Este pequeño incremento se debió principalmente a la escasa respuesta de las variedades de arroz utilizadas en esa época a la aplicación de fertilizantes. Se produjeron mayores cantidades de cultivos de campo secundarios: hortalizas, frutales y leche. Por cada dólar invertido, se obtuvo el promedio de un dólar de ganancia neta.

Este programa de conjunto demostró que los agricultores desisten de sus sistemas tradicionales con mayor rapidez y éxito, si lo hacen en grupo, en conjunto con sus vecinos.

El "Proyecto Puebla", en la Meseta Central de México, es otro ejemplo del "Programa de Conjunto", destinado a introducir prácticas mejoradas a la agricultura de subsistencia tradicional. Este proyecto tiene como propósito el rápido incremento del cultivo del maíz entre 50.000 pequeños campesinos (Sánchez, 1970).

Después de una exploración inicial destinada a obtener información sobre factores agrícolas, sociales, económicos y políticos que operan en el área, fue adoptado el siguiente programa de conjunto:

- a. se determinó un "conjunto" de técnicas deseables basado en los resultados del trabajo experimental conducido con la participación de campesinos en su propia tierra;
- b. se les proporcionó créditos de fácil alcance para insumos;
- c. se estableció una interrelación aceptable entre el costo de los insumos y los precios pagados por el maíz a los campesinos;
- d. se garantizó un precio mínimo y un mercado seguro para la producción;
- e. se les proporcionó seguros para los cultivos.

En el transcurso de cuatro años, el número de campesinos participantes ascendió de 30 a aproximadamente 5.000; más de 26.000 habitantes obtuvieron un beneficio directo del esquema en forma de mayores rendimientos y de ingresos, que llegaron a un promedio de \$100/Ha, más que los obtenidos de la agricultura tradicional.

Un sistema eficiente para la popularización del "programa conjunto" se inició en El Salvador, difundándose posteriormente hacia Las Filipinas, Vietnam, India y otros lugares.

Un "paquete" conteniendo todos los insumos básicos requeridos, semillas de la variedad mejorada, fertilizante, productos químicos para la protección de plantas con las instrucciones explícitas de sus usos, es impartido al campesino individual. Los insumos son suficientes para un área de alrededor de 100 m<sup>2</sup>. El campesino puede usar el

“paquete” en un rincón de su campo y comparar sus resultados con los de sus cultivos tradicionales.

Compañías de fertilizantes comercializan actualmente con tales paquetes (Brown, 1970).

### BIBLIOGRAFIA

1. ALLAN, A. Y. The influence of agronomic factors on maize yields in Western Kenya. Ph.D. Thesis. (cited by Gehart, 1973). University of East Africa, 1971.
2. ARNON, I. y MOLCHO, S. Factores de cambio en dos aldeas árabes en Israel. Tel Aviv, Ministerio de Agricultura, 1971.
3. \_\_\_\_\_. Crop production in dry regions. London, Leonard Hill, 1972. v. 1.
4. BALDWIN, K. D. S. The Niger agricultural project. Cambridge, Harvard University Press, 1957. 221 p.
5. BALIS, J. S. An analysis of performance and cost of irrigation pump utilizing manual, animal and engine power. New Delhi, India, Agency for International Development, 1968.
6. BERHMAN, J. R. Supply response and the modernization of peasant agriculture. In Wharton, C. R. Jr. ed. Subsistence agriculture in economic development. Chicago, Aldin, 1969. pp. 232-242.
7. BILIOTTI, E., GRISON, P. y MILAIRE, H. La lutte biologique. Bulletin Technique d'Information des Ingénieurs des Services Agricoles (Paris) 167:143-162. 1962.
8. BILLINGS, M., Y SINGH, A. Labour and the green revolution. The experience in Punjab. Economic Weekly 4(52), Review of Agriculture, 1959.
9. BROWN, L. R. R. Seeds of change. New York, Praeger, 1970. 205 p.
10. BURKE-KNAPP, J. The role of international agencies in aiding in world food production. In Symposium on World Food Supply. Proceedings. Washington, National Academic Science, 1966. pp. 11-17.
11. CASTILLO, G. T. et al. The changing Filipino rice farmer. In Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment. Ibadan, Nigeria, 1973. pp. 86-171.
12. CHANT, D. A. Integrated control systems. In Scientific aspects of pest control. Washington Academy of Science 56:193-218. 1966.
13. CHRISTENSEN, R. P. y STEVENS, R. D. Putting science to work to improve world agriculture. In Haroldsen, E. O. ed. Food: one tool in international economic development. Ames, Iowa State University Press, 1962. pp. 158-176.
14. CLINE, M. G. Agricultural research and technology response. In Leagens, J. P. y Loomis, C. P. eds. Behavioral change in agriculture. Ithaca, Cornell University Press, 1971. pp. 94-100.
15. COLE, J. P. Latin America; an economic and social geography. London, Butterworths, 1965. 468 p.
16. COUSTON, J. W. Physical and economic summary of trial and demonstration results. Food and Agriculture Organization. FFHC Fertilizer Program 1961-62 – 1964-65. 1967.
17. CONSULTATIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH. Socio-economic Research Seminar. Washington, D.C., 1973.

18. DALRYMPLE, D. G. y JONES, W. I. Evaluating the green revolution. In Meeting of the American Association for the Advancement of Science and the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, D.F., 1973.
19. DANDEKAR, V. M. Questions of economic analysis and the consequences of population growth. In Wharton, C. R. Jr. ed. Subsistence agriculture in economic development. Chicago, Aldine, 1969. pp. 366-375.
20. DESAI, D. R., PATEL, G. A. y PATEL, R. J. Impact of modern farming technology on rural employment in Saurashtra. Indian Journal of Agricultural Economics 25(3):33-39. 1970.
21. DUROSET, D. D. y BARTON, G. T. Changing sources of farm output. U.S. Department of Agriculture, Production Research Report no. 2. 1960. pp. 3-12.
22. ECKERT, J. B. The economies of fertilizing dwarf wheats in Pakistan's Punjab, Lahore, 1973.
23. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO Africa Survey; report on the possibilities of African rural development in relation to economic and social growth. Rome, 1962.
24. ————. Indicative world plan. Rome, 1966.
25. ————. The state of food and agriculture. Rome, 1967. 202 p.
26. ————. Tentative indicative world plan. Rome, 1969.
27. ————. Production yearbook 1972. Rome, 1972. 496 p.
28. GILES, G. W. Agricultural power and equipment. In The World Food Problems. vol. III. A report of the President's Advisory Committee, Washington, D.C., 1967.
29. ————. Opportunities for advancing agricultural mechanization in India and South-East Asia. St. Joseph, Mich., American Society of Agricultural Engineers, Paper no. 63-154. 1963.
30. ————. The reorientation of agricultural mechanization for the developing countries. Tokyo, Japan, Shin Norishna Co., 1975.
31. GOTSCH, C. H. Economics, institutions and employment generation in rural areas. In Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment, Ibadan, Nigeria, 1973.
32. GOVERNMENT OF THE PUNJAB. Fertilizer and Mexican wheat survey report. Punjab, Fourth Plant Economic Research Project, 1970.
33. GRIFFEN, K. Policy options for rural development. In Ford Foundation Seminar on rural development and employment. Ibadan, Nigeria, 1973.
34. HEADY, E. O. Research and economic development-needs, opportunities and problems. In Haroldsen, E. O. ed. Food: one tool in international economic development. Ames, Iowa State University Press, 1962. pp. 1-31.
35. HOPPER, W. D. Strategy for the conquest of hunger. New York, Rockefeller Foundation, 1968.
36. HUTTER, W. Energy consommée pour la production de quelques cultures. Paris, Compter residus de l'Academie d'Agriculture de France, 1976. pp. 62, 297-307.
37. INSTITUTO MEXICANO DE CAFE. Tecnificación de la caficultura y diversificación de cultivos. México, D.F., 1965.
38. INTERAMERICAN DEVELOPMENT BANK. Economic and social progress in Latin America. Washington, D.C., 1972.

39. INTERNATIONAL ENGINEERING COMPANY. Desarrollo integral de las Ciencias Tumbes-Chira-Piura del Perú, San Francisco, 1968.
40. JOHNSTON, B. F. Agricultural development and economic transformation. *Food Research Institute Studies* 3:223-276. 1962.
41. \_\_\_\_\_, y COWNIE, J. The seed fertilizer revolution and labor force absorption. *American Economic Review* 59:569-581. 1969.
42. \_\_\_\_\_, y KILBY, P. Agricultural strategies, rural-urban interactions and the expansion of income opportunities. Paris, OECD, 1971.
43. JONES, G. The role of science and technology in developing countries. London, Oxford University Press, 1971. 174 p.
44. JOY, L. J. Diagnosis, prediction and policy formulation. In Wharton, C. R. Jr. ed. *Subsistence agriculture and economic development*. Chicago, Aldine, 1969. pp. 376-381.
45. JOYCE, R. J. Cotton spraying in the Sudan Gezira. II. Entomological problems arising from spraying. *FAO Plant Protection Bulletin* 3:97-103. 1955.
46. KELLOGG, C. E. Interactions in agricultural development. In *Application Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas*. Geneva, United Nations, 1962. v. 3, pp. 12-24.
47. KLINGMAN, G. C. Weed control; as a science. New York, John Wiley, 1961. 421 p.
48. LADEJINSKI, W. Ironies of India's green revolution. *Foreign Affairs* 38:758-768. 1970.
49. LEE, D. H. K. Climate and economic development in the tropics. New York, Harper, 1957. 182 p.
50. LEURQUIN, P. Cotton growing in Colombia; achievements and uncertainties. *Food Research Institute Studies* 6:143-180. 1966.
51. LEWIS, W. A. Ilocano rice farmers; a comparative study of two Philippino Barrios. Honolulu, University of Hawaii Press, 1971. 209 p.
52. MCPHERSON, W. W. y JOHNSTON, B. F. Distinctive features of agricultural development in the tropics. In Southworth, H. M. y Johnston, B. F. eds. *Agricultural development and economic growth*. Ithaca, N.Y. Cornell University Press, 1967. pp. 184-230.
53. MALONE, C. C. Some responses of rice farmers to the package program in Tanjore district. *Indian Journal of Farm economics* 47:256-269. 1965.
54. MENZIES, J. D. Plant diseases related to irrigation. In Hagan, R. M., Haise, R. H. y Edminster, T. W. eds. *Irrigation of agricultural lands*. Madison, Wisc., American Society of Agronomy, 1967. pp. 1058-1064.
55. METTRICK, H. Mechanization of peasant agriculture in East Africa. In *International Seminar on Change in Agriculture Reading*. Case study 12a. 1968.
56. MOORTI, T. V. A comparative study of well irrigation in Aligarh district, India. New York, Cornell International Agricultural Development, Bulletin no. 19. 1971. 64 p.
57. NELSON, L. B. Fertilizer requirements for increased food needs. In *The World food problem*. Washington, D.C., President's Science Advisory Committee, 1967. v. 3, pp. 95-118.
58. NELSON, M. The development of tropical lands; policy issues in Latin America. Baltimore, John Hopkins University Press, 1973. 306 p.
59. NEW DELHI. AMERICAN EMBASSY. Brief on Indian agriculture. Agricultural Attache, 1973.

60. NIGERIA. MINISTRY OF ECONOMIC PLANNING. Notes on Eastern Nigeria oil palm grove rehabilitation scheme. Enugu, 1961.
61. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. Supply and demand prospects for chemical fertilizers in the developing countries. Paris, 1967.
62. OJALA, E. M. International trade in agricultural products. *In* Agriculture Economic, Trade and Development, Food Research Institute Studies 11:11-128. 1972.
63. OLSON, R. A. The fertilizer programme of the freedom from hunger campaign. *In* International Seminar on Change in Agriculture Reading. Case study 13a. 1968.
64. ORDISH, O. Biological methods in crop pest control. London, Constable, 1967. 242 p.
65. PAINTER, R. H. Resistance of plants to insects. *Annual Review of Entomology* 3:267-290. 1958.
66. PATIL, N. P. Economics of drill sowing over broadcasting. Bangalore, India, Agricultural Station Hebbal, 1963.
67. REVELLE, R. Water. *In* Borton, R. E. ed. Getting agriculture moving. New York, Agricultural Development Council, 1966. v. 2, pp. 1007-1019.
68. RUTTAN, V. W. y HAYAMI, Y. Strategies for agricultural development. *In* Agriculture Economics, Trade and Development, Food Research Institute Studies 11:129-148. 1970.
69. SANCHEZ, L. J. The Puebla project; a regional program for rapidly increasing corn yields among 50,000 farmers. *In* Morgan, D. T. ed. Strategies for increasing agricultural production on small holdings. Puebla, México, 1970. pp. 11-18.
70. SMITH, M. G. The communication of new techniques and ideas; some cultural and psychological factors. *In* Vries, E. de, ed. Social research and rural life in Central America, Mexico and the Caribbean Region. Paris, UNESCO, 1966. pp. 121-130.
71. SMITH, T. L. El mejoramiento de los sistemas agrícolas en Colombia. *In* Les problèmes agraires des Amériques Latines. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, 1967. pp. 409-420.
72. SONI, R. N. The recent agricultural revolution and agricultural labour. *Indian Journal of Agricultural Economics* 25(3):23-29. 1970.
73. STAVENTHAGEN, R. A land reform should answer the questions in raises. *Ceres* 2(6):43-47. 1969.
74. STIPPLER, H. H. y DARWISH, M. J. Land tenure and land utilization in Shakha. Baghdad, Ministry of Agrarian Reform, 1966.
75. UNITED NATIONS. Implementation of the international development strategy. New York, 1973. v. 1.
76. VENEZIAN, E. L. y GAMBLE, W. K. The agricultural development of Mexico; its structure and growth since 1950. New York, Praeger, 1969. 281 p.
77. WATTERS, R. F. Shifting cultivation in Latin America. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural Development Paper no. 17. 1971. 342 p.
78. WELLHAUSEN, E. J. Opportunities for crop improvement. *In* Turk, K. L. y Crowder, L. V. eds. Rural development in tropical Latin America. Ithaca, New York State College of Agriculture, 1967. pp. 237-255.

79. ———. The urgency of accelerating production on small farms. In Myren, D. T. ed. *Strategies for increasing agricultural production on small holdings*. Puebla, México, 1970. pp. 5-9.
80. WELLMAN, F. L. Impact of plant disease on crop production. In Turk, K. L. y Crowder, L. V. *Rural Development in Tropical Latin America*. Ithaca, New York State College of Agriculture, 1967. pp. 296-302.
81. WILDE, J. C. DE y MCLOUGHLIN, P. E. M. *Experiences with agricultural development in tropical Africa*. Baltimore, Maryland, John Hopkins, 1967. 2 v.
82. WILLIAMS, M. S. y COUSTON, J. W. *Crop production levels and fertilizer use*. Rome, FAO, 1962.

## CAPITULO 8

# PROVISION DE CONDICIONES ESENCIALES PARA LA MODERNIZACION

### FACTORES DE CONDUCTA Y SOCIOCULTURALES

El desarrollo de la agricultura no representa sólo un problema tecnológico. Con frecuencia su éxito depende de la comprensión de la sociedad en la cual éste tiene lugar, del conocimiento de los factores sociales y económicos que condicionan el grado de respuesta de los agricultores al cambio tecnológico, y de la habilidad para lograr una cooperación voluntaria de la población involucrada.

### EL AGRICULTOR Y SUS CARACTERISTICAS

En los países avanzados, el agricultor es un hombre de negocios, con un grado satisfactoriamente alto de agudeza comercial y una actitud positiva hacia la ciencia agrícola. El agricultor está a la busca de mejoras que le proporcionen más altos beneficios. Observa los sucesos en el mercado y posee la habilidad necesaria para reajustar su negocio agrícola a las condiciones cambiantes.

En los países subdesarrollados o en desarrollo, la agricultura se lleva a cabo por los agricultores que son pequeños productores, quienes producen más para fines de subsistencia que para el mercado. Estos poseen generalmente un bajo nivel de educación y un limitado horizonte mental.

Entre estos dos extremos de actitudes tradicionales y modernas, se encuentran ubicados distintos agricultores en diferentes puntos de la escala entre dichos extremos.

En un estudio realizado por Penny (1968) en ocho aldeas ubicadas en Sumatra del Norte se determinó que a pesar del hecho de que todos los agricultores en estudio se encontraban en el mismo ambiente económico, su respuesta a las oportunidades para elevar sus ingresos fueron muy diversas. En el curso de un período de 50 años, algunos demostraron una gran capacidad de realizar cambios rápidos y volverse agricultores comerciales, otro grupo continuó en sus actitudes tradicionales sin llevar a cabo cambios en sus métodos de trabajo o forma de vida, mientras que otros se hallaban en un período de

transición entre una agricultura de subsistencia y una agricultura moderna.

Existen dos distintas corrientes de pensamiento acerca de las motivaciones, actitudes y valores del agricultor de subsistencia tradicional, denominado comúnmente "campesino".

Una de las corrientes considera que el campesino constituye un "hombre económico en miniatura, que actúa dentro de los límites de un racionalismo económico y pretende mejorar su posición económica" (Schultz, 1964). De acuerdo a este punto de vista, los factores socioculturales sólo poseen una función marginal dado que el agricultor vive y trabaja en un ambiente físico, económico y cultural de carácter relativamente estático. Por lo tanto, los agricultores han llegado gradualmente a una solución óptima para la distribución de sus recursos limitados por medio del método de "prueba y error" (Mellor, 1969).

Este estado de equilibrio implica que el sector agrícola de la economía ha agotado todas las oportunidades de producción beneficiosa y de inversiones inherentes a la situación existente. En otras palabras, esto constituye un estado de "estancamiento tecnológico" (Dandekar, 1969), debido no a las actitudes subjetivas del agricultor, sino al ambiente económico sobre el cual él no posee control alguno.

De lo antedicho se deriva que la transformación de la agricultura tradicional sólo resultará posible por medio de la provisión de nuevas técnicas agrícolas e insumos exteriores al marco de la agricultura tradicional. De acuerdo a esta corriente de pensamiento, el agricultor tradicional debe responder rápida, normal, y eficientemente a los incentivos económicos para la adopción de nuevas técnicas (Behrman, 1969).

Sin embargo, si los agricultores "actúan dentro de los límites de un racionalismo económico", existe un número de obstáculos que pueden impedir efectivamente la adopción de nuevas tecnologías. Los tres principales obstáculos son: los riesgos involucrados, la posibilidad de una baja tasa de retorno neto y el intervalo de tiempo existente entre la adopción de ciertas técnicas (tales como variedades de cultivo de plantaciones de alto rendimiento) y el retorno económico esperado.

Una segunda corriente considera que en la agricultura de subsistencia existen fuerzas de carácter no económico que superan en importancia a las fuerzas puramente económicas, conduciendo de esta forma a pautas de conducta exteriores a los límites de un racionalismo económico\* (Balogh, 1966).

Es razonable la suposición que ambos puntos de vista extremos no reflejan la situación real.

Los factores sociales y culturales constituyen solamente dos de las muchas variables que afectan el desarrollo económico. Estos factores

---

(\*) Racionalismo económico: conducta que tiende a lograr los máximos retornos económicos o ingresos.

no pueden subestimarse en el análisis de los problemas con los cuales se enfrenta la planificación económica en una situación dada.

Nair (1961) considera que “es evidente que el planificar para la comunidad agrícola es imposible referirse a la economía en forma aislada de la sociología. Existen muchas relaciones causales y conexiones entre factores puramente económicos y condiciones sociales y culturales, imposibles de ser ignoradas o excluidas del análisis económico y de la planificación”. Su conclusión es que: “el desarrollo no se convertirá en un proceso autogenerador con su propia fuerza, salvo que el sistema de valores de la comunidad y su estructura social sean previamente alterados y ajustados en tal forma que armonicen con los objetivos socioeconómicos de la planificación”.

Por otra parte, el papel de las condiciones socio culturales como un factor decisivo que imposibilita el progreso no debe exagerarse.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA RECEPTIVIDAD DE CAMBIOS

Se mencionan tres categorías de factores que explican la indiferencia parcial o total de los agricultores de subsistencia a los factores económicos (Wharton, 1969) y son:

### Los motivos, valores y actitudes de los propios agricultores

En forma general, parece cierto que los agricultores tradicionales han sido condicionados por la experiencia de las generaciones pasadas a un sentido del fatalismo y a sospechar de los cambios.

El ingreso anual *per capita* de estos agricultores oscila generalmente entre 80 y 150 dólares americanos. Los suelos que ellos cultivan están, por lo general, agotados y sus recursos de tierras son limitados. El fracaso de los cultivos no significa sólo una reducción en los ingresos, sino que puede producir una situación de hambre. El temor de que las prácticas nuevas no probadas puedan producir tanto como las antiguas, y consecuentemente, hagan peligrar su supervivencia, no es irracional, sino por lo contrario, de una legítima consideración económica.

Esta actitud generalmente desfavorable hacia las innovaciones se ha acentuado por ciertas actitudes hacia el trabajo. Se ha manifestado que la tendencia al ocio y la aversión al trabajo constituyen un obstáculo de importancia para la adopción de nuevas tecnologías.

Muchos agricultores de subsistencia manifiestan una mentalidad que se ha denominado “meta de ingreso”. Esto significa que existe una tendencia a apreciar un cierto nivel de ingresos como suficiente y a considerar que un ingreso adicional no vale el esfuerzo adicional necesario para obtenerlo (de Wilde y McLoughlin, 1967).

### **El marco institucional dentro del cual actúa el agricultor**

Las sociedades poseen no sólo escalas de valores características, sino también diferentes modos de organización.

Muchas de las naciones en desarrollo permanecen pobres debido a que sus instituciones sociales son inadecuadas o no están orientadas a enfrentar las nuevas necesidades económicas y sociales, aún cuando estas naciones sean ricas en recursos naturales (Deutsch, 1971).

Actualmente, se acepta, por lo general, el hecho de que el cambio tecnológico no puede llevarse a cabo adecuadamente si se aísla del marco institucional donde debe estar. Todas las actividades económicas involucran la interacción mutua de individuos cuyos derechos y obligaciones están socialmente definidos. La sociedad rural puede estar organizada socialmente en diversas formas, las cuales están relacionadas a otros aspectos del sistema social, tales como castas, parentesco, gerontocracia, nivel social de la mujer, etc.

En el Africa tropical, por ejemplo, la organización tradicional de la sociedad rural se basa en la importancia principal de las relaciones de parentesco, gerontocracia, creencias mágicas y religiosas, el conservacionismo y una fuerte identificación del individuo con el grupo, asociada frecuentemente con una falta de confianza o aún hostilidad hacia los extranjeros (Jones, 1965).

Estas relaciones mutuas pueden variar en diferentes sociedades. La persistencia de ciertas tradiciones sociales y culturales puede obstaculizar seriamente la adopción de nuevas tecnologías o mayores eficiencias en la producción agrícola.

Por lo tanto, los grandes cambios en la tecnología involucran cambios en la organización social. Un conocimiento correcto del marco social es una condición esencial para la evolución de las posibilidades de un cambio tecnológico y para asegurar el éxito de su adopción (Béteille, 1971).

Muchas sociedades de los países en desarrollo poseen clases sociales rígidas que constituyen impedimentos para los cambios sociales, económicos y agrícolas.

Una tradición social tal como la de la familia ampliada, que implica que los aumentos en la producción y en los ingresos deben ser compartidos con personas que no han contribuido a la mayor producción, puede causar una seria falta de incentivos para el aumento de la productividad.

Dumont (1962) destaca la influencia perniciosa de la gerontocracia en las aldeas, en el caso de Africa. Al hacer que el más fuerte poder económico resida en los jefes con sus numerosas familias, muchas sociedades primitivas confían las palancas del progreso a los mayores y a los ancianos, que son, por lo general, las personas menos receptivas a técnicas modernas.

En la mayoría de los países subdesarrollados y en desarrollo, los adultos están comprometidos emocionalmente con técnicas agrícolas

primitivas y con costumbres tribales, en tal grado que dañan seriamente o aún bloquean el progreso y ofrecen un serio peligro de “contraeducación” (Chatelain, 1963).

La dependencia y el fortalecimiento de los patrones sociales existentes, significan en la mayoría de los casos, una perpetuación del papel inferior que tiene la mujer en las sociedades primitivas. En la mayoría de los países subdesarrollados y en desarrollo, las mujeres, tanto jóvenes como adultas, constituyen una parte esencial de la mano de obra agrícola. No obstante, a causa de los patrones sociales establecidos y como resultado de los prejuicios existentes, el adiestramiento vocacional de la mujer es un tema tratado con mucha negligencia (Chatelain, 1963). El nivel social de la mujer es muy diferente en distintos países y cabe mencionar la recomendación de la FAO, al respecto:

“Los modos tradicionales de pensamiento deben ser considerados y sólo pueden ser modificados, ya que tarde o temprano llegará el día en que la mujer campesina se hará consciente de su servidumbre y de su forma de vida agotadora y poco atractiva. Entonces ella huirá a la ciudad y los hombres la seguirán. En algunos países europeos, las aldeas rurales están despobladas debido a que fallaron al no hacer la única cosa capaz de retener a la mujer en la tierra, es decir, proporcionarles adiestramiento vocacional. Vale la pena aprender esta lección”.

La necesidad de ampliar el trabajo de asesoramiento, de modo que incluya a las mujeres, es un prerequisite para lograr el ideal de la “doble responsabilidad en el hogar”, o sea, equipos de esposo/esposa como un factor de progreso.

### **Los factores sociales y culturales característicos de la sociedad a la cual pertenece el agricultor y la que domina la conducta humana**

Estos pueden incluir creencias y reglas de conducta que pueden constituir grandes obstáculos para la innovación tecnológica. Los prejuicios más conocidos son los que se refieren a la cría de animales y que están basados en creencias religiosas (la “vaca sagrada” en India por ejemplo), o sea, en valores sociales (la acumulación de ganado como fuente de prestigio). Estas actitudes impiden el desarrollo del potencial económico de una rama de la producción que puede ser de gran importancia.

Otras creencias religiosas, tales como las concernientes a los sitios esparcidos de entierro, pueden perjudicar seriamente los esfuerzos para consolidar propiedades de tierras.

Una porción significativa del presupuesto para la recolonización de la represa del Volta fue asignada a los alimentos y bebidas para tranquilizar los espíritus de los sepulcros que debieron ser reubicados. Un temor que obstaculizó otro programa de recolonización tuvo

su causa en la creencia de los Abakati, de que si las mujeres viven en áreas habitadas profusamente serán estériles (Smock, 1969).

Existen algunas comunidades y grupos que necesitan mucha persuasión para la adopción de nuevas técnicas y en los cuales el innovador goza de respeto y prestigio, mientras que en otras, que son probablemente la mayoría, la tradición y las costumbres establecidas conducen a una resistencia al cambio. A pesar de las distintas formas de persuasión y alicientes, estas comunidades aparentan ser inertes e indiferentes. Ignoran las oportunidades para incrementar su producción e ingresos, aún cuando estas estén disponibles.

La socióloga hindú Nair (1961), encontró que no es válida la suposición tácita adoptada en la planificación, según la cual se asume que "si existe igualdad de oportunidades, incentivos financieros y recursos, todas las comunidades responderán en forma similar respecto a la actitud productiva hacia el trabajo, aspiraciones y hábitos". La socióloga Nair proporciona numerosos ejemplos para demostrar que el factor social es el que determina, en última instancia, si los recursos son o no usados apropiadamente, para aumentar la producción. "La actitud de una comunidad hacia el trabajo puede ser determinante más decisivo para elevar la productividad de la agricultura en India, de lo que son los recursos materiales o la tecnología".

Desafortunadamente, en la mayoría de los países en desarrollo, la agricultura goza de muy baja estima. En países donde un 70% de la población se emplea en ocupaciones rurales, no es extraño encontrar que sólo el 5% de los estudiantes universitarios eligen agricultura como carrera de estudio. Además muchos de estos estudiantes se matriculan en agricultura sólo después de haber sido rechazados en carreras de mayor prestigio. Debido probablemente al hecho de que la agricultura es principalmente una ocupación secular por una parte y no ha alcanzado un completo prestigio profesional en casi ningún país del mundo, los estudiantes tienden a elegir rumbos que consideran más seguros para alcanzar una posición profesional.

Los países desarrollados que otorgan su ayuda a los países en desarrollo, frecuentemente contribuyen a perpetuar este estado de cosas. Así por ejemplo, uno de los anacronismos de los estudiantes extranjeros en los Estados Unidos es que a pesar de la naturaleza agraria predominante en sus países de origen, sólo el 3,6% eligen la agricultura como campo de estudio.

Aun aquéllos que han optado por estos estudios no reciben, por lo general, instrucción que les permita mejorar su idoneidad para el trabajo en sus países de origen.

La agricultura está también, generalmente ligada a tradiciones, costumbres e instituciones que posiblemente fueron apropiadas a las condiciones iniciales de su desarrollo, pero que son ahora obsoletas y constituyen un impedimento para el desarrollo ulterior.

## CONCLUSION

No hay duda de que las costumbres tradicionales y los elementos culturales que prevalecen en la mayoría de las regiones rurales subdesarrolladas constituyen serios obstáculos para la modernización de la agricultura.

Existen límites para los tipos y volúmenes de nuevas técnicas que una cultura dada puede adoptar sin perder su validez. Cuanto más simple sea la cultura, más estrechos son los límites y menos sujeta a cambios será la cultura (Smith, 1966).

Sin embargo, no debe exagerarse la resistencia al cambio comúnmente atribuido a los agricultores de subsistencia. Ellos adoptan las nuevas prácticas más rápidamente de lo que se supone se les otorgan los incentivos adecuados y los servicios de soporte y si se usan métodos apropiados de extensión.

Existen muchos ejemplos que demuestran la posibilidad de efectuar cambios en estas actitudes si se actúa apropiadamente, basándose en el conocimiento de los factores socioculturales y si se les provee de los incentivos adecuados.

Esto conduce a cuestionar acerca del modo de atacar el problema general para lograr cambios en los hábitos y horizontes mentales de la población rural, que además predica cambios en los sistemas socioculturales.

Para transformar una agricultura tradicional, dominada por impedimentos socioculturales, en una agricultura moderna, basada esencialmente en decisiones económicas, es necesario debilitar y posiblemente aún eliminar, los impedimentos tradicionales. No existe una solución fácil para este problema. Por una parte, debe intentarse conservar el respeto y los lazos a la herencia cultural; por otra parte debe intentarse un cambio social para permitir el proceso concomitante de cambios económicos y políticos.

Una aceptada premisa es la necesidad de adaptarse al marco social de los agricultores, sin forzar la realización de cambios sin intentar reemplazar a los líderes tradicionales acercándose a los agricultores directamente, en lugar de hacerlo por medio del liderazgo tradicional — ya que esto está condenado al fracaso (Admoni, 1963).

No hay duda de que la naturaleza del liderazgo y el grado de control que este ejerce sobre la comunidad influyen sobre la predisposición de los agricultores a adoptar nuevas ideas y prácticas.

El respeto hacia los ancianos y la aceptación de sus consejos contribuye a la estabilidad social. Si éstos son tratados en tal forma que asegure su cooperación y no su impedimento, pueden jugar un papel clave, y ocasionalmente lo han hecho, en estimular la adopción de las nuevas prácticas.

La dependencia en los “líderes tradicionales” puede justificarse como una táctica a corto plazo; sin embargo, normalmente, el fortalecimiento de su posición tradicional, ya sea económica, moral y

social, ante la comunidad, será una autoderrota dado que fortalecerá las tendencias conservadoras, antagónicas al cambio. Estas últimas tendencias son siempre muy fuertes y paralizarán la iniciativa de los miembros más progresistas de la comunidad. Bose (1963) establece que “es necesario cambiar el modelo cultural de una sociedad subdesarrollada en su totalidad, antes de esperar cambios tecnológicos permanentes”.

## REFORMA AGRARIA

### IMPLICACIONES

No es el propósito de este libro tratar detalladamente los problemas de la reforma agraria. Sólo se trataron algunas de las implicaciones de la reforma agraria en el planeamiento y la intensificación de la agricultura.

La mayoría de los países en desarrollo tienen problemas de tenencia de las tierras que interfieren en el desarrollo agrícola. Estos problemas se deben a patrones tradicionales de posesión y tenencia de las tierras, tales como: ausentismo de los propietarios de las tierras, arrendamientos a corto plazo y aparcería en condiciones desfavorables para el agricultor.

La reforma agraria corresponde a problemas relativos a la tenencia y posesión de la tierra o a la excesiva fragmentación y dispersión de las propiedades.

En América Latina, los latifundios constituyen la forma tradicional y predominante de colonización y de producción agrícola. Además, las comunidades de pequeños agricultores ocupan generalmente las tierras más pobres.

Estos sistemas tradicionales basados en leyes de propiedades y prácticas antiguas, tales como el “repartimiento” y la “encomienda”, entregan la mano de obra a los dueños de las tierras (Moore, 1961).

El establecimiento de una élite poderosa dedicada a mantener el orden existente fue el efecto más importante de este sistema.

Contrariamente, los problemas de tenencias de la tierra en el Africa tropical, no consisten, por lo general, en la concentración de la propiedad de las tierras en manos de unos pocos y la resultante relación entre propietarios de las tierras y los arrendatarios. Gran parte de las tierras, se consideran propiedad de los antepasados y de los niños aún no nacidos, como demostración de confianza tribal. Con base en este concepto, un individuo puede reclamar una propiedad para su subsistencia de acuerdo a sus necesidades, —según el número de sus mujeres e hijos—, pero nunca para ser agregada.

Cuando disminuyen las necesidades debido a una muerte, la propiedad se devuelve a la comunidad para ser redistribuida a otros necesitados (Gaitskell, 1968).

En este caso, el problema consiste en definir los derechos individuales a la tierra en oposición a los derechos comunales. A medida que la tierra se vuelve escasa, se agudiza este problema (de Wilde y McLoughlin, 1967).

## **OBJETIVOS DE LA REFORMA AGRARIA**

En muchas sociedades tradicionales, la propiedad sobre la tierra confiere prestigio social, control de la mano de obra y poder político. A medida que progresa el desarrollo, aumentan las presiones para cambiar la distribución del poder, nivel social, riqueza e ingresos resultantes de la propiedad de las tierras.

Por lo tanto, las reformas agrarias se llevan a cabo principalmente por causas sociales. Sin embargo, se ha demostrado que la concentración de la propiedad de las tierras y la proliferación de minifundos produce un uso derrochador de la mano de obra y de las tierras y actúa contra la introducción de técnicas mejoradas y el uso eficiente de las tierras (Prebisch, 1970).

En un estudio sobre problemas de tenencia de las tierras en Argentina, Chile, Brasil, Colombia, Ecuador, Guatemala, y Perú, que fue auspiciado por Crosson, en 1970, se encontró que “los sistemas tradicionales de tenencia de la tierra no sólo deben ser culpados por la intranquilidad en las áreas rurales y la perpetuación de la injusticia social, sino que éstos además contribuyen significativamente al atraso económico de América Latina e impiden la introducción de una tecnología agrícola moderna.

El sistema de latifundios y minifundios desalienta la adopción de nuevas tecnologías en la agricultura debido a las siguientes causas (Crosson, 1970):

- a. Los pequeños propietarios no poseen los medios y el conocimiento necesario para la adopción de nuevas prácticas.
- b. Los aparceros que trabajan en los latifundios no reciben los alicientes necesarios, dado que pueden ser destituidos de la tierra por su propietario en cualquier momento.
- c. El latifundista, con un alto y asegurado ingreso que no deriva generalmente de la agricultura, no se siente impulsado desde el punto de vista económico a mejorar las técnicas agrícolas.

No es posible la adopción de técnicas mejoradas a menos que el agricultor opere tierras de su propiedad o de tenencia asegurada y de las cuales obtenga una distribución equitativa de su producto. Si el agricultor es un arrendatario que retiene sólo una pequeña proporción de sus arrendamientos y todas las inversiones dirigidas al logro de mayores rendimientos deben estar a su cargo, no tendrá ningún

incentivo para la adopción de prácticas mejoradas. Por lo tanto, la reforma agraria es una precondition esencial para el progreso agrícola.

## LIMITACIONES

La reforma agraria por sí misma no puede ser suficiente; para que tenga éxito, debe estar acompañada y continuada por una serie completa de innovaciones institucionales en los sectores del crédito, comercialización, procesamiento y sistema de precios, tanto en la investigación como en la extensión agrícola.

Por ejemplo, la reforma agraria en México sufre la falta de levantamientos de suelos adecuados y de estudios insuficientes de clasificación de suelos, los que podrían demostrar la distribución del suelo, pendiente y suministros de agua. Como resultado, las tierras asignadas a muchos "ejidos" no son adecuadas en absoluto para la producción de cultivos y no les fue asignada ninguna fuente de agua. De un total de más de 24 millones de hectáreas de tierras de ejidos en 1960, sólo 7 millones de hectáreas pudieron usarse para la producción de cultivos y sólo 2 millones pudieron irrigarse.

Más aún, el rápido crecimiento de la población y la falta de créditos han mantenido a la mayoría de los ejidos en condiciones de subsistencia.

Similarmente, mientras que la reforma agraria boliviana abolió, parcialmente, la injusticia social, ésta no produjo un incremento marcado en el área cultivada por los agricultores o en los rendimientos obtenidos dado que no fue seguida de reformas institucionales necesarias.

Al adoptar nuevos sistemas de tenencia de las tierras, es factible enfrentarse con la necesidad de elegir entre soluciones que son efectivas desde el punto de vista económico pero indeseables desde el punto de vista social, y soluciones socialmente deseables pero económicamente menos productivas.

Mientras que una distribución más equitativa de los ingresos como resultado de la reforma agraria es un objetivo digno de elogio y socialmente justificado, éste puede a corto plazo, reducir los ahorros y las inversiones. Por ejemplo, cuando la propiedad pasa de grandes terratenientes a agricultores potenciales que no poseen las habilidades empresariales y agrícolas necesarias o los fondos para desarrollar las tierras adquiridas, la productividad total puede reducirse.

En muchos casos, donde las consideraciones políticas y sociales fueron dominantes, la productividad y la asignación de recursos fueron virtualmente ignoradas o consideradas sólo en forma pasiva al eximir a las haciendas eficientes de una subdivisión. Comúnmente existen grandes dificultades para llevarlas a cabo que pueden complicarse por reacciones de diversos tipos. Consecuentemente, los efectos y la productividad de la reforma agraria fueron, en el mejor de los

casos, de carácter limitado, y en el peor de los casos, de carácter negativo.

La organización cooperativa es comúnmente considerada la solución a este problema pero en muchos países en desarrollo. Tales organizaciones aún no poseen las habilidades administrativas o los recursos para lograr una operación efectiva.

El problema de la reforma agraria es probablemente más agudo cuando se introduce irrigación en regiones semiáridas, donde se practica tradicionalmente una agricultura de secano y donde la presión sobre las tierras es extrema. En este caso, el desarrollo de la irrigación puede obstaculizarse principalmente por el sistema de propiedad de las tierras existentes. Si las tierras se dividen en muy pequeñas propiedades y además las parcelas de cada agricultor están ampliamente separadas, no es posible la introducción de una agricultura de irrigación hasta tanto se consoliden.

Por otro lado, el desarrollo promisorio posible mediante el regadío puede constituir la palanca para lograr la reforma agraria necesaria.

En contraste, la escasa población actual, el bajo valor de las tierras, a diferencia de los derechos de agua, y los problemas atenuados de la tenencia de sus tierras, constituyen las ventajas que posee el desierto que será desarrollado mediante irrigación. En áreas de precipitaciones limitadas, la reforma agraria carece casi por completo de sentido, a menos que también conceda derechos de uso de agua disponible para la irrigación.

## TAMAÑO DE LAS FINCAS

El tamaño de la finca individual es un problema estrechamente relacionado con el de tenencia de la tierra. En la mayoría de los países en desarrollo, una parte de la tierra está dividida en muy pequeñas unidades de producción, difíciles de ser cultivadas económicamente, y otra parte está concentrada en las manos de unos pocos grandes terratenientes.

El tamaño de las fincas adquiere una importancia considerable en el caso de una planificación regional de desarrollo. Las tierras disponibles para la colonización son, por lo general limitadas mientras que el número de los colonos potenciales es elevado. En consecuencia, pueden ejercerse presiones políticas para adoptar tamaños de unidades agrícolas que no serán capaces de proveer ingresos mínimos adecuados. El tamaño de la finca que se requiere para estos propósitos dependerá no sólo de la fertilidad de la tierra, los recursos disponibles de agua, la disponibilidad de servicios de soporte y la infraestructura, sino también de los tipos de producción agrícola contemplados en el plan de desarrollo.

## GRANDES FINCAS

Desde el punto de vista de la inclinación a adoptar nuevas tecnologías, existen por lo menos tres tipos de grandes fincas:

**Empresas de grandes fincas**, que se caracterizan por “operaciones de manejo profesional con un alto grado de división del trabajo y especialización, basadas sobre una mano de obra enteramente contratada y no de carácter familiar, utilización rutinaria de tecnologías avanzadas, alto grado de mecanización y un objetivo predominante: el logro del retorno máximo del capital financiero invertido” (Powell, 1972).

Las grandes plantaciones capitalistas y las haciendas grandes y modernas de ganado pertenecen a esta categoría.

La agricultura de plantaciones está dominada por el mercado internacional, está altamente comercializada y requiere gran cantidad de insumos de tierra y de mano de obra pero, por lo general, está poco mecanizada.

**Las grandes fincas estatales** poseen características similares. Sin embargo, las granjas colectivas muy grandes en la Unión Soviética y en la República de China se diferencian por el uso de grandes cantidades de mano de obra por unidad de superficie.

**Los latifundios** se caracterizan no tanto por su tamaño como por los siguientes rasgos: uso de tecnologías tradicionales y generalmente extensivas, mano de obra, atada por otros medios distintos al monetario; alicientes restringidos y un bajo grado de mecanización. En este caso la propiedad de la tierra es importante principalmente por causas de prestigio y como medio de defensa contra la inflación. Debido al tamaño de la propiedad, los ingresos son elevados, aún en el caso de prevalecer técnicas primitivas de producción. Por lo tanto, contrariamente a las empresas capitalistas, los latifundios no tienden a realizar inversiones financieras sino que usan su control sobre los recursos de las tierras para explotar la mano de obra (Powell, 1972).

Una de las desventajas principales de los latifundios en países en desarrollo consiste en que a pesar de sus métodos de producción relativamente primitivos, no requieren mano de obra intensiva.

A pesar que los latifundios son, como promedio, 400 veces mayores que los minifundios, éstos emplean sólo 15 veces más trabajadores (Thiesenhusen, 1969).

## PEQUEÑAS FINCAS

### Fincas de campesinos de “jornada parcial” o minifundio

Aquellas fincas que son muy pequeñas para proveer un nivel de vida aceptable o para absorber la capacidad de trabajo de la familia

rural, se ven obligadas a enviar miembros suyos al mercado de mano de obra. Esta es la causa por la cual se las denominan fincas de campesinos de jornada parcial (Powell, 1972). Algunas de las propiedades son tan pequeñas que merecen el nombre de microlotes. De un total de 172 millones de familias rurales en 19 países latinoamericanos, 5 a 7 millones pertenecen a fincas de campesinos de jornada parcial (Bachman y Christensen, 1967).

**Las fincas familiares** son empresas que “controlan suficientes recursos de tierra para proveer empleo de jornada completa a una familia rural a niveles productivos y que asegura los requerimientos básicos de su vida”. Tales familias no se basan en el mercado de mano de obra para su empleo, ni cuentan con mano de obra contratada no familiar dentro de la empresa (Powell, 1972).

Es tácito que entre el tipo de finca familiar y las grandes fincas existe un amplio espectro de fincas de tamaño medio en las cuales, en adición a la familia rural, se usa regularmente como obra contratada. Las cantidades de tierras, bienes capitales y créditos financieros incorporados en estas fincas son de carácter variable (Powell, 1972).

## **VENTAJAS RELATIVAS Y DESVENTAJAS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE TAMAÑO DE LAS FINCAS**

Las evidencias acumuladas en muchos países indican que el progreso económico en la agricultura es factible bajo una gran variedad de condiciones de tamaños de fincas y que esto, por sí mismo, no constituye un prerequisite ni un obstáculo para el desarrollo agrícola. Una unidad agrícola grande no constituye por sí misma una garantía de productividad (Bachman y Christensen, 1967).

El conocimiento técnico y la habilidad administrativa son muy escasos en los países en desarrollo y ésta es una de las razones por las cuales las pequeñas fincas en ciertas circunstancias pueden ser más eficientes que las grandes. Además, las pequeñas fincas fomentan formas de producción de mano de obra intensiva. El tamaño de las fincas tiende a aumentar a medida que declina la oferta de mano de obra en relación a las tierras y el capital disponible.

Las grandes fincas y propiedades poseen las ventajas de ser más capaces de utilizar capital, contratar un cuerpo administrativo y asegurar el envío de una alta producción al mercado o el flujo de materias primas a las industrias locales. Esta última ventaja es de particular importancia en aquellos cultivos que requieren amplios procesos de elaboración después de su cosecha. En aquellos casos donde las propiedades se manejan eficientemente y usan métodos modernos, no existen problemas de productividad.

En el caso de la exportación de cultivos que requieren grandes cantidades para su mercadeo o proceso cualitativo, tales como té,

caña de azúcar, bananas y en menos grado café, las plantaciones poseen, por lo general, más ventajas en relación a los pequeños propietarios.

La mayor parte del café producido en Colombia se cultiva en fincas familiares, cada una de las cuales posee algunos miles de árboles.

El cultivo se cosecha a lo largo de todo el año, asegurando en esta forma una distribución efectiva y homogénea de la mano de obra familiar.

En el caso del cultivo del caucho y cocoteros, las ventajas no son tan tangibles y pueden expresarse, ya sea en pequeñas propiedades o en plantaciones, de acuerdo a las condiciones ambientales y económicas. Los pequeños propietarios son más competentes en la producción de aceite de palma a costos más bajos, aunque la calidad es generalmente inferior. En el caso de la producción de cacao, es más ventajosa la posición del pequeño propietario, siempre que haya recibido una adecuada ayuda gubernamental (material de plantación, control de enfermedades, etc.). En las grandes plantaciones no se cultiva más del 5% ó 10% de la producción total de cacao (Wickizer, 1960).

Las tecnologías mejoradas hacen posible que el uso de las grandes unidades de maquinarias y equipos resulte remunerativo. Cada persona de la población agrícola de los países desarrollados poseerá, como promedio, unas veinte veces la cantidad de tierra que la población en los países en desarrollo. En el Lejano Oriente en particular, la comparación anterior sería 50 veces más (O.E.C.D., 1967).

En California, 400 hectáreas se consideran el área mínima requerida para la operación económica de fincas irrigadas. Las inversiones en equipo de bombeo, nivelación y acondicionamiento del suelo e inversiones periódicas en equipo agrícola mejorado, transforman la existencia de grandes unidades en un prerequisite para la operación económica (Gregor, 1959).

Bajo las condiciones sociales y económicas que prevalecen en muchos de los países en desarrollo, los latifundios pueden constituir un factor que retarda la modernización y la intensificación. Si los grandes terratenientes carecen de iniciativa, habilidad o capital para desarrollar sus tierras, las grandes unidades son un obstáculo para el progreso y surgen problemas agudos de productividad.

En muchos países en desarrollo, los gobiernos están interesados en fundar grandes fincas estatales poseedoras del equipo más moderno por razones de prestigio, convicción política o como un atajo entre la agricultura de subsistencia y una agricultura moderna.

La experiencia con granjas estatales no es, por lo general, estimulante.

El rígido control burocrático, la falta de adaptabilidad y las formas de organización inflexibles, caracterizan generalmente a estos tipos de unidades agrícolas. La dificultad de encontrar gente con las habili-

dades administrativas y conocimientos técnicos necesarios, la falta de conciencia de costos, la baja productividad de la mano de obra en las empresas de propiedad estatal, son todos obstáculos para el éxito. Ghana es un ejemplo de un país en el cual se invirtieron fondos enormes en granjas estatales para atajar la modernización, pero los resultados fueron altamente desilusionantes (De Wilde y McLoughlin, 1967). Esto no implica que todas las granjas estatales estén condenadas al fracaso, sino que se desea remarcar los factores que actúan en contra del éxito y los obstáculos que hay que superar.

Por lo contrario, en las fincas familiares, los incentivos económicos para lograr una administración cuidadosa, el uso intensivo de escasos recursos de tierras y la mano de obra familiar, pueden alcanzar altos grados de eficiencia. Debido a que en los países en desarrollo la mano de obra es abundante y el capital y la habilidad administrativa son escasos, las ventajas relativas de las fincas familiares son más marcadas.

Cualquiera que sea el tamaño exacto de la unidad agrícola, todos los pequeños propietarios del mundo en desarrollo poseen muchos problemas en común: carecen de capital, las propiedades diseminadas se hallan generalmente en las áreas menos accesibles y productivas, las operaciones agrícolas son de carácter altamente estacional —resultando en períodos alterados de subempleo y de carencia de suficiente mano de obra— y las facilidades de mercado son sumamente pobres (Wickizer, 1960).

La fragmentación excesiva puede, incluso, abolir los propósitos de la reforma agraria. Las unidades agrícolas deben ser lo suficientemente grandes, no sólo para asegurar una producción eficiente sino también para proveer un nivel aceptable de vida.

Prácticamente, la mayoría de las reformas agrarias recientes han subdividido las tierras en muchas unidades muy pequeñas como para ser económicamente viables a rendir más allá de un nivel de vida magro. La reforma agraria mexicana, por ejemplo, aumentó la producción de propietarios de 3% a 50% de la población rural, pero cerca de un 85% de las propiedades que ocupan el 74% de la tierra, poseen menos de 5 hectáreas. La mayoría de los ocupantes de estas propiedades están en pésima situación con niveles de ingreso apenas suficientes para subsistir porque no han podido mejorar la productividad. Esta misma situación la tienen en Bolivia y otros países de América Latina, donde la reforma agraria no ha tenido hasta ahora todos los efectos económicos esperados. Pero a pesar del error señalado, las reformas agrarias de México y Bolivia tienen como positivo haber incorporado al mercado nacional, muchos miles de campesinos que antes no compraban ni vendían, y el efecto inmediato de levantar su nivel alimentario.

## ASPECTOS SOCIALES, POLITICOS Y DE SEGURIDAD DEL TAMAÑO DE LAS FINCAS

Además de las consideraciones técnicas y económicas, el tamaño de las fincas posee aspectos sociales, políticos y de seguridad.

Las propiedades eficientes en los países en desarrollo crean o crean situaciones de hostilidad local.

La propiedad fue transferida, en forma voluntaria —como en el caso de Malasia y Guatemala— o por expropiación, como en Cuba. Tales transferencias sirven a fines nacionales, sociales y políticos legítimos, aunque resultan por lo general, en una menor productividad comparada con las grandes propiedades manejadas apropiadamente.

La concentración de las tierras en manos de una minoría afecta a la distribución del poder político y permite el monopolio de los beneficios derivados de los cambios tecnológicos. En el Pakistán, por ejemplo, el 69% de los pozos entubados fueron instalados en fincas mayores de 10 hectáreas y sólo el 4% en fincas menores. Por lo tanto, los grandes propietarios obtuvieron un control mayor aún sobre los escasos recursos, en este caso: el agua (Griffen, 1973).

Problemas emocionales y sociales fuertemente arraigados actúan en contra de la abolición de pequeñas fincas y por lo tanto, surge el problema de hacerlas viables en la era de la mecanización. Muchas prácticas culturales mejoradas capaces de transformar la agricultura tradicional, tales como las variedades de mayor rendimiento, el uso de fertilizantes, mejor manejo del agua, etc., no requieren economías de escala y pueden usarse racionalmente tanto en las fincas pequeñas como en las grandes. Para las pocas funciones que requieren inversión y organización en gran escala, los problemas pueden superarse proveyendo servicios cooperativos especializados y/o servicios contratados, ya sean gubernamentales o privados (ver mecanización).

Otra táctica que se ha propuesto consiste en consolidar un número grande de pequeñas propiedades para formar grandes corporaciones agrícolas, en las cuales los propietarios están representados por acciones (Ozal, 1963).

En Puerto Rico fue establecido un sistema denominado “fincas de ganancias proporcionales”, el que aparentemente funciona de modo adecuado. Las áreas de caña de azúcar expropiadas, de acuerdo a la Ley de la Tierra de 1941, cuyos tamaños sobrepasan la limitación constitucional de 200 hectáreas, las opera una corporación pública, “The Puerto Rico Land Authority” y las cultivan trabajadores agremiados. En adición a sus salarios, estos trabajadores reciben parte de las ganancias, las que se distribuyen en proporción al trabajo realizado durante el año. Existen muchas variedades posibles de este sistema.

## **ESTRUCTURA MIXTA DE FINCAS GRANDES Y PEQUEÑAS**

Existen muchas pruebas que demuestran que el énfasis excesivo en el tamaño y el uso exclusivo de las grandes unidades, tiene también inconvenientes y peligros, en particular si esas unidades están dirigidas en forma centralizada. Una estructura mixta de unidades, de diferentes tamaños, parece ser la más indicada según los estudios de desarrollo de la expansión agrícola.

Las fincas grandes y las pequeñas no son mutuamente excluyentes y pueden muy bien coexistir en una misma región, aún estando próximas unas de otras. Una fórmula poseedora de muchos méritos es la que combina una gran finca estatal o de corporación, rodeada por unidades de producción familiares. El término "producción satélite" se usa para el cultivo, procesamiento y mercadeo de los cultivos producidos en las fincas familiares, cuyo éxito se debe a la proximidad de las empresas de gran escala que se ocupan del mismo tipo de producción (Wickizer, 1960). Entre los agricultores que necesitan un largo período de educación en cuanto a cooperación, la vecindad de una finca grande, completamente equipada y mecanizada puede proveer ayuda a las fincas pequeñas y también proporcionar facilidades de procesamiento, selección, empaque y comercialización de su producción. El mercado laboral suplementario puede ser muy importante para los nuevos agricultores que luchan por establecerse.

Más importante aún es la gran finca pionera en la adopción de prácticas mejoradas de cultivo que sirve de guía y área de demostración y ayuda a influir sobre el pequeño agricultor para acentar los mismos métodos.

Gaitskell (1968) menciona un ejemplo de este tipo que tuvo mucho éxito en Swaziland, donde cierta corporación utilizó en un programa de experimentación más de 130.000 acres de matorral no explotado, establecieron un sistema de irrigación conteniendo el agua de un río con diques y cultivaron arroz, cítricos, ganado, y azúcar. Cuando el azúcar cultivado en una hacienda núcleo resultó ser remunerativa se les ofreció a los agricultores de subsistencia locales la adquisición de propiedades en el área restante no explotada. A estos agricultores se les proporcionó supervisores y facilidades de crédito para que explotaran y usaran las tierras ventajosamente.

## **FACTORES ECONOMICOS**

La adopción de nuevas prácticas, con toda la incertidumbre y riesgos que involucran, pueden resultar críticos para aquellos agricultores que producen escasamente lo necesario para supervivir. Los métodos agrícolas tradicionales, han demostrado a lo largo de los siglos estar razonablemente adaptados a las condiciones locales. El ritmo en que adoptarán los agricultores, en un marco tradicional una

nueva práctica, depende, de su remunerabilidad, y de que tenga un margen apropiado para riesgos e incertidumbres.

## **INCENTIVOS**

Es esencial proveer a los agricultores de subsistencia, fuertes incentivos para inducirlos a pasar a un sistema de agricultura comercial. Esto debe tener como objetivo el mejoramiento de la remunerabilidad y la reducción de los riesgos, durante un prolongado período de transición. La experiencia en los países en desarrollo ha demostrado que puede obtenerse incremento en la productividad agrícola en un período corto, si se proveen incentivos favorables al agricultor, como: precios y subsidios, créditos para la producción, estructura y política impositiva y disposiciones de tenencia de tierras.

## **PRECIOS**

Un sistema eficiente de precios es uno de los requerimientos económicos básicos para el desarrollo de la agricultura. Existen tres clases de precios que deben considerarse: los de **productos agrícolas**, los de **insumos agrícolas** y los de **artículos de consumo y servicios** que los agricultores adquieren.

### **Precios de los productos agrícolas**

En la agricultura de subsistencia, sólo una pequeña fracción de la producción alcanza ocasionalmente el mercado, por lo cual los precios de los productos agrícolas casi no impactan en la producción de cultivos. No obstante, los precios pueden ser usados para cambiar patrones de cultivo, estimulando la transición de los rendimientos bajos a los altos y subsecuentemente de cultivos de bajo a alto valor. Pero existe una tendencia en la mayoría de los países en desarrollo de basar más el sistema de precios en la necesidad de alimentos de bajo costo en las ciudades que en los incentivos de producción requeridos por los agricultores, perjudicando de esta manera la eficiencia de la agricultura en su contribución al desarrollo general de la economía.

### **Inestabilidad en los precios de los productos**

Dado que la agricultura es un proceso biológico, la producción es periódica y el producto irregular, lo que resulta en una inestabilidad inherente en los precios de los productos agrícolas.

Los factores que determinan esta situación son:

- a. la concentración estacional de la producción;
- b. las grandes fluctuaciones en la producción debido a condiciones climáticas imprevisibles y la presencia de enfermedades y plagas;

c. la baja elasticidad de los precios de muchos productos agrícolas básicos.

Estas fluctuaciones de los precios son causa de grandes injusticias para los agricultores en países en desarrollo, porque son ellos quienes están generalmente obligados a vender inmediatamente después de la cosecha y están a merced de comerciantes y prestamistas.

En Camboya, por ejemplo, el precio del arroz "paddy" en los meses de enero y febrero (inmediatamente después de la cosecha), es por lo general, la mitad del precio de su valor en julio y agosto; en Colombia, el precio de las papas (inmediatamente después de la cosecha) es con frecuencia no mayor a un tercio del precio que se alcanza posteriormente a la estación (Abbot, 1967).

En India el precio de los granos descendió tan bruscamente después de la próspera cosecha de 1958, que el total de las retribuciones a los agricultores por esta mayor producción fue menor que las retribuciones que obtuvieron por las pobres cosechas de los dos o tres años anteriores.

"Después de tal experiencia, no muchos serán los agricultores de la India, dispuestos a escuchar con interés a los extensionistas que los instruyen acerca de cómo lograr más altos rendimientos. Tampoco será probable que adquieran más fertilizantes para sus cultivos de granos" (Barter, 1966).

Cuanto menos desarrollados sea el sistema de comercialización de un país, mayor será la variación estacional de los precios de los productos agrícolas. Se han citado ejemplos a este respecto de países tan alejados como Colombia y Somalia, donde los precios de los alimentos básicos son cinco o seis veces mayores antes de la cosecha que después de ella, aunque debe destacarse que éstos son ejemplos de casos extremos (Barter, 1966).

A pesar de que una política para el logro de precios razonables puede ser un factor que estimule el desarrollo de ciertos cultivos, no debe descartarse que ocasionalmente puede producir efectos contrarios.

Muchas sociedades tradicionales se caracterizan por una "mentalidad con metas de ingreso". En este caso, cuando los precios favorables permiten al agricultor alcanzar un cierto nivel mínimo de ingresos que él considere satisfactorio, reducirá el área cultivada y la producción total resultará reducida.

De Wilde y McLoughlin (1967) señalan que en una sociedad tradicional, debido a ciertos valores sociales, el ganado no posee las características de un "cultivo comercial", y por lo tanto, los precios influyen poco a nada en su comercialización.

Aún teniendo precios favorables, cuando las posibilidades de pastoreo son amplias, la venta de ganado es muy reducida. Contrariamente, las ventas aumentan durante los años de sequía, indiferente-

mente de los niveles de precio, debido a la mortalidad que existe entre los animales en esa época.

### **Precios de los insumos agrícolas**

Para modernizar la producción, los agricultores deben adquirir fertilizantes, productos químicos para el control de plagas, enfermedades y malezas, herramientas, equipo, maquinaria y combustibles.

En la mayoría de los países en desarrollo los precios de estos insumos son muy altos. Por ejemplo, una tonelada de superfosfato en el noroeste de la provincia de Buenos Aires le cuesta al agricultor el precio que él recibiría por más de 5 toneladas de trigo; esa misma cantidad de fertilizantes en Kansas, le cuesta al agricultor menos del valor que el recibiría por 1 1/2 tonelada de trigo.

También los precios de los pesticidas en América Latina son mucho mayores debido a los impuestos, los amplios márgenes de ganancia que reciben los vendedores y los métodos laboriosos y extensivos de manipulación de estos productos (Interamerican Development Bank, 1972).

Es necesario mantener un **equilibrio** entre los precios que el agricultor obtiene por sus productos y el costo de los insumos que usa.

Una relación favorable entre el costo del fertilizante y otros insumos, y el precio que el agricultor recibe por su producto, se consideran como los factores más importantes para conseguir los logros extraordinarios de la "revolución verde" (Wellhausen, 1970).

### **Precios de los artículos de consumo y servicios**

La relación de precios entre lo que se recibe por los productos agrícolas y lo que se paga por insumos y servicios es la clave del poder adquisitivo del agricultor.

Por lo general, en los países en desarrollo, los precios de los insumos han aumentado en relación a los precios de los productos agrícolas.

Esta relación de precios es distorsionada aún más, debido a sectores de la economía, pero sin estancarse.

La **estabilidad** de las tres clases de precios descritos es también de mucha importancia.

Esta **estabilidad** no puede lograrse exclusivamente por medios legales ya que solo será real si existe un adecuado sistema de transporte y facilidades de almacenamiento.

La estabilidad de los precios tampoco puede ser absoluta. Debe permitirse una cierta fluctuación de acuerdo al éxito de la cosecha. Si el precio permanece estable durante todo el año, deberá proveerse una capacidad de almacenamiento mucho mayor. La estabilidad de

los precios debe ser moderada por una flexibilidad entre un precio mínimo y un precio máximo.

## **SUBSIDIOS**

Los **subsidios** de los precios de los insumos agrícolas son generalmente justificables en las primeras fases del desarrollo, con el fin de estimular la introducción de nuevos cultivos o la adopción de nuevas técnicas que han demostrado ser beneficiosas. Los subsidios deben ser lo suficiente grandes como para que la adopción deseada sea atractiva para el agricultor y se reduzca el riesgo involucrado; no obstante, se recomienda que una parte razonable del costo sea sobrellevado por el agricultor. Una vez aceptadas las innovaciones y conocidos los beneficios que éstas proporcionan al agricultor, los subsidios podrán reducirse gradualmente hasta ser interrumpidos.

La gran ventaja que implica subsidiar insumos, tales como fertilizantes, pesticidas, equipo, etc., en lugar de elevar los precios de los productos, consiste en que los subsidios estimulan directamente el uso de los insumos que incrementan la productividad. Contrariamente, si se aumenta el precio del producto, se benefician en igual medida, tanto los agricultores progresistas como los retrasados. Al mismo tiempo, el aumento de los precios de alimentos y fibras, acarrea consecuencias de carácter político y económico para la población no agrícola. No obstante, estos dos métodos no deben ser considerados como mutuamente excluyentes y deberá establecerse una política juiciosa de precios y subsidios, de acuerdo a cada situación específica.

## **CREDITO**

Un buen sistema de crédito agrícola, suministrado a un costo razonable, es de considerable importancia para la promoción del desarrollo agrícola. Este crédito es particularmente justificable en forma de préstamos a corto plazo para los insumos estacionales corrientes, tales como semillas, fertilizantes o pesticidas, y en forma de préstamos a largo plazo para el establecimiento de colonos en tierras nuevas, la adquisición de herramientas o maquinarias, el establecimiento de obras de infraestructura, etc.

El alto costo del crédito que se obtiene de fuentes tradicionales, constituye una de las principales razones por las cuales los agricultores de subsistencia no adoptan más rápidamente las prácticas mejoradas que requieren el desembolso de capital.

En un estudio realizado en los países del CENTO, se encontró que el dinero es la principal razón citada por los agricultores para la utilización de fertilizantes. Los agricultores no poseían dinero propio para invertir y si lo obtenían por medio de préstamos debían pagar

una suma doble después de la cosecha. La tasa de interés fluctúa entre 60% y 250% (Central Treaty Organization, 1962).

Objetivamente, debe destacarse que el interés sobre los préstamos agrícolas es forzosamente alto, debido a que el capital es escaso, la administración de los préstamos rurales es costosa, la demanda de créditos es estacional y debido a que la incertidumbre de la agricultura causa considerables pérdidas por incumplimientos (Long, 1968).

La experiencia de los países en desarrollo ha demostrado la necesidad de proporcionar créditos a corto plazo, de costos razonables a los agricultores que adquieran insumos, tales como fertilizantes, insecticidas, etc., aún cuando los precios de los insumos sean subsidiados. El crédito debe otorgarse en el momento que se adquieran los insumos y debe extenderse hasta después de la comercialización del cultivo.

La necesidad de créditos, que permitan la adopción de un conjunto de variedades de altos rendimientos y prácticas mejoradas, es ejemplificada por los siguientes datos: se estima que mientras los costos totales en efectivo de la producción del prototipo de cultivador de arroz en las Filipinas es de aproximadamente 20 dólares por hectárea, usando métodos y variedades tradicionales; este costo se eleva a 220 dólares cuando se cultiva la variedad de alto rendimiento IR-8. Por lo tanto, a pesar que los rendimientos pueden triplicarse produciendo un retorno neto cuatro veces mayor que con las variedades tradicionales, el agricultor debe tener acceso a mayores créditos de costo razonable para financiar los métodos mejorados de producción (Wharton, 1969).

Un banco de desarrollo agrícola y las sociedades cooperativas de crédito, son las instituciones que pueden otorgar créditos a los agricultores. El crédito agrícola ocupa el segundo lugar en los préstamos del Banco Mundial para los países en desarrollo. Estos empréstitos deben estar acompañados de asistencia técnica con el fin de desarrollar procedimientos adecuados de manejo y operación. El uso efectivo del crédito depende también de un asesoramiento técnico cabal que guíe a los agricultores en sus operaciones.

El crédito agrícola centralizado en los países en desarrollo es generalmente otorgado por bancos agrícolas, auspiciados por los gobiernos, que son los que proveen la mayor parte del capital. Para que el crédito sea productivo, este debe estar ligado a la adopción de ciertas prácticas mejoradas establecidas por el Banco que otorga el crédito el cual trabaja en estrecha colaboración con el Servicio de Extensión.

Además de la disponibilidad de fondos, el éxito de cualquier programa de crédito rural para aumentar la producción, depende de varios factores. Los agricultores deben utilizar el capital prestado en forma adecuada. Esto significa principalmente que los nuevos insumos técnicos que demostraron su eficacia en el campo deben estar disponibles, y deben existir mercados que absorban la mayor producción y un sistema efectivo de devolución de los préstamos. Si no se

pone en práctica las nuevas técnicas los préstamos serán utilizados para gastos no productivos (Long, 1973).

La falta de facilidades adecuadas de mercado para la adopción de las nuevas prácticas, ha tenido un impacto adverso en algunos países (Long, 1973).

Uno de los principales efectos negativos de muchos esquemas de crédito público consiste en que la mayor parte del capital disponible llega sólo a las grandes fincas. Aún aquellos programas que tienen como objetivo específico mejorar la producción de fincas pequeñas, sólo el 40% de los agricultores reciben estos préstamos en pequeña escala (Long, 1973).

Las instituciones de crédito se rigen bajo presiones políticas, económicas y administrativas, y discriminan desventajosamente a los pequeños agricultores. Los préstamos a pequeños agricultores son más costosos, más difíciles de administrar y tienen grados de incumplimiento más altos. Como promedio los costos administrativos y de supervisión, incumplimientos, etc., ascienden al 50% del capital prestado y pueden alcanzar en ciertos programas hasta en un 100%.

El éxito de todo sistema de crédito rural depende mucho de la eficiencia con que se asegure la devolución de los préstamos. En muchos países esto constituye un serio problema, que si es descuidado, puede desprestigiar los esquemas de crédito organizado.

Para facilitar la recuperación de los préstamos, el otorgamiento del crédito debe estar ligado con la comercialización o con la provisión de facilidades de almacenamiento. Si la producción del agricultor pudiera almacenarse en depósitos públicos, no sólo podrían ellos lograr mejores precios por los productos, sino que se facilitaría la recuperación de los préstamos y ambas partes gozarían de estas ventajas.

La cooperativa es el instrumento más efectivo para la descentralización del crédito agrícola, siempre que el agricultor sea educado, y acepte y apoye este tipo de institución.

La adquisición de insumos por medio de las cooperativas reduce los costos; también la venta cooperativa de los productos protege al agricultor de las presiones para vender a bajos precios, especialmente si sus productos son perecederos. El control de la calidad y el mejoramiento de los medios de envase que son posibles de realizar por medio de la comercialización cooperativa, es otro factor favorable para los ingresos de los agricultores. Si tales cooperativas también se encargan del manejo de los créditos, se garantiza la devolución satisfactoria de los préstamos.

## **LA INFRAESTRUCTURA AGRICOLA**

La agricultura en los países en desarrollo consiste generalmente de dos sectores: la agricultura de subsistencia y la de producción para la exportación.

Toda la producción de un sistema de agricultura de subsistencia constituida principalmente por granos en las regiones secas y tubérculos y granos en las áreas tropicales húmedas, está destinada básicamente al consumo familiar. Los excedentes de la producción, por lo general se venden dentro del área rural. Cualquiera que sea la demanda creada en las ciudades, ésta generalmente no se extiende más allá de algunos kilómetros fuera de sus límites, debido a la ausencia de medios de transporte adecuados.

Para hacer posible la transición de una agricultura de subsistencia a una agricultura comercial, deben proporcionarse medios adecuados para la producción, distribución y supervisión del uso de los materiales que se requieren para una producción agrícola mejorada.

Por lo general, en la mayoría de los países en desarrollo la infraestructura es provista por el sector gubernamental y el subgubernamental. Cuando el sector privado provee ciertas facilidades, existe generalmente un control o regulación público para evitar la explotación. Por otra parte, factores políticos pueden tender a favorecer ciertas regiones, aunque tengan otras más atrasadas y más necesitadas de infraestructura.

Las decisiones sobre las inversiones en la agricultura deben ser llevadas a cabo a niveles regionales, en los cuales son mejores apreciadas las necesidades y las oportunidades locales.

### **Principales componentes de la infraestructura agrícola**

Los principales componentes de la infraestructura agrícola fueron clasificados y enumerados por Wharton (1967) en la siguiente forma:

#### **a. Infraestructura de capital intensivo**

Instalaciones de irrigación y aguas públicas, represas, canales distribuidores, sistemas de drenaje, mercados.

Facilidades de transportes: caminos, vías férreas, puentes, naves, aviones.

Puertos, dársenas.

Instalaciones de almacenamiento: silos, depósitos, etc.;

Instalaciones de procesamiento: maquinarias y edificios con equipos;

Servicios: electricidad y energía, sistemas de agua potable, gas.

## **b. Infraestructura de capital extensivo**

Servicios de extensión y educación, servicios de comunicación de estadística.

Investigación agrícola e instalaciones para experimentación: laboratorios, estaciones experimentales.

Protección vegetal y animal, control, servicios de clasificación.

Servicios de conservación de suelos.

Instalaciones crediticias y financieras.

Instalaciones educacionales y médicas: escuelas, hospitales.

## **c. Infraestructura institucional**

Instituciones formales e informales de naturaleza legal, política y sociocultural.

La descripción anterior de todos los componentes de la infraestructura agrícola supera los límites propuestos para este libro. Algunos aspectos como los servicios de extensión, facilidades para la investigación agrícola, etc., ya fueron tratados en páginas anteriores.

## **Mercados**

La agricultura tradicional no es necesariamente una agricultura de "subsistencia" en el sentido de que la producción sea solamente para el consumo interno. Parte de ella puede comercializarse.

Ferias locales y regionales, que se celebran a intervalos regulares constituyen la principal parte del comercio que mantienen los agricultores que están a nivel de "casisubsistencia" en América Latina. Las retribuciones totales son pequeñas, pero se maneja una amplia variedad de productos. Este sistema de comercialización es adecuado mientras la agricultura está a un nivel de casisubsistencia. Sin embargo, cuando se alcanza la etapa de agricultura comercializada, debe desarrollarse una economía de mercado apropiada.

Este sistema de comercialización no sólo concierne a la venta y distribución de los productos agrícolas, sino que también debe garantizarle al agricultor, la adquisición de los insumos agrícolas dónde y cuando los necesite.

La organización del mercado agrícola en América Latina es generalmente ineficiente, con excepción de los productos de exportación no perecederos, como café en los países tropicales, o granos en la Argentina.

Los productos perecederos como frutas y vegetales, sufren a veces grandes pérdidas debido a tres motivos: 1) malos caminos que imposibilitan a veces el acarreo de los productores al mercado o los dañan en el trayecto; 2) alto costo de la recolección local, especialmente entre los pequeños agricultores, debido a que el abastecedor local sólo puede adquirir una pequeña cantidad de los productos de cada agricultor y esto los obliga a llevar la cosecha en varios viajes; 3) cuando estos productos llegan al centro de consumo, los gastos de la venta aumentan debido a que el producto pasa por manos de mayoristas y detallistas, incluyendo vendedores callejeros, antes de llegar al consumidor (Hopkins, 1969).

Como resultado de la ineficiencia en los sistemas de comercialización, con frecuencia se enfrentan con un círculo vicioso. Al no poder confiar en la retribución económica derivada de la venta de la producción excedente, el agricultor tiende a producir sólo para suplir sus propias necesidades. Por otra parte, debido a la inexistencia de productos comerciables, el desarrollo de un sistema de comercialización es muy difícil.

El problema de utilización económica de mucho ganado mantenido en extensas áreas de tierras de pastoreo en los países en desarrollo, constituye un ejemplo típico de la interrelación que existe entre la producción y la comercialización. Gran parte de los ganaderos están más influenciados por consideraciones tradicionales y sociales que por motivos económicos. El ganado es vendido, por lo general, sólo cuando hay escasez de forraje; en estos casos los animales están en pobres condiciones y su comercialización es difícil. Además el traslado a los mercados situados a largas distancias disminuye el valor de los animales considerablemente, e incrementa su mortalidad. Por lo tanto, la falta de mercados adecuados de fácil acceso es una de las causas principales por la que la motivación económica no puede superar las actitudes tradicionales de los agricultores y éstos no adoptan prácticas mejoradas de cría, alimentación y control de enfermedades, ya que difícilmente éstas pueden justificarse.

## **Transporte**

En muchas partes de América Latina, la red de transportes es aún inadecuada y no es posible lograr una comercialización eficiente si no se cuenta con buenos sistemas de transportes y de rutas, los cuales son elementos de alta propiedad para el desarrollo de la agricultura, ya que si éstos no existen, la producción no puede comercializarse o pierde una gran parte de su valor cuando llega al mercado.

Los productos agrícolas perecederos deben viajar grandes distancias, debido a que su demanda se concentra en los centros urbanos alejados de las áreas productoras. Los caminos entre las fincas y los mercados generalmente no están pavimentados y son intransitables durante la estación lluviosa. La red de vías férreas no penetra en las

áreas de subsistencia. En muchos lugares aún se usa el transporte animal e incluso el humano. Estas pobres condiciones obstaculizan el movimiento de personas y el envío de productos voluminosos, particularmente en las áreas montañosas escarpadas y en las junglas densas de América Central, Brasil y de las Repúblicas Andinas. Por ejemplo, antes de establecer las rutas aéreas en el Perú, era prácticamente imposible el transporte de personas o bienes desde Lima, situada cerca de la costa del Pacífico, a las comunidades que quedan en las selvas del valle del Amazonas, ya que se tenía que atravesar numerosas cadenas montañosas para llegar a ellas. Aún existen muchas zonas inhabitadas en el Perú y en otros países, que todavía no tienen servicio aéreo y ni siquiera de camiones y autobuses. En estos países las materias primas pesadas y los sobrantes de los cultivos, si se producen, deben esperar, para su comercialización, hasta que se desarrolle un servicio de transporte adecuado; ya que aún cuando sea posible el transporte fluvial, éste es muy lento.

El movimiento de carga desde las áreas costeras del Brasil hasta los puntos interiores del país, puede durar hasta seis meses por vía fluvial y de un mes a un mes y medio, con transporte automotor. El tráfico comercial del Paraguay incluye viajes hasta de mil millas por vía fluvial para alcanzar el Océano Atlántico. El 90% del transporte desde las fincas hasta el mercado, se realiza a lo largo de senderos primitivos por medio de carretas de bueyes (Owen, 1966).

Según Abbott (1967) la falta de medios de transporte es con frecuencia responsable tanto de los altos costos de comercialización como de la continuidad de una agricultura de subsistencia. En el año 1957, se estimó que los costos de transporte para los agricultores en la Región Siria de la República Árabe Unida alcanzó una suma equivalente al 40% del precio de exportación del trigo y el 50% de la cebada. La producción está restringida a las necesidades del mercado de una aldea local hasta que los bajos costos de los medios de transporte hacen accesibles otras salidas.

La falta de un sistema satisfactorio de transporte puede poseer efectos de largo alcance sobre el éxito de los esquemas de desarrollo de tierras.

Uno de los primeros esquemas de colonización del sur del Brasil, resultó ser un marcado fracaso debido a problemas de comunicación (James, 1942).

A fines del siglo pasado, más de 50.000 colonos de origen polaco, con una gran capacidad de trabajo y experiencia agrícola fueron enviados a una nueva zona pionera en las laderas septentrionales del valle del Iguazú. Exceptuando el transporte la región tenía todos los factores necesarios para el éxito de la empresa: un clima favorable y un suelo fértil, estímulo y apoyo gubernamental. Estos colonos produjeron por varios años excelentes cultivos, pero al no ser posible transportarlos hasta el mercado, abandonaron sus métodos progresistas de cultivo y adoptaron los tradicionales cultivos migratorios, efec-

tuaron clareos en los bosques, plantaron maíz, permitieron a los cerdos recolectar por sí mismos la producción y luego abandonaron las zonas clareadas. (Los cerdos fueron arreados a lo largo de senderos imposibles de ser transitados por vehículos de ruedas). El resultado final de la falta de visión del futuro en el planeamiento de un poblado carente de acceso al mercado, fue la destrucción de un área considerable de bosques del Paraná Occidental y la pérdida subsecuente del suelo por la erosión provocada. Otras colonias en la misma región, que contaron con un adecuado acceso a los mercados, tuvieron mucho éxito en la empresa.

En la mayoría de los países latinoamericanos el potencial global de expansión de la producción de la agricultura comercial por lo general es mayor que las posibilidades provistas por la infraestructura de transporte y almacenamiento existentes.

Áreas extensas de tierras cultivables pueden permanecer fuera de uso, debido a la carencia de rutas de acceso. La experiencia ha demostrado que el mejoramiento de los medios de transporte estimula el incremento de la producción agrícola. Por ejemplo los 4.800 Km de rutas construidos en México, desde 1950, de un total planificado de 128.000 Km, comunican las regiones agrícolas con los mercados y ya han producido un marcado incremento en la producción de granos y frutas en ciertas áreas. Condiciones pobres de transporte no sólo son la causa directa de altos costos de comercialización, daños y aún pérdidas de alimentos perecederos, sino que afectan al suministro de insumos esenciales; los fertilizantes, por ejemplo, pueden llegar al agricultor demasiado tarde, causando una reducción drástica en los rendimientos que pueden lograrse.

El transporte aéreo es una alternativa a las rutas, en la solución del problema de acceso a áreas remotas en los trópicos húmedos, en las regiones en las que no existen posibilidades de abrir rutas de acceso en un futuro cercano, o en las que es imposible transportar el equipo necesario para el clareamiento de la tierra y la construcción de caminos. Cuando los caminos deben ser construidos en terreno montañoso, donde los costos de construcción, el mantenimiento y la operación de los vehículos son elevados, y las distancias pueden ser dos o tres veces más largas que la distancia aérea, el transporte aéreo puede resultar económico para la producción especializada (OEA, 1964).

## **Almacenamiento**

Las fluctuaciones de los rendimientos en los países en desarrollo acarrearán consecuencias desastrosas en el pasado, que pudieron superarse, por medio de instalaciones de almacenamiento y transporte adecuados. La disponibilidad de estas instalaciones es no sólo una precondition esencial para el cambio en la agricultura, sino que también estimula a los agricultores para efectuar dicho cambio.

Donde no existen condiciones adecuadas de almacenamiento, el agricultor estará en mejor posición si vende su producción inmediatamente después de la cosecha a un precio bajo y adquiere luego parte de ella a un precio mayor, que si trata de mantener su producción sin adecuadas "instalaciones de almacenamiento".

En la primavera de 1966, muchas escuelas en las aldeas del norte de la India se clausuraron para almacenar una abundante cosecha que había superado en un 35% a los registros del cultivo anterior. Sin embargo, hubo pérdidas considerables porque la proporción de la cosecha debió ser "almacenada" al aire libre (Brown, 1970).

El incremento en la cosecha del arroz en las Filipinas, como resultado de la siembra de variedades mejoradas que fueron puestas a disposición de los agricultores, creó un nuevo problema. Las nuevas variedades de maduración temprana no sólo produjeron un cultivo mucho mayor, sino que este debió ser almacenado durante el período de los monzones. Los granos no pudieron secarse al sol que era su método tradicional sino que fueron necesarios secadores mecánicos de granos si se deseaba salvar el cultivo (Brown, 1970).

Una organización comercial o cooperativa eficiente, con instalaciones de almacenamiento a prueba de ratas, puede reducir marcadamente las pérdidas de almacenamiento debidas a roedores, insectos y factores climáticos.

En algunos países de América Latina, los servicios de almacenamiento, son proporcionados a los agricultores por bancos comerciales, poseedores de una extensa red de depósitos localizados en los principales centros de producción y consumo del país. Estos bancos financian las actividades agrícolas y otorgan créditos para la adquisición de insumos agrícolas. Los granos y el algodón son almacenados por los bancos, los cuales otorgan créditos prendarios (Salazar, 1968).

## BIBLIOGRAFIA

1. ABBOTT, J. C. The role of marketing in the growth of agricultural production and trade in less developed countries. In Borton, R. E. ed. *Getting agriculture moving*. New York, Agricultural Development Council, 1967. v. 2, pp. 166-178.
2. ADMONI, Y. Adoptin extension methods to different social groups in Israel. In Rehovoth Conference on Comprehensive Planning of Agriculture in Developing Countries. Rehovoth, Land Settlement Department of Jewish Agency for Israel, 1963. 11 p. (Mimeo).
3. BACHMAN, K. L. y CHRISTENSEN, R. P. The economics of farm size. In Southworth, H. M. y Johnston, B. F. eds. *Agricultural development and economic growth*. Ithaca, N.Y., Cornell University Press, 1967. pp. 234-254.
4. BALOGH, T. *The economics of poverty*. London, McMillan, 1966. 381 p.

5. BARTER, P. G. H. Special problems of agricultural planning. In Borton, R. E. ed. *Getting agriculture moving*. New York, Agricultural Development Council, 1966. v. 1, pp. 471-484.
6. BEHRMAN, J. R. Supply response and the modernization of peasant agriculture. In Wharton, C. R. Jr. ed. *Subsistence agriculture in economic development*. Chicago, Aldine, 1969. pp. 232-242.
7. BETEILLE, A. The social framework of change. In Lefebvre, L. y Datta-Chaudhuri, M. *Regional development-experiences and prospects in South and Southeast Asia*. Paris, Mouton, 1971. pp. 114-164.
8. BOSE, S. P. General review of the problems of agricultural education and extension in developing countries. In Rehovoth Conference on Comprehensive Planning of Agriculture in Developing Countries. Rehovoth, Land Settlement Department of Jewish Agency for Israel, 1963. 9 p. (Mimeo).
9. BROWN, L. R. R. Seeds of change. New York, Praeger, 1970. 205 p.
10. CENTRAL TREATY ORGANIZATION. Travelling seminar for increased agricultural production. Report of regional tour, Office of the U.S. Coordinator for CENTO Affairs, Ankara, 1962.
11. CHATELAIN, R. Main problems of agricultural training at village level. In Rehovoth Conference on Comprehensive Planning of Agriculture in Developing Countries. Rehovoth, Land Settlement Department of the Jewish Agency for Israel, 1963. 10 p. (Mimeo).
12. CROSSON, P. R. Agricultural development and productivity. Baltimore, John Hopkins, 1970. 198 p.
13. DANDEKAR, V. M. Questions of economic analysis and the consequences of population growth. In Wharton, C. R. Jr. ed. *Subsistence agriculture in economic development*. Chicago, Aldine, 1969. pp. 336-375.
14. DEUTSCH, K. W. Developmental change; some political aspects. In Leagans, P. y Loomis, C. P. eds. *Behavioral change in agriculture*. Ithaca, Cornell University Press, 1971. pp. 27-50.
15. DUMONT, R. Accelerating African agricultural development. *Impact of Science on Society* 12:231-253. 1962.
16. GAITSKELL, A. Problems of policy in planning agricultural development in Africa South of the Sahara. In McPherson, W. W. ed. *Economic development of tropical agriculture*. Florida, University of Florida Press, 1968. pp. 214-238.
17. GREGOR, H. F. "Push to the desert". *Science* 129:1329-1339. 1959.
18. GRIFFEN, K. Policy options for rural development. In Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment, Ibadan, Nigeria, 1973.
19. HARRISON, B. y VICTORISZ, T. Agro-distribution systems for Asian countries. In Lefebvre, L. y Datta-Chaudhuri, M. *Regional development-experiences and prospects in South and Southeast Asia*. Paris, Mouton, 1971. pp. 97-113.
20. HOPKINS, J. The Latin American farmer. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, 1969. 138 p.
21. INTERAMERICAN DEVELOPMENT BANK. Economic and social progress in Latin America. Washington, D.C., 1972.
22. JAMES, P. E. Latin America. 4th ed. Indianapolis, New York, Odyssey, 1942. 140 p.

23. JONES, O. Increasing agricultural productivity in tropical Africa. In Jackson, E. F. ed. *Economic development in Africa*. Oxford, Basil Blackwood, 1965. pp. 19-50.
24. KRISTENSEN, T. The food problem of developing countries. Paris, OECD, 1968. 114 p.
25. LONG, M. F. Interest rates and the structure of agricultural credit markets. Oxford, *Economic Papers*, no. 20. 1968.
26. ————. Conditions for success of public credit programs for small farmers. In *Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment*, Ibadan, Nigeria, 1973.
27. MELLOR, J. W. Increasing agricultural production in early stages of economic development. In Haroldsen, E. O. ed. *Food: one tool in international economic development*. Ames, Iowa State University Press, 1962. pp. 219-243.
28. ————. The subsistence farmer in traditional economics. In Wharton, C. R. Jr. ed. *Subsistence agriculture in economic development*. Chicago, Aldine, 1969. pp. 209-226.
29. MOORE, W. E. The social framework of economic development. In *Tradition, value and socio-economic development*. Durham, N. C., Duke University Press, 1961. pp. 57-82.
30. NAIR, K. Blossoms in the dust; the human factor in India development. New York, Praeger, 1962. 201 p.
31. ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS. El papel de la aviación civil en los proyectos de colonización. In *Conferencia de Expertos en aviación Civil*, Santiago, 1964. Doc.n., UP/6. 36/17.
32. OWEN, W. Immobility and poverty. In Borton, R. E. ed. *Getting agriculture moving*. New York, Agricultural Development Council, 1966. v. 1, pp. 268-271.
33. OZAL, K. A review of irrigation development in Turkey. In *Conference on Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas*. Geneva, United Nations, 1963. Paper C/261.
34. PENNY, D. H. Farm credit policy in the early stages of agricultural development. *Australian Journal of Agricultural Economics* 12(1):115-118. 1968.
35. POWELL, J. D. Agricultural enterprise and peasant political behavior. In *Purdue Workshop on Empirical Studies of Small-Farm Agriculture in Developing Nations*. Lafayette, Purdue University, 1972.
36. PREBISCH, R. Transformación y desarrollo; la gran tarea de América Latina. Washington, D.C., BID, 1970.
37. SALAZAR, J. M. Latin-America; the need for increased agricultural production. In *Strategy for the conquest of hunger*. New York, Rockefeller Foundation, 1968. pp. 51-61.
38. SCHULTZ, T. W. Transforming traditional agriculture. In Wharton, C. R. Jr. ed. *Economic development in subsistence and peasant agriculture*. New Haven, Yale University Press, 1964.
39. SMITH, M. G. The communication of new techniques and ideas; some cultural and psychological factors. In Vries, E. de. ed. *Social research and rural life in Central America, Mexico and the Caribbean region*. Paris, Unesco, 1966. pp. 121-130.

40. SMOCK, D. R. The role of anthropology in a Western Nigerian resettlement project. In Brokensha, D. y Pearsall, M. eds. *The anthropology of development in Sub-Sahara Africa*. Lexington, University of Kentucky Press, 1969. pp. 40-47. (Society for Applied Anthropology. Monography no. 10).
41. THIESENHUSEN, W. C. Population growth and agricultural employment in Latin America with some U.S. comparison. *American Journal of Agricultural Economics* 51:735-752. 1969.
42. WELLHAUSEN, E. J. The urgency of accelerating production on small farms. In Myren, D. T. *Strategies for increasing agricultural production in small holding*. Mexico, Pueblo, 1970. pp. 5-9.
43. WHARTON, C. R. Jr. The infrastructure for agricultural growth. In Southworth, H. M. y Johnston, B. F. eds. *Agricultural development and economic growth*. Ithaca, N.Y., Cornell University Press, 1967. pp. 107-142.
44. ————. The green revolution; Cornucopia or Pandora's box? *Foreign Affairs* 47:464-476. 1969.
45. WICKIZER, V. D. The smallholder in tropical export crop production. In: *Food Research Institute Studies*. Stanford, Calif., Stanford University Press, 1960. v.1 no. 1. pp. 49-99.
46. WILDE, J. C. DE y MCLOUGHLIN, P. E. M. *Experiences with agricultural development in tropical Africa*. Baltimore, Maryland, John Hopkins Press, 1967. 2 v.

# CAPITULO 9

## ESTRATEGIA DE DESARROLLO

### TIPOS DE ESTRATEGIA

La función crucial del desarrollo agrícola en el crecimiento económico en su totalidad está ampliamente reconocida; pero aún no se llega a un acuerdo adecuado con respecto a la estrategia más apropiada para modernizar la agricultura en los países en desarrollo.

Griffen (1973) señala tres distintas estrategias del desarrollo rural: la **tecnocrática**, la **reformista** y la **radical**. Esta clasificación se basa en las consideraciones sociales y políticas respecto a los propios beneficios de la política agraria.

Las estrategias difieren en sus objetivos, ideología, las formas dominantes de tenencia de la tierra y la distribución de los beneficios derivados del sistema económico.

La **estrategia tecnocrática** para el desarrollo rural es la que se propone mayormente en los países en desarrollo. Barraclough (1973) la denomina estrategia de modernización y supone que "el desarrollo rural puede lograrse si se adoptan las tecnologías de los países desarrollados sin tener que, en forma simultánea, reformar la estructura social. Las relaciones de poder existentes, los sistemas tradicionales de tenencia de la tierra y estructura de clases son, en este caso, aceptados como punto de partida". En este caso, la principal meta económica es lograr el incremento de la producción agrícola y se basa en una ideología capitalista liberal que enfatiza valores tales como: la competencia, mercados y propiedad privada. La posesión de la tierra está altamente concentrada en latifundios, plantaciones y grandes granjas corporativas. A consecuencia de la concentración de la riqueza y de los ingresos, se supone que una gran proporción de este capital será asignado a inversión y crecimiento, logrando así el incremento de la producción.

Tradicionalmente, ésta fue la estrategia adoptada en los países agrícolas pobres de América Latina. El incremento de la producción de alimentos, movilización de mano de obra y acumulación del capital, fueron adjudicados especialmente a grandes terratenientes y a inversionistas locales y extranjeros.

La **estrategia reformista**, constituye básicamente un compromiso entre los otros dos enfoques, y su ideología básica es nacionalista y populista. Esta estrategia da prioridad a la redistribución de los ingresos para el beneficio de ciertos grupos de la comunidad rural (particularmente los campesinos de clase media) y menos prioridad de lo que el enfoque tecnocrático adjudica al incremento de la producción. Las reformas de las instituciones agrarias son generalmente parciales, fragmentadas e incompletas y se concentran en ciertas regiones, con la exclusión de otras, creando así un sistema de "economía dual". En México, por ejemplo, la política adoptada en las regiones áridas fue la redistribución de tierras en favor de los campesinos (ejidos) y en las regiones de riego se fomentó la agricultura intensiva. Como resultado de esto el grueso de las inversiones públicas en infraestructura agrícola, en especial riego, benefició a las grandes granjas comerciales. A pesar de la reforma agraria, la posición económica de más de la mitad de los pequeños agricultores, ejidatarios y agricultores no poseedores de tierra, empeoró durante la última década (Barraclough, 1973).

En Bolivia, al igual, los beneficiados por la reforma agraria casi no recibieron asistencia institucionalizada. La investigación agrícola patrocinada por el gobierno, la extensión y los programas de crédito, fueron orientados primeramente hacia los medianos y grandes productores en áreas que fueron poco afectadas por la reforma agraria (Barraclough, 1973).

El sistema de tenencia de la tierra es mixto: tiende a predominar las granjas agrícolas de tamaño medio, así como los minifundios, pequeñas cooperativas y grandes granjas capitalistas o neolatifundios. Existe una tendencia a reemplazar los grandes propietarios tradicionales por empresarios agrícolas modernos. Dentro de los propietarios de las grandes granjas "progresivas" se encuentran muchos de origen urbano, tales como oficiales de armada retirados, empleados civiles o políticos.

La redistribución del ingreso ocurre generalmente de los grupos de altos ingresos a los de clase media; los niveles de bajo ingreso se benefician de alguna manera, debido al incremento de las oportunidades de empleo. Sin embargo, la mayoría de los campesinos son abandonados en parcelas de subsistencia o como agricultores no poseedores de tierra parcialmente empleados (Barraclough, 1973).

La **estrategia radical**, basada en la ideología comunista tiene como objetivo principal el logro de un rápido cambio social y la redistribución del poder político. La mayor prioridad es lograr la igualdad social, económica y política, mientras que el logro de una mayor producción es de menor prioridad.

El medio principal adoptado para lograr el incremento de la producción consiste en la movilización de mano de obra, la extensión del número de días de trabajo y el aumento de la intensidad y eficiencia de la mano de obra. Un tosco estado de igualdad es alcanzado por medio de la abolición de la propiedad privada de las tierras y el

establecimiento de grandes unidades de producción: colectivas, comunas y granjas estatales. Estas se requieren para remitir cantidades específicas de productos a precios fijos determinados por las autoridades planificadoras.

El Cuadro 9.1 constituye un sumario de los tres enfoques de estrategias de desarrollo.

CUADRO No. 9.1. Estilos de desarrollo rural (Griffen, 1973).

Estrategia de desarrollo	Objetivos	Principales beneficiados	Formas dominantes de tenencia	Ideología	Países representativos
Tecnocrática	incremento de la producción	élite de grandes propietarios	grandes granjas privadas y corporadas, plantaciones latifundios, varios sistemas de tenencia	capitalista	Filipinas Brasil Costa de Marfil
Reformista	redistribución del ingreso (y la riqueza); incremento de la producción	campesinos de clase media y agricultores progresistas	granjas familiares cooperativas	nacionalista	México Egipto
Radical	cambio social; redistribución del poder político, riqueza y producción	pequeños campesinos y agricultores no poseedores de tierras	granjas colectivas, estatales, comunas	socialista	China Cuba Argelia

Sin embargo, Griffen (1973) recalca el hecho de que son pocos los países que pueden ser clasificados en una u otra categoría; generalmente están distribuidos a lo largo del "continuum" entre las dos estrategias extremas.

Cualquiera que sea el tipo de la estrategia adoptada, debe quedar claro que una estrategia eficiente para el desarrollo agrícola debe tomar en cuenta la ubicación y las condiciones ambientales específicas, como así también el nivel social y económico de la comunidad rural.

### Estrategia de las necesidades mínimas

Cualquiera que sea el enfoque ideológico, persiste el problema de establecer prioridades en la adopción de innovaciones tecnológicas.

Se ha tratado previamente la naturaleza complementaria de las técnicas agrícolas y la futilidad en el intento de introducirlas una por una. Además, la adopción de mejoramientos tecnológicos depende completamente de muchos factores sociales, económicos y políticos.

Cambios relativamente sencillos “pueden conducir a acontecimientos que dislocan las relaciones sociales, económicas y políticas, profundamente arraigadas en la estructura de la sociedad”. Por ejemplo, estos cambios pueden proyectar la transición primera de millones de personas de una forma de vida de subsistencia a una economía monetizada (Krebs, 1964). Una simple innovación puede requerir una transformación fundamental. Por ejemplo, si se introduce equipo de tracción animal o a motor para superar un problema de falta de mano de obra, puede suceder que esto requiera una serie de innovaciones. El uso de herramientas agrícolas puede requerir el completo clareamiento de tierras y la remoción de piedras y troncos de árboles. Esto causa que los métodos agrícolas tradicionales no sean económicos; otros métodos tales como: rotación de cultivos, abonamiento y fertilización, se vuelven esenciales. Si los animales se mantienen para la tracción y producción de abono, es necesario introducir un cultivo forrajero en la rotación de cultivos (de Wilde y McLoughlin, 1967).

Debido a las importantes interrelaciones entre diversos factores, la efectividad de un programa de desarrollo dependerá de la habilidad de encontrar una combinación apropiada de cambios simultáneos.

Una característica de los países subdesarrollados y en desarrollo es que “casi todo debe aparentemente realizarse de inmediato” (Kellogg, 1962).

Debido a los complejos lazos entre todos los factores de producción, no se puede cuestionar desde el punto de vista técnico, la necesidad de un programa de conjunto que cubra todos los aspectos de un plan desarrollado. No obstante, las limitaciones de recursos humanos y de capital, características de los países en desarrollo, hacen imposible el abordar todos los aspectos al mismo tiempo. La planificación de un programa de acción lógico y coordinado, donde cada una de las etapas depende de todas las otras, es muy difícil debido a la inherente complementariedad de los factores agrícolas. Esto constituye, probablemente, la causa principal de un pobre cumplimiento de la mayoría de los planes de desarrollo agrícola.

El concepto de “estrategia de necesidades esenciales mínimas” es un compromiso entre los extremos de un “programa de conjunto” completo, altamente deseable pero no siempre factible por una parte, y la concentración en un factor único, generalmente inefectiva, por otra parte (Gaitskell, 1968). Los componentes anteriormente descritos no son necesariamente rígidos y por tanto, es posible, en cierta medida, hacer que los insumos del “programa de conjunto” sean consecutivos. Este tipo de estrategia consiste en darle prioridad a un número mínimo de factores que deben aplicarse simultáneamente,

para que interactúen en forma paralela si se desea que produzcan un impacto apreciable sobre el desarrollo y mientras otros factores se agreguen sucesivamente, a medida que se disponga de los medios adecuados. Primero están las variedades de alto rendimiento junto con los fertilizantes y prácticas de cultivo mejoradas tales como: siembra en la época adecuada, desmalezamiento, etc. Donde la deficiencia de agua es un factor limitante, el desarrollo de las obras de riego puede ser el próximo paso, seguido del control de plagas y enfermedades. La mecanización se introduciría posteriormente, después de un período intermedio con o sin tracción animal. Los sistemas de drenaje pueden postergarse por varios años.

Lo antedicho debe ser considerado como un esquema general como ejemplo de la “estrategia de necesidades mínimas esenciales” y debe estar involucrado específicamente con cada situación particular y un conjunto de circunstancias.

Otro tipo de enfoque consiste en aplicar el “programa de conjunto” sólo en las áreas favorecidas y limitadas. Otro enfoque consiste en tratar de concentrarse en un cultivo único, tal como un cultivo de granos importantes, tratando de proveer los requerimientos complementarios sólo para tal cultivo.

## **ETAPAS DE DESARROLLO**

Mientras que un proceso agrícola satisfactorio no puede ser fragmentario, éste debe ejecutarse forzosamente en etapas cuidadosamente potenciales. Por esto, el desarrollo agrícola requiere ante todo de una determinación de prioridades. Es imposible establecer reglas firmes y rígidas acerca de las prioridades que deben aplicarse en todas las situaciones. Los planificadores del desarrollo se ven enfrentados con una variedad tan grande de condiciones ambientales, económicas y sociales en diferentes combinaciones, que es necesario adaptar un programa que debe estar basado en un diagnóstico detallado de cada situación particular.

Las siguientes pautas están basadas en tres fases del desarrollo agrícola:

### **Mejoramiento de la agricultura tradicional**

Los problemas principales que más presionan en esta fase son: incrementar la producción de alimentos y movilizar capital para la inversión. Los insumos modernos no están generalmente disponibles, los créditos y la asistencia técnica son aún rudimentarios, los servicios de extensión inadecuados y los empleos en el ámbito urbano escasos (Barraclough, 1973).

Primero, la precondition para el desarrollo debe proveerse, el cambio en el sistema de tenencia de la tierra debe tener prioridad. Las

condiciones de tenencia deben reforzarse para fomentar el uso más intensivo de la tierra y lograr una distribución más equitativa de los ingresos. Al mismo tiempo, deben desarrollarse las reservas de tierras existentes. El excedente de mano de obra rural debe movilizarse para que contribuya en las obras públicas productivas.

Si el área que se va a desarrollar es de carácter árido, deberán desarrollarse los recursos de agua y establecerse la infraestructura completa de provisión de agua a cada una de las fincas. El mejoramiento de los medios de transporte hará posible introducir más terrenos bajo cultivo e irrigación.

A nivel de finca debe dársele prioridad a los métodos que no requieren grandes inversiones en efectivo, pero que otorguen una amplia retribución al incrementar la eficiencia y la productividad de la agricultura existente de mano de obra intensiva. Los esfuerzos deben encaminarse a la introducción de variedades de alto rendimiento y resistencia a las enfermedades, el suministro de semillas de alta calidad, mejoramiento en la preparación del terreno y en las técnicas de siembra, propuestas de secuencias y diversificación más racionales de cultivos, provisión de herramientas y equipos mejorados y recomendación de niveles adecuados de fertilización.

Estos insumos y potencialidades poseen las siguientes características:

- a. proveen de un marco externo a la agricultura tradicional;
- b. dependen de la iniciativa y ayuda gubernamental; y
- c. la naturaleza complementaria de los distintos factores requiere la ocurrencia simultánea de un número de progresos (Meller, 1962).

Aunque es relativamente modesto el desembolso de fondos que cada agricultor necesita hacer en esta primera fase, no puede proveerlos por sí mismo; por lo tanto, estos insumos deben ser financiados por medio de créditos a los agricultores.

Cuando los recursos son limitados, es preferible concentrarse en un área restringida aplicando simultáneamente una combinación apropiada de cambios ("programa de conjunto"), en lugar de tratar con una variable única en escala nacional, tal como la introducción de una variedad mejorada o la aplicación de fertilizantes.

## **AGRICULTURA COMERCIAL**

Como resultado de los factores que entran en juego en la primera fase, aumenta la producción. En áreas favorecidas, es posible lograr incrementos de la productividad total de cuatro a ocho veces, mien-

tras que los aumentos de dos a cuatro veces promediados sobre extensas áreas se consideran conservadores (Mellor, 1962).

Existen más productos industriales tanto para insumos agrícolas como para consumo. La administración gubernamental y pública en general, y el servicio de extensión en particular, se volvieron más efectivos. Existe un número mayor de técnicos expertos. La mayor existencia de capital y de insumos necesarios hace posible la adopción de nuevas tecnologías y la introducción de cultivos comerciales. Sin embargo, es necesario introducir en este estadio incentivos apropiados tales como precios adecuados, subsidios y créditos para la adquisición de insumos agrícolas. La mecanización debe ser selectiva, designada a solucionar los problemas de los cuellos de botella “atascamiento” y a proveer mayores oportunidades de empleo rural.

La complejidad de la organización agrícola aumenta considerablemente, con el aumento concomitante en la importancia de la educación, la extensión y la investigación. Como resultado de la introducción de cultivos múltiples, la rotación y el uso de maquinarias y productos químicos, una proporción gradualmente mayor de la producción agrícola se vende y la agricultura se vuelve capaz de efectuar una contribución efectiva al desarrollo económico global del país. Es durante este segundo estadio cuando las condiciones para el fomento de sistemas cooperativos son muy favorables.

## AGRICULTURA INDUSTRIALIZADA

Como resultado del desarrollo industrial, aumenta la población no agrícola que depende de la adquisición de alimentos y la demanda de productos agrícolas se acrecienta rápidamente. La mano de obra se vuelve más escasa y costosa contrariamente al capital, que se vuelve más abundante. Como resultado, la agricultura se vuelve más mecanizada, prevalece la especialización y el tamaño de las fincas aumenta.

## ESTRATEGIAS Y LA “ECONOMIA DUAL”

Por lo general, se habla de la enorme brecha que existe entre los países desarrollados y los subdesarrollados y entre los sectores urbanos y rurales; sin embargo, existe otro desequilibrio intranquilizante en igual medida dentro de la población rural. En la agricultura de muchos países en desarrollo existe una “economía dual” que consiste de un sector agrícola comercializado y capitalista, y de un sector campesino tradicional.

Al analizar una estrategia apropiada para el desarrollo, es preciso distinguir entre **crecimiento agrícola** y **desarrollo agrícola**.

El primero implica el incremento de la productividad agrícola y de su producción total, el segundo lleva en sí básicamente el mejora-

miento del **bienestar** de la población rural. Mientras es difícil imaginar el desarrollo agrícola sin el aumento de la producción y de la productividad, el incremento del crecimiento agrícola no garantiza por sí mismo el mejoramiento del bienestar de la gran masa de población rural, incluso de los que están vinculados al incremento de la producción. Véase el ejemplo típico en la producción de caña de azúcar: en varios países de América Latina, la cosecha por hectárea se ha triplicado desde el comienzo de este siglo; no obstante, el nivel de vida de los empleados en la producción de la caña de azúcar es, en muchos casos, muy bajo. En otras palabras, los beneficios del incremento de la producción han sido acumulados por los dueños de las plantaciones y por los consumidores, y no han sido dirigidos hacia la masa de trabajadores rurales (Lewis, 1955).

Un aspecto de este problema es la denominada economía-dual (Watters, 1971).

Donde los recursos son limitados, un problema particularmente embarazoso es la necesidad de elegir entre dos alternativas por lo general en conflicto: los escasos recursos deben aplicarse en tal forma que: 1) alcancen la máxima retribución económica a escala nacional; o 2) logren eficiencia social; es decir, mejoren la situación de los sectores menos privilegiados de la sociedad.

En términos del desarrollo agrícola esto significa: 1) invertir en las regiones más promisorias y en los agricultores más progresistas; o 2) concentrar todos los recursos en el mejoramiento de las regiones más retrasadas y los agricultores de subsistencia. Estos dos enfoques en conflicto fueron denominados respectivamente “estrategia de modernización chocante” y “estrategia de modernización progresiva” (Johnston y Kilby, 1971).

Si se acepta la premisa de que el objetivo del desarrollo agrícola no consiste sólo en incrementar la producción agrícola, sino también de alcanzar “eficiencia social” en lo que respecta a provisión de oportunidades de empleo y mejora del nivel de vida de la población rural en su totalidad, la cuestión acerca de la forma de distribución de la inversión para el desarrollo y la retribución debido al incremento de la producción agrícola entre los diferentes grupos de población es de suma importancia.

## **ESTRATEGIAS DE “MODERNIZACION CHOCANTE”**

En vista del concepto siempre presente que “el tiempo corre”, Hill (1966) opina que en un principio, los esfuerzos deben concentrarse en aquellas áreas geográficas y en aquellas fincas donde la promesa de un rápido éxito es mayor. Un objetivo importante al comienzo será demostrar que el progreso es posible. Si esto puede demostrarse, se ganará tiempo para trabajar con los “agricultores de lenta adopción”.

Generalmente es mucho más fácil introducir métodos modernos de producción, irrigación, fertilizantes, mecanización, etc., al sector ca-

pitalista que a los campesinos. Desde un punto de vista puramente económico a corto plazo, la concentración de las inversiones y los esfuerzos de extensión en las áreas más favorables con los mejores agricultores, retribuirá los mayores dividendos.

Los políticos tienden a adoptar el camino más fácil y como resultado tanto el gobierno como la inversión privada están canalizados principalmente hacia el sector agrícola capitalista. Lo mismo es cierto con respecto a los esfuerzos de extensión. La subvención de precios y subsidios benefician principalmente al mismo sector, dado a que en cualquier caso, el agricultor de subsistencia tiene poco para vender y carece de acceso fácil a los mercados.

En aquellos casos en que los datos estadísticos indican un incremento marcado de la producción agrícola global en los países en desarrollo, éstos frecuentemente revelan que la mayor parte del incremento del producto se obtiene por un pequeño porcentaje de los fondos agrícolas.

El desarrollo en México, por ejemplo, se concentró principalmente en unas pocas granjas comerciales de la región árida en el Norte Pacífico y en la región norte, en las cuales se realizaron grandes inversiones públicas en obras de riego, permitiendo así el incremento del área cultivada, la rápida adopción de variedades de alto rendimiento, y el aumento en el uso de fertilizantes químicos y equipos mecanizados. La razón principal para llevar a cabo esta política consistió en que en esas regiones existen grandes cantidades de tierras pobladas en forma muy dispersa y no utilizadas. La introducción del riego permitió un incremento rápido de la producción agrícola; la mayor eficiencia se logró en las grandes granjas mecanizadas.

A pesar del vigoroso aumento de la producción y el empleo a escala nacional, los resultados demostraron que alrededor de un 80% de la población rural poco se benefició del desarrollo alcanzado fuera de la agricultura o dentro de los subsectores modernos de la agricultura (Johnston y Kilby, 1973).

Un 5% de los agricultores producen un 32% del total del producto agrícola nacional, principalmente en las grandes granjas comerciales. El resto de la población rural, que comprende aproximadamente un 50% de la población en su totalidad, no está afectada por tal progreso y produce sólo un 4% del total del producto agrícola (Sánchez, 1970).

En este sector de subsistencia las propiedades son aún muy pequeñas, las técnicas continúan siendo primitivas y como resultado, los rendimientos y los ingresos son muy bajos; además la oportunidad de empleo lucrativo se limita a 150 días en el año aproximadamente (Gaitskell, 1968).

Por lo tanto, el éxito de una estrategia de canalización de inversiones en aquellos sectores que pudieron rendir la más segura, mayor y más rápida retribución económica, produjo un efecto lateral adverso

al acentuar las diferencias entre los pocos "poseedores" en las comunidades agrícolas comerciales y la gran multitud de "desposeídos" en la agricultura de subsistencia (Gaitskell, 1968).

Los grandes agricultores lograron una posición más ventajosa en comparación a la de los pequeños agricultores; este hecho tiende a ensanchar aún más la brecha que existe entre ellos. Dado que los sistemas de crédito institucionales proporcionan préstamos tomando las tierras como garantía, una proporción dominante del crédito disponible es absorbido por los grandes agricultores.

Incluso las cooperativas pueden actuar como instrumento de discriminación en contra del pequeño agricultor. En una sociedad jerárquica, con un bajo nivel de educación y de dotes comerciales, la cooperativa está generalmente dominada por los altos terratenientes que buscan sus propios beneficios, administran frecuentemente mal la cooperativa desde el punto de vista financiero (Hunter, 1973).

Los grandes terratenientes también controlan la organización de las cooperativas que fueron fundadas para acabar con el sistema de prestamistas; en India, por ejemplo, se demostró que una alta proporción del crédito es suministrado a los grandes terratenientes y no a los pequeños agricultores (Rao, 1970).

Inclusive en Kenya, el denominado "programa de crédito para pequeños agricultores" financiado por el Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo, fue limitado a un 3% aproximadamente de los agricultores campesinos (Heyer, 1973).

Lo mismo sucede con otros recursos escasos, tal como el agua. Los agricultores de influencia y los grandes terratenientes son los primeros beneficiados del suministro de agua por medio de sistemas de irrigación de propiedad pública, a pesar de que ambos pueden instalar y usar efectivamente pozos entubados, adquirir maquinarias, establecer instalaciones de almacenamiento, etc., ya que cuentan con mayor capital y más acceso al crédito (Shouria, 1973).

Como se dijo antes la "revolución verde" favorece a los elementos más fuertes de la economía rural y en consecuencia tiende a aumentar la brecha entre ambos sectores.

Los grandes terratenientes poseen también el conocimiento técnico y los incentivos para hacer innovaciones mientras que los pequeños y pobres campesinos carecen de ello; de aquí que los primeros están en una posición mucho mejor para apoderarse de las oportunidades ofrecidas por la "revolución verde".

La desigual distribución de los ingresos también limita el acceso a la educación, aún al nivel primario, de una gran proporción de la población rural, asegurando así la continuación del círculo vicioso.

El pequeño agricultor queda discriminado en todas las áreas. Los "agentes de extensión se concentran alrededor de los grandes agricultores, las agencias de crédito favorecen a los comodatorios de poco riesgo, los vendedores de fertilizantes y pesticidas prefieren a los grandes adquirentes" (Griffen, 1973).

Como resultado de todos estos factores, la revolución verde fue confinada principalmente a las grandes granjas comerciales en la Zona Norte de México; en el Paquistán esto ocurrió principalmente en las regiones prósperas del Punjab y en otras áreas de riego en la cuenca del Río Indo. Nuevas variedades de trigo fueron adoptadas en la India, principalmente en los distritos y estados más prósperos (Punjab y Haryana) donde la agricultura capitalista es la más avanzada; la adopción fue mucho menos en las áreas menos prósperas, tales como Utar Pradesh y Bihar. El denominado "programa de autosuficiencia de arroz y maíz" en las Filipinas, tuvo prioridad en Luzón Central, la más avanzada y próspera región agrícola del país (Griffen, 1973).

Bajo el estribillo de "administración sana de granjas", las granjas más grandes y comercializadas son alentadas a combinar la introducción de nuevas variedades con equipos que liberan mano de obra. Como resultado de esto el empleo productivo de la agricultura disminuye actualmente. Por ello, Griffen (1973) señala que "en los tres países asiáticos que constituyen la vanguardia de la revolución verde (Filipinas, India y Paquistán) la población rural más próspera es subsidiada pero no está sujeta a tributos y las políticas implantadas les aseguran los beneficios del cambio agrario, mientras que la población menos próspera recibe sus costos. Las consecuencias son mayor desigualdad y en ciertas instancias, mayor miseria".

A medida que las oportunidades de la agricultura se hacen más lucrativas debido a las nuevas tecnologías, los propietarios de las tierras se apoderan de ellas a fin de cultivarlas por sí mismos, transformando así a los arrendatarios en agricultores no poseedores de tierra.

Finalmente, debe señalarse que la "revolución verde" conduce a la reducción de los precios de los productos; el pequeño agricultor, por lo tanto, no sólo se ve imposibilitado de incrementar su producción, sino que puede sufrir una disminución de los ingresos derivados de la venta de sus productos. Este fue el caso en Turquía, donde el trigo es el principal cultivo.

La adopción de variedades de alto rendimiento fue confinado casi completamente a la llanura costera de altas precipitaciones. La producción en esta región fue duplicada, causando así la reducción de los precios. Por lo tanto, los agricultores de la Meseta de Anatolia se vieron frente a peores condiciones que en un principio (Brown, 1970).

En resumen, la modernización en general, y la "revolución verde", en particular, han acentuado las pautas existentes de desigualdad interregional y mayor diferenciación social; por lo general ocurre en regiones donde existe agricultura de gran escala y por lo tanto, desde el punto de vista socioeconómico, su principal efecto fue el fortalecimiento de la agricultura comercial y la discriminación en contra de la agricultura tradicional.

Una política discriminatoria, en contra del sector atrasado, aunque pueda estar basada en consideraciones económicas de corto plazo, conducirá a largo plazo a la ampliación de la brecha económica y tecnológica entre ambos sectores.

En un análisis sobre los efectos de la “estrategia de modernización chocante” comparados a los de la “estrategia de modernización progresiva”, Johnston y Kilby (1971) expresan sus dudas respecto a si la estrategia de modernización chocante es realmente efectiva desde un aspecto económico global. En una economía agraria predominante, el nivel general de ahorros e inversiones será mayor si la productividad de la tierra y la mano de obra se incrementan debido a la adopción de nuevas tecnologías en un gran número de granjas familiares, en lugar de la concentración de los recursos en una restringida escala en un subsector avanzado de la agricultura. Es también probable que suceda lo último, aún cuando los mayores esfuerzos e incentivos gubernamentales se concentren en los sectores más atrasados de la economía rural.

En proyectos de irrigación, se demostró que el logro de una distribución más equitativa por medio de la inversión pública en proyectos agrícolas no se logró a costa de la eficiencia, o en otras palabras, no se produjo un decaimiento de la tasa de producción. El siguiente estudio sobre 11 proyectos de riego en el Perú es de particular interés.

Para fines analíticos los proyectos no excedieron las 3000 hectáreas bajo riego. Dentro de este grupo, los autores eligieron tres proyectos en la sierra y otros tres en la costa.

Para la categoría de mediana se eligieron cuatro proyectos costeros, de los cuales ninguno excedió las 12.500 hectáreas de las tierras irrigadas.

La categoría de los proyectos grandes fue representada por un único proyecto costero: Olmos, con 86.761 hectáreas bajo riego.

Las obras de pequeña escala están asociadas con pequeñas granjas y un mayor uso intensivo de la mano de obra, tal como lo demuestra la relación entre mano de obra e inversión. Los proyectos pequeños fueron los que demostraron tener la más alta productividad social, aún cuando los salarios fueran calculados al precio de mercado. Este es un ejemplo en el cual el objetivo de la redistribución de los ingresos es compatible con el de eficiencia y el estudio no confirmó la hipótesis que una distribución más igual sólo puede lograrse a costa de la producción (Interamerican Development Bank, 1972).

La oblicua distribución del ingreso, asociada al desarrollo exclusivo de un reducido subsector de grandes unidades agrícolas acarrea, en consecuencia, la demanda de artículos dispensivos, generalmente no adecuados para una producción local eficiente y por lo tanto, conduce a la filtración de moneda extranjera. Contrariamente, la modernización del sector tradicional, incrementa la productividad de una mayor mano de obra agrícola, creando así un más amplio mercado para artículos de producción local. También, conduce a una mejora

significante de la capacidad productiva y la salud de la población rural debido al mejoramiento de la calidad y cantidad de alimentos consumidos por ella (Johnston y Kilby, 1971).

El desequilibrio entre los distintos sectores de la economía rural constituye un peligro desde el punto de vista político y social. "Una revolución agrícola que clama por mayor productividad y nuevas técnicas" e ignora sus implicaciones sociales "causará inconscientemente la inflamación de tensiones existentes con mucha rapidez" (Ladejinski, 1970).

Dicha situación debe evitarse, incluso si a corto plazo su costo no es conveniente.

De otra manera, tal como dijo el Primer Ministro de la India en una conferencia de emergencia en 1969: "la advertencia de estos tiempos es que en caso de que la revolución verde no esté acompañada por una revolución basada en justicia social, la revolución verde no permanecerá verde" (citado en Ladejinsky, 1970).

## **ESTRATEGIA DE MODERNIZACION PROGRESIVA**

No existe un acuerdo general si la estrategia que debe adoptarse para el desarrollo agrícola deberá ser basada en una política de eficiencia o una igualdad. Una anexión rígida a una u otra política probablemente no es capaz de ser sostenida. La eficiencia por sí sola no puede proveer una pauta satisfactoria debido a las razones citadas, mientras que el logro total de igualdad no es real en vista de la escasez de recursos disponibles.

Además, una cierta ampliación de las desigualdades interregionales e intergranjales es probablemente un resultado concomitante e inevitable de la modernización progresiva de la agricultura, sea cual sea la estrategia adoptada. Siempre existirán regiones ecológicamente mejor dotadas y agricultores con habilidades mayores a las promedio o de mayores recursos que otros.

No es simple proyectar una estrategia eficiente para el logro de un incremento rápido de la producción agrícola, al mismo tiempo que contribuya a la reducción de desigualdades. Sin embargo, Johnston y Kilby (1971), notan que la experiencia del Japón y Taiwán constituye una evidencia de que la modernización progresiva de granjas de tamaño familiar, usando métodos de mano de obra intensiva, puede lograr el incremento a bajo costo de la producción agrícola y al mismo tiempo, contribuir a la generación de empleos e igualdad. Por lo tanto, los autores declaran que es posible proyectar una estrategia "capaz de lograr simultáneamente el rápido incremento de la producción agrícola a un bajo costo y la difusión de una mejora en las oportunidades de ingresos", por medio de la adopción de una secuencia de innovaciones conformes a la estructura económica del país y a

las proporciones de los factores de producción y capaces de ser adoptadas por un mayor número de agricultores del país.

Debido a la escasez de fondos y de personal experto, es necesario concentrarse por un corto período, al comienzo, en aquellas áreas donde se supone que las tecnologías mejoradas rendirán las mejores retribuciones. Si el énfasis sólo se da a las innovaciones mecánicas que requieren una intensiva inversión de capitales, que se concentran en un reducido subsector que comprende unidades agrícolas lo suficientemente grandes como para emplear tractores y otros equipos en forma eficiente, se reducirán las oportunidades de empleo para la mano de obra rural y se incrementarán las disparidades entre los distintos sectores rurales.

Al contrario, si da un mayor énfasis a las mejoras biológicas y químicas en "conjunto", no dependientes de la escala de la unidad agrícola, tales como la combinación de variedades y fertilizantes, éstas pueden ser extendidas progresivamente a través de una gran parte del sector agrícola. También es posible concentrarse en un principio en un cierto producto específico prometedor como el cultivo del cereal principal de tal manera que se favorezcan mayores segmentos de una región privilegiada o ciertos sectores de la población rural. Al mismo tiempo, habrá que dedicar mayores esfuerzos para ampliar el área donde la aplicación de las nuevas técnicas es posible y remunerativa, por medio de inversiones en investigación, educación rural y elementos claves de infraestructura.

La desigualdad potencial resultante de la adopción de nuevas tecnologías puede reducirse si se diseñan programas agrícolas y se desarrolla una infraestructura poniendo atención preferencial sobre el pequeño agricultor, si se asegura los derechos de la tierra de los arrendatarios y pequeños agricultores, si se adaptan los programas de crédito a las necesidades de los pequeños apropiados. Un ejemplo de tal enfoque es el citado por Takahashi (1970).

En un estudio realizado en un poblado filipino, en Luzon Central, en 1963, el autor encontró que: "los campesinos no poseían la mínima voluntad de aumentar el nivel de productividad de la tierra que ellos cultivaban". El autor atribuye tal actitud al sistema de tenencia de la tierra que existía en ese tiempo, donde sólo los grandes propietarios prosperaron debido al aumento de la producción de la tierra. Como parte de una reforma agraria global ocurrida en 1968, hubo una transferencia de la forma de tenencia de aparcería a arrendamiento. Las nuevas variedades de arroz fueron introducidas por medio de trabajos de extensión extensivos por un número adecuado de expertos. Las instalaciones de riego fueron mejoradas por la Administración Nacional de Riego y el Banco de Desarrollo Asiático, como parte del Plan de Reforma de la Tierra fue activada una Asociación de Agricultores para Cooperativa de Mercadeo. Como resultado de todas estas actividades los campos de arroz en 1970 incrementaron

25 veces en comparación a 1966. Esto sucedió en un poblado en el que anteriormente los campesinos demostraron su apatía ante la adopción de nuevas prácticas.

## EN RESUMEN

La desigualdad potencial resultante de la adopción de nuevas tecnologías puede ser reducida si se diseñan programas agrícolas y se desarrolla una infraestructura que pongan atención preferencial sobre el pequeño agricultor, si se aseguran los derechos a la tierra de los arrendatarios, si se adaptan los programas de crédito a las necesidades de la granja familiar y si se adoptan programas de mecanización selectiva y de riego apropiados.

## BIBLIOGRAFIA

1. BARRACLOUGH, S. Rural development and agrarian reform. In Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment. Ibadan, Nigeria, 1973. pp. 515-548.
2. BROWN, L. R. R. Seeds of change. New York, Praeger, 1970. 205 p.
3. GAITSKELL, A. Importance of agriculture in economic development. In McPherson, W. W. ed. Economic development of tropical agriculture. Gainesville, University of Florida Press, 1968. pp. 46-58.
4. GRIFFEN, K. Policy options for rural development. In Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment. Ibadan, Nigeria, 1973. pp. 618-679.
5. HEYER, J. Smallholder credit in Kenya agriculture. New York. International Development Services. Working Paper no. 85. 1973.
6. HILL, F. F. Developing an effective extension service. In Mostom, R. E. ed. Selected readings to accompany getting agriculture moving. New York, Agricultural Development Council, 1966. v. 1, pp. 331-335.
7. HUNTER, G. Employment in the rural economy. In Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment. Ibadan, Nigeria, 1973. pp. 357-386.
8. INTERAMERICAN DEVELOPMENT BANK. Economic and social progress in Latin America. Washington, D.C., BID, 1972.
9. JOHNSTON, B., y KILBY, P. Agricultural strategies, rural-urban interaction and the expansion of income opportunities. Paris, O.E.C.D., 1971.
10. KELLOGG, C. E. Interactions in agricultural development. In Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas. Geneva, United Nations, 1962. v. 3. pp. 12-24.
11. KREBS, W. A. W. The developing countries new frontier for research. In National Conference on Administration in Research, 17th; Proceeding, Colorado, University of Denver, 1964. pp. 46-51.
12. LADEJINSKY, W. Ironies of India's green revolution. Foreign Affairs 38:758-768. 1970.

13. LEWIS, W. A. *The theory of economics growth*. Homewood, Ill. 1955. 453 p.
14. MELLOR, J. W. The process of agricultural development in low-income countries. *Farm Economics* 44:700-716. 1962.
15. RAO, C. H. H. Farm size and credit policy. *Economic and Political Weekly* Dic. 26, 157-162. 1970.
16. SANCHEZ, L. J. The Puebla project; a regional program for rapidly among 50.000 farmers. In Morgan, D. T. ed. *Strategies for increasing agricultural production on small holdings*. Puebla, Mexico, 1970. pp. 11-18.
17. SHOURIE, A. Growth and development. In *Ford Foundation Seminar on Rural Development and Employment*. Ibadan, Nigeria, 1973. pp. 387-413.
18. TAKAHASHI, A. Land and peasants en Central Luzon; socio-economic structure of a Philippine village. Honolulu, East-West Centre Press, 1970. 168 p.
19. WATTERS, R. F. Shifting cultivation in Latin America. *Food and Agriculture Organization of the United Nations. Agricultural Development Paper no. 17*. 1971. 342 p.
20. WILDE, J. C. DE y McLOUGHLIN, P. E. M. *Experiences with agricultural development in tropical Africa*. Baltimore, John Hopkins, 1967. 2 v.

**ANEXO**

**PRODUCTOS AGRICOLAS PRINCIPALES  
DE AMERICA LATINA**



# ANEXO

## PRODUCTOS AGRICOLAS PRINCIPALES DE AMERICA LATINA

En forma general, la agricultura de América Latina se puede dividir en tres categorías: 1) el cultivo de alimentos básicos como maíz, trigo, arroz, frijoles, raíces y plantas tuberosas para el consumo local o regional; 2) producción de cultivos especiales, como café, bananos, azúcar y algodón, principalmente para la exportación; y 3) cría de animales. Estas tres ramas no se excluyen mutuamente, pero tienden a concentrarse en distintas partes de la región.

### 1. CULTIVOS DE CAMPO

#### 1.1 CEREALES

Los cereales pertenecen a dos grupos principales: los cereales templados: trigo, cebada, centeno y avena; y los cereales tropicales: maíz, sorgo, mijo y arroz.

CUADRO No. 1. Producción de cereales en América Latina en 1977, (FAO, 1978).

Cultivo	Superficie (millones Ha)	Producción (millones Ton)	Rendimiento (Kg/Ha)
Total de cereales	49,9	83,7	1676
Maíz	26,1	42,2	1618
Trigo	8,9	11,6	1301
Arroz	7,3	14,8	2012

El maíz, el trigo y el arroz constituyen casi el 90% de la producción total de cereales en América Latina.

### **1.1-1 MAIZ**

#### **1.1-1:1 IMPORTANCIA ECONOMICA**

El maíz es la planta alimenticia básica de América Latina, pero prácticamente no ha penetrado en el comercio exterior de ningún país latinoamericano, con excepción de Argentina. En escala mundial, el maíz es el tercero en la lista de superficies plantadas y cantidad producida, después del trigo y del arroz. En América Latina el maíz se cultiva dondequiera que exista una agricultura sedentaria y constituye más del 50% del total de cereales producidos en la región. Sin embargo, es más favorecido en ciertas áreas, en particular en México Central, en el sur del Brasil y en las partes más húmedas de la pampa Argentina. A pesar de las condiciones relativamente desfavorables para la producción del maíz, las superficies plantadas han aumentado desde 20 millones de hectáreas en 1961, a 26,1 millones en 1977 (FAO, 1978).

A pesar de que el maíz tuvo su origen en áreas semiáridas, no es un cultivo confiable cuando crece en condiciones de secano con precipitaciones limitadas o erráticas; bajo estas condiciones generalmente no puede competir con el sorgo o el mijo. Sin embargo, bajo riego el maíz es un cereal supremo, con un potencial de cosecha más alto que el de cualquier otro cereal.

#### **1.1-1:2 ADAPTACION**

##### **1.1-1:2:1 Temperatura**

El maíz es un cultivo de temperatura cálida y no crece en lugares donde la temperatura promedio en el verano es menor de 19°C, ni donde la temperatura nocturna durante los tres meses del verano tiene un promedio menor a 13°C (Shaw, 1955).

La temperatura mínima que requiere para la germinación es de 10°C; la germinación y especialmente la emergencia serán mucho más rápidas y uniformes cuando la temperatura del suelo sube de los 20°C. El maíz emerge generalmente 5 ó 6 días después de su plantación.

Se ha demostrado que en la estación temprana el crecimiento del maíz aumenta en forma lineal cuando la temperatura del suelo, a 10 cm de profundidad es de 15° a 27°C y disminuye cuando las temperaturas son mayores.

Temperaturas excesivamente altas y baja humedad del aire al tiempo de la polinización tienen efectos adversos en la polinización y en

la fertilización y causan una disminución en el número de granos. Si además de esto, la humedad del suelo es baja durante esta época, los efectos negativos de las temperaturas excesivas se intensifican, y la formación de granos se reduce aún más. La temperatura crítica que afecta las cosechas parece ser de 32°C (Shaw, 1955).

### **1.1-1:2:2 Precipitaciones**

Un clima deseable para el maíz es aquel donde las precipitaciones son suficientes para humedecer el suelo a “capacidad de retención de agua” hasta la profundidad de las raíces antes de la temporada de siembra, y donde las precipitaciones suman por lo menos 375 mm durante la época del crecimiento.

Debido a los grandes requisitos de agua, el maíz alimentado por la lluvia crece especialmente en las regiones húmedas (más de 600 mm promedio de precipitaciones) con temperaturas suficientemente altas, variando entre 20-32°C, y la temporada de crecimiento se prolonga más de 130 días. Pero incluso en las regiones húmedas, los requisitos de agua máximos exceden de las precipitaciones, y por lo tanto, frecuentemente se aplica el regadío que es económicamente justificable. En las regiones más secas de las latitudes más bajas, el efecto combinado de las temperaturas altas y la poca precipitación es un factor principal en la limitación de la producción en las áreas donde se produce maíz alimentado por el agua de las lluvias.

En latitudes más altas, las temperaturas primaverales son demasiado bajas y la temporada de crecimiento es muy corta para tener éxito en la producción de maíz para granos.

### **1.1-1:2:3 Duración del día**

El maíz es una planta de día corto: los días largos aumentan la duración del estado vegetativo, el número de hojas y el tamaño de la planta.

### **1.1-1:2:4 Suelos**

El suelo ideal para el maíz es un suelo profundo, de textura mediana, con buen desagüe y con alta capacidad de mantención del agua. No obstante, el maíz puede plantarse en una gran variedad de suelos y dar grandes cosechas si el manejo de los cultivos es adecuado. El pH óptimo es entre levemente ácido a neutral.

### **1.1-1:2:5 Salinidad**

El maíz tolera bastante bien la sal durante la germinación; el aumento de la salinidad demora la germinación pero hasta cierto

nivel no tiene marcados efectos negativos en la densidad de las plantas (Kaddah y Ghowail, 1964).

Sin embargo, el maíz pertenece al grupo de cultivos considerado como sensitivo a la salinidad y no es apropiado para crecer en suelos salinos o para ser regado con aguas salinas.

### 1.1-2:3 ESPECIES Y VARIEDADES

Todas las variedades del maíz pertenecen a una especie única, *Zea mays*, pero el número de variedades adaptadas a las condiciones ambientales es enorme. Se conocen variedades de maduración temprana que crecen hasta una altura de 70 cm y cuyos granos maduran a los 50 días de la siembra; por el otro lado hay variedades con una altura de 7 m y cuyo período de crecimiento es mayor de 300 días.

### 1.1-2:4 UTILIZACION

El maíz se cultiva casi en todos los países de América Latina, principalmente para el consumo humano. En contraste con Africa, donde el maíz se cocina como papilla, en América Latina se utiliza para hacer tortillas. También se usa como alimento para los animales y en los países con tecnologías avanzadas, como materia prima para industrias elaboradas de alimentos.

Los granos consisten especialmente de almidón (60%), proteínas (10%) y aceites (4%). Los principales constituyentes no se distribuyen uniformemente en el grano. El endosperma, que constituye el 80% del peso del grano contiene la mayor parte del almidón y cerca de dos tercios de las proteínas. El germen que constituye el 12% del grano contiene la mayor parte de las grasas, parte considerable de las proteínas, y una cantidad relativamente grande de minerales.

El almidón del maíz está compuesto por un 80% de amilopectina y un 20% de amilosa. En el maíz blando el almidón consiste sólo de amilopectina. La proteína principal del endosperma, **Ceina**, no está bien equilibrada desde el punto de vista biológico, y es deficiente en dos aminoácidos esenciales lisina y triptófano.

El grano de maíz contiene cantidades significativas de ácido nicotínico, riboflavina, ácido pantoténico y vitamina E. El maíz amarillo contiene también provitamina A, que prácticamente no existe en el maíz blanco.

Durante la molienda, el endosperma se separa del grano y de la cáscara. El aceite se extrae del germen y se usa como aceite de cocina o para ensaladas. La parte cornea del endosperma sirve para la preparación de sémola y de comida rústica. De la parte harinosa del endosperma se saca una harina fina. Las proteínas del maíz no forman sustancias glutinosas, como es el caso del trigo; por este motivo no se puede hornear pan fermentado con harina de maíz.

La hidrólisis del almidón del maíz permite la producción de una gran variedad de productos alimenticios como almidón de maíz, almíbar y dextrosa. El almidón frito se utiliza como alimento para el lavado y para la industria.

El grano de maíz se usa también como materia prima por las cervecerías y las destilerías.

#### 1.1-2:5 ALIMENTO PARA ANIMALES

El maíz es un alimento excelente y energético para los animales. Se usa como base para raciones energéticas para la producción de pollo cebón, también se usa para engordar ganado y corderos. El contenido de fibras, de proteínas y de minerales es menor en el maíz que en el resto de los granos de los cereales, y el valor biológico de las proteínas es menor. No obstante, tiene un contenido energético neto mayor y es altamente digestivo (Schneider, 1955).

Los subproductos del uso industrial del maíz, se usan para animales: comida de gluten, destilerías, comidas de aceite y melaza. El uso industrial de los distintos constituyentes del grano incluye la producción de adhesivos, explosivos, encolado textil, tinturas, plásticos, productos químicos, pinturas y otros productos.

#### 1.1-2:6 RENDIMIENTOS

El rendimiento promedio del maíz en los principales países productores de América Latina se presenta en el Cuadro 2. Para comparación se dan también cifras de los rendimientos promedio de los países desarrollados y en desarrollo.

CUADRO No. 2. Promedio de rendimiento de maíz en América Latina Kg/Ha (FAO, 1978).

PAISES	1962	1972	1977
Brasil	1312	1381	1637
México	993	1148	1217
Argentina	1767	1862	3278
Colombia	1066	1200	1246
Guatemala	829	814	1281
América Latina	1209	1333	1618
Países en desarrollo	1107	1225	1655
Países desarrollados	3318	4984	4724

Pese a que el rendimiento en los países de América Latina es un poco más alto que en los países en desarrollo en general, aún se

encuentra muy lejos del potencial de cultivo, según se ve por el hecho de que el promedio del rendimiento en América Latina es sólo un poco más alto que un cuarto de los niveles de la cosecha promedio alcanzados en los países desarrollados. Aún cuando los rendimientos de las cosechas de maíz han mostrado una tendencia de aumento durante la década 1962-1972 este aumento es sólo mínimo (10% en comparación con un 20% en los países desarrollados). Los bajos rendimientos demuestran no sólo una tecnología relativamente baja, sino también el hecho de que el maíz como producto alimenticio tradicional se cultiva dondequiera que se puede, incluyendo condiciones objetivamente desfavorables. El lento incremento del rendimiento debe ser atribuido al retardo en la aplicación de técnicas de producción mejoradas. Incluso en México, donde se registró un gran aumento en la cosecha de trigo, el progreso en la producción del maíz es muy limitado (Grobman, 1967).

## 1.1-2 TRIGO

### 1.1-2:1 IMPORTANCIA ECONOMICA

El trigo es el más importante de todos los cereales en escala mundial, tanto desde el punto de vista de la superficie total sembrada, como desde el punto de vista de la producción anual.

En condiciones de clima errático de las regiones semiáridas, la elección de cultivos que se pueden trabajar sin regadío es limitada y hasta el momento ninguno ha desafiado la supremacía del trigo como el cultivo más remunerativo en estas regiones. Sólo en los lugares donde se puede practicar el regadío, hay otros cultivos que pueden competir con el trigo. No obstante, una proporción considerable de las superficies cultivadas en la región seca quedarán sin regadío por un período de tiempo indefinido, debido a la falta de aptitud de la tierra para ser regada, a la escasez de agua o a la falta de fondos para el desarrollo. Incluso en la agricultura de regadío, el trigo juega un papel importante en la rotación de cultivos. Pese a que el trigo es una planta del viejo mundo, pues era un alimento de mucha importancia en la dieta de los españoles en la época de la colonia que su cultivo fue introducido ampliamente en América Latina. La mayor parte del trigo se cultiva fuera de las tierras bajas de los trópicos, especialmente en Argentina, en el sur de Brasil, en Chile Central y en las partes altas de México, América Central y en Los Andes (Hopkins, 1969).

En América Latina, en general, la superficie plantada de trigo no tuvo cambios fundamentales en el período transcurrido entre 1961-1972, siendo de aproximadamente 8 millones de hectáreas, salvo pequeñas fluctuaciones. Sin embargo, la producción aumentó de 9.5 millones de toneladas métricas en 1961, a 19.3 millones de Ton

en 1976 ó sea un incremento del 103% aproximadamente (FAO, 1978).

Sólo pocos países en América Latina han alcanzado la autosuficiencia en la producción del trigo.

### **1.1-2:2 ADAPTACION**

Las condiciones ideales para el trigo son un clima frío y húmedo durante el brote y un clima cálido y seco durante el período de la formación del grano.

#### **1.1-2:2:1 Precipitaciones**

La mayor parte del trigo en el mundo se cultiva en regiones semiáridas y subhúmedas. Grandes superficies plantadas de trigo se encuentran en regiones donde las cantidades de agua de precipitaciones son muy bajas, donde se acumulan dos años de precipitaciones para un sólo cultivo (sistemas alternados de trigo y barbecho), o donde el trigo se cultiva mediante el regadío.

La planta del trigo no es altamente resistente a la sequía y no puede sobrevivir largos períodos de sequía.

#### **1.1-2:2:2 Areas con precipitaciones en invierno**

En Australia casi todo el trigo se cultiva en regiones donde el promedio de las precipitaciones es de 250 y 375 mm durante el período de crecimiento activo; pero se está tratando de cultivar este cereal con precipitaciones menores de 250 mm (Watt, 1948).

En la región Mediterránea el mínimo para la producción del cultivo se considera 300 mm.

#### **1.1-2:2:3 Areas con precipitaciones en el verano**

En las áreas semiáridas donde las precipitaciones se producen durante el verano, la distribución y la cantidad del agua durante el período de crecimiento son, por lo general, completamente inadecuadas. De aquí la importancia del agua almacenada en el suelo antes de la siembra. En áreas con un promedio de precipitaciones anuales de 375 mm a 500 mm, sólo 150 a 200 mm caen durante el período promedio de 85-90 días de la temporada de crecimiento del trigo (Bauer et al., 1965).

#### **1.1-2:2:4 Areas con precipitaciones durante todo el año**

En cierta región con precipitaciones durante todo el año, y con un promedio anual de 316 mm de agua, con extremas de 150 mm y 475

mm, se descubrió que las altas cosechas de trigo en el invierno estaban directamente relacionadas con el crecimiento del cultivo y con su establecimiento temprano, el que depende a su vez, de condiciones favorables de humedad del suelo durante el período de la siembra. Las precipitaciones durante la primavera no compensan los efectos del mal crecimiento en otoño (Bennett et al, 1954).

La cantidad de humedad almacenada en el suelo en el período de la siembra es por lo tanto, el factor de mayor importancia que afecta el potencial de producción del cultivo. Los productores de trigo revisan habitualmente la cantidad de humedad almacenada antes de decidir si plantan trigo, dejan la tierra en barbecho durante el verano, o siembran más tarde otro cultivo.

Cuando el suelo está húmedo a una profundidad de 1 m al tiempo de sembrar, el éxito del cultivo está asegurado; cuando el suelo está seco o húmedo sólo superficialmente, las probabilidades de fracasar son grandes.

#### **1.1-2:2:5 Exceso de precipitaciones**

En años con precipitaciones excesivas, los cultivos pueden ser afectados negativamente como resultado de las inundaciones, el retraso de la siembra, la lixiviación de nitratos y una mayor incidencia de enfermedades.

#### **1.1-2:2:6 Temperatura y larga duración del día.**

Cuando la humedad y los nutrimentos no son factores limitantes, el crecimiento y el desarrollo del trigo dependen esencialmente de la temperatura y de la duración del día. De acuerdo a sus reacciones fotoperiódicas y termoperiódicas se pueden distinguir tres clases de trigo:

**Tipos de trigo de invierno:** requieren bajas temperaturas (entre 0° a 8°C) por un período de varias semanas para poder pasar del período vegetativo a la etapa reproductiva, cuando los días se hacen más largos.

**Tipos de trigo de primavera:** no requieren bajas temperaturas para entrar a la etapa reproductora. Estos crecen normalmente durante días cortos y el florecimiento es inducido cuando los días se hacen suficientemente largos.

**Tipos alternados de trigo:** estos son tipos intermedios entre los tipos de invierno y de primavera. Estos difieren de los tipos de invierno puesto que no dependen de bajas temperaturas para la inducción a la etapa de florecimiento, y de los tipos de primavera puesto que no se desarrollan normalmente durante los cortos días del invierno.

### 1.1-2:2:7 Temperatura de invierno

Determinan el tiempo de la siembra del trigo y el tipo que debe elegirse para este propósito. En regiones donde los inviernos son leves y húmedos y los veranos secos, el trigo se siembra al comienzo de la estación lluviosa, pero se pueden sembrar sólo tipos de primavera, porque las temperaturas no son lo suficientemente bajas para la inducción del florecimiento de los tipos de invierno. En regiones con inviernos moderadamente fríos y secos, los tipos de trigo de invierno se siembran en otoño. Estos germinan y macollan antes de que comience el frío, y las plantas quedan postradas durante los meses de invierno, a veces incluso bajo nieve. Al llegar la primavera y los días más largos, el crecimiento continúa, las plantas producen espigas y sus granos maduran en verano. En regiones donde los inviernos son tan crudos que sólo pocas plantas pueden sobrevivir, los tipos de primavera se siembran durante la primavera y maduran al finalizar el verano.

La temperatura mínima para el crecimiento del trigo es de 3-4°C; la temperatura óptima es de 25°C y la máxima aproximadamente entre 30°C y 32°C.

### 1.1-2:2:8 Suelos

El trigo se cultiva en una gran variedad de suelos en las regiones semiáridas del mundo, desde suelos arenosos de fácil cultivo hasta arcilloso bastante pesado. Los principales suelos productores de trigo en el mundo son los Chernozem y los suelos de color castaño y castaño rojo.

En principio, los mejores suelos para la producción del trigo son limos arenosos profundos, limos y arcillas con buen desagüe. Mientras que en condiciones de humedad óptima del suelo, el rendimiento difiere sólo levemente según la textura del suelo, los suelos de textura fina dan mayores rendimientos de granos bajo condiciones de sequía que los suelos de textura gruesa. Esto se debe, en parte, a la alta capacidad de almacenamiento de agua en suelos arcillosos, pero principalmente a la mayor tensión de la humedad de las arcillas, que previenen el agotamiento prematuro del agua disponible; por lo tanto, el uso del agua se regula mejor a lo largo de la vida de la planta. Las plantas en suelos con textura fina están sujetas a una tensión mayor del agua durante las primeras etapas del desarrollo; esta presión de humedad prematura causa la reducción de la transpiración, de modo que el abastecimiento de humedad queda disponible para un período más tardío de la temporada (Lehane y Staple, 1965).

**1.1-2:3 RENDIMIENTOS**

En países donde existen sistemas de cultivo tradicionales, los rendimientos de trigo fluctúan aproximadamente entre 500-800 Kg/Ha, presumiblemente como resultado de las variaciones en las precipitaciones de la temporada. Aún cuando estas fluctuaciones son apreciables desde el punto de vista del porcentaje, en números absolutos son bastante pequeñas. En otras palabras, en la agricultura tradicional, incluso en años favorables, el incremento del rendimiento de grano por hectárea es relativamente pequeño.

El rendimiento del trigo en América Latina en general, y en los principales países productores de trigo de la región en especial, se muestran en el Cuadro 3. Para comparación se indican también las cifras promedios de los países en desarrollo y de los países desarrollados.

CUADRO No. 3. Promedio de rendimiento del trigo en América Latina (Kg/Ha) (FAO, 1972; FAO 1978).

PAISES	1962	1972	1976
Argentina	1522	1612	1723
Brasil	949	800	909
México	1946	2721	3762
Chile	1261	1697	1242
América Latina	1407	1560	1558
Países en desarrollo	992	1293	1389
Países desarrollados	1781	2182	2043

En oposición al maíz, los rendimientos de trigo en América Latina son, en general, mucho más elevados que el promedio de todos los países en desarrollo, y el progreso logrado durante la última década es mucho más significativo que el del maíz. Los grandes resultados logrados al aplicar una nueva tecnología se pueden ilustrar mediante el progreso en la productividad del trigo en México (véase Fig. 1.).

**1.1-2:4 UTILIZACION**

En la mayoría de los países que se encuentran en las regiones templadas con alto nivel de vida, el trigo es la fuente principal de carbohidratos en la alimentación del ser humano. La harina de trigo no es superada por ningún otro cereal en el horneado del pan. El consumo de una alta proporción de trigo en relación a otros granos es, por lo tanto, una indicación de un nivel de vida bastante alto. Sin embargo, a medida que el país prospera, la proporción de carbohidra-

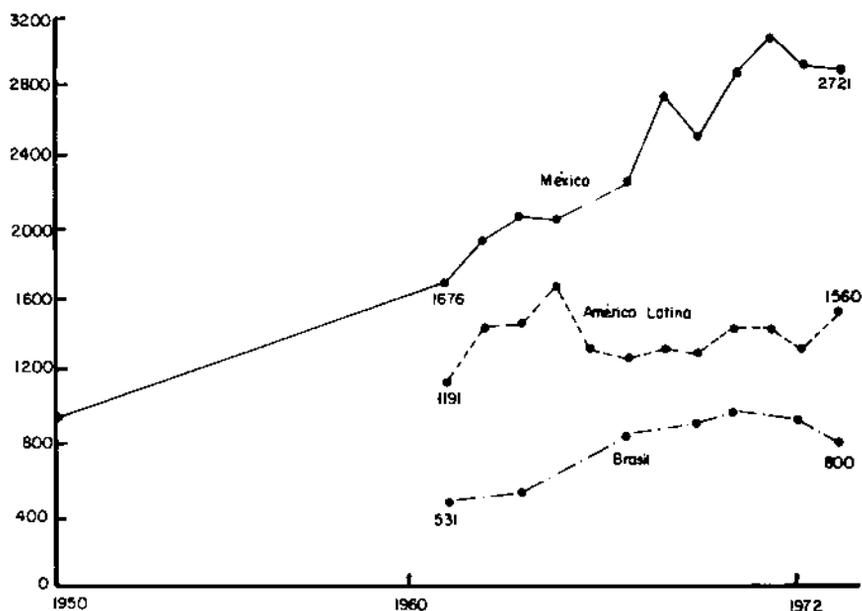


Fig. 1. Rendimientos medios de trigo (Kg/Ha) en México, Brasil y América Latina en el período 1950-1972.

tos en la dieta alimenticia disminuye y los carbohidratos ceden su lugar a las proteínas animales y a las grasas. Como resultado, la proporción total del trigo consumido se ve reducida al subir el nivel de vida.

El uso más importante del trigo es en la elaboración de harina para hornear pan y pastelería. También se utiliza para la producción de sémola para la industria de fideos y para alimentos para el desayuno.

### 1.1-3 ARROZ

#### 1.1-3:1 IMPORTANCIA ECONOMICA

El arroz es el cereal que ocupa el tercer lugar en el cultivo en América Latina. La superficie total destinada al arroz es menor que la superficie sembrada de trigo. En 1977, se sembraron 7.3 millones de hectáreas de arroz, en comparación con 8.9 millones de hectáreas de trigo. Sin embargo, la diferencia en la producción de los dos cereales es mucho menor que la diferencia en las superficies sembradas. En 1977 se produjeron 14.8 millones de toneladas de arroz, en comparación con 11.6 millones de toneladas de trigo. Esto refleja las diferen-

cias en los niveles de rendimientos entre los dos cultivos, principalmente debido a que el arroz crece en condiciones en las que el abastecimiento de agua está asegurado, mientras que el trigo es el cultivo principal alimentado por las lluvias, en regiones más secas.

Pese a que el arroz fue introducido a América Latina del Viejo Mundo mucho después que el trigo, la superficie destinada a este cultivo está aumentando mucho más rápido y se ha duplicado en el período de la postguerra.

La superficie principal de los cultivos de arroz se encuentra en Brasil, que produce el 60% del total de arroz de América Latina. Sin embargo, éste se está transformando en el cereal principal en otras zonas de las regiones tropicales húmedas de tierras bajas en América Latina, particularmente en la costa del Perú y Ecuador, Cuba y Colombia.

El arroz se cultiva principalmente para satisfacer la demanda doméstica de alimentos. Poco se cultiva para la exportación.

El significado del arroz como alimento principal en las regiones tropicales y subtropicales se encuentra en su singularidad por ser un cereal que puede plantarse continuamente en una monocultura y a pesar de esto, puede dar cosechas seguras y relativamente altas.

### 1.1-3:2 ADAPTACION

El arroz es el cultivo típico de los trópicos húmedos y de los subtropicos de monzón; se cultiva en lugares donde la precipitación anual es de 1000 mm o más.

#### 1.1-3:2:1 Temperaturas

El arroz se cultiva en regiones con altas temperaturas. Puede cultivarse con éxito sólo en regiones donde la temperatura promedio es mayor de 20°C durante toda la temporada de crecimiento del cultivo (Leonard y Martin, 1963).

#### 1.1-3:2:2 Luz

Uno de los factores principales que influyen en la productividad del arroz es la luz amplia, y probablemente es el motivo principal de la obtención de una cosecha mayor mediante riego en regiones más secas, comparada con las que se obtienen en regiones húmedas tropicales, donde los días son más cortos y el cielo está frecuentemente nublado.

Todas las variaciones del arroz son plantas de día corto, pero su sensibilidad a la fotosíntesis varía. Las nuevas variedades, de altos rendimientos, en particular, tienen una sensibilidad muy baja al fotoperíodo (Chandraratna, 1954).

### **1.1-3:2:3 Aeración del suelo**

El arroz puede germinar bajo agua, debido a que no depende de oxígeno libre en el mismo grado que el resto de los cereales. Esto se debe a la habilidad de la semilla de liberar oxígeno mediante la actividad de las enzimas durante la germinación.

### **1.3-3:2:4 Humedad del aire**

La humedad más favorable para el florecimiento es de cerca de 70%-80%. El florecimiento se inhibe en una humedad menor a los 40% ó más de 95%.

### **1.3-3:2:5 Suelos**

Durante la temporada de crecimiento, fuertes precipitaciones, prácticamente continuas, anegan el suelo la mayor parte del tiempo. Bajo estas condiciones es difícil trabajar los cultivos que requieren un suelo bien aerado. Para el arroz, por el contrario, los suelos pesados inundados son una ventaja y no un obstáculo.

Por lo tanto, el arroz está considerado como un alimento básico en las planicies inundadas de los trópicos húmedos. Los arrozales cultivados bajo agua permiten una producción continuada y aseguran niveles de rendimiento satisfactorios, con un mínimo de abono, sin período de barbecho y sin el riego de erosión o del agotamiento de la fertilidad del suelo (Gourou, 1959).

El arroz por sí mismo no exige demasiado de las características del suelo y se cultiva en distintas partes del mundo en una gran variedad de suelos. No hay evidencia de que exista relación alguna entre el rendimiento promedio del arroz con los distintos grupos de suelo. De aquí que las propiedades importantes del suelo para este cultivo son principalmente las vinculadas a las características hidráulicas. Los altos rendimientos del arroz están vinculados, por lo general, a los suelos que tienen un alto contenido arcilloso (40-60%), un contenido mediano de materia orgánica con alto grado de humificación, y desagüe suficiente, pero no excesivo. Debido a la pérdida por infiltración, el arroz cultivado en suelos permeables requiere una cantidad de agua dos o tres veces mayor que el arroz productor de la misma cosecha cultivado en suelos típicos de arroz (Adair et al, 1962). El pH puede variar entre 4,0 a 7,0 sin influir en la cosecha (Chandler, 1963). Sin embargo, en las regiones áridas y semiáridas, el arroz se cultiva frecuentemente en suelos con un pH elevado. Debido a que el arroz "paddy" se riega mediante la inundación del suelo, la tierra debe estar apropiadamente nivelada. El desagüe es principalmente horizontal, más que vertical, como lo es en suelos normalmente arables. Para el arroz de tierras altas, los suelos más favorables son los de limo mediano a fuerte.

**1.1-3:2:6 Salinidad**

El arroz es bastante resistente a la salinidad, a pesar de que existen marcadas diferencias entre las variedades con respecto a ésta. Es más resistente a las condiciones salinas mientras mayor sea la planta. Se descubrió que la salinidad durante el período en que la raíz echa retoños inhibe el crecimiento dos veces más que durante el período en el cual surge la espiga (Pearson y Bernstein, 1959). A los 90 días, las plantas habían sido afectadas muy poco por una concentración de un 1% de sales en el suelo (del Valle y Babé, 1947).

Sin embargo, las plantas de arroz pueden volverse nuevamente sensibles a la salinidad durante el período del florecimiento, debido posiblemente a que la germinación del polen puede ser afectada negativamente por la salinidad, teniendo como resultado la fertilización de un número reducido de florecillas (Ota et al, 1956).

El arroz puede cultivarse en tierras salinas que se encuentran en proceso de reclamación siempre que se pueda disponer de suficiente agua, de calidad apropiada para la lixiviación y que se pueda quitar el exceso de sales mediante el drenaje.

**1.1-3:3 RENDIMIENTOS**

Los rendimientos de arroz en América Latina en general y en los principales países productores de arroz de la región se detallan en el Cuadro 4.

Las cifras promedio de rendimiento para los países desarrollados y en desarrollo se presentan también para hacer la comparación.

**CUADRO No. 4.** Promedio de rendimientos del arroz en América Latina (Kg/Ha) (FAO, 1973; FAO, 1978).

Países	1962	1972	1977
Brasil	1659	1462	1656
Colombia	1966	3596	3895
Cuba	1400	2500	2100
México	2158	2639	2780
Ecuador	1673	1410	2752
Perú	4311	4188	4640
América Latina	1764	1719	2012
Países en desarrollo	1568	1783	2467
Países desarrollados	4994	5603	5476

En los países en desarrollo en general, y en América Latina en particular, se evidenció un incremento marcado de los rendimientos

de arroz en los años 1962-77. Sin embargo, el promedio del rendimiento de las cosechas de arroz en América Latina es sólo alrededor de 1/3 del obtenido en los países desarrollados y es casi igual al rendimiento obtenido en otros países en desarrollo.

Los altos rendimientos obtenidos en Perú son de especial interés; éstos son casi tres veces mayores a los del Brasil, a pesar de que tampoco han registrado cambios marcados desde 1962.

#### 1.1-3:4 UTILIZACION

El grano de arroz se usa después de que se quita la cáscara, el salvado y el germen, mediante la molienda. El grano entero y los pedazos más pequeños de granos rotos se usan como sémola o se muelen para harina; los pedazos más pequeños se utilizan para la industria de la cerveza. El arroz molido es bajo en proteínas y en vitaminas, comparado con el grano de otros cereales; contiene 5%-10% de proteínas.

Los subproductos del grano molido (salvado y germen) se utilizan para la alimentación de animales (Adair et al, 1962).

## 1.2 LEGUMBRES

### 1.2-1 IMPORTANCIA ECONOMICA

En los países donde existe la deficiencia alimentaria, la cantidad limitada y la baja calidad de las proteínas en la dieta alimentaria constituyen un gran problema de nutrición. Varios estudios indican que la combinación adecuada de alimentos con proteínas vegetales puede ayudar a prevenir y a curar la malnutrición de proteínas y que parte de la deficiencia de proteínas puede ser anulada mediante el abastecimiento de "proteínas de legumbres", provenientes de frijoles secos, garbanzos, lentejas, etc., cuando se les agrega aceites concentrados de semillas como las de algodón, sésamo, cacahuete, soya, etc. (O.E.C.D, 1967).

Por este motivo las legumbres se han denominado "la carne del pobre". Generalmente en las dietas familiares y nacionales existe una relación inversa entre la cantidad de legumbres consumidas y el consumo de alimentos de origen animal. Por este motivo, las legumbres son alimento de gran importancia para la población de regiones secas subdesarrolladas. Por ejemplo, el consumo de legumbres *per capita* en India y en México es de 71 y 51 gramos diarios respectivamente, comparado con 3-7 gramos en la mayor parte de los países más prósperos en climas templados (Aykroyd y Dougherty, 1964).

Aparte de la importancia económica y nutritiva de las leguminosas, ellas también cumplen un papel agronómico mayor, debido a su capacidad de mejorar la fertilidad del suelo, y en particular, de incrementar el abastecimiento de nitrógeno atmosférico, que es el resultado de la simbiosis de estas plantas con microbios fijadores de nitrógeno.

La importancia de esta característica de las leguminosas va en aumento en vista de los costos incrementados de los fertilizantes químicos.

Sin embargo, existe una falsa concepción acerca de la capacidad de las leguminosas de proveer nitrógeno a los cultivos siguientes. Normalmente, las leguminosas usan toda la cantidad de nitrógeno fijado para la producción de sus propias semillas; de aquí el alto contenido en proteínas de sus granos. El nivel de nitrógeno en el suelo se incrementa sólo cuando las plantas de leguminosas se cortan para forraje, antes de producir las semillas. De aquí, que el valor de la inclusión de leguminosas en la rotación depende de una integración de la producción de cultivos con la explotación animal.

CUADRO No. 5. Superficie de legumbres sembradas en 1977 en los países de América Latina (FAO, 1978).

PAISES	Superficie en miles de hectáreas			
	Frijoles	Habas	Garbanzos	Guisantes
Países desarrollados	2825	406	175	4106
Países en desarrollo	22258	5127	10070	6133
América Latina	7310	326	250	146
Costa Rica	35	—	—	—
Cuba	35	—	—	—
El Salvador	55	—	—	—
Guatemala	126	18	—	—
Honduras	91	—	—	—
México	1506	50	40	5
Nicaragua	82	—	—	—
Panamá	16	—	—	—
Argentina	167	1	2	20
Bolivia	3	11	1	4
Brasil	4564	195	—	—
Chile	97	—	8	16
Colombia	112	—	25	53
Ecuador	68	14	—	16
Paraguay	72	10	—	4
Perú	75	20	4	20
Uruguay	4	—	—	1
Venezuela	108	—	—	4

En el Cuadro 5 se resumen los datos sobre superficies sembradas con las principales legumbres producidas en los países de América Latina. Estas cifras pueden dar una idea de la importancia relativa de las principales legumbres sembradas. En América Latina en general, el frijol es la legumbre más importante (7310 miles de Ha en 1977), lo siguen las habas secas (326.000 Ha), los garbanzos (250.000 Ha) y los guisantes secos (146.000 Ha) (FAO, 1978).

## 1.2-1 FRIJOLES SECOS

### 1.2-1:1 ADAPTACION

Los frijoles secos (*Phaseolus vulgaris*), son probablemente originarios del trópico de América del Sur y existen evidencias arqueológicas de su uso doméstico en México hace más de 6.000 años (Aykroyd y Doughty, 1964). Se cultivan en todos los países de América Latina y los principales países donde crecen son Brasil y México, como cultivo alimentado por las lluvias y por aguas de regadío.

Los frijoles son muy susceptibles a las heladas y pueden ser sembrados en la primavera sólo después de que el suelo se ha calentado suficientemente. Las altas temperaturas del verano causan el vuelco de una cantidad apreciable de flores y en consecuencia, una cantidad reducida de granos. Pueden cultivarse en una gran variedad de suelos. No son resistentes a la sequía, pero por ser un cultivo de corto período de crecimiento, que madura en 2-5 meses, no necesitan lluvias abundantes.

### 1.2-1:2 RENDIMIENTOS

En general, el rendimiento de las cosechas varían entre 400-2500 Kg/Ha (Aykroyd y Doughty, 1964). En América Latina, el promedio del rendimiento en 1977 (548 Kg/Ha) fluctuó entre 212 Kg/Ha (Panamá), y 1155 Kg/Ha (Chile), y la mayoría de los países produjeron entre 500-800 Kg/Ha aproximadamente (FAO, 1978). El rendimiento promedio en 1977 en países desarrollados fue de 634 Kg/Ha.

### 1.2-1:3 UTILIZACION

Los frijoles tienen gran valor nutritivo y es un alimento rico en proteínas.

En América Central se prefieren los frijoles negros, y en otros países en América Latina se prefieren los de color rojo.

## **1.2-2 HABAS**

### **1.2-2:1 ADAPTACION**

Las habas requieren una considerable humedad del suelo y probablemente son el tipo de legumbre menos resistente a la sequía. Son más apropiadas a suelos de tipo medio y pesado, y tienen buena reacción a suelos con alto contenido de calcio.

### **1.2-2:2 RENDIMIENTO**

En general, los rendimientos de las cosechas de habas varían normalmente entre 600 a 1000 Kg/Ha, aún cuando ocasionalmente se pueden obtener rendimientos por sobre los 3000 Kg/Ha.

En América Latina en general, los promedios de los rendimientos en 1977 fueron de 594 Kg/Ha, comparado con 1405 Kg/Ha en los países desarrollados. No obstante, los rendimientos fluctuaban entre un mínimo de 462 Kg/Ha (Brasil) hasta un máximo de 3500 Kg/Ha (Argentina) (FAO, 1978).

## **1.2-3 GARBANZOS**

### **1.2-3:1 ADAPTACION**

Los garbanzos se adaptan bien en climas cálidos y semiáridos. Los suelos favorables son de tipo medio a pesado. La planta es muy susceptible a excesos de humedad y no se desarrolla bien en suelos con mal desagüe. El garbanzo es la legumbre más tolerante a la salinidad del suelo. La planta es muy sensible a las heladas y no debe cultivarse donde éstas se producen (Mann, 1947).

### **1.2-3:2 RENDIMIENTOS**

Los rendimientos varían generalmente entre 800 y 1200 Kg/Ha (Aykroyd y Doughty, 1964); sin embargo, se han registrado rendimientos de 2500 Kg/Ha. El promedio de rendimientos en América Latina en 1977 fue de 789 Kg/Ha que es mayor al de los países desarrollados (678 Kg/Ha). En México se registró un rendimiento promedio de 833 Kg/Ha. El rendimiento promedio más alto se registró en Argentina (936 Kg/Ha), y el mínimo en Colombia (480 Kg/Ha) (FAO, 1978).

### **1.2-3:3 UTILIZACION**

En los países del Mediterráneo, en India, México y en otras partes, los garbanzos constituyen un alimento de importancia para el ser

humano, ya sea: crudos, cocidos o tostados. El valor nutritivo de los garbanzos es alto (17%-23% de proteínas crudas, y 4%-5,1% de grasas).

Los garbanzos son incluidos ocasionalmente en las raciones concentradas de alimento para animales. Sin embargo, las partes verdes de la planta y la paja son tóxicas, y no sirven para el forraje.

## **1.2-4 GUI SANTES**

### **1.2-4:1 ADAPTACION**

Los guisantes requieren un clima frío y húmedo. Las semillas germinan y crecen vigorosamente con temperaturas menores que el resto de las legumbres. Las temperaturas altas inducen al florecimiento antes que las plantas crezcan lo suficiente como para dar buenas cosechas. En las regiones con inviernos moderados y con lluvias en el invierno, los guisantes pueden sembrarse en esa estación; en las regiones donde las precipitaciones se producen en verano y los inviernos son fríos, se siembra durante la primavera.

### **1.2-4:2 RENDIMIENTOS**

Los rendimientos del grano seco varían desde 400 Kg/Ha hasta 2000 Kg/Ha. El promedio de rendimientos registrado en 1977 fue de 1611 Kg/Ha en los países desarrollados y 910 Kg/Ha en América Latina. El promedio de rendimientos de cada país fluctuó entre un mínimo de 500 Kg/Ha (Venezuela) hasta un máximo de 2513 Kg/Ha (Argentina) (FAO, 1978).

## **1.3 CULTIVOS INDUSTRIALES**

### **1.3:1 PRODUCCION DE AZUCAR**

La caña de azúcar es uno de los cultivos más antiguos. Se recuerda en que su domesticación se produjo en las islas del Océano Pacífico, de donde pasó a India y a China. En estos países se extrajo por primera vez el azúcar de la caña.

Hasta el Siglo XIX, la caña de azúcar era prácticamente el único cultivo en el mundo que se trabajaba para la producción de azúcar en escala comercial. Sólo hace 200 años se descubrió que era posible extraer azúcar de la remolacha, y que era idéntica desde el punto de vista químico, al azúcar extraída de la caña. Esto dio un ímpetu

considerable al desarrollo de la industria de azúcar de remolacha en Europa, de donde se extendió a todo el norte de la región templada.

### **1.3:2 IMPORTANCIA ECONOMICA**

#### **1.3:2:1 La importancia relativa de la caña de azúcar y la remolacha de azúcar**

Varios países en el mundo producen azúcar como un elemento esencial de su economía agrícola. El clima es el que determina si la industria azucarera debe basarse en la caña de azúcar o en la remolacha azucarera.

La caña de azúcar, que produce el 58% del cultivo mundial total, crece exclusivamente en las regiones tropicales y subtropicales. La mayor parte de la producción se encuentra en los trópicos húmedos, pero crece también en latitudes más bajas y secas, con riego.

La remolacha azucarera es el único cultivo de las zonas templadas para la producción de azúcar; también es el principal cultivo de azúcar que crece en las regiones áridas y semiáridas.

En las regiones semiáridas, alrededor de la latitud 35°, los límites australes del cultivo de remolacha se juntan a los límites septentrionales de la producción de la caña de azúcar en forma tal, que ambos se pueden cultivar con éxito, y la elección se hace con base en otros factores y no precisamente en el clima.

En escala mundial el rendimiento de azúcar de ambos cultivos por unidad de superficie es igual. Sin embargo, los costos de producción de la caña de azúcar son normalmente menores que los de la remolacha. Por lo general, la remolacha es subsidiada por el gobierno, de modo que en producción depende en mayor medida de las consideraciones nacionales que de los factores agrícolas.

La caña de azúcar es el cultivo comercial más antiguo de los trópicos en América Latina y se cultiva casi en todos los países latinoamericanos, excepto en Chile que produce remolacha. Por lo general se cultiva en áreas tropicales húmedas, especialmente en las islas del Caribe, al interior de la costa y en el noreste de Brasil. Bajo riego se cultiva en Perú y en la zona de Tucumán, en Argentina. Cuba es uno de los principales países productores y exportadores de azúcar de caña.

El cultivo de la caña requiere una gran cantidad de mano de obra y sumas considerables de capital. Debido a que esta mano de obra se ocupa sólo temporalmente, hay problemas sociales.

Los países que cultivan la remolacha tienen por lo general la tendencia de producirla para el mercado interno y dejar a los productores de caña de azúcar la exportación al mercado mundial.

### 1.3:3 PRODUCCION MUNDIAL DE AZUCAR

Desde la segunda guerra mundial, la producción de azúcar en todos los continentes se ha expandido rápidamente, ayudada por políticas de protección y por mejoras apreciables en la tecnología. Como resultado, en las dos décadas transcurridas desde 1948, la producción mundial de azúcar aumentó en 162% (de 24.6 millones de toneladas en 1948 a 64.6 millones de toneladas en 1967).

Cerca de la mitad de la producción total de azúcar de América Latina entra al mercado mundial.

### 1.3:4 DEMANDA MUNDIAL DE AZUCAR

La demanda de azúcar depende de la demanda de alimentos y bebidas a los cuales se les agrega azúcar, así como también de los ingresos y del precio.

El consumo *per capita* promedio del azúcar en ciertos países subdesarrollados no es más que un décimo del consumo en los Estados Unidos, donde cada persona consume anualmente cerca de 45 Kg. Al subir el nivel de vida en los países en desarrollo, se produce un gran potencial para que la tasa de incremento sea aproximadamente de un 3% anual, siempre que exista oferta disponible (Mañuel, 1964).

En general, el potencial de la oferta exportable ha mostrado una tendencia de sobrepasar la demanda de importación, pero debido a la regulación del mercado del azúcar según un sistema de cuotas de exportación, ha sido posible mantener el equilibrio entre la oferta y la demanda, aunque esto es algo precario.

### 1.3-1 CAÑA DE AZUCAR

#### 1.3-1:1 ADAPTACION

La caña de azúcar es un cultivo típico de las regiones tropicales y subtropicales y requiere temperaturas mayores de 20°C para desarrollarse. Es un cultivo perenne que requiere 8-24 meses de crecimiento para producir la primera cosecha.

La caña de azúcar es muy sensible a la luz solar; luz en abundancia promueve el crecimiento, mientras que la densidad de las plantas puede causar gran mortalidad de tallos debido a insuficiencia de luz. Las plantas que crecen a plena luz solar poseen tallos más gruesos y más cortos, hojas más verdes y más anchas y un porcentaje mayor de materia seca que otras plantas.

La caña de azúcar puede desarrollarse en una extensa gama de humedad del suelo y ciertas variedades son resistentes a sequías ex-

tremas (Dillewyn, 1952). Sin embargo, se cultiva comercialmente bajo riego solamente en las regiones secas y semiáridas.

### 1.3-1:1:1 Suelos

La caña de azúcar crece bien en una amplia gama de suelos, desde suelos arenosos hasta arcillas pesadas y no tiene exigencias especiales en lo relativo al pH del suelo. Generalmente crece en suelos de textura gruesa.

### 1.3-1:2 RENDIMIENTOS

En términos de energía, la caña de azúcar es potencialmente uno de los cultivos más productivos del mundo. En una superficie de 500 m<sup>2</sup>, la caña de azúcar puede producir un millón de calorías, que satisface las exigencias de calorías anuales de un adulto (Barnes, 1964).

El promedio de rendimiento mundial de la caña de azúcar es de alrededor de 50 Ton/Ha, que constituyen cerca de 5 Ton/Ha de azúcar. No obstante, en producción intensiva, los rendimientos pueden duplicar fácilmente este nivel.

El promedio de rendimiento de azúcar en los principales países productores de América Latina se detallan en el Cuadro 6. Se presentan también cifras comparativas del rendimiento en los países desarrollados y en desarrollo.

CUADRO No. 6. Promedio de rendimientos de la caña de azúcar en América Latina (FAO, 1973), (FAO, 1978) (Ton/Ha).

PAISES	1961-65	1972	1977
Brasil	43,3	48,0	54,2
Cuba	38,4	45,0	43,8
Colombia	44,5	49,0	76,0
Argentina	49,6	45,0	46,2
América Latina	48,8	52,9	55,5
Países en desarrollo	46,8	50,1	54,1
Países desarrollados	80,3	84,1	79,2

Los rendimientos en los principales países productores de América Latina son muy similares y se encuentran alrededor del mismo nivel promedio de todos los países en desarrollo. La comparación con los países desarrollados indica que el rendimiento puede ser duplicado mediante la adopción de técnicas de producción mejoradas.

## 1.4-1 ALGODON

### 1.4.1:1 IMPORTANCIA ECONOMICA

Desde la segunda guerra mundial, se han registrado cambios radicales en la producción, procesamiento y comercialización del algodón. Muchos países que anteriormente producían cantidades insignificantes de algodón, como los países de América Latina, aumentaron abruptamente su producción y se transformaron en importantes abastecedores de fibra del mercado mundial. El algodón es cultivado en la actualidad ampliamente en América Latina. Es el cultivo más importante de las tierras bajas de la costa del Pacífico en América Central, que producen algunos de los rendimientos más elevados de algodón no regado. En regiones más secas, la falta de agua de precipitaciones se suplementa con agua de riego. La calidad más alta de algodón se cultiva en áreas desérticas. Hace tiempo ya que Perú produce algodón de fibra larga; también se cultiva algodón de alta calidad bajo condiciones menos áridas en el norte de México. En Brasil hay dos regiones principales de cultivo: en el interior seco del noreste y en las áreas húmedas del sur. En Colombia y en América Central las áreas plantadas de algodón están aumentando.

El cambio principal que se ha registrado en la producción y en la elaboración del algodón en el mundo es que la diferencia tradicional entre los países productores y elaboradores de la materia prima prácticamente ha desaparecido. Países como India, Pakistán y Egipto, que anteriormente exportaban la mayor parte de sus fibras de algodón, han desarrollado en la actualidad sus propias industrias textiles y se han transformado en competidores en el mercado mundial del textil.

En los países en desarrollo, especialmente en las regiones secas, el algodón era el cultivo de mayor potencial remunerativo, que podía justificar el enorme gasto implicado en grandes esquemas de regadío. El desarrollo de la industria textil, usando como materia prima el algodón de cultivo doméstico, fue el primer paso lógico en la industrialización de estos países.

Por el otro lado, países con una industria textil altamente desarrollada, como Italia y España, que anteriormente importaban toda la materia prima, han comenzado a cultivar el algodón, principalmente bajo regadío, en la región Mediterránea.

Los países que pueden combinar la producción y la elaboración de la fibra de algodón, tienen una gran ventaja en el comercio y en la industria textil, altamente competitiva, sobre los países exclusivamente productores o elaboradores.

La expansión mundial de la producción algodonera se llevó a efecto en la época en que la producción de fibras sintéticas crecía enormemente. La fibra sintética reemplazó al algodón en varios de sus usos, en los cuales el algodón constituía un monopolio. Durante la década transcurrida entre 1955 y 1965, la proporción de fibras sinté-

ticas en el consumo mundial aumentó de un 7% a un 21%, mientras que el consumo del algodón disminuyó de 74%, en 1939, a un 63%, en 1961. Sin embargo, la proporción del algodón en el consumo mundial de fibras era aún el doble que la de otras fibras combinadas, naturales y sintéticas (Pilkington, 1965).

A pesar de la disminución de la proporción de algodón en el consumo mundial de fibras, las cantidades comercializadas anualmente continúan aumentando. Esto se debe al incremento de la población mundial, a la elevación del nivel de vida, a una proporción mayor de población urbana y al hecho que existen muchos tipos de uso de algodón que no pueden ser reemplazados por la fibra sintética.

El algodón posee ciertas características que ninguna fibra sintética tiene al mismo nivel: es lavable, durable, fuerte cuando seco y mojado, traspasa bien el vapor, es estable químicamente, suave, elástico y tiene la cualidad de encogerse previamente. Su investigación también ha mejorado y ha agregado cualidades que no existen en las fibras naturales, como son la resistencia al fuego, a la descomposición y al daño de insectos. No hay otro textil que esté tan bien adaptado como el algodón para usarlo en climas cálidos: los tejidos de lana absorben la transpiración, pero no transfieren fácilmente la humedad del cuerpo a la atmósfera y por lo tanto, quedan impregnados de transpiración; los sintéticos no absorben la transpiración, mientras que el algodón es permeable al aire y al agua, absorbe la transpiración y se seca rápidamente. Por estos motivos, el algodón constituye el 90% de los textiles usados en climas cálidos, que son las regiones con el mayor potencial de desarrollo y, por lo tanto, constituyen un mercado en constante crecimiento para esta fibra.

Por lo tanto, se asume que los requerimientos mundiales del algodón continuarán aumentando y que su cultivo seguirá siendo una piedra fundamental del desarrollo agrícola en las zonas áridas y semiáridas. No obstante, si se desea lograr el equilibrio entre la creciente oferta y la demanda futura, su consumo deberá aumentarse mediante el encuentro de nuevos usos por medio de la elevación del nivel de vida en los países subdesarrollados (Pilkington, 1965).

#### **1.4-1:2 ADAPTACION**

La buena producción de algodón requiere una temporada de crecimiento sin heladas de 180 ó 200 días de duración, amplia luz solar, temperaturas relativamente altas y una humedad favorable.

##### **1.4-1:2:1 Requerimientos de agua**

Para la obtención de buenos rendimientos, el algodón requiere 450-500 mm de agua para la evapotranspiración. En las regiones semiáridas con precipitaciones en invierno, se pueden obtener rendi-

mientos satisfactorios de algodón mediante su cultivo con humedad almacenada en el suelo, siempre que todo el suelo en la zona de las raíces, hasta una profundidad de 180-200 cm, esté en capacidad de retención de agua o cerca de ésta en el período de la siembra.

### 1.4-1:2:2 Temperatura

La literatura relativa a los efectos de la temperatura en el algodón es conflictiva; el resumen que se presenta aquí, incluye la mayor parte de los resultados:

Las temperaturas primaverales bajas (menos de 15°-18°C), inmediatamente después de la siembra, pueden causar la descomposición de un gran número de semillas, demorar el brote, retardar el crecimiento de las plántulas, desarrollar y favorecer enfermedades que producen su mortalidad. La temperatura media para los seis meses más cálidos debe ser por lo menos de 22°C, a pesar de que las temperaturas más bajas pueden compensarse con un período de crecimiento más largo. Las temperaturas óptimas para el crecimiento y el desarrollo vegetativo de la planta de algodón son de 21° a 26°C; otros autores han indicado temperaturas óptimas más altas (Sikka y Dastur, 1960).

El algodón es muy sensible a las temperaturas bajas durante el período de la iniciación del capullo de las flores, en el cual las mejores temperaturas son de 21°C ó más. Durante el período del florecimiento y del fruto las temperaturas deben fluctuar durante el día entre 26°-32°C, y en las noches deben ser frías. En general, las temperaturas de más de 35°C no son deseables (Tharp, 1960). Sin embargo, cuando el abastecimiento de humedad es favorable, la planta de algodón es capaz de soportar, sin daños permanentes, temperaturas bastante altas (hasta 43°-45°C) durante cortos períodos (Sikka y Dastur, 1960). Si estas altas temperaturas persisten durante varios días tendrán una influencia negativa en los rendimientos.

Durante la maduración de la cápsula y las fibras, que es un proceso esencialmente de desecación, se requieren temperaturas relativamente altas. Con una temperatura diaria promedio de 22°C, se necesitan 68 días para la maduración de la cápsula, en comparación con 48 días con una temperatura media de 27°C. Cuando la temperatura diaria se acerca a los 38°C, el período de maduración es más corto aún, pero las cápsulas son más pequeñas, las fibras no se desarrollan completamente y los rendimientos se ven reducidos.

Para el desarrollo óptimo de las fibras y su alta calidad, se requieren días calurosos y claros. Bajo estas condiciones aumenta la cantidad de fibras por cápsula. La fibra es un poco más corta pero es más gruesa y más fuerte, siempre que el abastecimiento de humedad sea adecuado. La investigación ha demostrado que el rendimiento del algodón depende de la duración del período de crecimiento y del

número de días durante los cuales la temperatura es óptima. Bajo condiciones de temperaturas óptimas, se forman más capullos de flores y aumenta la producción total de materia seca por planta, así como también el número de cápsulas que maduran.

#### 1.4-1:2:3 Temperaturas del suelo

Cuando las temperaturas del suelo bajan de 20°C, incluso por períodos cortos, la toma de agua disminuye y las plantas de algodón suelen volverse mustias, incluso cuando la humedad del suelo es alta. En temperaturas de suelo menores (menos de 10°C), el geotropismo de las raíces del algodón se ve afectado y tiene como consecuencia un crecimiento anormal de las raíces.

Las temperaturas excesivamente altas del suelo también pueden tener efectos adversos. En ciertas regiones el obstáculo principal de la producción de algodón comercial es una excesiva temperatura del suelo. Como ejemplo se puede citar el fracaso en el Punjab, donde la temperatura del suelo, a una profundidad de 25 cm es frecuentemente de 40°C (Sikka y Dastur, 1960).

#### 1.4-1:2:4 Relaciones de luz

Durante el período de crecimiento, es esencial que exista una gran intensidad de luz para obtener un desarrollo vegetativo satisfactorio, una caída mínima de los botones y de las cápsulas y por consecuencia, para obtener altos rendimientos.

Una intensidad de luz reducida, como resultado de la nublosidad, por ejemplo, reduce la tasa de formación de cápsulas y causa un desarrollo vegetativo excesivo. La frecuente marchitez que se puede observar después de las precipitaciones que caen durante el período de crecimiento del algodón, probablemente podrían ser adjudicadas a la reducida intensidad de la luz más que a los efectos de las precipitaciones *per se*. La falta de éxito del crecimiento del algodón en las regiones tropicales con fuertes precipitaciones probablemente se debe al mismo motivo.

El efecto que tiene la intensidad de la luz en los procesos fisiológicos de la planta de algodón, y por consecuencia, en los rendimientos, fue demostrado en un trabajo de investigación realizado en California. La reducción de la intensidad de la luz en un tercio de la intensidad normal, reduce el contenido de carbohidratos de las hojas en un 24%, el de los tallos en un 38%, y el de los capullos en un 8%; el rendimiento del algodón se redujo en un 47%.

#### 1.4-1:2:5 Duración del día

Todos los tipos silvestres de *Gossypium* son plantas de días cortos y no florecen cuando la duración del día excede de 12 horas. Esta

característica, que había hecho imposible la introducción del algodón en latitudes más altas, se ha eliminado mediante la selección continua, de modo que las variedades cultivadas en la actualidad son insensibles a la duración del día.

#### 1.4-1:2:6 Suelos

El algodón posee una alta adaptación a una amplia gama de suelos, y se cultiva en suelos variados. Los rendimientos más altos de algodón en los Estados Unidos se obtienen, por lo general, en suelos aluviales. En la región soviética del Asia, el algodón se cultiva principalmente en **Sierozems**; en Egipto y en el norte de Sudán, se cultiva exclusivamente en suelos aluviales pesados y en Israel crece con éxito en suelos de loess en el neguel árido.

El alto rendimiento del algodón depende de un régimen favorable de aire y de humedad en el suelo, y de aquí la importancia de la estructura del suelo y de su textura. En un cultivo de raíces profundas como el algodón, la profundidad del suelo es también un factor importante, y los suelos poco profundos no son apropiados para estos cultivos.

El algodón no es demasiado sensitivo a las reacciones del suelo y se puede cultivar en una variedad de suelos cuyo pH varía entre 5 y 8, ó más aún. En Sudán se obtiene altos rendimientos en suelos que poseen un pH hasta 9,5.

#### 1.4-1:2:7 Salinidad

Se considera que el algodón es bastante resistente a la salinidad. En una investigación llevada a cabo en Texas, se descubrió que la toma de sodio por el algodón era mucho menor a la que se esperaba tomando en cuenta su abundancia relativa y su disponibilidad en el suelo y en el agua. Esto fue demostrado por la baja acumulación de sodio encontrada en la copa y en las raíces, lo que indica que la tolerancia relativa a la salinidad que tiene el algodón puede deberse, en parte, a la presencia de algún mecanismo selectivo que permite a sus raíces restringir la absorción de sodio (Longenecker et al, 1964).

#### 1.4-1:3 VARIEDADES Y ESPECIES

La gran mayoría de las variedades de algodón cultivadas pertenecen a una de estas dos especies: *G. hirsutum* o *G. barbadense*. Las variedades más cultivadas del mundo pertenecen al *G. hirsutum* (algodón de fibra mediana) que se caracteriza por tener cápsulas grandes, altos rendimientos y fibras mediano-largas. Las variedades de *G. barbadense* (algodón de fibra larga) se caracterizan por tener cápsulas pequeñas, rendimientos más bajos y fibras más largas que la especie

anterior; se cultiva en escala mucho menor pero produce la mejor calidad de fibras requeridas para los textiles de alta calidad. Perú posee virtualmente un monopolio de un cierto tipo de algodón de fibra larga, al que le fijan altos precios.

#### **1.4-1:4 UTILIZACION**

El producto principal es la fibra empleada en la industria textil, en la producción de neumáticos, etc.

#### **1.4-1:5 SEMILLAS**

Hasta fines del Siglo XIX, el 90% de las semillas de algodón se consideraba como desperdicio, del que era muy difícil desembarazarse; el 10% restante se empleaba como semilla.

Después de haber desarrollado métodos para la extracción de aceite de las semillas, éste se transformó en un subproducto muy valorado de la producción de algodón, que se eleva a un 12% del valor total del producto.

El grano de la semilla del algodón constituye el 70% de su peso total y contiene un 30% de aceite.

Después de la purificación y de la remoción de la estearina, se obtiene un excelente aceite de mesa sabroso, que se mantiene líquido en temperaturas relativamente bajas. La estearina se emplea en la manufactura de la margarina. El "soapstock" es un subproducto del proceso de purificación que se emplea en la producción de emulsiones y también para reemplazar parte del alimento concentrado para animales.

Después que la hilaza es removida, la semilla aún queda cubierta por una pelusa de hilazas muy corta. Esta se quita mediante máquinas especiales. Estas hilazas cortas se usan principalmente en la producción de lana de algodón, frazadas, alfombras y celulosa.

#### **1.4-1:6 RENDIMIENTOS**

En varios países hay una tendencia a elevar los rendimientos del algodón mediante mejoramiento de los métodos de producción agrícola y la eficacia de la organización económica.

El rendimiento promedio del algodón en el mundo ha tenido una tendencia a aumentar durante la época 1961-1977. En los países en desarrollo el incremento promedio, es de cerca de un 45%. En América Latina, en general, el incremento es de menos de un 20%, pese a que en algunos países, como México, se alcanzó un incremento promedio de más de un 43%, similar al promedio en los países en desarrollo.

El rendimiento promedio del algodón en los principales países productores de algodón de América Latina se presentan en el Cuadro 7.

CUADRO No. 7. Rendimientos de algodón (Kg/Ha) en América Latina (FAO, 1972).

PAISES	1961	1972	1977
Brasil	627	741	875
México	1717	2092	2461
Argentina	754	856	978
Colombia	1306	1625	1088
Perú	1546	1052	1996
América Latina	1023	1089	1230
Países en desarrollo	674	801	980
Países desarrollados	1461	1544	2026

Existen dos grupos de países claramente diferentes: México, Colombia y Perú, con rendimientos similares, o incluso superiores al promedio de los rendimientos de los países desarrollados; Brasil y Argentina, cuyos rendimientos son mucho menores y se aproximan a los rendimientos característicos de los países en desarrollo.

## 2. PLANTACIONES

### 2:1 INTRODUCCION

Como se señaló anteriormente, desde el punto de vista histórico el cultivo de plantaciones ha sido, por lo general, el primer paso con éxito en el abandono de la agricultura de desplazamiento. Sin embargo, se debe revisar la justificación económica de ciertos cultivos de plantaciones, a la luz de la situación continuamente cambiante. La tendencia general de los precios de estos productos ha sido de baja, durante los últimos años, hay algunos productos cuyo futuro es incierto debido a la competencia de los productos sintéticos, o de los naturales, producidos en regiones templadas.

En el pasado, la mayor parte de los países en desarrollo concentraban sus esfuerzos por completo, o casi por completo, en un sólo producto de exportación, transformándose así en altamente vulnerables a la fluctuación de la demanda y de los precios en el mercado mundial.

Una grave desventaja del cultivo de plantación es la dificultad de acomodar la producción a los cambios en la demanda. Se han hecho grandes inversiones en clareamiento, plantación e infraestructura; asimismo, el período de tiempo transcurrido entre la inversión y la

plantación por un lado, y la producción en escala económica por el otro, es muy largo. Después de haber invertido, es muy difícil adaptar la producción a los cambios en la demanda o en los precios en el mercado mundial, incluso cuando éstos pueden haber cambiado considerablemente en relación a los que existían al tiempo de tomar las decisiones de plantar o ampliar las plantaciones existentes.

## 2.1 BEBIDAS

Las tres bebidas no alcohólicas principales, café, cacao, y té, son producidas exclusivamente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.

### 2.1-1 CAFE

#### 2.1-1:1 IMPORTANCIA ECONOMICA

El café se cultiva prácticamente en todos los países tropicales: el café **arábica** constituye el 90% de la producción mundial y el 10% restante está constituido principalmente por el café **robusta**. Los trópicos americanos producen cerca del 60% de la oferta mundial. El café más que cualquier otro cultivo, se produce para la exportación a pesar de que grandes cantidades están destinadas al consumo interno. El café constituye uno de los dos principales productos de exportación de la mitad de los países de América Latina. América del Sur y América Central son los principales centros productores, y sólo Brasil produce un 40% de la producción mundial. Colombia produce mucho menos que Brasil, pero su producto es de mejor calidad. La mayor parte del café en este país es cultivado por pequeños propietarios en fincas de tamaño familiar.

El café juega un papel preponderante en la economía de varios países en América del Sur y en América Central. En Brasil el café dá los más altos rendimientos y en consecuencia es el cultivo favorito en los lugares donde las condiciones son favorables. Durante varias décadas el café fue el principal cultivo económico en Minas Gerais, hasta que fue desplazado obligadamente por el maíz o los pastos debido al agotamiento del terreno y a la edad de los árboles. La productividad media más alta del café en el mundo es la de Costa Rica.

En Colombia y en Guatemala el café puede producirse en las tierras en declive. Fuera de esto, las alternativas de otros cultivos no son demasiado promisorias en estas regiones en comparación con las otras alternativas al café, en Sao Paulo, Brasil. De aquí que la preponderancia del café en Colombia y en América Central nunca se vio amenazada en la misma medida como lo fue en ciertas partes del Brasil (Hopkins, 1969).

Debido a la gran dependencia en este cultivo, los países que tienen grandes superficies plantadas con café son muy vulnerables a las fluctuaciones de los precios y a la competencia de nuevas superficies plantadas con café.

El problema del café es que a pesar de ser fácil de cultivar, da fruto sólo después de cinco años. Cuando suben los precios se planta en gran escala, con la subsecuente baja de precios cuando los árboles comienzan a dar frutos. De esta forma se producen ciclos de exceso de oferta y de demanda.

Los esfuerzos del Brasil por mantener los precios mediante la destrucción del exceso de producción y mediante la política de imposiciones para reprimir las nuevas plantaciones son ya conocidas. Se han mejorado las cuotas mundiales para mitigar de esta forma los problemas de exceso de producción.

Mientras que el café, y en particular el café de alta calidad, prefiere ciertas condiciones físicas dentro del medio ambiente tropical, las áreas apropiadas disponibles para la producción son mucho mayores a las superficies cultivadas en la actualidad. La distribución del café, en cada país de América Latina se determina principalmente por las cuotas de exportación asignadas en convenios internacionales y no por las condiciones físicas.

### 2.1-1:2 ADAPTACION

Los climas monzónicos son ideales para la producción del café. El café "arabica" se mantiene en estado vegetativo durante la temporada seca y comienza a florecer repentinamente al comenzar el tiempo lluvioso. Debido a que la cosecha se hace a mano, lo que constituye más del 50% de los costos de producción, la ventaja económica de las condiciones climáticas conducentes a un cultivo anual único, producido durante un período relativamente corto, es evidente.

Las zonas de **tierra templada** en América Latina son ideales para el cultivo del café, especialmente donde existen estaciones secas y el suelo es volcánico y poroso. El café producido en estos suelos es de sabor superior.

El gran cinturón de café del Brasil posee condiciones menos favorables, según se demuestra por la calidad inferior del café producido.

El café "robusta" se desarrolla en alturas menores (1200 m) y con una distribución uniforme de precipitaciones anuales de alrededor de 3.000 mm. Las temperaturas pueden variar desde un mínimo de 17°C hasta 27°C durante el año (Ochse y Soule, 1961).

Los suelos volcánicos son ideales para el café que se desarrolla satisfactoriamente en suelos de textura mediana, profundos, con buen drenaje y levemente ácidos. En Brasil, la mayor parte de los cultivos de café se han producido en suelos profundos denominados "tierra roja" (Carvajal, 1972).

En São Paulo y en Paraná, las variedades y la tecnología mejorada del café, junto a los altos precios fijados después de la segunda guerra mundial, condujo a la producción de café en tierras más pobres, al oeste de São Paulo y en el sur en áreas más susceptibles a las heladas. El resultado fue la destrucción apreciable de árboles de café en ciertas áreas nuevas, debido a la sequía y a las heladas de 1963.

### **2.1-1:3 UTILIZACION**

La calidad de los granos que llegan al mercado está altamente influida por la forma de cosechar y elaborar la fruta. Si se desea un producto de alta calidad, la fruta debe ser recogida de los árboles varias veces y se debe cosechar sólo el fruto maduro y rojo. Sin embargo, este método puede ocasionar graves pérdidas debido a la caída de los frutos y a la destrucción causada por los pájaros. Cuando se pone énfasis en la cantidad, el cultivo entero se recoge inmediatamente después que una cierta cantidad del fruto toma el color rojo. En este caso, el fruto puede ser incluso sacudido de los árboles.

El fruto maduro debe ser procesado, adoptando métodos diferentes.

Aún no se ha desarrollado un método para el aprovechamiento en gran escala de la pulpa que queda después de la elaboración, lo que tiene como resultado la contaminación en gran escala de los ríos.

### **2.1-2 CACAO**

#### **2.1-2:1 IMPORTANCIA ECONOMICA**

La mayor parte de la producción mundial de cacao se cultiva en Africa. En América Latina la superficie plantada de cacao es de más de un millón de hectáreas, o cerca de un cuarto del total de la superficie mundial plantada de cacao. Los principales países productores son Brasil y Ecuador (FAO, 1972). En Ecuador, el cacao fue, durante muchos años, un cultivo altamente remunerativo y constituía un 75% del valor de sus exportaciones. Sin embargo, después de 1916, las plantaciones de cacao del Ecuador se vieron altamente afectadas por una serie de enfermedades. Durante la década de 1960 el cacao comenzó a penetrar nuevamente como resultado de variedades mejoradas y de métodos efectivos de control de enfermedades.

#### **2.1-2:2 ADAPTACION**

Las principales regiones productoras de cacao se encuentran en un cinturón que se extiende desde 10°N a 10°S del Ecuador. El cacao crece en alturas desde el nivel del mar hasta los 500 m, pero se desarrolla vigorosamente sólo en alturas menores a los 300 m.

El cacao es muy susceptible a la sequía y requiere precipitaciones parejamente distribuidas de un mínimo de 1.500 a 2.000 mm anuales. Si existen períodos secos debe aplicarse el riego suplementario. Asimismo, la planta es muy sensible a las temperaturas extremas.

En contraste con la susceptibilidad del cacao a la humedad y al régimen de temperaturas, éste puede desarrollarse vigorosamente en una gran variedad de suelos. Sin embargo es esencial que exista un alto grado de materia orgánica y es recomendable el crecimiento de un cultivo leguminoso de cobertura bajo los árboles (Ochse y Soule, 1961).

Las limitaciones más graves en la producción económica del cacao son las pestes y las enfermedades; probablemente sea el cultivo que tiene una mayor cantidad de enfermedades y pestes que cualquier otro en todos los países que lo cultivan (Ochse y Soule, 1961). Uno de los peligros principales es una enfermedad viral llamada "swollen shoot" (brotes hinchados) que causó la destrucción de 25 millones de árboles en Ghana.

### **2.1-2:3 UTILIZACION**

Originalmente el cacao, que es indígena del nuevo mundo, se usaba como trago fuerte y amargo. Sólo después se descubrió la posibilidad de "mejorar" su sabor agregándole azúcar y vainilla, lo que lo transformó en una bebida popular en Europa.

La producción de cacao en polvo fue el resultado del descubrimiento de un método para extraer parte de las grasas del grano; subsecuentemente, la invención de la leche de chocolate expandió ampliamente la demanda del cacao. Mientras que aún es muy usado como bebida, se conoce más en la preparación de chocolates, queques, galletas, etc.

Los residuos que quedan después de la elaboración de los granos frescos pueden ser secados y molidos, para la preparación de alimento para animales.

### **2.1-3 TE**

#### **2.1-3:1 IMPORTANCIA ECONOMICA**

El té es la bebida más difundida en el mundo. Ha sido cultivada durante siglos en las regiones montañosas del sureste de Asia, Japón, y Ceilán, especialmente en minifundos. En una etapa posterior el té fue introducido en Indonesia y Africa. Hacia fines del Siglo XIX se establecieron plantaciones en gran escala, principalmente en los países ya productores de té. El éxito del té en el Nuevo Mundo ha sido

generalmente limitado, a pesar que se ha plantado grandes superficies en Brasil y en la región andina (Ochse y Soule, 1961).

### **2.1-3:2 ADAPTACION**

El té puede cultivarse en las partes más altas de los trópicos y en las regiones subtropicales. Cuando se encuentra en la etapa de dormidera, el arbusto es resistente a las temperaturas congelantes, pero su producción queda limitada a las regiones donde las temperaturas mínimas en invierno no bajan de 0°C.

La producción de un té de alta calidad requiere un clima frío. Las regiones típicamente apropiadas para su cultivo son a los pies de las montañas del Himalaya y en elevaciones de cerca de 1.000 m en Indonesia y Ceilán. El té puede cultivarse en regiones más bajas en los países tropicales pero su calidad se verá reducida correspondientemente.

El mínimo de precipitaciones requeridas para una producción económica de té es un promedio de 2.500 mm, distribuidos en forma pareja durante el año entero. En regiones que poseen un clima monzónico típico se puede cultivar con éxito sólo en altas elevaciones.

A pesar de que el té es muy susceptible a la sequía, las largas horas de sol mejoran considerablemente su calidad.

Los suelos ideales para el cultivo de té deben ser profundos, friables y con buen drenaje. La textura del suelo puede variar de liviana a pesada, pero su pH debe estar en los límites de 5 a 6.

En oposición al cacao, el té es muy exigente en lo relativo a nutrimentos en el suelo y siempre requiere la aplicación de fertilizantes químicos.

Los cultivos de cobertura y los árboles de sombra son de primordial importancia.

### **2.1-3:3 COSECHA Y UTILIZACION**

El té de alta calidad es preferible cosecharlo a mano: deben arrancarse los brotes tiernos con las hojas y con el botón. Sin embargo, debido al gran costo que implica la mano de obra, la cosecha del té se está mecanizando cada vez más, incluso a costa de su calidad.

El principal tipo de té comercializado en el mundo es el "té negro". El "té verde" y el "oolong" se producen casi exclusivamente para el mercado japonés y para el chino. Las hojas de "té verde" se calientan para prevenir la fermentación; el "oolong" es un té parcialmente fermentado.

### **2.1-3:4 RENDIMIENTOS**

Con una fertilización apreciable y con cuatro cosechas al año se pueden obtener altos rendimientos de hasta 3500 Kg/Ha (Ochse y Soule, 1961).

## 2.2 PRODUCTOS INDUSTRIALES

### 2.2-1 PALMA DE ACEITE

#### 2.2-1:1 IMPORTANCIA ECONOMICA

La palma de aceite penetró en el mercado mundial a fines del Siglo XVIII y desde entonces se ha transformado en una de las principales fuentes de aceite vegetal. Después de la segunda guerra mundial los precios subieron abruptamente y quedaron más o menos fijos por un largo período de tiempo, lo que estimuló la expansión de sus plantaciones.

En el pasado, Europa y los Estados Unidos eran los principales importadores de aceite y granos de palma. Durante los últimos años, Asia se transformó en un mercado cada vez más importante; la norma emergente es la tendencia de los países más ricos y desarrollados a importar menos y de los países más pobres de importar más (Hartley, 1967).

En la industria, los aceites y las grasas son altamente intercambiables. Un aceite, cuyo abastecimiento es insuficiente o de alto precio, puede reemplazarse fácilmente por otro aceite. De aquí, que la palma de aceite deba competir en el mercado mundial con otros 13 aceites vegetales y tres grasas animales.

#### 2.2-1:2 ADAPTACION

La palma de aceite es originaria de Africa Occidental y Central y fue transferida por el tráfico de esclavos a otras regiones tropicales. En la actualidad, la palma de aceite existe en estado salvaje, semisalvaje y se cultiva en tres regiones del trópico ecuatorial en Africa, en el Sudeste de Asia y en América (Hartley, 1967). Se cultiva ampliamente en Africa Occidental, y sólo recientemente es que se ha introducido en escala comercial a América Latina (Grobman, 1967). La palma de aceite no se cultiva en selva virgen, pero florece dondequiera que el bosque sea clareado, ya que requiere un área relativamente abierta para crecer y reproducirse.

Por lo general la palma de aceite se cultiva en los trópicos cálidos y húmedos, entre los 10°N y 10°S. Las ubicaciones más favorables son desde el nivel del mar hasta los 300 m, con precipitaciones anuales de un promedio de 3000 mm distribuidas parejamente. Bajo estas condiciones, las palmas maduran su fruto durante el año entero y la cosecha es continua. En regiones monzónicas con una acentuada estación seca, el crecimiento de los árboles es más lento y se obtienen rendimientos más bajos. Esto causa la periodicidad de las frutas y por lo tanto impide la utilización plena de las instalaciones para la extracción de aceite durante todo el año.

El suelo donde crece la palma de aceite debe ser entre levemente ácido a neutral (pH 5,5 a 7,0), debe tener buena aeración y buen drenaje (Ochse y Soule, 1961). La palma de aceite no tolera una capa freática alta constante en suelos impermeables, pero tolera capas freáticas fluctuantes (Hartley, 1968).

### **2.2-1:3 UTILIZACION**

El aceite se extrae por separado de la pulpa exterior de la fruta y de los granos. El primero se denomina aceite de palma y se usa principalmente para la manufactura de margarina; el aceite extraído de los granos (aceite de granos de palma) se utiliza en la producción de jabón (particularmente jabones de tocador) y los aceites de cocina. La torta se comercializa como alimento del ganado. Durante los últimos años, el aceite de palma se está empleando cada vez más en la manufactura de los productos comestibles debido a la gran mejoría de la calidad del aceite proveniente de Africa Occidental. Entre los nuevos usos se pueden mencionar, la manufactura de ácidos grasos, la producción de helados y la pastelería. El aceite del grano de la palma se está usando en la manufactura de detergentes. Otro producto de la palma de aceite es el vino de palma, que se produce en grandes cantidades para el consumo local. El vino tiene alto valor dietético puesto que contiene vitamina B. Cuando hay mercados disponibles, los ingresos que provienen de la extracción de vinos son por lo general mayores que los de la producción de aceite.

La palma de aceite es la planta que tiene los mayores rendimientos de todas las plantas oleaginosas; incluso las plantaciones más pobres de Africa dan mejores rendimientos que las mejores plantaciones de coco (Hartley, 1967). Este factor es el que le permite a la palma de aceite competir en el mercado mundial con muchas otras fuentes de aceite o de grasas.

### **2.2-2 CAUCHO**

#### **2.2-2:1 IMPORTANCIA ECONOMICA**

A pesar de que el caucho sintético tiene gran importancia, el uso del caucho natural y/o la combinación de caucho natural y sintético se ha expandido considerablemente. Hay muchos usos para los cuales el caucho es aún prácticamente irremplazable y constantemente se desarrollan nuevos usos industriales, por lo que las perspectivas que tienen la comercialización del caucho son bastante buenas. Durante los últimos años se han podido mejorar las ventajas económicas de las plantaciones de caucho mediante la introducción de clones de altos rendimientos, la utilización de prácticas modernas de manejos y el estímulo de la secreción de latex, por medio de la aplicación de

productos químicos como el Ethrel. La mayor parte del caucho *hevea* se produce con gran eficacia en minifundos, de modo que provee un cultivo comercial atractivo para el pequeño agricultor.

Por el otro lado, existen ciertas plantaciones de *hevea* que constituyen una de las empresas comerciales más grandes de este tipo. Como ejemplo se puede citar las Plantaciones de Firestone, en Liberia (Africa).

A pesar de que el árbol de caucho (*Hevea brasiliensis*) es originario de la Amazonía, se ha intentado cultivarlo en plantaciones en América Latina pero éstas son de escala limitada.

Los esfuerzos por establecer grandes plantaciones de caucho en la Región del Amazonas (Proyectos de Fordlandia y Belterra) fracasaron, debido a enfermedades y a problemas del suelo, tal vez causados porque las plantaciones no fueron precedidas por una investigación adecuada ni por proyectos piloto (Imle, 1967). Ultimamente los manufactureros han establecido en Brasil varias plantaciones de 1000 hectáreas (Grobman, 1967).

### 2.2-2:2 ADAPTACION

El cultivo de la *hevea* se limita generalmente a las tierras bajas de los trópicos húmedos, entre las latitudes 10° N y 10° S. La precipitación ideal es de 2.000-4.000 mm anuales, distribuida parejamente durante el año entero. La *hevea* se cultiva también en regiones que cuentan con un promedio anual de 1500 mm, o en las que tienen un exceso de precipitaciones hasta de 6000 mm, los días de lluvia no deben ser más de 100-150, para cosechar el látex en forma eficaz.

En las tierras más bajas, los árboles se desarrollan en forma rápida y alcanzan un tamaño adecuado para extraer el látex antes que en los lugares más altos; las plantaciones que se encuentran sobre los 600 m no son consideradas buenas (Ochse y Soule, 1961).

La *hevea* requiere suelos profundos y permeables que tengan buenas condiciones físicas. Una fertilización fuerte es esencial, debido a que gran cantidad de los nutrimentos son removidos con el látex.

El pH óptimo es de 5,0 a 6,0; sin embargo, la *hevea* puede cultivarse en una gran variedad de suelos con reacciones entre pH 4,0 (ácido) a pH 8,0 (alcalino).

## 2.3 CULTIVOS FRUTALES

El número de especies frutales que pueden cultivarse en las regiones tropicales y subtropicales es enorme. El envasado y la elaboración de frutas tropicales como piña, granadilla, naranjilla, cocona, bananos, frutas cítricas, mango, guayaba y *Anona muricata*, no sólo proveen posibilidades de trabajo durante el año entero en las plantas

elaboradoras, sino que también permiten la diversificación de la producción agrícola en grandes superficies (Grobman, 1967).

Aquí se consideran sólo los cultivos típicos más importantes: el banano en los trópicos y los cítricos en regiones subtropicales.

### **2.3-1 BANANOS**

#### **2.3-1:1 IMPORTANCIA ECONOMICA**

Probablemente, el banano es la fruta que más se consume en el mundo. Se cultiva prácticamente en casi todas las regiones del mundo donde no existe peligro de congelamiento. El banano se planta en gran escala para la producción comercial, y en jardines privados para el consumo propio. Los mercados del banano pueden encontrarse a miles de kilómetros de distancia de los centros de producción. Cuando se cultivan para la exportación se hace principalmente en plantaciones comerciales en gran escala, como las de la United Fruit Company.

Los principales países productores en América Latina son Brasil (6188 miles de Ton en 1977), Ecuador (2383), Colombia, Honduras, (1300), Costa Rica, México (1200), Panamá, Venezuela (1000). Las Islas del Caribe son también una importante región productora y la producción de bananos para la exportación está siendo desarrollada en ciertos países africanos.

#### **2.3-1:2 ADAPTACION**

El banano es un cultivo típico de las partes bajas de los trópicos húmedos; sin embargo, se han desarrollado variedades enanas que son menos sensitivas a temperaturas bajas y que pueden cultivarse a mayores altitudes.

El banano necesita mucha humedad. Es muy susceptible al viento y por lo tanto, requiere protección contra vientos fuertes. Una región ideal para el cultivo del banano no debe tener temperaturas menores a los 15°C o mayores de 40°C. Los rendimientos más altos se obtienen cuando las temperaturas no superan los 24°C durante la mayor parte del tiempo.

Las plantas tienen raíces superficiales y por lo tanto el requisito para que la producción tenga éxito es que la capa superficial del suelo sea altamente fértil. Los mejores suelos para el cultivo del banano son los aluviales, con un pH de 4,5 a 7,5.

El principal obstáculo para una producción comercial de banano es, fuera de los factores climáticos y los factores del suelo, la susceptibilidad de las variedades comerciales más importantes a dos enfermedades:

La enfermedad de Panamá, que se extiende rápidamente sobre grandes superficies y que es causada por un organismo del suelo (*Fusarium oxysporum* v. *cubanenses*), que mata las raíces y causa la marchitez y muerte de las plantas. Una destrucción efectiva de este patógeno puede lograrse mediante la inundación del suelo por un período de varios meses.

La enfermedad de la “Sigatoka”, que ataca las hojas, las que pueden ser destruidas en muy poco tiempo. La enfermedad es grave bajo condiciones de precipitaciones frecuentes y gran humedad; se controla mediante la aplicación de fungicidas apropiados.

### 2.3-1:3 UTILIZACION

El banano se consume casi en su totalidad como fruta fresca. El llantén es un tipo de banano adecuado para la cocción. Como cultivo alimenticio, los bananos y el llantén tienen la ventaja de producir buenos rendimientos con alto contenido calórico por unidad de superficie y por hora/hombre. Sin embargo, su bajo contenido de proteínas puede causar serios desequilibrios en la nutrición, con los consecuentes efectos debilitantes para la salud.

La cosecha del banano para la exportación es una operación que requiere alta calificación. Los racimos deben cortarse en el momento preciso, para garantizar que la fruta llegue completamente madura a los mercados, entre 1 y 6 semanas después de ser cosechados como ocurre, por ejemplo, con los bananos cosechados en los trópicos americanos, destinados a los mercados europeos; éstos pueden haber alcanzado sólo dos tercios de su tamaño cuando maduros, alcanzando su tamaño completo y color adecuado sólo cuando son comercializados.

Con los bananos que han pasado la etapa de madurez apropiada para propósitos de exportación se elaboran varios tipos de harinas y pastas.

### 2.3-2 CITRICOS

#### 2.3-2:1 IMPORTANCIA ECONOMICA

Los diferentes tipos de frutas cítricas se cultivan de una forma u otra en casi todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La mayor parte de la producción en las regiones tropicales está destinada al consumo local, mientras que en las regiones subtropicales se produce especialmente para los mercados de exportación. Las condiciones mejoradas de transporte y los métodos de tratamiento de la fruta, permiten que los cítricos compitan con éxito con la fruta de las regiones típicamente templadas, en los mercados de los países desarrollados.

En las regiones más cálidas se cultivan las mandarinas, los pomelos y las limas, mientras que en las regiones subtropicales y en las más frías se cultivan preferentemente las naranjas, las toronjas (grapefruit) y los limones para la producción comercial.

En América Latina la producción de naranjas ha aumentado de un promedio anual de 4.9 millones de toneladas durante el período comprendido entre 1961-65, a 10.9 millones en 1977 y se eleva a un tercero de la producción mundial. Los principales países productores son Brasil, Argentina y México (FAO, 1978).

### 2.3-2:2 ADAPTACION

Los cítricos se cultivan aproximadamente entre las latitudes 44°N y 35°S.

Se pueden encontrar plantaciones de cítricos prácticamente en todos los tipos de suelo. Sin embargo, las plantaciones comerciales remunerativas de naranjas requieren terrenos limosos arenosos profundos, con buen drenaje y que estén en buenas condiciones físicas. Las capas duras bajo la superficie del suelo pueden impedir el éxito de la producción. La toronja (grapefruit) puede crecer en suelos más pesados.

La existencia de un régimen húmedo constantemente favorable es esencial, y como regla general, puede consignarse en las regiones subtropicales sólo mediante el regadío.

### 2.3-2:3 UTILIZACION

Hasta hace pocos años, prácticamente todos los cítricos se consumían como fruta fresca. Con el mejoramiento de los métodos de elaboración, grandes proporciones de esos cultivos se comercializaron en forma de jugos envasados, jugos concentrados congelados, fruta en trozos, etc.

La recolección de ciertas variedades, como naranjas y toronjas, se limita a unos pocos meses durante el año; otras variedades, como los limones y limas, pueden cosecharse prácticamente durante todo el año.

En contraste con los bananos, las frutas cítricas contienen poco almidón y deben cosecharse prácticamente en estado de madurez; es decir, cuando alcanzan su tamaño máximo, cuando contienen suficiente cantidad de sólidos solubles y cuando tienen la proporción adecuada entre el azúcar y los ácidos. El color de la fruta, sin embargo, no indica la madurez; las naranjas pueden recogerse cuando su color es verde y pueden tomar su color típico al llegar a los mercados, por medio del proceso natural o mediante un proceso especial.

### 3. CRIANZA DE ANIMALES

#### 3:1 INTRODUCCION

La importancia económica de la crianza de animales en todos los países desarrollados es un hecho indiscutible.

Mientras más alto es el nivel de vida, mayor es la proporción de proteínas animales en la dieta.

La nutrición mejorada está generalmente vinculada a la agricultura mejorada y viceversa. A pesar que el 60% de la ganadería y la avicultura mundial se encuentran en los países en desarrollo, la proporción de la producción mundial de carne, productos lácteos y huevos en estos países, no excede del 20%-30%. Los principales motivos del bajo nivel de productividad son:

- a. prácticas primitivas de manejo y de alimentación;
- b. falta de servicios veterinarios eficaces;
- c. formas de producción extensivas;
- d. creencias religiosas y costumbres sociales.

El pastoreo abusivo en las regiones en desarrollo ha tenido como resultado, por lo general, la destrucción extensiva de los recursos naturales y una utilidad económica reducida.

Por este motivo, se ha cuestionado la asignación de tierras y de otros recursos a la producción de forraje y a su conversión en alimento animal, especialmente en los países donde la densidad de la población en relación a los recursos de la tierra y el agua disponibles es alta.

El forraje se considera ineficaz desde el punto de vista energético (Fig. 2). Se estima que para producir aproximadamente 1 gramo de proteínas se requieren 20 calorías de alimento animal. La tasa de conversión de calorías del forraje a calorías de alimento animal es aproximadamente 7:1, de modo que 1 gramo de proteína animal requiere 140 calorías de forraje. Aún cuando se hace posible mejorar la tasa de conversión mediante razas mejoradas y técnicas de manejo mejoradas, ésta aún es de 6:1 (O.E.C.D., 1967). Se supone que la ineficacia relativa del cultivo de forraje es el principal motivo por el cual, en las regiones subdesarrolladas densamente pobladas, los cultivos se trabajan casi exclusivamente para el consumo humano directo, cuando la agricultura local se basa en el regadío o en precipitaciones.

Se estima que si se planta una superficie de 1/4 de hectárea de arroz que mantenga a una familia, se necesitará 1 3/4 hectáreas para mantener a la misma familia alimentándola de leche, carne y otros productos animales (Lee, 1957).

Sin embargo, antes de decidir si la producción de forraje es un proceso costoso, debe recordarse que la producción de alimentos

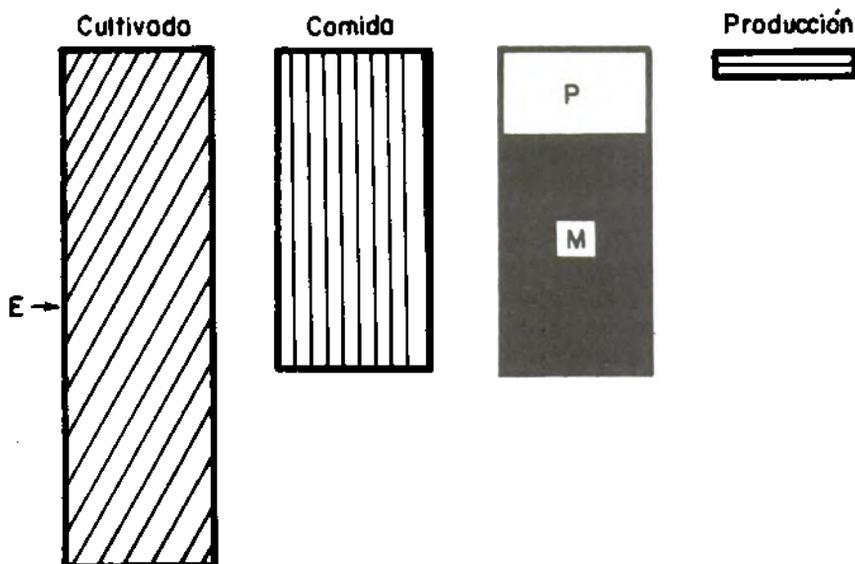


Fig. 2. Flujo de energía en un sistema de producción de forraje – carne. Sólo el 60% de la “energía de forraje” producida (E) es efectivamente consumida por los animales y cerca de las tres cuartas partes de la energía consumida se utiliza para el mantenimiento (M). Del resto de la energía utilizada para la producción, sólo la cuarta parte se encuentra en el producto final. (Fuente: Raimond, 1968); cortesía de la American Society of Agronomy).

para animales es la única forma en que se pueden utilizar vastas superficies cubiertas de pasto permanente, en particular, en regiones de bajas precipitaciones. Los animales se alimentan también de residuos de cultivos que de otra forma serían desechados. El efecto que tiene la introducción de forrajes en la rotación de cultivos sobre la fertilidad del suelo, y por consiguiente el efecto en la productividad general de la agricultura, también debe enfatizarse. Una producción intensiva de ganado es, frecuentemente, un prerequisite para elevar el nivel de vida de muchos sectores de la población agrícola, ya que proporciona alimentos ricos en proteínas, y a la vez provee fuentes de ingreso.

### 3.1 TIPOS DE GANADO

Los principales tipos de ganado criados en América Latina son: bovino, ovino, caprino, porcinos, llamas, alpacas, vicuñas y equinos.

### 3.1-1 GANADO BOVINO

Grandes manadas de ganado bovino, generalmente de baja calidad, vagan en la pampa, en las regiones que se encuentran entre los bosques perennes de la Amazonía y la zona de la costa. Lo mismo ocurre, aunque en menor escala, en las islas, en América Central y en México. Los animales se mantienen principalmente por su carne y su piel, esencialmente para la exportación, y no contribuyen a la economía de los países en forma compensada con su número y potencial, con excepción de Argentina y Uruguay.

Hasta hace poco tiempo atrás no se habían hecho esfuerzos por mejorar esta situación. Sin embargo, los gobiernos y los ganaderos con iniciativa, han progresado bastante en varios países latinoamericanos, promoviendo la producción de ganado bovino mediante la introducción de razas mejoradas, el mejoramiento de los pastizales, servicios veterinarios más eficaces, etc.

Durante 1977, América Latina produjo 8.1 millones de toneladas de carne de bovino y de ternera, cerca del 17% de la producción mundial (FAO, 1978).

#### 3.1-1:1 El búfalo de agua

El búfalo de agua doméstico ocupa un importante lugar entre los animales domésticos de los trópicos. Este es un animal que cumple con tres requisitos: la carne de los búfalos tiernos es de buena calidad y su leche tiene un alto contenido de grasas; su constitución es fuerte y cuando crece alcanza un peso considerable; es capaz de tirar cargas pesadas, bajo condiciones tan adversas que equinos u otros bovinos no podrían hacerlo.

El búfalo tiene un potencial considerable en la región del Amazonas y especialmente en las planicies inundadas, para las cuales está muy bien adaptado. Incluso durante los períodos de inundación puede alimentarse con pastos adecuados. Sin mayores cuidados y subsistiendo sólo de los pastos, puede producir un promedio de cuatro litros de leche diarios, con un contenido de grasas de 7%-10% (da Silva, 1967). El número de búfalos de agua en Brasil ha aumentado de 67.000 en 1961-65, a 216.000 en 1977 (FAO, 1978).

### 3.1-2 GANADO OVINO

La rama más eficiente de ganado en América Latina es el ganado ovino. Sin embargo, la mayor parte de las razas pertenece a las de introducción temprana de Europa y su productividad es generalmente baja. Las principales regiones de ganadería ovina se encuentran en los márgenes secos de la Pampa Argentina, en Uruguay, y más al sur aún, en la Patagonia y en la Tierra del Fuego. También se crían

ovejas en las partes elevadas en México y en los Andes, donde hay alta demanda de lana.

Las cifras comparativas de lana y de carne demuestran que a pesar de que el medio ambiente en Argentina es más favorable que en Australia, Argentina está mucho más atrasada en la productividad (FAO, 1972).

El ganado ovino sufre más que el vacuno de parásitos internos y de enfermedades; además tiende a arrancar el pasto de raíz desnudando por lo tanto, vastas extensiones de terreno, agravando con esto los peligros de la erosión. El pastoreo de rebaños compactos pisotea repetidamente todo lo que se encuentra en su camino y los pequeños cascotes de las ovejas causan mayor daño a plantas jóvenes que los cascotes más grandes del ganado vacuno. Con frecuencia, las razas apropiadas de ganado vacuno están mejor adaptadas a la utilización de las extensiones de pastos que el ganado ovino, puesto que pueden pastar en un radio mucho más grande alrededor de los aguaceros. Por el contrario, el ganado ovino está mejor adaptado a pastar la rala vegetación de regiones desérticas.

El ganado bovino y el ovino no son incompatibles y pueden pastar las mismas superficies. La importancia relativa de ambos depende, por lo general, de la tradición o de las consideraciones económicas.

### 3.1-3 GANADO CAPRINO

El consumo de alimentos está fuertemente relacionado al peso vivo; por lo tanto en los trópicos, la cabra es un convertidor comparativamente eficaz de alimentos en leche y carne. En las regiones donde los alimentos no son abundantes y donde los animales deben defenderse por sí solos, la cabra puede vivir y lactar sin problemas en los lugares donde los alimentos no son adecuados para otros tipos de ganado agrícola.

En ciertas regiones de América Latina se crían grandes cantidades de cabras. Estas reemplazan el ganado ovino en las regiones de tierras tropicales bajas y en particular en las zonas secas como en el noreste de Brasil y en ciertas partes del Perú y México.

A pesar de la importancia que tiene el ganado caprino en muchas partes del trópico, el efecto que éste tiene en la vegetación es muy controversial y se discute si es beneficioso o perjudicial. Se dice que la cabra es la causa principal de la deforestación y de la erosión y se dan muchos ejemplos de drásticos cambios ecológicos.

Por otra parte, se ha demostrado que, la cabra puede ser muy útil en ciertas regiones tropicales, debido a sus hábitos alimentarios, puesto que puede impedir o restringir la intrusión de arbustos a los pastizales. Este es un cambio ecológico no deseado, común en muchas zonas tropicales.

Después de que el ganado bovino u ovino han sacado la cubierta del suelo mediante el pastoreo excesivo, la vegetación prácticamente no puede mantener más vacunos, pero sí puede satisfacer los hábitos alimentarios del ganado caprino. El resultado de esto es que la cabra se encuentra en regiones donde los pastizales fueron destruidos antes de su introducción, ya que están en proceso de erosión debido a la falta de una cubierta del suelo.

Un observador poco crítico generalmente tiene un concepto erróneo al pensar que el ganado caprino es el responsable del cambio ecológico que ha tenido como resultado la erosión. La cabra tropical es frecuentemente, el chivo espiatorio de las consecuencias del pastoreo exagerado del ganado, incluyendo el ganado ovino.

### **3.1-4 LLAMAS, ALPACAS Y VICUÑAS**

La llama, la alpaca y la vicuña, de América del Sur, son animales del altiplano de la cordillera de los Andes y se encuentran en altitudes de más de 3.000 m. Estos animales son de cuerpo pequeño, parecidos a cabras grandes y de patas largas. La llama es un animal de carga, especialmente en el Perú (no se utiliza para arrastrar carretas o herramientas con ruedas), también provee lana, carne y cuero. La alpaca y la vicuña proveen lana de mejor calidad y de mejor precio. Estos animales pueden soportar variaciones de temperaturas diurnas muy extremas. Pueden alimentarse de vegetación xerófila poco densa, de fibra alta y de bajo contenido de nutrimentos digestivos.

### **3.1-5 EQUINOS**

La cría de caballos y mulas es una de las industrias animales más antiguas en América Latina. Los caballos se crían en grandes cantidades especialmente para el cuidado del ganado en ranchos sin cercas. Los burros y las mulas se usan como animales de carga.

## **3.2 SISTEMAS DE CRIANZA DE ANIMALES EN LOS PAISES EN DESARROLLO**

Básicamente existen cuatro sistemas principales de crianza de animales:

- a. sistemas extensivos: pastoreo nómado, pastoreo sedentario;
- b. sistemas intensivos: agricultura mixta en pequeña escala, crianza de ganado en mediana y gran escala.

### 3.2-1 SISTEMAS EXTENSIVOS

#### 3.2-1:1 SISTEMAS DE PASTOREO NOMADA

El mejor aprovechamiento que se puede obtener de las regiones desérticas, como tales, es el pastoreo extensivo de ganado. El **nomadismo** y el **pastoreo transhumante** son adaptaciones naturales anti-quísimas a una vegetación rala, al crecimiento de la vegetación en ciertas estaciones del año y a la sequedad de los abrevaderos que son todas características de las regiones áridas; por lo tanto, ésta es la forma tradicional de aprovechamiento de la tierra en grandes extensiones desérticas en todas las regiones secas del mundo. Incluso los animales salvajes migran espontáneamente bajo estas condiciones y, de la misma forma, el pastor nómada va tras la lluvia según las estaciones del año, buscando nuevos pastos. Estos pastos pueden aprovecharse de dos maneras: **transhumancia**: 1) los rebaños pasan de una región a la región adyacente por unos pocos meses durante el período productivo de esta última; 2) **nomadismo en vastas extensiones**: implica la migración temporal de toda la población con sus rebaños; el recorrido de grandes distancias a lo largo de rutas fijas, alternando diferentes tipos de superficies de pastos o “moviéndose con la lluvia” a lo largo de vastas extensiones en el desierto. Esto implica que toda la tribu viva continuamente en carpas y una forma de vida completamente nómada.

Los métodos primitivos de pastoreo proveen un nivel de vida muy bajo a los pastores, quienes tradicionalmente, siempre buscan fuentes de ingresos suplementarias. Esta forma de pastoreo nunca se ha dado ni se da en América.

#### 3.2-1:2 SISTEMAS DE PASTOREO SEDENTARIO

En las regiones donde las precipitaciones son mayores y más confiables que en las regiones desérticas, pero donde son aún insuficientes para cultivos arables, surgen sistemas sedentarios de ganadería, a pesar de la larga temporada seca que sigue a la temporada de la lluvia. Las dos características principales del pastoreo sedentario son: 1) la construcción de cercos, o por lo menos, la demarcación de límites que permitan procedimientos de pastoreo planificados; 2) el establecimiento de abrevaderos, que mediante una adecuada separación permitan inducir a un pastoreo uniforme. Asimismo el establecimiento de instalaciones de sal donde el ganado pueda alimentarse por sí mismo en los lugares apropiados, reduce el pastoreo localizado. Mediante el empleo de métodos modernos, grandes inversiones de capital y vastas superficies por granja ganadera, se puede lograr un nivel de vida satisfactorio. El pastoreo sedentario es muy común en América del Sur y en América Central.

Al pastoreo sedentario del ganado se le considera generalmente como un sistema para la producción de carne, pero en ciertas regiones de América del Sur y en la isla de Puerto Rico, el ganado criollo se mantiene en igual forma para la producción lechera, se ordeña mediante un sistema de cubos portátiles que se llevan a las zonas en las que se encuentra el ganado. Gran parte de la leche de Caracas (Venezuela), por ejemplo, se produce en las proximidades del Lago de Maracaibo, en pastores situados en una región de pocas precipitaciones.

Las granjas lecheras consisten, por lo general, de un mínimo de cinco o seis cabezas de ganado lechero; cada una se ordeña por separado en terreno abierto. La leche se conduce a un depósito central, se refrigera y se transporta en barcos refrigerados al mercado de leche fresca (Webster y Wilson, 1966).

La mayoría de las fincas en los países latinoamericanos están dedicadas al ganado para carne. Por lo general es ganado de la raza "criolla", que es una combinación de razas originalmente importadas de España y Portugal de baja productividad. Sin embargo, en las fincas más progresistas se está criando más una raza cruzada con ganado Zebú como uno de los progenitores.

Gran parte de la superficie que se utiliza actualmente en las fincas ganaderas es tierra de baja productividad o se encuentra en regiones con muy pocas precipitaciones. Debido a esto, se requieren vastas superficies y grandes inversiones de capital para poder lograr una finca ganadera eficiente. Se deben establecer cercas, empalizadas, mataderos y estanques donde el ganado pueda sumergirse y proveerse de agua.

En varios países latinoamericanos, las fincas ganaderas están en manos de grandes compañías, que pueden proveer el capital y el conocimiento técnico y que tienen la posibilidad y el equipo necesario para exportar la carne en forma eficiente y económica desde las regiones de producción a los países consumidores.

Se ha sugerido la finca ganadera colectiva como una solución posible, donde varios ganaderos combinen sus reses y otros recursos, para facilitar la consecución del capital esencial para el desarrollo. Sin embargo, hasta hace poco tiempo atrás existían sólo contados ejemplos de estas fincas ganaderas cooperativas que tuvieron éxito (Webster y Wilson, 1966).

Las principales limitaciones de las fincas ganaderas en los países tropicales y subtropicales son (Webster y Wilson, 1966):

- a. **Falta de especialización:** en los países desarrollados los ganaderos se especializan en una de las ramas: selección de nuevas razas, cría de animales o producción de leche para el mercado. En los países desarrollados todas estas especializaciones se ejecutan, por lo general, en una sola finca.

- b. Distancias del mercado y malas comunicaciones:** esto tiene como resultado altos costos de fletes; y el transporte del ganado a los mercados causa la pérdida de peso, alta mortalidad y baja calidad de los animales.
- c. Falta de buenos mercados locales:** debido al bajo poder adquisitivo de la población en los países en desarrollo, la mayor parte de la carne se exporta. Los requisitos de calidad de la carne para la exportación son muy elevados y su control es riguroso. Las medidas técnicas requeridas para mejorar la salud y los niveles de sanidad de los animales exigen grandes inversiones de capital.
- d. Temporada de la producción de forraje:** debido a fluctuaciones en la producción de forraje, los animales suben de peso durante parte del año y luego bajan gran parte de lo ganado. Los años de sequía pueden obligar a vender las reses con pérdida, o incrementar su mortalidad.
- e. Falta de disponibilidad, o altos precios de cosechas de subproductos, forraje y concentrados:** como resultado de esto, la fluctuación mencionada no puede compensarse.

A pesar de tales dificultades y limitaciones, las perspectivas futuras de las granjas ganaderas son promisorias. De acuerdo a los pronósticos de la FAO (1971), se espera que en la década entre 1970-1980 aumente en los países desarrollados la demanda de carne de vacuno, ternera, cabrito y cordero mucho más rápido que la oferta local. Las provisiones exportables de los países exportadores parecen estar por debajo de los requisitos de importación efectivos a precios fijos. Por lo tanto, los países en desarrollo se beneficiarán si estimulan la expansión de la producción de carne de vacuno y ternera en especial, pero también se beneficiarán con la producción de carne de cordero.

### **3.2-1:3 MANEJO APROPIADO DE LAS EXTENSIONES DE TERRENO Y DEL GANADO**

El manejo y el aprovechamiento eficientes de las extensiones de terreno es esencial. La labranza y la siembra en gran escala de especies mejoradas de pastos, por lo general no son económicas. Por lo tanto, los sistemas de pastoreo deben enfatizar un manejo del pastoreo que induzca a la utilización de las mejores especies y que tengan un máximo de productividad a lo largo del año entero.

Los resultados experimentales demuestran que la aplicación de fertilizantes a los pastos puede incrementar apreciablemente la producción animal en tierras de sabana. Mediante la aplicación de fosfa-

tos se mejoraron incrementos de peso diarios en 21%-30%, y en ciertos casos, hasta en un 60%, al agregar cobalto (da Silva, 1967).

Donde la aplicación de fertilizantes no se justifica económicamente, es esencial que ciertas partes de la granja descansen a intervalos regulares, mediante prácticas de pastoreo apropiadas.

El factor más importante que garantiza un uso eficiente de los terrenos es la mantención del equilibrio entre el número de animales que pastan en él con la cantidad anual de crecimiento de las hierbas que pueden ser pastadas, sin alterar la capacidad de producción del terreno. Esto puede lograrse mediante la mantención de un número de reses menor al número que puede ser alimentado con la producción promedio de forraje; la reducción del número de reses durante períodos prolongados de sequía; y creando reservas de forraje.

## 3.2-2 SISTEMAS INTENSIVOS

### 3.2-2:1 AGRICULTURA MIXTA

La importancia y las ventajas de la agricultura mixta de los cultivos agrícolas y de cría ganadera, se trató bajo el tema de la utilización de la tierra en países en desarrollo.

Sin embargo, en la introducción de la agricultura mixta a la agricultura tradicional existen ciertas dificultades (Webster y Wilson, 1966):

- a. **Tamaño de las parcelas:** en los minifundios, generalmente es imposible reservar superficies para el pastoreo o para la producción de forraje, o cargar con los costos de las empalizadas, las instalaciones de agua, etc.
- b. **Provisión de ganado productivo:** la producción intensiva de ganado requiere razas o cruces altamente productivos. La crianza de nuevas razas, su selección y multiplicación requiere, por lo general, un elevado nivel profesional y una comunidad agrícola eficientemente organizada, disponiendo de centros de inseminación artificial, registros de cría, regulaciones para la prevención del cruzamiento de toros no deseados, etc.
- c. **Alimentos suplementarios:** es esencial mantener el equilibrio de producción estacional de cultivos forrajeros y prevenir las deficiencias en la nutrición\* (proteínas, vitaminas, minerales). Esto requiere el conocimiento de los métodos alimentarios, y general-

---

(\*) Los pastos tropicales y otras plantas para forraje son nutritivamente deficientes debido a la baja fertilidad del suelo en el que crecen. La mayor parte de la vegetación exuberante consiste en agua y fibras, mientras que el contenido de proteínas es bajo y los carbohidratos digeribles son relativamente deficientes (Lee, 1957).

mente es muy costoso. Sin embargo, desde el punto de vista positivo, gran parte de las semillas productoras de aceite del mundo (semillas de algodón, maní-cacahuete, coco, sim-sim, palma de aceite, etc.) se producen en los trópicos. En el pasado estos cultivos se exportaban sin ser elaborados y el aceite se aprovechaba y los residuos servían para alimentar el ganado vacuno. Con el aumento de la industrialización en los trópicos, los países productores extraen aceite cada vez más. Actualmente se exportan también los residuos que sirven de alimento animal y a medida que aumente la demanda de productos animales, la alimentación mediante estos residuos será económicamente positiva.

Existen también los productos ricos en almidones, como el maíz, el salvado del arroz, la batata dulce y la mandioca. Fuera del salvado del arroz, estos alimentos deben existir en abundancia, desde el punto de vista de las necesidades económicas y alimentarias del propietario, para que comience a alimentar con ellos el ganado.

Otros problemas incluyen la necesidad de viviendas, problemas de higiene y dificultades de comercialización.

### **3.2-2:2 GANADERIA INTENSIVA EN GRAN ESCALA Y EN ESCALA INTERMEDIA**

La proporción de granjas incluidas en esta categoría es pequeña. Sin embargo, existen amplias superficies en los trópicos y subtrópicos que son apropiadas para este tipo de utilización del terreno y, al parecer, el número de granjas en esta categoría aumentará mucho en el futuro (Webster y Wilson, 1966). En muchos casos, los agricultores de los trópicos húmedos de América Latina han observado que la plantación de pastos como el Pangola, Jaragua, Guinea, Napier y otros, inmediatamente después del clareamiento de bosques, es simple y barata. La producción de carne basada en pastos plantados se encuentra en aumento especialmente en Brasil y en América Central (Grobman, 1967).

Se ha estimado que cuando los nutrientes del suelo y el agua no constituyen factores limitantes, el potencial biológico de los pastizales en los trópicos con más de 40 toneladas de materia seca por hectárea, es más del doble del potencial en las zonas templadas (Cooper, 1970).

En ciertas regiones de los trópicos, como las islas del Caribe y las regiones más fértiles y con mejor drenaje de América del Sur, es posible producir pastos intensivos en gran escala, que pueden competir con los mejores pastizales de zonas templadas del mundo en lo relativo a la productividad animal. Por ejemplo, en las granjas ganade-

ras del Oeste de Venezuela, la producción de carne era anteriormente de 4 Kg de peso por hectárea al año, los pastos mejorados hicieron posible la producción de 200 Kg, y con regadío y fertilización adecuada se pueden producir 1.000 Kg/Ha y más aún (Dumont, 1967). Actualmente este potencial es muy poco explotado ya que los suelos fértiles en los trópicos se usan generalmente para cultivos comerciales más que para la producción de pastos.

Por ejemplo, muchas regiones en las islas del Caribe se usan para la producción de caña de azúcar más que para pastos, ya que las ganancias de la producción de azúcar han sido mayores que el potencial de ganancias en la producción ganadera durante 300 años.

Los factores que pueden cambiar la situación es el alza del costo de la mano de obra y el incremento de la demanda mundial de carne, que comparativamente requiere menos intensidad de mano de obra. Por estos motivos se ha registrado en la última década un aumento en las superficies de pasto y una disminución en la producción de maíz, en ciertas regiones en América del Sur, por ejemplo.

#### BIBLIOGRAFIA

1. ADAIR, C. R., MILLER, M. D. y BEACHELL, H. M. Rice improvement and culture in the U.S.A. *Advances in Agronomy* 14:61-104. 1962.
2. AYKROYD, W. R. y DOUGHTY, J. Legumes in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Nutrition Studies* no. 19. 1964. 138 p.
3. BARNES, A. C. The sugar cane. World crop books. Polonin, N. ed. New York, Leonard Hill, 1964. 138 p.
4. BAUER, A., YOUNG, R. A. y AZBUN, J. L. Effects of moisture and fertilizer on yields of spring wheat and barley. *Agronomy Journal* 57:354-356. 1965.
5. BENNETT, W. H. et al. Fifty years of dry land research at the Nephi Field Station. Utah, Agricultural Experiment Station. *Bulletin* no. 371. 1954. 81 p.
6. CARVAJAL, J. F. Cafeto – cultivo y fertilización. Berne, Instituto Internacional de la Potasa, 1972.
7. CHANDLER, R. F. An analysis of factors affecting rice yield. *International Rice Commission Newsletter* 12(4):1-17. 1963.
8. CHANDRAYATNA, M. F. Photoperiod response in rice (*Oryza sativa* L.): effects on inflorescence initiation and emergence. *New Phytologist* 53:397-405. 1954.
9. COOPER, J. P. Potential production and energy conversion in temperature and tropical grasses. *Herbage Abstracts* 40:12. 1970.
10. DILLEWIJN, C. van. Botany of sugarcane. Waltham, Mass., *Chronica Botanica*, 1952. 371 p.
11. DUMONT, R. Les problemes agraires des Ameriques Latina. In *Les problemes Agraires en Ameriques Latines*. Paris, Centre National de la Recherche Scientifique, 1967. pp. 37-45.

12. EATON, F. M. y ERGLE, D. R. Effects of shade and partial defoliation on carbohydrate levels and the growth, fruiting and fiber properties of cotton plants. *Plant Physiology* 29:39-49. 1954.
13. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Agricultural commodity projections 1970-1980. Roma, 1971. v. 1.
14. \_\_\_\_\_. Production yearbook 1972. Roma, 1973. 496 p.
15. \_\_\_\_\_. Production yearbook 1977. Rome. 1978.
16. GOURON, P. The tropical world: its future status. London, Longmans, 1958. 159 p.
17. GROBMAN, A. Cropping patterns; present and future. In Turk, K. L. y Crowder, L. V. eds. Rural development in tropical Latin America. Ithaca, New York State College of Agriculture, 1967. pp. 303-314.
18. HARTLEY, C. W. S. The oil palm. London, Longmans, 1967. 706 p.
19. HOPKINS, J. A. The Latin American farmer. Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service, 1969. 138 p.
20. IMLE, E. P. The region and its problem. In Turk, K. L. y Crowder, L. V. eds. Rural development in tropical Latin America. Ithaca, New York State College of Agriculture, 1967. pp. 34-36.
21. KADDAH, M. T. y GHOWAIL, S. I. Salinity effects on the growth of corn at different stages of development. *Agronomy Journal* 56:214-217. 1964.
22. KRISTENSEN, T. The food problem of developing countries. Paris, O.E.C.D., 1968. 114 p.
23. LEE, D. H. K. Climate and economic development in the tropics. New York, Harper, 1957. 182 p.
24. LEHANE, J. J. y STAPLE, W. J. Influence of soil texture, depth of soil moisture storage, and rainfall distribution on wheat yields in South-Western Saskatchewan. *Canadian Journal of Soil Science* 45:207-219. 1965.
25. LEONARD, W. H. y MARTIN, J. H. Cereal crop. New York, MacMillan, 1963. 842 p.
26. LONGENECKER, D. E., THAXTON, E. L. y LYERLY, P. S. Nutrient content and nutrient ration of irrigated cotton as affected by irrigation frequency, water quality and other factors. Texas. Agricultural Experiment Station. Bulletin no. 728. 1964. 20 p.
27. MANN, H. H. Pulse grain crops in the Middle East. *Empire Journal of Experiment Agriculture* 15:249-259. 1947.
28. MANUEL, G. D. The challenges of an expanding beet sugar industry. *American Society of Beet Sugar Technology* 13:9-12. 1964.
29. OCHSE, J. J. y SOULE, M. J. Tropical and subtropical agriculture. New York, MacMillan, 1961. 2 v.
30. ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. The food problem in developing countries. Paris, 1967.
31. OTA, K. et al. Studies on the salt injury to crop. Gifu-Ken Prefatural University, Faculty of Agriculture, Research Bulletin no. 7. 1956.
32. PEARSON, G. A. y BERNSTEIN, L. Salinity effects at several growth stages in rice. *Agronomy Journal* 51:654-657. 1959.
33. PILKINGTON, W. G. World surplus still growing. *Review* 42:59-68. 1965.

34. RAYMOND, W. F. Efficiency of land use for ruminant production. In Forage, economics-quality. Madison, Wisc., American Society of Agronomy. Special Publication no. 13. 1968. pp. 25-33.
35. SCHNEIDER, B. H. The nutritive value of corn. In Sprague, G. F. ed. Corn and corn improvement. New York, Academic Press, 1955. pp. 637-678.
36. SHAW, R. M. Climate requirement. In Sprague, G. F. ed. Corn and corn improvement. New York, Academic Press, 1955. pp. 315-341.
37. SIKKA, S. M. y DASTUR, R. H. Climate and soils. In Cotton in India. Bombay, Examiner Press, 1960. v. 1, pp. 40-59.
38. SILVA, A. R. DA. Physical and geographic conditions. In Turk, K. L. y Crowder, L. V. eds. Rural development in tropical Latin America. Ithaca, New York State College of Agriculture, 1967. pp. 26-36.
39. THARP, W. H. The cotton plant; how it grows and why its growth varies. U.S. Department of Agriculture, Handbook no. 178. 1960. 16 p.
40. VALLE, C. L. DEL y BABE, E. Tolerancia del arroz al cloruro de sodio en cultivos de riego. Argentina, Estación Experimental Agronómica. Boletín no. 66. 1947.
41. WATT, R. D. The problems and possibilities of growing wheat in Australia. Empire Journal of Experimental Agriculture 16:187-194. 1948.
42. WEBSTER, C. C. y WILSON, P. N. Agriculture in the tropics. London, Longmans, 1966. 488 p.



# INDICE DE MATERIAS

## A

- Abonos orgánicos: 139, 147, 156, 157, 161, 167, 172, 269, 326  
vegetales, 167, 168
- Aceite(s): de semillas, 390  
palma de, 304 (ver también Palma de aceite)  
vegetales, 190, 202, 390
- Actitudes: del agricultor, 291, 292, 293  
hacia la agricultura, 275, 296  
hacia la mujer, 294, 295, 296
- Acuífero: invasión de aguas saladas, 82
- Adiestramiento vocacional: (ver también Educación vocacional)  
de gente joven, 217-218  
de la mujer, 295
- Administración nacional de riego: 336
- Afganistan: 246
- Africa: 78, 82, 88, 154, 157, 173, 272  
Central, 170  
del Norte, 47, 133  
Occidental, 170  
Oriental, 170, 173, 214  
tenencia de la tierra en, 298-299  
tradiciones sociales, 294  
tropical, 294, 298
- Agricultor(es): asociaciones de, 230  
actitudes, 291, 292, 293  
características, 291-293  
comportamiento, 190, 194  
conducta, 190, 194  
de lenta adopción, 207, 330  
de subsistencia, 293, 315, 331  
educación, 204-212, 291  
factores socioculturales del, 194  
grandes, 332 (ver también terratenientes)  
hombre de negocios, 212  
ingresos del, 158, 293  
motivos, 292, 293  
organizaciones de, 230, 336  
participación de los, 284, 285  
participación en extensión, 216-217  
pequeños, 324, 331, 332, 336  
perfeccionamiento, 209-212  
progresistas, 330  
rezagados, 207
- Agricultura: actitudes hacia, 275, 296  
árabe, 235  
cambios en la, 245 (ver también modernización de la,  
capitalista, 333  
comercial, 184, 314, 318, 328-329, 333  
consolidada, 281  
de América Latina, 191, 192  
de común, 281  
de desplazamiento: (ver cultivos de desplazamiento)  
de regadío: (ver de riego)  
de riego, 108-149, 226, 228, 272  
permanente, 127-149  
tipos principales, 109-121  
y reforma agraria, 301  
desarrollo de la, 97, 182 (ver también modernización de la.)  
de secano, 266  
de subsistencia, 293, 315, 330  
estudiantes en, 296  
fuerza disponible para la, 272  
industrializada, 329  
ingresos de la, 187; 188  
mano de obra en la: (ver mano de obra)  
mixta, 236, 389  
moderna, 95, 174, 190, 192, 292, 297, 330  
modernización de la, 96, 187, 190, 192, 195, 275, 292, 297  
en América Latina, 191, 192  
papeles, 181-191  
pastoral nómada, 105, 106-107, 108  
posición social, 275  
primitiva, 172  
productividad, 188, 210  
producto doméstico bruto, 181-182  
subtropical, 197  
tradicional, 94, 98, 181, 186, 187, 188, 189, 192, 229, 251, 253, 265, 267, 271, 282, 283, 292, 297, 306, 315, 327-328, 333  
transformación: (ver Modernización de la.)  
tropical, 197
- Agronomía: 222
- Agroquímicos: 211 (ver también fertilizantes, fungicidas, pesticidas, herbicidas)

- Agua(s)**  
 almacenamiento, 57, 59, 64-66, 228, 347  
 calidad, 60, 129-132, 134, 148  
 cantidad a aplicar, 123-124  
 cisternas, 58  
 conservación, 250  
 corrientes de, 57  
 costos, 70-71, 275  
 depósitos, 57-58  
 desalinización, 68, 72  
 desviación, 228  
 de riego: calidad, 129-132  
   efectos en los suelos, 135-136  
 en el mundo, 51-54  
 freáticas, 60  
 fuentes no convencionales, 66-69  
 legislación, 72-75  
 necesidades de, 124  
 pérdidas, 21, 26, 125-126  
 precio, 70-71  
 recursos de, 328  
 requerimientos de, 68, 160  
 servidas, 67  
 sustancias fitotóxicas, 131-132  
 subterráneas, 59-66  
   almacenamiento, 64-66  
   calidad, 60, 134, 148  
   mejoramiento, 135  
   de alta salinidad, 106, 122, 133  
   definiciones, 59-60  
   extracción, 62-64  
   extracción exhaustiva, 61-62  
   importancia, 60  
   movimiento, 61  
   recarga, 64  
   utilización, 61-62  
 uso eficiente, 122-126, 200, 244-245
- Ahorro(s)**  
 fuentes de, 182  
 inversión productiva de, 277  
 nivel de, 334  
 reforma agraria y, 300
- Alcalinidad: (ver Salinidad)**  
 fertilizantes y, 84
- Alcalinización:** 149
- Aldeas árabes en Israel:** 275
- Alfabetización:** 210-211
- Alfalfa:** 168
- Algodón:** 70, 112, 163, 171, 173, 174, 214, 227, 233, 243, 249, 272, 319  
 adaptación, 364-367  
 agua, requerimientos, 364-365  
 control de insectos, 260  
 importancia económica, 363-364  
 rendimientos, 192, 368-369  
 semillas, 368, 390  
 tizón bacteriano del, 258  
 utilización, 368  
 variedades, 272, 367
- Alimentos**  
 autoabastecimiento, 237  
 calidad, 335  
 cultivo de, 198  
 legumbres, 355
- Alimentos, cont.**  
 para animales, 284-345  
 precios, 309  
 procesamiento, 190  
 producción *per capita*, 181, 183  
 provisión de, 182-183, 327, 334
- Almacenamiento:** 194, 245, 284, 313, 314, 318-319, 332  
 depósitos públicos de, 313
- Almidón:** 344, 390
- Alpacas:** 159, 382, 385
- Altitudes y zonas ecológicas:** 158-159
- Amazonas:** 29, 37, 48, 55  
 ciencia del, 106  
 región del, 383  
 valle del, 317
- Amazonia:** 383
- Ambiente:** 3-34, 197  
 sociocultural, 212
- América Central:** 37, 77, 98, 181, 193, 213, 317, 383, 386
- América Latina:**  
 agricultura de casi subsistencia, 315  
 agricultura comercial, expansión, 368  
 agua, reservas de, 53  
 algodón, 363, 368  
 arroz, 183, 351, 352, 354  
 bananos, 478  
 cabras, 384  
 cacao, 372  
 café, 370  
 caucho, 377  
 cítricos, 380  
 caña de azúcar, 330, 360  
 cereales, 341  
 climas, 28-32  
 control de enfermedades, 260  
 control de plagas, 260  
 cría de animales, 236  
 cría de aves, 236  
 cría de porcinos, 236, 282  
 cultivos: de exportación, 184-185  
   múltiples, 241  
 densidad de población, 82  
 desastres, 6-7  
 ejército como fuente de desarrollo, 218-219  
 equinos, 385  
 erosión de suelos, 77  
 estrategia de desarrollo, 323  
 estudiantes y profesores de agricultura, 222  
 extensión, 208, 222  
 fertilizantes, uso de, 248-249, 257  
 frijoles secos, 357  
 fuerza laboral, 88, 185-186  
 fuerza laboral en agricultura, 91, 92, 93  
 fuerza laboral disponible para la agricultura, 272  
 ganado bovino, 383  
 ganado ovino, 383  
 garbanzos, 358  
 guisantes, 359  
 habas, 358  
 industrias que procesan producción agrícola, 235

- América Latina, cont.  
 instrumentos agrícolas, 267  
 introducción de nuevos productos agrícolas, 234  
 inversiones en recursos de tierra y agua, 98  
 latifundios, 298  
 latitudes, 3  
 legumbres, 356, 357  
 maíz, 237, 342, 345, 346, 357  
 mapas del suelo, 35  
 mecanización prematura, 268  
 mercado agrícola, 315-316  
 minifundios, 303  
 modernización de la agricultura, 191, 192  
 palma de aceite, 375  
 pastoreo sedentario, 386  
 pesticidas, 310  
 plantaciones, 154  
 población rural, 91  
 precipitaciones, 5, 10  
 producción agrícola, 38, 184, 191-192  
 producción bruta anual, 91  
 producto doméstico bruto, 182  
 productos agrícolas principales, 341-393  
 red de transporte, 326  
 reforma agraria, 298-299, 305  
 relación población/recursos, 37  
 riego, desarrollo de, 55, 231-234  
     moderno, 112-113  
 sector agrícola, 184  
 servicios de almacenamiento, 319  
 sistemas de extensión, 212-214  
 suelos, fertilidad de los, 42  
     superficie, 36  
 tecnologías agrícolas, nuevas, 191, 192  
 temperaturas, 18  
 tenencia de las tierras, 298-299  
 tierras altas, 157-158  
 tierras regadas, 113  
 tracción animal, 269  
 trigo, 346, 347, 350, 351  
 uso de la tierra, 106  
 zonas, 3-4  
 Ancianos: (ver gerontocracia)  
 Andes: Cordillera de los, 48, 385  
 Andina: región, 47, 54, 63, 77, 106, 112, 157, 158, 159, 185, 317, 384  
 Andosoles: 49  
 Analfabetismo: 181, 209, 210  
 Anhídrido carbónico: 18, 26  
 Animación rural: 217  
 Animales de tiro: 156, 326 (ver también tracción animal)  
     alimentación 211, 284  
     introducción, 270  
     masas, 211  
     tratamiento, 211  
*Anona muricata*: 377  
 Antillas: 30  
 Apio: 159  
 Arado: 162, 268  
     mínimo, 162  
     mecánico, 171  
 Argelia: 325  
 Argentina: 7, 31, 32, 47, 77, 90, 92, 94, 191, 210, 213, 214, 215, 216, 234, 279, 299, 342, 345, 350, 356, 362, 368, 383, 384  
 Arizona: 81  
 Arcilla: 146  
*Arracacia xanthorrhiza*: 159  
 Arrendatarios: 271, 299-300, 336  
 Arroyos: 109-110  
 Arroz: 69, 89, 100, 112, 121, 141, 148, 169, 170, 183, 199, 202, 214, 233, 239, 246, 249, 252, 253, 254, 257, 276, 285, 317, 319, 332, 341, 342, 354-355, 390  
     adaptación, 352-354  
     costos, 312  
     cultivos múltiples, 240  
     importancia económica, 351  
     mecanización, 273, 280  
     precios, 309  
     preparación de los campos, 270  
     rendimientos, 191, 352, 354-355  
     resistencia al vuelco, 256  
     rotaciones con, 171-172  
     utilización, 352, 355  
     variedades, 241, 242, 243, 245, 246, 261, 336, 352  
     variedades y fertilizantes, 256  
 Arveja: 168  
 Asia: 88, 133, 154, 157, 246, 272  
     Sudoeste, 199, 242  
     Sudoriental, 170, 172  
     Sur de, 242  
     Sur este, 242  
 Asnos: 269  
 Aspersión, riego por: 117, 125, 139 (ver también rociadores)  
*Atriplex*: 148  
 Australia: 81, 90, 92, 164, 165, 192, 239, 279, 347, 384  
 Avena: 168, 341  
 Avenidas: 54  
 Aves: cría de, (ver Avicultura)  
 Avicultura: 236, 238, 381  
 Azadón: 157, 159, 173, 267  
 Azúcar: 184, 238  
     caña de, (ver Caña de azúcar)  
     demanda mundial, 361  
     producción, 359-361, 391  
     remolacha, (ver Remolacha azucarera)  
     rendimientos, 360

**B**

- Balance: energético, 22-23  
     salino, 138, 140  
 Banano: 32, 155, 156, 183, 184, 202, 227, 235, 238, 249, 304, 377  
     adaptación, 378  
     enfermedad de Panamá, 378  
     importancia económica, 378  
     sigatoka, 260, 329  
     utilización, 379

- Banco(s): agrícolas, 312  
de desarrollo, 312  
de Desarrollo Asiático, 336  
Interamericano de Desarrollo, 234, 236  
Internacional de Reconstrucción y Desarrollo, 332  
Mundial, 312  
servicios de almacenamiento, 319
- Barbecho(s): 111, 157, 165, 168, 280  
con vegetación, 149-150, 151, 152, 169, 170  
mejorados, 170
- Batata dulce: 390
- Bebidas: 235
- Bemisia gossypiperda*: 262
- Bibliografías: 33-34; 100-104; 174-177; 195-196; 205-206; 224-225; 286-290; 319-322; 337-338; 391-393
- Bicarbonato: 138  
peligro del, 131
- Blaney y Criddle: método de, 23-24
- Bolivia: 31, 37, 94, 154, 157, 182, 183, 218, 300, 305, 324, 356
- Bombas de riego: 187, 231, 281
- Bombeo mecánico: 275
- Boro: 131-132, 138
- Bosque(s):  
clareamiento, 272  
quemado, 272  
talado, 56, 272  
tropical, 46
- Brasil: 6, 7, 29, 37, 73, 90, 92, 97, 112, 157, 182, 183, 185, 191, 214, 217, 234, 237, 248, 257, 260, 279, 299, 317, 342, 345, 350, 354, 356, 360, 362, 368, 371, 383, 384
- Brigada de trabajadores: 97
- Bueyes: 159, 270
- Búfalo de agua, 383
- Burros, 159
- C**
- Caballos: 269, 385
- Cabras: 106, 382, 384
- Cacao: 154, 155, 184, 202, 251, 304  
adaptación, 372  
escobón de, 260  
importancia económica, 372  
utilización, 373
- Café: 154, 184, 200, 202, 213, 214, 235, 237, 249, 269, 304  
adaptación, 371  
*arabica*, 371  
importancia económica, 370  
Instituto Mexicano de, 238  
*robusta*, 371  
utilización, 372
- Calabazas: 173
- Calcio: 130, 136, 145, 146
- California: 43, 55, 82, 144, 304
- Calzado: 235
- Cambio(s): tecnológico(s) 195, 291, 294  
(ver también tecnologías nuevas; tecnologías mejoradas, agricultura, modernización) agrario (ver reforma agraria)  
cultural, 220  
en actitudes mentales, 253, 297  
receptividad hacia, 293-298  
receptividad y marco institucional, 294  
resistencia al, 297  
sociales, 205, 294, 297, 324
- Camboya: 309
- CAME: 218
- Campana de la libertad contra el hombre: 249
- Campeño: 292 (ver también agricultor(es))
- Canadá: 90, 92, 191, 279
- Caña de azúcar: 32, 69, 112, 155, 235, 249, 304, 306, 359, 360, 391  
adaptación, 361-362  
rendimiento, 192, 330, 360, 362
- Capacitación del extensionista: 220-223
- Capacitación de los investigadores: 223-234
- Capa freática: 60, 128
- Capital: 98-100, 186, 188, 228, 271, 276, 312, 314, 326, 327, 328, 329, 332, 335  
(ver también: Inversiones)
- Carbonato sódico residual: (CSR): 131, 148
- Caribe: 7, 77, 227, 360, 390, 391
- Carne: 236, 381, 385, 387, 391  
de búfalo, 383  
producción por hectárea, 390
- Carolina del Norte: 56
- Cassava: (ver Mandioca)
- Castas: 294
- Caucho: 154, 155, 170, 238, 304  
adaptación, 377  
importancia económica, 376-377
- Cavadora: 157
- Cebada: 111, 148, 159, 165, 168, 249, 317, 341
- Cebolla: 235, 275
- Ceilán: 90, 170, 242
- Ceniza volcánica: 49
- Centeno: 341
- CENTO: 311
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo: 242
- Cercano Oriente: 133, 229, 273
- Cerdos: (ver Porcinos)
- Cereales: 167, 168, 241, 246, 250, 269, 275, 336  
cultivo continuado, 167  
en América Latina: 341-355  
molidoras de, 190  
producción, 341  
templados, 341  
tropicales, 341  
rendimientos, 341  
superficie, 341
- CIMA: 218-219
- Cisternas: 58
- Cítricos: 238, 377  
adaptación, 380  
importancia económica, 379  
tristeza de, 260

- Cítricos, cont.  
 utilización, 380  
 Clases sociales: 294  
 Climas: 3-34  
   calurosos y secos, 31  
   clasificación, 27  
   de América Latina, 28-32  
   del suelo, 40-41  
   elevación, 32  
   formación del suelo, 39  
   temperados, 32  
   tipo mediterráneo, 31  
   tropicales, 29  
 Cloruro: 138  
 Club: 4-17, 217  
 Cochía: 148  
 Coco (cocotero): 154, 170, 304, 390  
 Cocona: 377  
 Coloides del suelo: 135  
 Columbia: 74, 90, 92, 113, 182, 185, 211, 214, 217, 237, 249, 268, 279, 304, 309, 345, 356, 362, 368  
 Colorado (río): 55  
 Comercialización: 309 (ver también: Mercados)  
   ineficiencia de, 316  
   medios de, 284, 315  
   y reforma agraria, 300  
 Comunas: 325  
 Condimentos: 169  
 Conducta: factores de, 291-293  
   reglas de, 295  
 Congo (Zaire): 150  
 Conjunto de:  
   insumos, 282, 312  
   mejoras biológicas y químicas, 336  
   prácticas mejoradas, 284, 312  
   servicios, 284  
   técnicas, 285  
   programa de, 283-286  
 Conservación de suelos: servicios de, 315  
 Conservacionismo: 294  
 Control biológico: 263-204  
   integrado, 263-264  
 Cooperación: 193  
 Cooperativas: 214, 216, 217, 278, 301, 313, 324, 329, 331-333  
   de crédito, 312  
   mercadeo, 336  
 Corporaciones agrícolas: 306  
 Corrugaciones: riego por, 116, 121  
 Cosecha: 174, 200, 241  
 Costa de Marfil: 200, 217, 325  
 Costa Rica: 155, 185, 210, 215, 237, 356  
 Costos de producción: 243, 275  
   inversión, 238, 269  
 Costumbres sociales: 181, 295, 381  
 CREA: 214  
 Creencias mágicas y religiosas: 294, 295, 296, 381  
 Crecimiento agrícola: 329  
 Crédito(s): 192, 193, 194, 212, 230, 245, 284, 285, 300, 311-313, 324, 329, 331, 332  
 Crédito(s), cont.  
   agencias de, 332 (ver también Bancos)  
   agrícola centralizado, 312  
   costo, 311, 313  
   esquemas de, 313  
   éxito de programas de, 313  
   importancia, 311  
   insumos, 312  
   programa para pequeños agricultores, 332, 336  
   tasa de interés, 312  
 Crianza de animales: 214, 341, 381-391  
   importancia económica, 381  
   integración en cultivos, 166, 239  
   introducción, 235, 238  
   sistemas de, 385-391  
   sistemas extensivos, 385, 386-389  
   sistemas intensivos, 385, 389-391  
 CSUCA: 215  
 Cuba: 238, 306, 325, 352, 354, 356, 362  
 Cucurbitáceas: 173  
 Cuencas hidrográficas: 55-56, 227, 232, 262, 332  
 Cuervo: 385  
 Cuerpo de conservación civil: 97  
   de desarrollo de servicios, 97  
 Cultivos:  
   adaptación, 342-346, 347-348, 352-354, 358, 359, 361-362, 364-367, 371, 372, 374, 375-376, 377, 378, 380  
   anuales, 235  
   alimentados por lluvias, 83, 107-108, 226  
   alimenticios, 202, 341  
   basados en inundaciones, 109-110  
   comerciales, 171, 228, 234-235, 237, 270, 391  
   de campo, 341-369  
   de cobertura, 157  
   de desplazamiento, 82-105, 149, 157, 163, 164, 168, 170, 171, 264, 265, 369  
   de exportación, 182, 184-185, 202, 235, 237, 303-304, 341  
   de irrigación (ver agricultura de riego)  
   de labor intensiva, 235, 275  
   de roza: (ver de desplazamiento)  
   de secano, 83, 107-108, 226  
   de subsistencia, 168, 183, 270  
   diversificación, 238, 245, 329  
   efectos de la salinidad, 136  
   forrajeras (ver forrajes))  
   fracaso de, 293  
   importancia económica, 346, 351-352, 363-364, 370, 372, 373-374, 375, 376-377, 378, 379  
   industriales, 235, 359-369  
   intercaladas, 173  
   métodos tradicionales, 245-246  
   múltiples, 240, 329  
   mixtos, 168, 172-174  
   para la exportación: (ver exportación)  
   perennes: (ver permanentes)  
   permanentes, 154-155, 157, 325  
   producción, 34, 359-361

Cultivos, cont.  
 rendimientos: 191, 192, 330, 345, 350, 354-355, 357, 358, 359, 360, 362, 368-369, 374  
 rotación de: (ver rotación de siembras)  
 semipermanentes, 155, 157  
 técnicos de, 239-241  
 tolerancia a la salinidad, 133-134, 137, 141  
 tradicionales, 235, 237  
 tropicales perennes, 154  
 utilización, 344-345  
 Cultura: factores de, 194  
*Cynodon dactylon*: 166  
*Cyperus*: 229

## CH

*Chenopodium*: 159  
 Chernozems: 47  
 Chile: 5, 7, 29, 31, 32, 43, 77, 90, 92, 112, 113, 182, 185, 191, 210, 213, 215, 217, 226, 234, 279, 299, 350, 356, 360  
 China: 89, 359 (ver también: República de China)  
 Chira - Puira: 232

## D

DECAT: 213  
 Demostración: parcelas de, 284  
 Depósito(s): de agua, 57-58, 78-79  
   Aswan, 79  
   públicos, 313  
   salinidad de las aguas de, 79-80  
 Desalinización: 68  
 Desarrollo: agrícola, 97, 182, 186, 189, 190, 197, 203, 232, 236, 271, 291, 329, 330, 335  
   Banco de, 312  
   Banco Interamericano de, 234  
   camino de, 36  
   despegue del, 181  
   ejército como factor de, 218  
   estrategia de, 323-336  
   etapas de, 327  
   fuera de la agricultura, 331  
   industrial 182, 186, 189, 190, 233  
   interdependencia de sectores en, 189-191  
   mercados locales, 187  
   países en, 181, 182, 183, 198, 199, 200, 202, 203, 205, 207, 208, 209, 211, 218, 223, 229, 242, 249, 252, 271, 275, 291, 294, 296, 301, 306, 309, 310, 312, 313, 314, 323, 327, 330, 345, 350, 354, 356, 362, 368, 381, 385, 387  
   planes de, 35, 327  
   planificación, 209  
   programa de Naciones Unidas de, (PDNU) 234  
   reforma agraria y, 298-301  
   regiones de gran elevación, 298-301  
   tierras en bosques, 273  
   variedades mejoradas, impactos sobre, 241-244

Deshierba: (ver Desmalezamiento)  
 Desigualdad: (ver también economía dual)  
   intergranjales, 335  
   interregional 335  
   intersectorial, 338  
 Desmalezamiento: 239, 253, 264-267, 273, 282, 283, 327  
 Desnutrición: 181  
 Dibromuro de etilo: 261  
 Diferenciación social: (ver Economía dual)  
 Dinamarca: 90, 92, 279  
 Dique Cárdenas: 112  
 Drenaje: 111, 118, 128, 129, 143-145, 148, 149, 194, 227-228, 314, 327

## E

Economía: 293  
   agraria, 334  
   de escala, 247, 281, 306  
   dual, 194, 324, 332, 333, 335  
   factores de, 194, 212  
   rural, 335  
 Ecuador: 28, 32, 92, 154, 157, 182, 218, 235, 238, 260, 299, 352, 354, 356  
 Educación: extensionistas, 220-323  
   general, 209-211  
   programa de, 284  
   receptores de, 209  
   rural, 186, 194, 204, 209-212, 329, 331, 336  
   servicios de, 315  
   vocacional, 211  
 El Salvador: 37, 75, 77, 91, 191, 215, 234, 237, 285, 356  
 Eficiencia: económica, 330, 335  
   granjas mecanizadas, 331  
   mano de obra, 182, 238, 255  
   social, 330, 336  
   uso del agua, 122-126, 200, 244-245  
   uso de la tierra, 299  
 Egipto: 272, 325  
 Ejidos: 300, 324  
 Elementos nutritivos: (ver Fertilizantes)  
 Emigración rural: 190  
 Empleo: (ver también Fuerza laboral, mano de obra)  
   agricultura como fuente de, 88-90  
   generación de, 336  
   incremento, 331  
   lucrativo, 331  
   modernización y, 89  
   niveles de vida y, 330  
   obras públicas como proveedores de, 97  
*Empoasca*: 262  
 Encomienda: 298  
 Enfermedades: 154, 160, 161, 162, 173, 174, 190, 211, 258  
   control, 260-262, 284, 327  
 Estaciones experimentales: 315  
 Entrenamiento: 194  
 Equinos: 385  
 Equipos mecanizados: 331

- Erosión de suelos: 76-77, 155, 157, 158, 160, 162, 173, 280, 384
- España: 75, 90, 92, 279, 387
- Especies: 367, 371
- Estancamiento tecnológico: 292
- Estados Unidos (E.U.A.): 70, 73, 79, 89, 90, 92, 93, 100, 125, 191, 192, 199, 217, 223, 235, 249, 272, 279, 296
- Estanques: 59
- Estrategia del desarrollo: 323-336  
de extensión, 208  
de modernización, 323  
  chocantes, 330-335  
  progresiva, 330, 335-336  
economía dual, 329-330  
formulación de, 195  
necesidades esenciales mínimas, 194, 325, 327  
radical, 194, 323, 324, 325  
reformista, 323, 324, 325  
tecnocrática, 194, 323, 325  
tipos de, 323-327
- Estructura agraria, 229 (ver también Reforma Agraria)
- EUA: (Estados Unidos Arabes), 90
- Eufrates: 133
- Europa: 91, 93, 192, 223, 247, 272, 281
- Evaporación: 79
- Evapotranspiración: 21-22  
  potencial, 22  
  real, 25
- Explosión demográfica: 181
- Extensión, 193, 199, 203, 207-224, 230, 245, 324, 329, 330, 336  
  agentes de (ver Extensionistas)  
  ambivalencia del personal, 216  
  colaboración con bancos, 312  
  comunicación vertical, 219  
  con gente joven, 217-218  
  coordinación con investigación, 194, 215-216, 220  
  educación por medio de la, 211-212  
  falta de éxito, 219-220  
  líneas jerárquicas, 219  
  métodos, 223  
  número de trabajadores en la, 214-215  
  participación de agricultores en la, 216-217  
  organización, 212-215  
  organización servicios de, 192, 194, 198, 315, 327-328
- Extensionistas:  
  capacitación, 220-323  
  educación, 220-323  
  número requerido, 214-215
- F**
- Factores: de conducta, 291-293  
  económicos, 291-293  
  en receptividad de cambios, 293  
  políticos, 314
- Factores, cont.  
  sociales, 291-293, 296  
  socioculturales, 291  
  tecnológicos (ver también: Tecnologías)  
    aplicación combinada, 282  
    naturaleza complementaria, 282-287, 329
- Faja capilar: 60
- Familia ampliada: 294
- FAO: 249
- Ferias: 315
- Fertilidad del suelo: 152, 153, 156, 157, 160, 161, 167, 171, 172, 280
- Fertilización: (ver Fertilizantes)
- Fertilizantes: 189, 190, 200, 211, 240, 244, 284, 309, 328  
  aplicación a pastos, 388  
  consumo mundial, 247-250  
  correlación con rendimientos, 252  
  crédito para, 311-312  
  efectos, 83-84  
  eficiencia, 250  
  importancia, 247-250  
  ineficiencia, 254  
  insumos de energía, 258  
  introducción, problemas de, 194, 247-260, 330  
  no utilización, 171  
  práctica pionera, 252  
  relación con prácticas mejoradas, 252  
  relación con precipitaciones, 250  
  relación con uso de tractores, 279  
  relación con variedades, 253, 245, 285  
  requerimientos de, 257-258  
  revolución de los, 253-257  
  suministro inadecuado, 230  
  uso, 306, 311, 331  
  uso en cultivos mixtos, 174  
  uso en programas de conjunto, 284, 285  
  uso en regiones secas, 250-251  
  uso en riego, 251  
  uso en rotaciones, 161, 163, 166  
  uso en suelos salinos, 139, 147  
  uso en trópicos húmedos, 251  
  utilización: problemas de, 251-252, 282  
  valor-costo: 250, 252  
  vendedores de, 332
- Filipinas: 90, 92, 152, 172, 202, 240, 242, 245, 253, 279, 281, 285, 312, 317, 319, 325, 332, 333, 336
- Finca(s):  
  comerciales, 332, 333  
  consolidadas, 281  
  de campesinos de jornada parcial, 302-303  
  de ganancias proporcionales, 306  
  estatales, 304-305, 325, 362  
  estructura, 204  
  estructura mixta, 307  
  familiares, 202, 210, 269, 305, 333, 335  
  fragmentación, 305  
  ganaderas, 386, 387, 390  
  grandes, 271, 276, 302, 324, 331, 332, 333  
  capitalistas, 324

Fincas, cont.  
 pioneras, 307  
 progresivas, 326  
 ventajas, 303  
 latifundistas, 298, 302, 304, 323  
 lecheras, 387  
 minifundistas, 299, 302-303, 305, 389  
 neolatifundistas, 324  
 pequeñas, 271, 302, 334  
 pequeñas ventajas, 303  
 tamaño: 144, 268, 269, 301-305  
 aspectos económicos, políticos sociales, 306  
 eficiencia, 303  
 importancia, 300  
 medio, 303, 329, 324  
 Forraje: 167, 174, 326, 381, 382, 388  
 en la rotación, 383  
 Fosfato: (ver Fósforo)  
 Fósforo: 166, 249, 256-257, 310, 388  
 Fotoperíodo: 243, 343, 352, 366  
 Fotosíntesis: 15, 18  
 Francia: 73, 90, 279  
 Franjas: riego por medio de, 115  
 Frijoles: 260, 355, 356, 357  
 Frutales: 233, 244, 285  
 Fuego: 156, 267  
 Fuerza disponible para agricultura, 272  
 laboral agrícola:  
 como depósito de mano de obra, 93, 94  
 desplazamiento, 202  
 fase de crecimiento, 98  
 rendimiento, 93  
 transferencia, 185-186  
 Fundación Ford, 245, 284  
 Rockefeller, 201, 245  
 Fungicidas: 84-85, 161, 163  
*Fusarium*: 262

## G

Ganadería: 33, 236, 381  
 integración con cultivos arables, 236, 389  
 intensiva, 390-391  
 Ganado: bovino, 236, 282, 383, 384  
 caprino: 106, 382, 384  
 comercialización, 316  
 como fuente de prestigio, 295, 309  
 criollo, 387  
 equilibrio con forraje, 106  
 mejorado, introducción, 194  
 ovino, 382, 383-384  
 razas, 387, 389  
 razas de doble propósito, 238  
 razas especiales, 238  
 razas tropicales nativas, 238  
 tipos de, 382-385  
 valor social, 295, 309, 316  
 zebú, 387  
 Garbanzos: 168, 355, 356, 358  
 Gerontocracia: 294, 297  
 Ghana: 251, 305

Girasol: 148, 168  
*Gossypium barbadense*: 367  
*Gossypium hirsutum*: 367  
 Goteo, riego por, 119-121, 122  
 Granadilla, 377  
 Granjas: (ver Fincas)  
 Granos: 236, 241, 252, 309, 314, 319, 327, 344  
 Great Plains: 165  
 Grecia: 93  
 Guadalupe: 268, 269  
 Guatemala: 185, 211, 215, 237, 299, 306, 345, 356  
 Guayaba: 377  
 Guayanas: 29, 260  
 Guisantes: 356, 359  
 Gusano de los capullos del algodón: 262  
 minador: 262

## H

Habas: 172, 356, 358  
 Hacha: 267  
 Haití: 94, 185, 235, 237  
 Hambrunas: 260, 293  
 Heladas: 18-19, 158  
*Heliothis armigera*: 262  
 Henequén: 155  
 Heno: 167  
 Herbicidas: 162, 264-267  
 dificultades de aplicación, 266-267  
 emulsionadores de, 265  
 formulaciones granuladas, 265  
 hormonales, 265  
 orgánicos selectivos, 265  
 persistencia en el suelo, 84-85, 266  
 problemas de adopción, 266  
 residuos, 266  
 tratamiento presiembra, 265  
 preemergencia, 265  
 Herramientas de trabajo: 190, 268, 284, 326, 328  
 Heterosis: 238  
*Hevea brasiliensis*:  
 Hidrato de carbono: 183  
 Hidrocarburos: 263  
 Hierbas: (ver Malesas)  
 Hierro: 146  
 Holanda: 90  
 Honduras: 91, 94, 185, 211, 215, 238, 356  
 Hortalizas: 235, 244, 249, 285  
 Hoz: 268, 269  
 Huertos caseros: 156  
 Huevos: 239  
 Humedad del suelo:  
 conservación, 160, 165  
 contenido óptimo, 123  
 residual, 161, 168  
 tensión crítica, 123, 124  
 tensiones excesivas, 123  
 Humedad relativa, 13

**I**

Iguasú, 317  
 Incas: 260  
 Incentivos: 192, 193, 204, 229, 308-313, 329, 331  
 INCORA, 75  
 Ideología: capitalista, 325  
     capitalista liberal, 323  
     comunista, 324  
     nacionalista, 324, 325  
     socialista, 325  
 India: 43, 55, 89, 90, 92, 94, 100, 132, 170, 173, 187, 197, 221, 230, 242, 243, 244, 245, 246, 248, 249, 253, 255, 257, 268, 270, 272, 274, 275, 279, 283, 284, 285, 295, 296, 309, 319, 332, 333, 335, 358, 359  
 Índice de valor de rendimiento: 252  
 Indigo: 112  
 Indo: 55, 333  
 Industria(s) (ver también Desarrollo industrial)  
     desarrollo, 182  
     ganadera (ver ganadería, cría de animales)  
     integración en regiones rurales, 190  
     lechera, 238  
     materias primeras para, 182, 185, 190  
     mercado por, 187  
     procesamiento productos agrícolas, 190, 235  
     textil, 190, 235  
 Infraestructura agrícola: 186, 190, 193, 195, 313-319, 324, 336  
     componentes, 314-315  
     de capital, 314, 315  
     institucional, 315  
 Ingeniero agrónomo: 222  
 Inglaterra: 73, 90, 93, 279  
 Ingreso(s): desigual distribución, 332  
     meta de, 293  
     *per capita*, 293  
     redistribución de, 300, 324, 327, 334, 336  
 Innovaciones (ver Tecnologías nuevas)  
     actitud desfavorable hacia las, 293  
 Insecticidas: 230, 260, 262-263  
 Insectos: (ver pestes, plagas)  
     enemigos naturales, 263  
 Instituciones: (ver Marco institucional)  
 Instituto Internacional de Investigación de Arroz (IRRA): 172, 242, 273, 281  
 Instituto Mexicano de Café, 238  
 Insumos: 188, 189, 190, 211, 235, 243, 245, 329  
     abastecimiento de, 192, 284  
     costos de, 282, 285  
     crédito para, 312  
     modernos, 327  
     subsidios para, 311, 312  
 INTA: 213, 216, 223  
 Intermediarios: 204  
 Intrusión urbana: 85-86  
 Inundaciones: 56-57, 109-110, 113, 139

Inversiones: (ver también Capital)  
     decisiones sobre, 314, 331  
     públicas, 331, 334  
     reforma agraria y, 300  
 Investigación agrícola: 186, 192, 193, 197-205, 209, 315, 324, 329, 336  
     centros internacionales, 201  
     educación y, 209  
     fitotécnica, 200  
     función, 197  
     importada, 194, 199-204  
     organización, 194  
     papel, 194, 197-199  
     preextensión, 198-199  
     programa, 197, 233  
     propia, 194, 199-204  
     rechazo de, 197-198  
     relación con extensión, 194, 215-216, 220  
     socioeconómica, 194, 204-205  
 Investigadores: 202  
     capacitación de, 223-224  
 Iraq: 229  
 Irrigación: (ver riego)  
 Israel: 55, 92, 93, 96, 100, 133, 235, 239, 246, 272, 275  
 Italia: 90, 133

**J**

Japón: 43, 88, 89, 90, 92, 93, 100, 186, 199, 210, 239, 247, 252, 255, 272, 279, 281, 335  
 Jásidos: 262  
 Java: 150, 154  
 Jordán: 55  
 Jurúa: 55  
 Juventud desempleada, 170

**K**

Kañihua: 159  
 Kansas: 310  
 Kenya: 229, 283, 332

**L**

Labor: estacional, 190, 274  
     manual, 267  
 Laboratorios, 284, 315  
 Labranza, 147, 200  
 Laguna: región, 112  
 Lagunas, riego en 111, 115, 121  
 Lana: 238, 384, 385  
 Lateritas: 45, 46-47, 159  
 Latifundios: 298, 302, 304, 323  
     Neo- 324  
 Latosoles: (ver Lateritas)  
 Leche, 213, 236, 285, 383, 387

Legislación: (ver Leyes)  
 Legumbres: (ver también Leguminosas)  
 consumo, 355  
 papel agronómico, 356  
 Leguminosas: 111, 161, 163, 166, 167, 168,  
 169, 170, 173, 190, 202, 244  
 en la rotación, 239, 240, 356  
 Lejano Oriente: 171, 304  
 Lentejas: 111, 355  
 Levante: 79  
 Ley(es) de aguas: 72-75  
 propiedades, 298  
 tierra, 306  
 Líderes: 217, 297-298  
 Liebig: Teoría de, 83  
 Litosoles: 47-48  
 Llamas: 159, 382, 385  
 Lluvias: (ver Precipitaciones)  
 Lino: 111  
 Lixiviación: 128, 140, 149, 150, 151  
 métodos, 142-143  
 requerimiento de, 140-142  
 Loess: 80  
 Luz: 13-17, 352, 361, 366

## M

Macketi: 267  
 Madeira: (Río) 55  
 Madera: explotación de, 272  
 Magdalena: 29  
 Magnesio: 130, 136  
 Maíz: 32, 69, 84, 95, 159, 168, 169, 171,  
 172, 173, 183, 203, 204, 213, 233, 237,  
 241, 242, 249, 255, 285, 318, 333, 341,  
 391  
 adaptación, 342-346  
 alimento para animales, 345  
 efectos de factores de producción, 283  
 enfermedades, 260  
 especies, 344  
 híbrido, 242  
 importancia económica, 342  
 rendimientos, 191, 345-346  
 utilización, 344-345  
 variedades, 242, 260, 262, 344  
 Malasia: 223, 306  
 Malaya: 154  
 Malezas: 161, 166, 168, 174, 211, 240, 264,  
 265, 282  
 control de, (ver Desmalezamiento, herbici-  
 das)  
 Mali: 229  
 Malthus: tesis de, 35  
 Mandioca: 169, 170, 183, 390  
 Mango: 377  
 Mani: 171, 173, 265, 390  
 Mano de obra: 87-97, 235, 237, 243, 244,  
 253, 267, 269, 271, 328, 329, 391 (ver  
 también empleo, trabajo agrícola, subem-  
 pleo labor humana, fuerza laboral)  
 control de, 299  
 Mano de obra, cont.  
 cuellos de botella en la, 280  
 desplazamiento, 268  
 eficiencia, 182, 238, 255  
 en grandes fincas, 302  
 estacionalidad de demanda, 186, 239  
 intensiva, 328  
 insumo total por hectárea, 271-272, 284  
 movilización de, 324  
 relación con mecanización, 272, 275, 276,  
 277  
 sustitución por animales de tiro, 368  
 sustitución por capital, 268  
 sustitución por maquinaria, 268, 333  
 uso intensivo, 328, 334, 335  
 Manto freático, 59  
 Maquinaria agrícola, 202, 210, 267, 329,  
 332 (ver también máquinas)  
 Máquinas agrícolas para fincas familiares,  
 281  
 trituradores de árboles, 273  
 Marco institucional, 294-297, 300  
 social, 294, 297  
 Materia orgánica: 131, 132, 161  
*Mayetiola destructor*: 262  
 Mecanización: 96, 99, 162, 189, 194, 265,  
 269, 271-282, 326, 330, 336  
 calidad del trabajo, 273  
 de pequeñas fincas, 280-281, 306  
 efectos sobre requisitos de mano de obra,  
 205  
 efectos sociales, 275  
 eficiencia de operación, 277  
 esquemas en gran escala, 278  
 esquemas de riego, 271  
 fracaso de la, 277  
 incremento de riegos de erosión, 280  
 insumos de mano de obra, 271, 273-275  
 inversión de capital, 271  
 justificación, 271, 276  
 prematura, 268, 271  
 problemas, 276-277, 280  
 relación en la revolución verde, 242  
 selectiva, 272, 276, 329  
 Medicina veterinaria: 222  
 Medio Oriente: 229  
*Melilotus alba*: 148  
 Melón: 169  
 Mercado(s): 189, 190, 194, 285, 312, 313,  
 314, 330, 388  
 juntas de, 193  
 para industria, 187  
 planificados, 193  
 Meta de ingresos: 293, 309  
 México: 5, 28, 31, 43, 48, 77, 90, 92, 93,  
 98, 99, 100, 106, 108, 112, 113, 157,  
 173, 183, 185, 188, 191, 201, 202, 213,  
 226, 227, 238, 242, 245, 248, 249, 254,  
 255, 272, 279, 285, 300, 305, 318, 324,  
 325, 331, 332, 333, 342, 345, 346, 350,  
 351, 354, 356, 358, 368, 383, 384  
 Microclimatología: 26-27  
 Micronutrientes: 240  
 Microorganismos en el suelo: 85

Microregiones: 32-33  
 Mijo: 183, 244, 268, 341  
 Minifundios: 299, 302-303, 305, 389  
 Mirids, 173  
 Modernización de la agricultura: 96, 181-335  
   condiciones para la, 291-319  
   en América Latina, 191-192  
   factores económicos, 307-313  
 Moledores: 190  
 Monocultivos: 105, 161, 162, 167, 250  
   limitaciones de, 162-164, 214, 254, 261  
 Monocultura (ver Monocultivos)  
 Mosca blanca, 262  
   de Hesse, 262  
 Mosca del trigo, 273  
   tse-tse, 270  
 Mujeres, adiestramiento vocacional, 295  
   nivel social, 294, 295  
 Mulas: 269, 385

N

Napa, acuífera: 60, 233  
   freática (ver acuífera)  
 Naranjilla: 377  
 Neblinas: 12  
 Nebraska: 80  
 Nematodos: 261  
 Neolatifundios: 324  
 Nicaragua: 215, 238, 356  
 Niederhauser, John: 201  
 Nieves: 9  
 Nigeria: 258  
 Nilo: 79, 143, 228  
 Nitrógeno: 248, 249, 256-257  
   fijación de, 161, 356  
 Nivelación: 138  
 Nivel de vida: 330  
   hidrológico, 145, 149  
   nutritivo, 236  
   piesométrico, 60  
 Nomadismo: 105, 106-107, 380  
 Nómados: 106  
 Norias persas: 275  
 Normas sociales: 190  
 Norteamérica: 247, 262  
 Nueva Zelanda, 90, 279  
 Nutrición mejorada, 381

O

Obras públicas: 97, 332  
 Oceanía, 272  
 Ohio, 80  
 Operaciones agrícolas descuidadas, 267  
   oportunas, 239, 267, 273  
 Organización(es) de agricultores: 190, 230  
   social, cambios en, 294, 297  
 Orinoco: 29, 48, 77  
*Ostrinia nubilalis*, 262  
 Ovejas: 106, 159  
 Ovinos, 213

P

Países desarrollados: 221, 345, 350, 354,  
 356, 362, 368, 387  
   cantidad de tierra por persona, 304  
   características del agricultor en, 291  
   uso de fertilizantes, 247  
     de pesticidas, 260  
   en desarrollo (ver Desarrollo, países en)  
 Palma(s) de aceite: 154, 202, 375-376, 390  
 Panamá: 155, 181, 185, 238, 356  
 Papaloapán: 48  
 Papas: 159, 201, 249, 309  
   tizón de, 260  
 Paquete de insumos: 285 (ver también pro-  
   grama de conjunto)  
 Paquistán: 92, 228, 242, 243, 246, 248, 256,  
   275, 306, 333  
 Paraguay: 7, 37, 90, 182, 317, 356  
 Paraná: 43, 318  
 Parentesco: 294  
 Pastizales: (ver pasturas)  
 Pasto(s) alternando con trigo: 166  
   guinea, 390  
   jaragua, 390  
   mejorados, 391  
   Napier, 390  
   pangola, 390  
   rhodas, 148  
 Pastoreo abusivo: 77-78, 381, 384, 385  
   manejo, 388-389  
   métodos primitivos de, 386  
   nómada, 386  
   planificado, 386  
   sedentario, 386-388  
 Pastizales: (ver pasturas)  
 Pasturas: apacentamiento excesivo, 77-78,  
   381, 384, 385  
   cultivados, 155  
   establecimiento, 273  
   permanentes, 382  
   potencial biológico, 390  
 PDNU, 234  
 Peligro de bicarbonato, 131, 148  
   de salinidad, 129, 134  
   de sodio, 130  
   tóxico, 131, 148  
 Penman: método de, 22-23  
 Perforaciones: 62, 63, 66, 231, 245, 281,  
   306, 332  
 Perú: 7, 29, 31, 37, 90, 108, 112, 113, 154,  
   157, 158, 182, 185, 213, 217, 219, 226,  
   234, 249, 279, 299, 317, 334, 354, 355,  
   356, 368, 384, 385  
   proyecto San Lorenzo, 232  
 Pestes: 154, 160, 173, 174, 201, 240, 258,  
   263-264  
 Pesticidas: 161, 163, 189, 258, 260  
   abastecimiento, 284  
   persistencia en el suelo, 84-85  
   precios, 310  
   uso en países desarrollados, 261  
   vendedores de, 332  
*Phalaris*: 168  
*Phaseolus aconitifolius*: 174

- Phaseolus vulgaris*: 357  
*Phymatotrichum omnivorum*: 163  
 Piletas: 59  
 Piña: 155, 377  
 Piura: 232  
 Plagas: 260-264, 282  
   control 260-264, 327  
 Planificación: 193, 198, 293, 296  
   cambio tecnológico, 195  
   desarrollo de recursos naturales, 86-87  
   regional de desarrollo, 301  
 Planificadores: 229  
 Plantaciones: 154, 157, 369-380  
   bebidas, 370-374  
   combinadas, 155  
   desventajas, 369  
   frutales, 377-380  
   productos industriales, 375  
 Plátano: 169, 170, 183  
 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ver fósforo)  
 Población: densidad, 51, 82-83, 171  
   rural, 329, 331, 333  
   salud de la, 334  
 Podredumbre de las raíces: 262  
 Poder político: 299, 306, 324  
 Podosolización: 47  
 Polielectrólitos: 147  
 Política agraria: 323 (ver también reforma agraria)  
   discriminatoria (ver Economía dual)  
   gubernamental, 193  
 Políticos: 331  
 Porcinos: 159, 239, 318, 382  
 Porotos: 111, 173, 174  
 Portugal: 387  
 Potasio: 249, 256  
 Pozos de agua: 62, 231  
   artesanos, 63  
   entubados (ver perforaciones)  
   producción de, 187  
 Prácticas agrícolas:  
   conjunto de, 283  
   mejoradas, 283, 293, 356  
   pioneras, 252  
   simples, 239  
 Precio(s): 192, 194, 243, 308-311, 329  
   artículos de consumo, 310  
   elasticidad de, 309  
   equilibrio con costos, 310  
   estabilidad, 310-311  
   inestabilidad, 308-310  
   insumos agrícolas, 310  
   mínimos, 285  
   productos agrícolas, 308  
   relación con revolución verde, 333  
   servicios, 310  
   sistema eficiente de, 308  
 Precipitación(es): 4-12, 173  
   confiabilidad de las, 6-7  
   de monzón, 6  
   efectivas, 4-6, 165  
   efectos en los cultivos, 343, 347-348, 352-354  
   incremento de las, 67-68  
 Precipitación(es), cont.  
   mínima necesaria, 8-9, 157  
   relación con demanda de mano de obra, 96  
   enfermedades, 260  
   formación de suelos, 39-40  
   herbicidas, 266  
   producción agrícola, 7-8  
   rendimientos, 8-9  
   trópicos húmedos, 152  
   variabilidad, 6-7  
 Presión demográfica: (ver sobrepoblación)  
 Préstamos: devolución de, 312-313 (ver también crédito)  
 Prestigio: fuentes de, 238, 302  
   social, 295, 299  
 Procesamiento: 194, 300, 314  
 Producción agrícola: 7, 35, 87-100, 184, 190, 192, 211  
   estacionalidad de la, 308  
   incremento de la, 330-331  
   tasa de, 334  
   animal, (ver crianza de animales)  
   lechera, 236  
 Productividad agrícola, 188, 330  
   de agua, 188  
   labor (mano de obra), 231, 334  
   tierra, 188, 334  
   social, 231, 335  
 Producto agrícola nacional, 331  
 doméstico bruto, 181  
 Productos nuevos:  
   crianza de animales, 235  
   cultivos comerciales, 234-235  
   lecheros, 244  
   introducción, limitaciones, 236-239  
   motivos, 234  
   problemas específicos, 194, 234, 236  
   resistencia a la, 237  
   percederos, 316  
 Programa agrícola: 336  
   de autosuficiencia, 332  
   de conjunto, 282, 283-286, 326, 327, 328  
   de crédito para pequeños agricultores, 332  
   de desarrollo, 327  
 Progreso rural: 197  
 Protección de las plantas: 194, 264, 268, 282, 284, 315  
 Proteínas: 244, 236, 355  
 Proyecto(s):  
   Puebla, 285-286  
   de riego en América Latina, 231-234  
   de riego en gran escala, 227-330  
   de riego en pequeña escala, 230-231  
   San Lorenzo, 232-233  
 Puercos, cría de: 236  
 Puerto Rico: 306, 387  
 Punjab: 174, 228, 243  
 Purús: 55

## Q

- Quina: 159  
 Quiróz: 232

**R**

- Racionalismo económico: 292  
 Radiación solar: 13-17  
 Raíz: podredumbre de la, 262  
   zona de, 124, 125, 128, 135, 141, 143, 151, 161  
 Ratas: 319  
 Recursos agrícolas básicos: 35-87  
   deterioro de los, 75-87  
   hidráulicos, 51-75  
   planificación, 86  
   tierras: (ver tierras, suelos)  
     concentración de, 334  
     escasos, 330, 332  
     humanos, 232, 326  
     naturales, 232  
 Reforma agraria: 74, 99, 159, 190, 192, 194, 204, 298-301, 324, 334, 336  
   implicaciones, 298-299  
   limitaciones, 300-301  
   objetivos, 299-300  
   productividad de la, 300-301  
   relación con: distribución más equitativa de impresos, 300  
     fragmentación de las tierras, 305  
     innovaciones institucionales, 306  
     irrigación, 305  
 Regadío: (ver riego)  
 Región(es): áridas, 51-52, 73, 79, 83, 106-149, 151, 163, 226, 250, 264, 324, 331  
   desérticas, 386  
   Mediterránea, 173  
   monzónicos, 371  
   promisorias, 330  
   retrasados, 330  
   secas: (ver áridas)  
   semiáridas, 107, 163, 166, 167, 250, 301, 342, 347, 360  
   subhúmedas, 155  
   subtropicales, 194, 199, 235  
     secas, 164, 264  
   templadas, 194, 199, 202, 219  
   transición entre ácidas y semiácidas, 164  
   tropicales, 199, 235  
 Regosoles: 48  
 Reino Unido: (ver Inglaterra)  
 Remolacha azucarera: 148, 235, 275, 360  
 Rendimientos: 188, 190, 200, 243, 312  
   fluctuaciones de, 318  
   incremento en países desarrollados, 249  
   incremento debido a práctica única, 282  
 Repartimiento: 298  
 República de China: 302, 305 (ver también China)  
 República Dominicana, 91  
 Requerimiento de lixiviación: 140-141  
 Revolución agrícola: 335  
   de los fertilizantes y de las semillas, 245, 253-257, 336  
   verde, 188, 201, 241, 243, 253, 255, 332, 333, 335 (ver también Variedades mejoradas)  
 Rhizoctonia: 174  
 Ricinos: 173  
 Riego(s): agricultura de, 127-149, 164  
   continuo, 112, 163  
   cultivos de, 343  
   debajo de la superficie, 118  
   efectos específicos, 8  
   eficiencia, 124-126, 231  
   en América Latina, 231-234  
   en regiones altas, 159  
   estrategia de, 231, 327  
   facilidades de, 194  
   importancia, 226-227  
   introducción de, 194, 226-234, 282, 330  
   instalaciones (ver obras)  
   inversiones en, 228, 231  
   métodos (de): 109-121, 139, 284  
     aspersión, 117-125  
     corrugaciones, 116  
     elección de, 121-122  
     franjas, 115  
     goteo, 119-121  
     inundaciones, 109-110, 113, 139  
     lagunas, 111, 115, 229  
     rociadores, 117  
     superficie, 113, 121, 125  
     surcos, 115, 138  
   obras de, 314, 327, 331, 336  
   principios básicos de, 113-126  
   programación, 123  
   proyectos de: 78-82, 227-231, 334  
     San Lorenzo, 232-233  
   relación con enfermedades, 262  
     fertilizantes, 252, 257  
     enfermedades, 262  
   suelos, selección para, 126-127  
 Ríos: 54-57, 111  
   Amazonas, 29, 37, 48, 55  
   Colorado, 55  
   Eufrates, 133  
   Iguazú, 317  
   Indo, 55, 333  
   Jordán, 55  
   Juruá, 55  
   Madeira, 55  
   Negro, 55  
   Nilo, 79, 143, 228  
   Orinoco, 29, 48, 77  
   Papaloapán, 48  
   Paraná, 48, 318  
   Purús, 55  
   Salt River, 81  
   Tapogós, 55  
   Tigris, 133  
   Xingú, 55  
 Rociadores: riego por medio de, 117, 121  
 Rocío: 11  
 Ropas: 235  
 Rotación(es): con arroz, 171-172  
   de campos, 156  
   de cultivos, 139, 148, 155, 159, 239-240, 261, 262, 326, 328, 329  
   justificación, 161  
   objetivos, 160  
   principios, 160-161

- Rotación(es), cont.  
 tipos de, 164  
 tradicionales en regiones semiáridas, 167  
 trigo-barbecho, 165  
 trigo-pastos, 166  
 siembras (ver cultivos)  
 forrajes en la, 381  
 mejoradas, 239-240
- S**
- Sabena: 46, 113, 151, 155, 170, 388  
 Sales, acumulación de (ver salinización)  
 solubles totales (SST), 129, 148  
 Salinidad (ver también salinización)  
 criterios de aceptación, 129  
 efectos en los cultivos, 136, 343, 354, 367  
 osmóticos, 136-137  
 tóxicos, 137-138  
 peligro de, 129, 134  
 Salinización: 149, 228  
 de la tierra (ver suelos salinos)  
 relación con fertilizantes, 84  
 regadío, 80-81  
 Salt River, 81  
 Salvador, El (ver El Salvador)  
 San Lorenzo, 232-233  
 Secadores mecánicos, 319  
 Sector(es): agrícola, 184, 186, 292  
 brecha entre, (ver Economía dual)  
 campesino, 330-331  
 capitalista, 330-331  
 desequilibrio entre, (ver Economía dual)  
 de subsistencia (ver agricultores de subsistencia)  
 disparidades entre, (economía dual)  
 moderno, 331, 334  
 Seguros para cultivos, 285  
 Sembrado: métodos, 268  
 temprano, 95  
 Sembradora: 268, 281  
 Semillas: 282  
 abastecimiento, 289  
 almacenamiento, 258  
 certificadas, 260  
 de calidad, 258, 328  
 laboratorios para el examen de, 284  
 Leyes de, 258  
 productores de aceite, 390  
 Senegal: 278-279  
 Sésamo: 168, 173  
 Servicios: cooperativos, 306  
 extensión (ver Extensión, Servicio de)  
 introducción de plantas, 200  
 veterinarios, 381  
 Siembra(s): (ver también cultivos)  
 de contorno, 162  
 densidad de, 261  
 métodos de, 211, 328  
 oportuna, 239, 283, 326  
 preparación mecanizada para la, 276, 284  
 Sinaí: 79  
 Sind: 228  
 SIPA: 213  
 Siria: 317  
 Sistemas radicales (ver raíz, zona de la)  
 Sobrepoblación: 96, 97, 153  
 densidad crítica, 153  
 Sociedad rural: cambios en, 195  
 formas de, 195  
 organización, 294  
 primitiva, 294  
 Sociología: 293 (ver también Organización Social)  
 Sodio adsorbido: 147  
 cociente de adsorción (CAS): 130, 147, 148  
 intercambiable: 145, 146, 149  
 peligro de, 130  
 Solonchaks (ver suelos salinos)  
 Solonetz (ver suelos sódicos)  
 Somalia: 309  
 Sombra: 251  
 requerimientos de, 17  
 urbana, 86  
*Sorghum halipense*: 166  
 Sorgo: 168, 173, 183, 241, 242, 243, 341  
 Soya: 172, 173  
 Sovacones: 63-64  
 SREA: 216  
 Subempleo: 94, 95, 188  
 relación con mecanización, 277  
 relación con sobrepoblación, 96  
 sociológico, 96  
 Subsidios: 194, 311, 328, 331  
 Subsuelo: 80, 81  
 Sudán: 262  
 Suelos: 38-51  
 alcalinos (ver suelos sódicos)  
 aluviales, 48  
 análisis mecánico, 43  
 Andosoles, 49  
 arcillosos, 44  
 arenosos, 44, 233  
 áridos, 49  
 azonales, 45, 47-48  
 balance salino, 138  
 Chernosems, 47  
 clasificación de, 45  
 coloides, 135  
 de América Latina, 45-57  
 desinfección, 261  
 efectos de riego, 135-136  
 efectos en los cultivos, 343, 354, 362, 366, 367  
 erosión de los, 76-77  
 estructura, 81, 122, 131, 161, 163  
 fertilidad, 41, 42, 170-171  
 humedad del, (ver humedad del suelo)  
 factores de formación del, 38-41  
 fracciones del, 43-45  
 interzonales, 45, 48-51  
 lateritas (Latosoles) 45, 46-47  
 Litosoles, 47-48  
 manejo, 138, 147  
 orgánicos, 118  
 Podsoles, 45, 47  
 preparación del, 239

Suelos, cont.  
 regados, 132, 266  
 Regosoles, 48  
 salinos, 44, 49-51, 233, 354  
     mejoramiento, 146  
 salinos alcalinos, 51  
 salino-sódicos, 51, 147  
     mejoramiento, 146  
 sistema del, 43-45  
 sódicos, 50, 51, 147  
     mejoramiento, 146  
 solución del, 132, 134, 139  
 tasa de filtración, 122  
 textura, 43-45, 60, 81, 122  
 volcánicos, 45, 371  
 zonales, 45, 46-47  
 Suráfrica: 79  
 Surcos: riego por, 115, 121, 122, 139  
*Syringopais temperatella*: 273

T

Tabaco: 171, 172, 214, 235  
 Tabú(s): 204  
 Tailandia: 242  
 Taiwán: 90, 93, 190, 272, 279, 281, 335  
 Talleres: 284  
 Tanganica: (ver Tanzania)  
 Tanzania: 95, 265, 278  
 Tapajós: 55  
 Taro: 170  
 Té: 154, 184 303, 373-374  
 Técnicas modernas (ver Tecnologías nuevas, tecnologías mejoradas)  
 Temperatura: 17-19  
     cinturones de, 17  
     efectos en los cultivos, 342, 348, 365-366  
     efectos en la formación de suelos, 40  
 Tecnologías nuevas (o mejoradas)  
     adopción, 292, 299, 329, 336  
     consecuencias de adopción, 204-286  
     difusión de, 207-208  
     fomento de, 191-195  
     generación de, (ver Investigación agrícola)  
     obstáculos a adopción, 292, 299  
     relación con analfabetismo, 210  
     transferencia al agricultor (ver Extensión)  
 Tenencia de tierras: 204, 229, 245, 253, 298, 323, 336 (ver también Reforma agraria)  
     cambios en la, 323  
     en África tropical, 298-299  
     en América Latina, 298-300  
     nuevos sistemas de, 300  
     patrones tradicionales, 298, 299  
     sistema mixto, 324  
     tamaño de las fincas, relación con, 301  
 Terratenientes: 221, 331, 332  
 Terrazas: 159  
 Texas: 133, 163  
 Textiles: producción de, 190, 235

Thornthwaite, método de, 23, 28  
 Tiberiades, Lago de, 134  
 Tierra(s): áridas, 272  
     calidad de las, 41  
     caliente, 32  
     cultivo de la, 138  
     fría, 33, 158  
     hundimiento de las, 81-82  
     importancia, 35  
     productividad, 336  
     propiedad de las, 302, 324  
     subutilización, 36  
     templada, 32, 371  
     uso de la, 105-174, 211  
         fases principales, 105  
         permanente, 153-156  
         regiones secas, 106-149  
         tropicales húmedas, 149-179  
     tendencias generales, 105-106  
 Tigris: 133  
 Tizón bacterial del algodón: 258  
     tardío, 201  
 Tomate: 234, 275  
 Trabajo agrícola: actividades respecto al, 94, 293, 296  
     equilibrado, 160, 162  
     estacionalidad, 95  
     oportuno, 239, 267, 273, 278  
 Trabajadores rurales: 330 (ver también Mano de obra)  
 Tracción animal: 247, 267-270, 327  
     desventajas, 269-270  
     equipo para, 269  
     éxito de, 270  
     importancia, 267-269  
     transición a la mecanización, 276  
     ventajas, 269  
 Tractor(es): (ver también Mecanización)  
     caballos de fuerza de, 279  
     catalizador de transformación de la agricultura, 275  
     contrato privado de, 278  
     pequeños, 273, 281  
     prácticas de cultivo mejoradas, relación con, 278  
     servicios de, 277-278  
     símbolo del desarrollo agrícola, 271  
     uso económico, 278  
     uso eficiente, 276, 278, 326  
 Tradiciones sociales: 294  
 Transferencia de la propiedad de la tierra: 306  
     de tecnologías (ver Extensión)  
 Transhumancia: 386  
 Transporte: 186, 194, 326  
     aéreo, 318  
     automotor, 317  
     costos de, 317  
     en América Latina, 316  
     fluvial, 317  
     medios de, 284, 314, 317  
     uso de tractores, 276  
     vías ferreas, 316-317  
 Traqueomicosis: 200

## U

U A R (Egipto)

Ulluco: 159

*Ullucus tuberosus*: 159

URSS: 144

Uruguay: 47, 91, 182, 210, 217, 238, 256, 383

Uso consuntivo: 22

## V

Vacunas, (ver Ganado vacuno)

Valores, 210, 309, 323

Variedades mejoradas: 189, 190, 200-201, 205, 211, 241-247, 285, 306 (ver también revolución verde)

adaptación a condiciones locales, 200-201

adopción (ver introducción)

arroz, 187, 241

efectos catalizadores, 245

sobre desigualdad, 247

empleo, 243, 247, 271

nutrición, 244

ocupación, 243, 247

remuneración, 243

uso eficiente de agua, 244-245

fertilizantes, 245, 253, 258, 282, 285, 327

impacto sobre desarrollo agrícola, 241-244

Variedades mejoradas, cont.

insumos necesarios, 245

introducción, 194, 200, 242, 245, 328, 331, 333

trigo, 187, 241

Varilla: 157

Vegetales: 169, 235

Venezuela: 29, 37, 90, 91, 92, 112, 113, 157, 158, 182, 184, 185, 215, 226, 279, 356, 387, 390

Verduras: (ver Vegetales)

Vida: niveles de, 183

Vías ferreas: 316-317

Vicuñas: 385

Vientos: 19-21

cercos de protección, 20-21

Vietnam: 285

Volta: 295

Vuelco: 256

## X

Xingú: 55

## Z

Zonas: (ver Regiones) ecológicas, 158



