SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE LA ENSEÑANZA DE ECOLOGIA Y SUELOS EN LAS FACULTADES DE AGRONOMIA DE AMERICA CENTRAL

Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica.

Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica

6-12 de agosto de 1967

AÑO DEL XXV ANIVERSARIO

Organizado por:

IICA ZONA NORTE
GUATEMALA, C.A.

SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE LA ENSEÑANZA DE ECOLOGIA Y SUELOS EN LAS FACULTADES DE AGRONOMIA DE AMERICA CENTRAL

Centro de Enseñanza e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica

6-12 de agosto de 1967

***

Auspiciado por la Secretaría Permanente del CSUCA y la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

A Ñ O D E L X X V A N I V E R S A R I O

C O N T E N I D O

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

En la Ia. Reunión de la Comisión Permanente de Educación Agrícola Superior del CSUCA, realizada en Tegucigalpa, Honduras, del 24 al 28 de enero de 1966, se aprobó el Plan de Acción para el Mejoramiento del Profesorado de las Facultades Centroamericanas de Agronomía.

En este Plan de Acción se contemplaban los varios caminos que se pueden seguir para lograr el mejoramiento del profesorado de una institución de educación agrícola superior. Entre ellos mencionaremos los siguientes: I) Seminarios sobre la enseñanza de determinadas disciplinas; II) Becas de Estudio para obtener un grado más avanzado; III) Cursos Cortos; IV) Participación como profesores huéspedes o visitantes; V) Asistencia a congresos científicos de la especialidad; VI) Participación activa en programas de investigación de carácter nacional o regional; VII) Labor editorial; VIII) Participación en un programa regional de intercambio de profesores; IX) Entrenamiento en servicio, etc.

Con esta finalidad, se ha organizado el Seminario sobre la Enseñanza de Ecología y Suelos para los profesores de estas materias en las facultades de agronomía de América Central.

Este es el cuarto Seminario para profesores que se organiza dentro de los lineamientos del Plan de Acción y como los anteriores tiene como principal objetivo reunir a los profesores de suelos de América Central, para que en forma amplia y cordial puedan intercambiar ideas con los profesores de suelos de la Escuela de Graduados del IICA en Turrialba, Costa Rica, con la finalidad de aportar sus conocimientos y experiencia y a la vez asimilar nuevas técnicas y nuevos conocimientos que les puedan servir para mejorar la enseñanza de Ecología y Suelos, en sus respectivas facultades.

Otra finalidad de este Seminario es que los profesores tomen parte muy activa en la discusión de los temas y con ese propósito cada tema se presentará por treinta o cuarenta minutos y tendrá no menos de una hora y media para discusión, para que todos puedan libremente, emitir su opinión o aportar nuevas ideas que contribuyan a aclarar los conceptos expresados.

Este Seminario se propone también revisar los programas de estudio de los cursos de Ecología y de Edafología I (Física de Suelos) y Edafología II (Química de Suelos). Al hacer esta revisión confiamos en que no solamente se tenga en cuenta el contenido de los cursos, sino también los métodos o técnicas de enseñanza que se emplean.

SEMINARIO INTERNACIONAL SOBRE LA ENSEÑANZA DE ECOLOGIA Y SUELOS EN LAS FACULTADES DE AGRONOMIA DE AMERICA CENTRAL

Centro de Enseñanza e Investigación (CEI)
del IICA, Turrialba, Costa Rica
y Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica

6 al 12 de agosto de 1967

P R O G R A M A

Domingo 6

Arribo de los participantes a San José.

Lunes 7

7:30 Salida de San José, hacia el CEI, Turrialba.

10:00-10:30 Sesión inaugural

1. Palabras de bienvenida por el Dr. José Marull, Decano de la Escuela de Graduados y Director del CEI.
2. Palabras del Ing. Edgardo Sevilla I., Secretario General del CSUCA.

10:30-11:30 Visita a la Biblioteca

11:30-12:30 Almuerzo

13:00-14:00 Objetivos de este Seminario.
Ing. Javier Becerra

14:00-15:00 La Ecología y la Producción Agropecuaria.
Dr. John Blydenstein

15:00-17:00 Unidades de Vegetación, Utilidad y Métodos de Estudio.
Dr. Gerardo Budowski

Martes 8

7:00- 9:00 Consideraciones Técnicas para la Enseñanza de la Ecología.
Dr. Jorge M. Montoya

9:30-11:30 El sistema Holdridge y su Aplicación al Agro Centroamericano.
L.R. Holdridge

13:30-15:00 La Comunicación en la Enseñanza Superior. Ayudas Visuales. Gráficos.
Ing. Adalberto Gorbitz

15:00-17:00 Técnicas de Enseñanza de la Edafología en las Facultades de Agronomía.
Dr. Elemer Bornemisza
Dr. Hans Fassbender

Miércoles 9

7:00- 9:00 Técnicas para aumentar la productividad del suelo.
Dr. Elemer Bornemisza

9:30-11:30 El Suelo y la Producción Agropecuaria.
Ing. Alberto Sáenz Maroto

13:30-15:30 Suelos y Riego.
Ing. Rodolfo Perdomo

15:30-17:00 Técnicas de Análisis de Suelos.
Ing. Miguel A. González

17:00 Regreso a San José.

Jueves 10

Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

8:00- 9:00 Formación de Comisiones para elaborar los programas Analíticos, así:

Comisión No. 1. Programa de Ecología
Comisión No. 2. Programa de Edafología I (Física de Suelos)
Comisión No. 3. Programa de Edafología II (Química de Suelos)

9:00-12:00 Trabajo de las comisiones.

13:00-17:00 Trabajo de las comisiones

Viernes 11

8:00-10:00 Elaboración de Recomendaciones y Acuerdos.

10:00-11:00 Aprobación de Recomendaciones y Acuerdos.

11:00 Sesión de Clausura

1. Palabras de un profesor participante.
2. Clausura por el Decano de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.
Ing. Alvaro Cordero Rojas.

P A R T I C I P A N T E S

A. Delegados de las Facultades de Agronomía

GUATEMALA

Ing. Mario A. Martínez, Profesor
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos

Ing. Salvador Castillo O., Profesor
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos

EL SALVADOR

Ing. Roberto Denys
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador

Ing. Ricardo León Salazar
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador

NICARAGUA

Ing. Noel Somarriba
Escuela Nacional de Agricultura
y Ganadería
Managua, Nicaragua

Ing. Eliseo Ubeda
Escuela Nacional de Agricultura
y Ganadería
Managua, Nicaragua

COSTA RICA

Ing. Alberto Sáenz Maroto, Profesor
Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica

Ing. Miguel A. González, Profesor
Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica

Ing. Carlos López, Profesor
Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica

PANAMA

Ing. Reinmar Tejeira, Profesor
Facultad de Agronomía
Universidad de Panamá

B. Conferencistas y Asesores

John Blydenstein
Agrostólogo
Centro de Enseñanza
e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Dr. Gerardo Budowski, Jefe
Programa de Dasonomía
Centro de Enseñanza
e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Dr. Leslie R. Holdridge
Ecólogo

Dr. Jorge Michael Montoya
Ecólogo
Centro de Enseñanza
e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Ing. Adalberto Gorbitz
Comunicador
Centro de Enseñanza
e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Dr. Elemer Bornemisza
Edafólogo
Centro de Enseñanza
e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Dr. Hans Fassbender
Edafólogo
Centro de Enseñanza
e Investigación
Turrialba, Costa Rica

Ing. Alberto Sáenz Maroto
Profesor de Suelos
Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica

Ing. Rodolfo Perdomo
Profesor
Universidad de Texas A&M
Programas Internacionales
Instituto Geográfico Nacional
Guatemala

Ing. Miguel Angel González
Profesor
Facultad de Agronomía
Universidad de Costa Rica

Ing. Javier Becerra
Educador Principal
IICA - Zona Norte
Guatemala

Ing. Marco Tulio Urízar M.
Educador Asociado
IICA - Zona Norte
Guatemala

RECOMENDACION Nº 1

Aprobación del Programa de Edafología y Ecología

El primer Seminario Internacional sobre la enseñanza de la Ecología y Suelos,

Considerando:

Que siendo uno de los objetivos del Seminario la revisión y elaboración de los programas analíticos de las asignaturas Ecología y Edafología que ofrecen las Facultades de Agronomía de América Central;

Que siendo los países de América Central eminentemente agrícolas, deben de contar con el personal técnico suficientemente capacitado en la ciencia del Suelo para que puedan resolver los problemas en este aspecto, aumentando por consiguiente los rendimientos de las cosechas por unidad de superficie; y

Que de acuerdo a los postulados del CSUCA, en referencia a la integración de la Enseñanza Superior en la América Central;

RECOMIENDA:

1. Instar a las Facultades de Agronomía, adscritas al CSUCA, que lo más pronto posible, impartan los Cursos de Ecología y Edafología, de acuerdo con el contenido e intensidad que aparece en los programas analíticos adjuntos; los cuales han sido aprobados por este Seminario Internacional

San José, agosto de 1967.

RECOMENDACION Nº 2

Modalidades de la Ecología en el ciclo general y en el ciclo profesional

El primer Seminario Internacional sobre la enseñanza de la Ecología y Suelos,

Considerando:

Que para la enseñanza del Curso de Ecología Vegetal básica, es necesario preparar previamente a los estudiantes del ciclo general con una serie de conceptos que los capaciten mejor para recibir aquel curso;

Que en los "pensum de estudios" de las carreras de Agronomía, Dasonomía y Ciencias afines, generalmente se incluye un curso de Biología en el ciclo general;

Que el curso de Ecología Vegetal básica, del ciclo profesional, debe de considerarse como preparatorio para el profesional, en el ciclo de orientaciones;

Que cada orientación necesita un diferente enfoque ecológico.

RECOMIENDA:

1. Incluir en el curso de Biología del ciclo general, diferentes aspectos ecológicos, particularmente aquellos conectados con la interrelación entre plantas y animales, el complejo de la comunidad biológica y la integración del medio ambiente con el medio biológico.

2. Que el curso de Ecología Vegetal Básica, se imparta de acuerdo al Programa Analítico adjunto, que ha sido aprobado por este Seminario.

3. Que en los ciclos de orientaciones, se incluyan capítulos de Ecología aplicada, como se muestra en los siguientes ejemplos:

   a) Fitotecnia. Bases ecológicas para la elección e introducción de cultivos.

   b) Dasonomía. Bases ecológicas de la Silvicultura.

   c) Zootecnia. Bases ecológicas en el manejo de los pastizales.

San José, agosto de 1967.

RECOMENDACION Nº 3

Curso Corto de Ecología Vegetal

El primer Seminario Internacional sobre la enseñanza de la Ecología y Suelos,

Considerando:

Que es conveniente atender a la formación del personal docente en las Facultades de Agronomía de América Central, para impartir el curso de Ecología;

RECOMIENDA:

1. Que la Secretaría Permanente del CSUCA realice gestiones ante el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, para que esta institución lo más pronto posible ofrezca un curso corto de Ecología Vegetal para profesores de las Facultades de Agronomía del Istmo Centroamericano.

San José, agosto de 1967.

RECOMENDACION Nº 4

Cursos Electivos u Optativos

El Primer Seminario Internacional sobre la enseñanza de la Ecología y Suelos,

Considerando:

Que dentro del plan mínimo para las Facultades de Agronomía del Istmo Centroamericano se aprobaron 20 Unidades Valorativas para asignaturas electivas u optativas.

RECOMIENDA:

1. Que las Facultades de Agronomía del área ofrezcan facilidades para que los estudiantes puedan optar, dentro del grupo de materias electivas, a uno o todos los cursos siguientes en un grado más avanzado:

    1. Física de Suelos
    2. Química de Suelos
    3. Clasificación y Cartografía de los Suelos
    4. Microbiología del Suelo

2. Que la Secretaría Permanente del CSUCA, haga las gestiones tendientes a que las Facultades de Agronomía del área elaboren los programas analíticos de estos cursos.

San José, agosto de 1967.

RECOMENDACION Nº 5

Programas Analíticos de Conservación de Suelos, Fertilizantes y Enmiendas

El primer Seminario Internacional sobre la Enseñanza de la Ecología y Suelos,

Considerando:

Que los programas analíticos de los cursos obligatorios de Conservación de Suelos, Fertilidad y Enmiendas, no fueron contemplados en este Seminario;

RECOMIENDA:

1. Que la Secretaría Permanente del CSUCA haga gestiones ante las Facultades de Agronomía integrantes de la Confederación para que en la primera oportunidad y previa consulta a dichos centros de estudio, se elaboren los programas analíticos de los cursos indicados en esta Recomendación.

San José, agosto de 1967.

RECOMENDACION Nº 6

Obras de referencia

El primer Seminario Internacional sobre la Enseñanza de la Ecología y Suelos,

Considerando:

Que debe estimularse la difusión de las obras científicas publicadas en América Central;

Que es conveniente utilizar como obras de referencia los libros publicados en el área y que representen el resultado de experiencia y estudios regionales;

Que de acuerdo con los postulados del CSUCA, en referencia a la integración de la Enseñanza Superior en América Central; y

Que es conveniente contar con revistas científicas para la enseñanza e investigación en la Ciencia del Suelo;

RECOMIENDA:

1. Que las Facultades de Agronomía de América Central incluyan, preferencialmente, entre las obras de referencia del curso de Edafología, el libro titulado "Suelos Tropicales" del profesor Ing. Alberto Sáenz Maroto.

2. Que las Facultades de Agronomía de la América Central incluyan en sus bibliotecas las siguientes revistas científicas:

   - Soil Sci. Soc. of Amer. Proceedings
   - Fitotecnia Latinoamericana
   - Turrialba
   - Soil Science
   - Agronomy Journal
   - Tropical Agriculture
   - Plant and Soil
   - Journal of Soil Science
   - Plant and Soil (Japón)
   - International Soil Science

San José, agosto de 1967

ACUERDO Nº 1

AGRADECIMIENTOS

El primer Seminario Internacional sobre la Enseñanza de la Ecología y Suelos,

Considerando:

Que el éxito de este evento se ha debido a la positiva y valiosa colaboración de varias instituciones y su personal técnico;

ACUERDA:

1. Expresar un voto de agradecimiento a:

   a. Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica, a través de su Decano y Profesores.

   b. La Secretaría Permanente del CSUCA por el auspicio de esta reunión.

   c. Centro de Enseñanza e Investigación (Turrialba) y Dirección Regional para la Zona Norte, ambos del IICA, por la participación efectiva de sus funcionarios.

San José, agosto de 1967'

PROGRAMA DE ECOLOGIA VEGETAL BASICA

Clave: (Optativa para cada Facultad)

Pre-requisito: Biología, Botánica, Climatología o Meteorología, Edafología.

Intensidad: 3 horas de teoría por semana
3 horas de práctica por semana
4 Unidades valorativas

Obras de Referencia: Véase al final de este Programa.

OBJETIVOS: Proporcionar al estudiante de Agronomía y Ciencias afines los conocimientos básicos para su formación general y prepararlo para su orientación profesional.

Programa Sintético:

1. Introducción.
2. El medio ambiente y su influencia en la vegetación.
3. La comunidad vegetal y sus características.
4. Distribución de especies y comunidades.
5. Aplicaciones prácticas.

Programa Analítico

I. Teoría

1. Introducción

(Definiciones, Ecosistemas, medio ambiente, sinecología, autoecología, etc.)

1.1 Orígenes
1.2 Relación con otras ciencias
1.3 Utilidad

2. El medio ambiente y su influencia sobre la vegetación

2.1 Factores climáticos
2.2 Factores edáficos incluyendo topografía
2.3 Factores bióticos

2.3.1 Hombre
2.3.2 Pastoreo
2.3.3 Plagas y enfermedades
2.3.4 Fuego
2.3.5 Plantas
2.3.6 Otros

3. La comunidad vegetal y sus características

3.1. Diferentes enfoques para clasificar la vegetación

3.1.1 Ecológicos (integración de factores climáticos)
3.1.2 Fisionómicos
3.1.3 Florísticos
3.1.4 Otros

3.2 Dinámica

3.2.1 Interrelaciones
3.2.2 Sucesión
3.2.3 Ciclos

4. Distribución de especies y comunidades

4.1 Mecanismos de distribución de especies
4.2 Origen y evolución de comunidades
4.3 Otros factores (migraciones, barreras, etc.)

5. Aplicaciones prácticas

5.1 Buscar ejemplos en los temas de: introducción de cultivos, comparación de zonas ecológicas, manejo de vegetación, equilibrio biológico y otros a discreción del profesor.

II. <u>Prácticas de laboratorio y de campo (algunas sugerencias)</u>

1. Levantamiento de parcelas, perfiles, etc.

2. Apreciación de diferentes zonas ecológicas del país (por medio de excursiones)

3. Germinación bajo diferentes medio-ambientes

4. Crecimiento

5. Competencia

6. Comparación de diferentes clasificaciones de vegetación

7. Sucesión vegetal

8. Ciclos y cadenas alimenticias

9. Búsqueda de zonas ecológicas equivalentes al país en otras regiones de la tierra

10. Elección de cultivos

NOTA: Se recomienda revisar los textos y manuales de Ecología anotados en este programa, muchos de los cuales incluyen sugerencias o instrucciones precisas en relación con prácticas de Ecología.

1. ASHBY, M. Introduction to plant ecology. Londres, Mac-Millan, 1961. 249 p.

2. BILLINGS, W.D. Plants and the ecosystem. Belmont, Wadsworth Publishing, 1964. 154 p.

3. CAIN, S.A. y CASTRO, G.M. Manual of vegetation analysis. New York, Harper & Brothers, 1959. 325 p.

4. CHAMPION, H. y BRASNETT, N.V. Principios ecológicos. In Elección de especies arbóreas para plantaciones. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO: Cuadernos de Fomento Forestal #13), 1959. 123-293 pp.

5. CLARKE, G.L. Elementos de Ecología. Traducción de M. Fuste. Barcelona, Ediciones Omega, 1958. 615 p.

6. DAUBENMIRE, R.R. Plant and environment a textbook of plant ecology. John Wiley & Sons, 1959. 422 p.

7. GREIG-SMITH, P. Quantitative plant ecology. Londres, Butterworths, 1964. 256 p.

8. HOLDRIDGE, L.R. Life zone ecology. San José, Tropical Science Center, 1967. 316 p. (Edición revisada).

9. KERSHAW, K.A. Quantitative and dinamic ecology. New York, American Elsevier Publishing, 1964. 183 p.

10. MANN, G. Bases ecológicas de la explotación agropecuaria en la América Latina. Washington D.C., Departamento de Asuntos Científicos, Unión Panamericana, 1966. 77 p.

11. MARGALEF, R. Comunidades naturales. Mayaguez, Instituto de Biología Marina, Universidad de Puerto Rico, 1962. 469 p.

12. ODUM, E.P. Fundamentals of ecology. Phyladelphia, Saunders, 1959. 546 p.

13. _____. Ecología. México, Compañía Editorial Continental, 1965. 201 p.

14. OOSTING, H.J. Ecología vegetal. Traducción de J. García. Madrid, Aguilar, 1951. 434 p.

15. WILSIE, C.P. Cultivos: aclimatación y distribución. Zaragoza, Ed. Acribia, 1966. 491 p.

II. GUIAS DE TRABAJOS PRACTICOS

1. AMERICAN INSTITUTE OF BIOLOGICAL SCIENCES (AIBS) Y BIOLOGICAL SCIENCE CURRICULUM STUDY (BSCS). Laboratory block on the ecology of land plants and animals. Bulder, Colorado, 1962. (Existe actualmente edición comercial y traducciones en español).

2. BENTON, A.H. y WERNER, W.E. Field biology and ecology. Minneapolis, Burgess Publishing Co., 1962. 225 p.

3. CURTIS, J.T. y COTTAM, G. Plant ecology workbook. Minneapolis, Burgess Publishing Co., 1964. 195 p.

4. GATES, F.C. Field manual of plant ecology. McGraw Hill Book Co., 1949.

5. LEMON, P.C. Field and laboratory guide for ecology. Minneapolis, Burgess Publishing Co., 1962. 180 p.

6. MONTALDO, P. Manual de trabajos prácticos en ecología. Maracay, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, 1963. 82 p. (Mimeografiado).

III. DICCIONARIOS Y GLOSARIOS

1. CARPENTER, J.R. An ecological glossary. New York, Hafner Publishing Co., 1962. 306 p.

2. HANSON, H.C. Dictionary of ecology. New York, Philosophical Library, 1962. 382 p.

Programa de Edafología

Clave: (Optativa para cada Facultad)

Pre-requisitos: (Optativa para cada Facultad)

Intensidad: 3 horas de teoría y 3 de práctica por semana, durante 2 semestres (1 año); que totalizan 8 unidades valorativas.

Obras de referencia:

TEORIA

1. Sáenz Maroto, A. Suelos Tropicales. Universidad de Costa Costa Rica.

2. Hoyos. Alvareda. Edafología.

3. Black. Plant & Soil relationships.

4. Russell. Condiciones del Suelo y el Desarrollo de las Plantas.

5. Robinson. El Suelo.

6. Buckman y Brade. Edafología.

7. U.S.A. Dept. of Agr. Suelos Salinos y Alcalinos Hand Book 60. Riverside Cal.

PRACTICAS

1. Jackson. Métodos de Análisis de Suelos.

2. American Society of Agronomy, Methods of Soil Analysis.

3. Sáiz del Río y Bornemisza. Manual de Laboratorio de Suelos. IICA, Turrialba, Costa Rica.

OBJETIVOS: Proporcionar Al estudiante los conocimientos básicos de la Ciencia del Suelo, capacitándolo para la comprensión de los problemas implicados en la producción agrícola en lo que respecta al factor Suelo.

Programa Sintético

1. Introducción a la Ciencia del Suelo.
2. Generalidades del Suelo.
3. Composición del Suelo.
4. Propiedades físicas del suelo.
5. Propiedades químicas del suelo
6. Microbiología del Suelo.
7. Relación Suelo-Planta.
8. Manejo del Suelo
9. Génesis del Suelo.

Programa Analítico

I. Teoría

1. Introducción

   1.1 Historia
   1.2 Conceptos básicos
   1.3 Relación con otras ciencias

2. Generalidades del Suelo

   2.1 Definición
   2.2 Importancia
   2.3 Partes integrantes

3. Composición del Suelo

   3.1 Rocas y material matriz (Regolita)
   3.2 Fase sólida del suelo
      3.2.1 Minerales primarios
      3.2.2 Minerales secundarios
   3.3 Meteorización
   3.4 Materia Orgánica
   3.5 Fase acuosa
   3.6 Fase gaseosa

4. Propiedades físicas del Suelo

4.1 Textura
4.2 Color
4.3 Estructura
4.4 Temperatura
4.5 Densidad y porosidad
4.6 Consistencia
4.7 Agua del suelo

5. Propiedades químicas

5.1 Intercambio Catiónico
5.2 Bases cambiables
5.3 Acidez cambiable
5.4 p^H
5.5 Poder Tampón del Suelo
5.6 Enmiendas
5.7 Suelos salinos

6. Microbiología

6.1 Microorganismos del suelo
6.2 Flora y Fauna del suelo
6.3 Materia Orgánica
6.4 Ciclos del C, N, P, S
6.5 Relación C:N

7. Relación Suelo-Planta

7.1 Nutrimentos del Suelo

7.1.1 Formas
7.1.2 Disponibilidad
7.1.3 Dinámica
7.1.4 Absorción
7.1.5 Funciones
7.1.6 Deficiencias

8. Manejo del suelo

8.1 Erosión
8.2 Prácticas de Conservación
8.3 Otras prácticas culturales (riego, drenaje, laboreo)

9. Génesis del Suelo

9.1 Factores
9.2 Morfología
9.3 Sistemas de Clasificación
9.4 Cartografía de los suelos

II. Prácticas del Curso

1. Reconocimiento de rocas y minerales
2. Descripción de perfiles de suelo y sus características, color, textura, estructura, humus.
3. Toma de muestras para diferentes fines. Su preparación.
4. Determinación del agua en el suelo. Potenciometría, gravimetría, determinación de % de poros y fase sólida.
5. Densidad. Picnómetro.
6. Temperatura.
7. Textura. Métodos hidrómetro y pipeta.
8. Estructura.
9. Movimiento capilar, permeabilidad del suelo.
10. Carbonatos.
11. Sales solubles, conductometría.
12. Acidez (p^H) necesidades, encalado.
13. Capacidad total de cambio, bases cambiables Ca, Ng, K.
14. Materia orgánica.
15. Nitrógeno C/N.
16. P. Disponible.

LA ECOLOGIA Y LA PRODUCCION AGROPECUARIA

John Blydenstein*

La ecología es el estudio de las relaciones recíprocas entre organismos y su medio ambiente. Estos organismos pueden ser tanto animales como plantas, y así hay la ecología animal y la ecología vegetal. En la agronomía, nos interesa principalmente la ecología vegetal, ya que se trata principalmente de cultivos, aunque la ecología animal también tiene su importancia en algunos campos agronómicos, tales como la entomología.

La ecología vegetal generalmente se divide en dos partes, la sinecología y la autecología. En la sinecología se trata de una síntesis de las relaciones entre el complejo del medio ambiente total y las comunidades de plantas que se desarrollan allí. Es un estudio de la estructura, el desarrollo y la dinámica, las relaciones internas y la distribución de las comunidades vegetales. Las otras charlas sobre el tema de ecología en este seminario tratarán más en detalle sobre la sinecología, la cual es de importancia en la agronomía en la delimitación de regiones naturales y en algunas fases especializadas de agronomía, como la industria forestal y el manejo de pastizales.

La mayoría de la agricultura, sin embargo, depende de cultivos de una especie u otra, y la reacción de esta especie a las diferentes prácticas agronómicas que le podemos aplicar. El cultivar no es más que una modificación del medio ambiente para favorecer el desarrollo del cultivo y lograr una cosecha mayor de producto económico. En este sentido, es de suma importancia conocer la relación entre la planta individual y los diferentes factores del medio ambiente, o sea la autecología.

Con fines de enseñanza, es una práctica común de dividir el medio ambiente en sus diversos factores principales, tales como suelo, agua, temperatura, etc. Pero en un curso de ecología nunca se debe olvidar que el medio ambiente es una integración de todos estos factores, con todas sus interrelaciones e interacciones.

Uno de los factores principales de más influencia sobre el desarrollo de la planta es el factor suelo. El suelo en sí es un medio ambiente para los organismos vivos de su microflora y microfauna. Las prácticas agronómicas de preparación de tierra y fertilización son dos ejemplos de modificaciones a este factor del medio ambiente al alcance del hombre.

El factor agua es otra influencia importante en el desarrollo vegetal. El agua es el disolvente universal y el vehículo de transporte de minerales dentro del suelo hacia las plantas y dentro de las plantas desde las raíces hacia los otros órganos. El agua atmosférica en forma de nubes y humedad relativa del

---

* Agrostólogo de la Disciplina de Zootecnia del CEI, IICA, asignado por la FAO bajo el Programa Fondo Especial de las Naciones Unidas/80.

ambiente, el agua precipitada en forma de lluvia o nieve, y el agua en el suelo, ya sea vapor, agua capilar o agua higroscópica, cada una tiene su efecto particular sobre la planta. Afecta a todas las fases de desarrollo vegetal, desde la germinación de las semillas, a través del crecimiento de la planta, hasta la polinización de las flores.

Otra parte del medio ambiente es el factor temperatura. La temperatura afecta el tiempo disponible para el desarrollo de la planta. Las temperaturas bajas pueden servir de estímulo para la iniciación de ciertos procesos fisiológicos importantes, tales como la brotación en la primavera o la floración en el otoño. Las temperaturas altas pueden ser nocivas y causar daños directos, quemando las plantas o sus tejidos, o daños indirectos por medio de la interrelación entre temperatura y humedad.

El factor luz es de importancia, porque todos los procesos fisiológicos derivan su energía de la radiación solar. También los efectos del fotoperiodismo pueden afectar el éxito de una introducción de un cultivo nuevo. Algunas especies o variedades no florecen, ni producen semillas, si las noches son demasiado largas; en otros cultivos la formación de flores es reprimida si la cantidad de luz es limitada por nubosidad. Donde se utilizan las partes vegetativas del cultivo, como en las verduras o pastos, esto puede ser benéfico; en otros cultivos es un efecto perjudicial.

El factor atmósfera incluye el efecto de gases tóxicos y también la influencia de movimientos atmosféricos como los vientos. Está dentro del alcance del hombre modificar estos efectos mediante control de gases liberados por las fábricas, y el establecimiento de cortinas rompevientos. Aquí ya entramos más en los problemas de interrelaciones, ya que una cortina rompevientos afecta la temperatura y la humedad del aire, además de reducir el movimiento del aire.

El factor fuego es otro de estos factores complejos, que afecta no sólo directamente a la planta, sino también por la vía indirecta por su influencia sobre los otros factores del medio ambiente. El hombre tiene a su alcance el control del fuego, y este incluye no sólo la eliminación total del fuego, sino también su uso en forma controlada como un implemento de cultivo.

El último de los factores del medio ambiente es el complejo del factor biótico. Aquí se incluye la influencia de los animales herbívoros sobre los cultivos de forrajes, la influencia de los insectos sobre la polinización de las flores, y las influencias de los microorganismos como las rhizobia y micorizas en la productividad de los cultivos.

En resumen la parte autecológica de la enseñanza de ecología se divide por razones prácticas en los factores individuales del medio ambiente, al mismo tiempo no olvidándose de que estos factores no actúan separadamente, sino en conjunto; un cambio en un factor puede compensar una limitación en otro. El énfasis en la enseñanza debe estar sobre la forma de medir [illegible] factores del medio ambiente y los tipos de obs[illegible] se deben efectuar en las plantas para poder estu[illegible] del medio ambiente sobre su desarrollo. Con es[illegible] udiante, y luego el agrónomo, puede hacer sus pr[illegible]nes relacionadas directamente con sus problemas [illegible]n.

Algunos textos y manuales de laboratorio para la fase autecológica de la enseñanza de ecología vegetal.

1. American Institute of Biological Sciences (AIBS) Biological Sciences Curriculum Study (BSCS), High School Biology. Laboratory Block on the Ecology of Land Plants and Animals. Boulder, Colorado. 1962. (existe ya una edición comercial de este texto, y también hay traducción al español de algunas versiones).

2. Daubenmire, R. R.
Plants and Environment, a textbook of plant ecology. John Wiley & Sons, Inc. 2nd. Edition. 1959.

3. Gates, F. C.
Field Manual of Plant Ecology. McGraw Hill Book Co., Inc. 1949.

4. Lemon, P. C.
Field and laboratory guide for ecology. Burgess Publishing Co. 1962.

UNIDADES DE VEGETACION, UTILIDAD Y METODO DE ESTUDIO

Gerardo Budowski*

RESUMEN

El problema: Necesidad de describir unidades de vegetación.

Qué sistema usar? Cómo clasificar unidades pequeñas en grandes? Cómo hacer comparación?

Dificultades:

1. Existen actualmente numerosos sistemas diferentes. La terminología varía entre países y escuelas.

2. La eficiencia de determinado sistema varía con la escala (comunidades vegetales sobre una amplia superficie vs. comunidades sobre pequeñas superficies.)

3. La vegetación es dinámica. Hay fases de sucesión. Hay que distinguir entre la vegetación actual y la vegetación potencial. El concepto de climax.

4. Se clasifica la vegetación para diferentes propósitos(comerciales, científicos). Según el propósito o el interés científico, hay diferentes enfoques.

5. A menudo la descripción de comunidades vegetales requiere la representación de un mapa con escogencia de leyendas, colores, y unidades compatibles con la escala.

Vegetación actual o potencial o climax.

Para cada juego de factores ambientales, a base del material vegetal existente, hay una evolución hacia un "climax", cuando no hay influencias que estorban este proceso (como el hombre, las quemas o incendios, el ganado, las inundaciones, los huracanes, etc.).

No es fácil determinar este "climax" pues el mismo clímax sigue siendo dinámico, el tiempo puede ser muy largo, acaso siglos o milenios, y nuestros conocimientos escasean. La vegetación "potencial" es la que se produciría si hoy se vislumbrara en un instante esta sucesión en la mejor forma que nuestros conocimientos permitan definirla.

Hay una vegetación potencial y diferentes "fases sucesionales" o "etapas de la sucesión". Hay toda una terminología para indicar los efectos de las influencias que estorban el proceso hacia el

---

* Jefe del Programa Forestal y Encargado del Decanato, IICA Turrialba, Costa Rica.

climax.

Diferentes enfoques o sistemas para clasificar la vegetación

Esencialmente un sistema se caracteriza por los parámetros que se escogen para distinguir diferentes unidades.

1. Sistemas ecológicos. Los parámetros toman en cuenta los factores del medio ambiente, especialmente el clima y los suelos (o la humedad del suelo para así incorporar en parte el factor precipitación del clima). En general adolece de la dificultad de escoger entre los muchos factores del medio ambiente, cuya importancia puede variar de un lugar a otro. Es más eficiente en las escalas pequeñas (1:1,000,000 o menor). Tiene importantes aplicaciones para hacer comparaciones entre regiones diferentes.

2. Sistemas fisionómicos. Los parámetros toman en cuenta la estructura y el aspecto de las comunidades, tal como la altura de las comunidades, la estratificación, la distribución en el espacio; también incluye funciones como la capacidad de perder las hojas en la estación seca (bosques deciduos o tropófilos), adaptaciones contra factores adversos, etc. Hay muchos sistemas y diferentes técnicas para describir comunidades. Algunos sistemas sólo describen la vegetación actual, otros la potencial. Entre los defectos parece ser que diferentes comunidades pueden adoptar fisionomías similares a pesar de encontrarse en ambientes ecológicos muy diferentes.

3. Sistemas florísticos. Se describen las comunidades según las especies características. Se buscan afinidades entre comunidades pequeñas para establecer jerarquías mayores; Apropiado para escalas grandes pero muy difícil de aplicar en comunidades muy complicadas y sobre grandes superficies.

4. Combinaciones de sistemas. Para satisfacer las necesidades del estudio específico existen combinaciones que permiten clasificar mejor la descripción de la comunidad.

   Así por ejemplo, un bosque tropical ombrófilo de bajura de galería con proponderancia de Anacardium Excelsum, incluye elementos ambientales, fisionómicos y florísticos. La misma palabra "manglar" representa igualmente los mismos tres elementos.

Algunos problemas que implican conocimientos de la relación entre vegetación y suelos en países tropicales:

1. Existen comunidades vegetales indicadoras de buenos suelos agrícolas y cómo reconocerlas?

2. Cómo reconocer suelos con características especiales desfavorables para la agricultura, a través del análisis de la vegetación?

3. Dentro de un mismo macroclima qué variación cabe esperar entre comunidades vegetales naturales según el origen de suelos: aluviales, calcáreos, volcánicos recientes, comparados con suelos zonales?

CONSIDERACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA ECOLOGIA EN LAS FACULTADES DE AGRONOMIA DE AMERICA CENTRAL

J.M. Montoya Maquin *

Introducción

La ecología investiga las relaciones entre los seres vivos y el medio, si bien tiene sus bases en estudios antiguos puede considerarse como una ciencia nueva debido a que sus conceptos y métodos son de reciente desarrollo.

Por otra parte, la ecología tiene como característica fundamental ser una ciencia de síntesis, lo cual dificulta, en parte, su enseñanza en los niveles universitarios y en la formación del personal docente.

Estas dos características han hecho que la enseñanza de la ecología no se imparta, o que sea muy deficiente, en la mayoría de las facultades de agronomía de América Central, sobre todo por no contar con personal docente especializado.

Ante esta deficiencia, el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA), por medio de la Comisión Permanente de Educación Agrícola Superior, con el asesoramiento del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, está haciendo un esfuerzo para encontrar una solución a este problema. Así, en la Primera Reunión de la Comisión Permanente de Educación Agrícola Superior realizada en Tegucigalpa, Honduras, en enero de 1966 (4), se aprobó el plan de acción para el mejoramiento del profesorado de las facultades centroamericanas de agronomía (1), el cual contempla la realización del "Seminario sobre la enseñanza de Ecología y Suelos" que estamos llevando a cabo.

La ecología, orígenes y enfoques **

Tomando en cuenta la amplitud y cantidad de temas que se pueden tratar y estudiar en un curso de ecología, creemos necesario hacer una rápida revisión de los principales enfoques que se pueden dar para el estudio de la ecología, así como de sus principales subdivisiones.

Desde el punto de vista histórico, la ecología nace de la observación de los seres vivos en su "habitat" y de la apreciación o de la medida de su comportamiento en diferentes situaciones. El agricultor primitivo, quien con su empirismo hizo

---

* Ecólogo, Unidad de Recursos para el Desarrollo, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Centro de Enseñanza e Investigación, Turrialba, Costa Rica

** Capítulo adaptado de Lebrum (7).

hizo selección de especulaciones apropiadas al medio y a las tierras que disponía, sentó las bases de la ecología experimental. Analizando, con más detalles el punto de vista histórico, podemos diferenciar tres fuentes de origen de la ciencia ecológica:

Observamos que la más antigua es aquella dada por la Geografía botánica o Geobotánica. Esta disciplina tiene como primer objetivo constatar y comparar hechos tales como inventarios florísticos, distribuciones de especies, determinación de territorios naturales, llegando a la investigación sobre el origen de las especies y explicando su distribución. Esto obligó a los fitogeógrafos a tratar de ligar hechos florísticos con causas geográficas; es decir, a justificar el "habitat" de las especies y comunidades de plantas dando lugar a un pensamiento ecológico.

La segunda fuente de origen de la ecología es la Fisiología Vegetal, cuyo instrumento tradicional es de origen experimental. Los fisiólogos rápidamente se inclinaron sobre los problemas de las reacciones de funcionamiento y del comportamiento de los vegetales frente a los factores del medio. Si bien en un principio, los fisiólogos analizaron aisladamente las respuestas de los vegetales a un solo factor del medio, a partir de Fitting, en 1922, adoptaron técnicas netamente ecológicas al considerar el estudio de los vegetales en sus ambientes globales y variables, en los cuales los elementos esenciales podrían ser regularmente medidos logrando de esta manera obtener una respuesta funcional, registrada en diversos medios controlados que permitieran poner en evidencia, aisladamente la acción propia de cada uno de los factores del medio.

La tercera fuente de origen que se va a considerar es la de la Agronomía. Se puede ver que desde hace mucho tiempo los agrónomos se han preocupado de la acción del ambiente, clima y suelo sobre el desarrollo y rendimiento de las plantas cultivadas. El criterio de la producción generalmente empleado en investigaciones de tipo fitotécnico es un fiel integrador de la influencia del medio sobre los cultivos. Otro aspecto de la contribución de la agronomía a la ciencia ecológica, es la relacionada con la selección de especies o variedades apropiadas a condiciones dadas. Esta línea de investigación ha brindado numerosas indicaciones sobre reacciones y plasticidad de las plantas frente a condiciones del medio. Paralelamente a estas contribuciones, podemos mencionar la gran influencia que han tenido las investigaciones silviculturales y agrostológicas en el desarrollo de la ecología, sobre todo en los aspectos de influencia intraespecífica e interespecífica.

Como hemos podido observar de este análisis sumario e incompleto de sus orígenes, la ecología tiene raíces múltiples, diferenciándose de otras ciencias nuevas en que éstas han nacido de una ciencia ya bien definida, logrando individualizarse rápidamente.

La ecología se puede abordar por cada una de las dos fases del díptico "medio ambiente-ser vivo", que constituye su objeto de estudio. De esta manera se tendrá la Mesología, que tiene como objetivo en una primera etapa, analizar los diversos factores que constituyen el medio y posteriormente desglosar sus interrelaciones. Los principales grupos de factores del medio externo que se estudian serán los climáticos, edáficos, fisiográficos y bióticos, entendiéndose que los dos primeros actúan de una manera directa sobre el comportamiento de los vegetales, mientras que los dos últimos actúan principalmente modificando a los primeros. El mesólogo emplea, generalmente para la primera etapa de análisis, técnicas tradicionales de climatología, pedología, biología o de ciencias geográficas y en realidad entra en el dominio de la ecología en la fase de la investigación de las interrelaciones de estos factores. Sin embargo, hay que entender que la finalidad de los estudios mesológicos es el establecimiento de las sumas de energía y materia que el medio ofrece a cada instante y en cada punto de la superficie de contacto del ser vivo con su medio. Con estas consideraciones se podrá establecer la noción ecológica de productividad agrícola.

Paralelamente a la mesología, se ha desarrollado otro de los aspectos de la ecología que es la Etología, en la cual el énfasis se da al estudio del comportamiento del mismo ser vivo en relación al medio o "habitat" en el que se desarrolla. La etología tiene principalmente dos campos de acción: el primero relativo al estudio del comportamiento fisiológico de los seres vivos bajo la influencia del medio, que podemos llamar etología de las funciones o etología funcional y el segundo sobre las disposiciones que toman los seres vivos para soportar las influencias del medio, ya sea resistiendo o sacando partido de ellas; estos estudios son de etología adoptativa.

Una segunda modalidad de subdividir el dominio ecológico es la de considerar los conceptos de individuos y el de población. Se definirá la autoecología como el estudio de las relaciones del medio con los individuos considerados aisladamente y liberados de las influencias de los demás en un mismo habitat; es decir, sin considerar relaciones intraespecíficas o interespecíficas.

Paralelamente se desarrolla la sinecología, que estudia el comportamiento de una población con respecto a su medio; dando énfasis al estudio de las influencias recíprocas que existen entre los individuos de una comunidad, ya sean pertenecientes a una o varias especies.

El conocimiento ecológico de una especie se puede obtener mediante el estudio autoecológico de numerosos individuos en condiciones variables; esta es la razón por la cual se considera que la autoecología es relativa a las especies, mientras que la sinecología es el estudio de agrupaciones o comunidades pluriespecíficas.

De estas consideraciones se puede concluir que el interés agronómico del estudio de la ecología no puede limitarse a un solo aspecto ecológico; la enseñanza de la ecología debe ser enfocada en su aspecto global que debe conducir a un programa de estudio con aspectos mesológicos, etológicos, autoecológicos y sinecológicos.

Situación de la enseñanza de la ecología en Centroamérica.

La enseñanza de la ecología es reciente en las facultades de agronomía de América Latina. Las primeras facultades que ofrecieron este curso fueron las de Chapingo, en México, y La Molina, en Perú, durante el decenio 1940-49; las facultades de Santiago, La Habana y Montevideo en el decenio de 1950-59 y durante estos últimos años se han sumado 10 facultades más (8). En Centroamérica, la situación es más crítica y recién en los últimos tres años se han incluido en los planes de estudio de las facultades.

En la reciente evaluación de la enseñanza de ecología en América Latina de Montaldo (8), realizada en 23 facultades y escuelas de agronomía se señala que estos cursos de ecología son de diversos tipos, variando desde cursos de ecología general hasta cursos de ecología animal, pasando por cursos de ecología agrícola, vegetal y forestal. Se debe considerar que en muchos casos la enseñanza ecológica se dicta como parte de otros cursos como los de biología, fitogeografía, fisiología, fenología o dasonomía.

Un aspecto que es necesario anotar sobre la enseñanza de ecología, se refiere a la exigencia de ciertos cursos considerados como pre-requisitos, en general, en las facultades latinoamericanas. Se exigen los cursos de botánica, climatología y edafología, principalmente. Sin embargo, se nota una tendencia en los últimos años de exigir como único pre-requisito un curso de biología general (como es el caso de la Universidad Nacional de Colombia, Medellín y de la Universidad Austral de Chile), esta tendencia muestra grandes ventajas por el hecho de que el curso de ecología se puede impartir en los primeros años de la carrera agronómica, lo que significa dar al estudiante un pensamiento ecológico que le sirva de marco de referencia para el fácil entendimiento de muchos cursos posteriores. Sin embargo, para el profesor, un curso de esta naturaleza presenta graves inconvenientes ya que tendría que perder gran parte de su tiempo, por ejemplo, en explicaciones relativas a factores del medio (mesología), que luego serían repetidas y ampliadas en otros cursos específicos posteriores, como los de climatología y pedología.

La situación actual sobre la época de la carrera agronómica en la cual se dicta el curso en América Latina, nos indica (Cf., Cuadro 1) que en la mayoría de las facultades se ofrece durante el quinto semestre, sin embargo hay algunas facultades que lo dictan a partir del cuarto (Universidad de Chile, Santiago) hasta el décimo (Universidad Autónoma de San Carlos, Guatemala).

Referente a la duración del curso de ecología, por lo general ha sido adaptado, en las facultades de América Latina, a un semestre, existiendo gran variabilidad en el número de horas de teoría y de trabajos prácticos que ofrecen. En el caso de las facultades de Centroamérica, según datos de un trabajo reciente del CIDA (2), se puede apreciar esta variabilidad (Cf., Cuadro 2) que es de 3 a 4 horas de curso teórico y de 0 a 3 horas de trabajos prácticos, a la semana.

Tomando en consideración las características de enseñanza de la ecología, creemos que sería muy difícil dictar un curso de ecología general de buena calidad en el lapso de un semestre. El tiempo ideal sería de una duración de 2 semestres, pero desafortunadamente por las características de presentar, las facultades de agronomía, planes de estudio muy recargados, esto sería imposible e implicaría una reestructuración total de los programas de estudio de la carrera.

Problemas para el establecimiento de un curriculum de ecología único para las facultades de Agronomía del Istmo Centroamericano

Tomando en consideración la rápida evaluación que se ha hecho de algunas de las características de la enseñanza de la ecología en las facultades de agronomía, se tratará de exponer algunos de los puntos críticos que habrá que solucionar para el establecimiento de un curriculum general para las facultades del Istmo Centroamericano.

El principal problema que se presenta es el nivel variable de preparación, con el cual el estudiante llega a la universidad, y el que adquiere en la Universidad antes de tomar el curso de ecología.

En el primer caso esta preparación se refiere principalmente a la gran variedad de los programas y enfoque de los cursos de biología que los estudiantes reciben en ciclos de estudios preuniversitarios (educación secundaria). Los cambios en el tipo de enseñanza secundaria de biología se pueden observar después de la Primera Conferencia Interamericana sobre la Enseñanza de Biología llevada a cabo en San José en el año 1963 (3), en la cual se recomendó el cambio de los planes de estudio de biología. Estos cambios fueron fundamentalmente en el enfoque de la biología tradicional descriptiva basada en la sistemática, morfología y anatomía a un enfoque moderno de la biología, basado en el dinamismo de la naturaleza, en el cual en énfasis está en la enseñanza de conceptos de fisiología, genética y ecología.

CUADRO 1.- Semestre de estudio, en el cual se dicta el curso de ecología en algunas Facultades de Agronomía de América Latina.

	SEMESTRE								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Universidad Rural de Minas Gerais (Brasil)					*				
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Col.)									*
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Col.)									
Universidad de La Habana (Cuba)									
Universidad de Chile, Santiago, Chile (Chile)									
Universidad Católica de Valparaíso (Chile)									
Universidad Austral de Chile (Chile)									
Universidad Central (Ecuador)									
Universidad de El Salvador (Salvador)									
Universidad de San Carlos, Guatemala (Guatemala)									
Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería (Nicaragua)									
Facultad de Agronomía de Montevideo (Uruguay)									
Universidad Central de Venezuela (Venezuela)									

FUENTES (2,5,8,10)

* La duración del curso es de un semestre, pero los estudiantes tienen la oportunidad de recibir el curso en el lapso indicado.

La Universidad Agraria (La Molina, Perú) y la Escuela Nacional de Agricultura (Chapingo, México) ofrecen diversos cursos especializados de ecología que pueden ser recibidos por el estudiante, a partir del 2do. año de estudio hasta el 6to. Las facultades de Costa Rica y Panamá actualmente no ofrecen cursos de ecología.

CUADRO 2.- Horas de teoría y práctica del curso de Ecología en América Central.

	Horas de Teoría	Horas de Práctica
Facultad Ciencias Agrícolas, Salvador	4	3
Facultad Agronomía, Guatemala	3	0
Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, Nicaragua	3	2

* En 1965, ni las facultades de Costa Rica ni las de Panamá impartían el curso.

Este enfoque dinámico de la enseñanza de la biología en escuelas secundarias se debe a un esfuerzo paralelo iniciado por el Instituto Norteamericano de Ciencias Biológicas (A.I.B.S.) en 1959 (6), y por el Proyecto para la Reforma de la Enseñanza de la Biología en Europa, patrocinado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (O.E.C.D.) en 1961 (9).

En el ámbito centroamericano, algunos países han introducido parcialmente este tipo de enseñanza, lo cual hace que los estudiantes que llegan a las facultades de agronomía del Istmo tengan una preparación no uniforme, lo cual dificulta el establecimiento de un curriculum único de ecología.

En relación al segundo caso, que se refiere a la preparación básica que recibe el estudiante en los primeros años de Universidad, se puede observar que facultades como las de Costa Rica, Guatemala y El Salvador, tienen un ciclo básico de 2 años en el cual imparten cursos de biología general y que en muchos casos contienen gran volumen de conceptos ecológicos. Como es fácil de comprender, el tipo de estudiante que llega a tomar el curso de ecología, tendrá una mejor preparación que el de las facultades que tienen ciclo básico, esta situación deberá tomarse en cuenta en la confección de un curriculum.

El segundo problema que las facultades de agronomía de Centroamérica deben afrontar, es la falta de personal docente para impartir los cursos de ecología.

La formación de este tipo de especialista requiere por lo menos 2 años de estudios especializados en la materia, lo cual representa una grave dificultad, ya que las facultades tienen que separarse de su personal por estos períodos. Sin embargo, existe la posibilidad de que se aprovechen los períodos de vacaciones universitarias para establecer ciclos de entrenamiento intensivo. El Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA tiene la experiencia de haber organizado un curso corto (3 meses) para profesores de fisiología vegetal y está preparando un segundo para los especialistas en suelos; creemos que la organización de un seminario de este tipo, para ecología, serviría para mejorar la enseñanza de esta especialidad en el área centroamericana. Sin embargo, estas medidas servirían para mejorar sólo temporalmente la enseñanza de la materia y será necesario hacer proyecciones para el futuro, para lo cual se deberá recomendar a las universidades que busquen los medios para que puedan enviar algunos jóvenes egresados, para hacer estudios avanzados en la especialidad.

Otro de los problemas que frecuentemente se mencionan, es la falta de textos de enseñanza* en español, sin embargo, creemos que existe un buen número de buenos textos que pueden servir

---

* Ver en anexo la lista de libros de texto, Manuales de Trabajos Prácticos y Diccionarios, recomendados para la enseñanza de ecología.

como guía para un curso de ecología general; desafortunadamente muchos de éstos no están muy difundidos. El esfuerzo con relación a textos de enseñanza deberá ser centralizado en la preparación de materiales sobre problemas ecológicos particulares a cada país y el área del Istmo.

En relación a Manuales de trabajos prácticos también se deberá hacer un esfuerzo grande, el énfasis nuevamente será dado al empleo de materiales de fácil obtención a la zona en que opere cada facultad.

Algunas sugerencias en relación a la enseñanza de la ecología en Centroamérica *

Tomando en cuenta la estructura actual de los programas de cursos establecidos para las facultades de agronomía de Centroamérica, se considera que la enseñanza de la ecología puede ser impartida en diversos niveles y etapas de la carrera agronómica.

Se sugiere que durante el ciclo básico de estudios universitarios se dicte un curso de biología general con enfoque ecológico. Este curso debe contener algunos principios básicos aplicables, tanto a poblaciones como a individuos (animales o vegetales). La ubicación de este curso sería durante el primer o segundo año académico.

Durante el ciclo de estudios profesionales, se sugiere a las facultades del Istmo ofrecer un curso de ecología vegetal básica** éste debe ser suficientemente general, ya que debe ser tomado por todos los estudiantes de la facultad, no importando la especialización o semi-especialización que piense tomar luego. Este curso podrá ser dictado durante el tercer o cuarto año de estudios.

En el ciclo de semi-especialización que se pretende establecer en las facultades de agronomía de Centroamérica, se sugiere la incorporación de algunos capítulos de ecología aplicada o especializada en los planes de estudio de algunos cursos ya programados. Por ejemplo, en un curso de silvicultura se podría incluir algunos capítulos de ecología forestal, o en un curso de praticultura capítulos sobre ecología de pasturas. Esta parte de enseñanza especializada de ecología podrá ser ofrecida durante el último año de estudios universitarios.

---

* Algunas de estas sugerencias son resultado de la discusión del grupo de trabajo que fue integrado por el Ing. Martínez de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y de los Drs. J. Blydenstein, G. Budowski y J.M. Montoya Maquin del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.

** Ver el curriculum preparado con este fin en las resoluciones del seminario.

En relación a los trabajos prácticos, estos deben ser realizados tanto en el laboratorio como en el campo y se debe tratar de emplear materiales disponibles en la zona. También es recomendable que estos trabajos prácticos sean complementados con excursiones a territorios comprendidos en el área de influencia de la facultad, con el fin de hacer observaciones ecológicas.

LITERATURA CITADA

1. BECERRA, JAVIER. Plan de Acción para el mejoramiento del profesorado de las Facultades Centroamericanas de Agronomía. Dirección Regional para la Zona Norte, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Guatemala 1966. 16 p.

2. COMITE INTERAMERICANO DE DESARROLLO AGRICOLA (CIDA). La educación la investigación y la extensión agrícola en Centroamérica. C.I.D.A., Washington, 1965. 531 p.

3. COSTA RICA, SAN JOSE. Conferencia Interamericana sobre la Enseñanza de Biología 1era, julio 1963. Washington, Departamento de Asuntos Científicos, Unión Panamericana, 1963. 103 p.

4. CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO CENTROAMERICANO (CSUCA). Recomendaciones y Acuerdos de las Reuniones I y II de la Comisión Permanente de Educación Agrícola Superior. Dirección Regional para la Zona Norte, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Guatemala, 1966. p.v. (Publicación No. ZN-100-66).

5. ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA. Ley Orgánica y Reglamento. Managua, Nicaragua, 1965. 86 p.

6. GLASS, H. B. Tendencias de la enseñanza de la biología en los Estados Unidos. In: Conferencia Interamericana sobre la enseñanza de la Biología, 1era., San José, Costa Rica, julio 1963. Washington, Departamento de Asuntos Científicos, Unión Panamericana, 1963. 32-36 pp.

7. LEBRUN, J. L'Ecologie végétale, ses concepts et ses méthodes. Revue des Questions Scientifiques, 22:321-351. 1955.

8. MONTALDO, P. Evaluación de la enseñanza de ecología en las Facultades de Agronomía de Latinoamérica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1967. 16 p.

9. THODAY, J.M. Tendencias Europeas de reforma de la enseñanza de la biología. In: Conferencia Interamericana sobre la enseñanza de la Biología, 1era, San José, Costa Rica, julio 1963. Washington, Departamento de Asuntos Científicos, Unión Panamericana, 1963. 22-31 pp.

10. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. Catálogo de estudios 1967-68. Imprenta Universitaria, Guatemala, 1967. 278 p.

EL SISTEMA DE ZONAS DE VIDA Y SU APLICACION AL AGRO CENTROAMERICANO

L.R. Holdridge*

Creo que en este Seminario la mayoría conoce el bosquejo de zonas de vida, el que muestra un juego de hexágonos, cuyas posiciones están determinadas por las líneas de guía de biotemperatura, precipitación y la relación de evapotranspiración potencial. El mismo bosquejo, de dos dimensiones, representa regiones latitudinales y fajas altitudinales, así que en realidad se trata de un bosquejo de tres dimensiones. Con la interpretación de su conocimiento previo del bosquejo, voy a proceder a explicar el desarrollo del sistema en los últimos años.

Hace pocos años, en el trabajo cartográfico de las zonas de vida de Haití, encontré la razón para la diferencia básica entre la región Subtropical y la Tropical. Por eso, la fórmula para biotemperatura además de eliminar las temperaturas bajo cero grados centígrados, ahora elimina también las temperaturas sobre treinta grados centígrados. La razón para la última cancelación es que a altas temperaturas, la respiración en las plantas alcanza a la fotosíntesis y el crecimiento es nulo. La tre la región Subtropical y la Tropical es la mayor frecuencia de temperaturas altas en la primera.

Ese resultado es significativo para el área de la América Central porque la línea de biotemperatura de veinticuatro grados centígrados, cruza Nicaragua de costa a costa y divide la América Central en dos regiones, la Subtropical al norte y la Tropical al sur. Ayuda mucho para entender las diferencias en la flora y en la agricultura. Por supuesto, como un resultado de esto, mis mapas ecológicos del norte de la América Central son ya incorrectos.

Como consecuencia de haber entendido mejor nuestras regiones locales he cambiado dos nombres en el bosquejo anterior; lo que fue la región Baja Subtropical es ahora Subtropical y la faja altitudinal Subtropical a Premontano. Este último cambio fue necesario para evitar confusión entre la faja altitudinal y la región.

Pero el mayor progreso en el conocimiento del sistema ecológico de zonas de vida, ha surgido como resultado de los dos últimos años de investigación por el Tropical Science Center en colaboración con Wilson Nuttall Raimond, Eng., Inc., de Maryland y financiado por el Advanced Research Project Agency del Department of Defense de los Estados Unidos de Norteamérica. Hemos sstudiado en detalle más o menos 40 asociaciones, en varias zonas de vida en Costa Rica. La investigación de la vegetación y suelos, conjuntamente con su aspecto en fotos aéreas, fue hecha en bosques naturales, poco o nada alterados por la mano del hombre.

---

* Ecólogo del Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Centro de Estudios Tropicales).

En el primer año, un grupo de seis técnicos de la Universidad de West Virginia aplicó el sistema Mega, que es una modificación del sistema Dansereau a la descripción de la vegetación en varios sitios. También el Dr. A. Kuchler aplicó su propio sistema fitocenológico en los mismos sitios. Como el sistema de zonas de vida no había especificado una manera de describir la vegetación, durante el primer año solamente tomábamos datos básicos de medidas de los árboles y el soto bosque, con notas correlacionadas de la composición florística de los lotes.

Al fin del primer año, con los datos básicos en mano, ideé dos métodos nuevos para cuantificar e ilustrar la fisonomía de un bosque. Llamamos a éstos; el "índice de complejidad" y el "perfil idealizado". Los métodos están detallados en la nueva edición de "Life Zone Ecology", así que solamente los mencionaré brevemente aquí:

El "índice de complejidad" es tomado de los datos de 3 a 10 lotes, de un décimo de hectárea cada uno, en la forma de un rectángulo largo de 100 x 10 metros. Es esencialmente una faja fácil de establecer y delimitar los bordes. La fórmula del índice es la siguiente:

$$I.C. = 10^{-3}\ hbds, \text{ en donde:}$$

h = la altura promedio de los árboles dominantes en metros. Preferiblemente 10 árboles o más en todos los lotes.
b = al área basal promedio por lote, en metros cuadrados, calculada de los diámetros al pecho de los árboles de 10 centímetros o más de DAP.
d = la densidad o sea el número promedio de árboles por lote, medidos para el área basal.
s = el número promedio de especies por lote, de los árboles medidos.

El producto de estos cuatro números es dividido por 1000 solamente para reducirlo a un número menor y más manejable.

Lo interesante de los índices es que forman un patrón matemático en el bosquejo de haxágonos de zonas de vida, así que pude predecir los valores para las zonas de vida que no habíamos estudiado. Por ejemplo; un valor de 405 fue predicho para el bosque pluvial tropical que no existe en Costa Rica. Luego el ingeniero César Pérez me mandó los valores de dos lotes, en la vecindad de Quibdo, Colombia, que dieron 387 y 407, que promediados dan 397, menos de tres por ciento de lo esperado.

Por supuesto, el índice puede ser tomado solamente en bosques naturales maduros. Además, los valores reales son iguales a la predicción, si no hay factores de crecimiento limitantes. Pero sabiendo lo que debe ser en condiciones cercanas a las óptimas, el valor actual da una buena evaluación de la productividad relativa de un sitio. Como confirmación de esto, nuestro edafólogo encontró indicaciones de una correlación directa entre ciertas características de los suelos y los valores de los índices de complejidad.

Además, los índices de complejidad nos han dado valores objetivos que confirman la validez del sistema de zonas de vida. El valor se mantiene cruzando todo un hexágono, incluyendo las zonas de transición. Muy cerca a la línea el valor aparece como un promedio de los valores de los dos hexágonos pero en general no hay nada que indique un "centinuum". Es interesante el notar que los valores del índice en los hexágonos cruzados por la línea de escarcha o temperatura crítica, son iguales arriba y abajo de la línea. Esto indica que la fisonomía es igual en las fajas premontano y montano bajo o en las regiones subtropical y Templada, aunque la composición florística sea muy diferente.

Al contrario, los sistemas de Mega y de Kuchler no mostraron una correlación positiva con las diferencias en clima en los sitios estudiados en Costa Rica, durante el primer año. Con el sistema Mega, los datos analizados estadísticamente colocaron juntos sitios con climas bastantes diferentes.

El "perfil idealizado", fue desarrollado para dar un perfil más objetivo. Aunque incluye solamente ejemplares maduros de las especies árboreas, da una impresión bastante clara de la fisonomía y estructura de una asociación.

El perfil incluye el número promedio de especies encontradas en los lotes. Las especies representadas son las más frecuentes. Se hace un dibujo de un árbol maduro representativo de cada especie, que va en el perfil, y las medidas son anotadas. No tratemos de encontrar el árbol más grande. Después, el área basal de este juego de árboles, multiplicada por el número da una indicación de la duplicidad necesaria. Las especies son repetidas de acuerdo con su frecuencia en los lotes, hasta que el producto del b x d del perfil sea igual, o muy cerca, al valor de b x d obtenido en el estudio de los lotes. Entonces, el perfil es construido en papel con una distribución al azar de las especies y sus repeticiones.

En contraste con un perfil tomado directamente en el bosque, cuya selección es muy subjetiva, el "perfil idealizado" es completamente objetivo, menos en la selección de individuos para dibujar. Así, los resultados van a ser los mismos aún si son hechos por distintas personas, o grupos de técnicos.

Siendo natural, el sistema de zonas de vida resulta valioso para la correlación del uso de tierra potencial con el medio ambiente. Sufrimos mucho, innecesariamente, en los trópicos y subtrópicos, porque hay un desconocimiento y descuido de la importancia de esta relación. No solamente se necesita crédito, caminos de penetración y extensión para un desarrollo satisfactorio, también hay que saber los usos económicos más convenientes en las áreas que se van abriendo.

Ahora bien, muchos han creído que el sistema de zonas de vida es algo débil para la planificación del uso de la tierra, porque solamente indica unos aspectos generales del clima, como la temperatura y la precipitación, pero hay que saber que la delimitación de las zonas de la vida es solamente la primera etapa de mi sistema de clasificación. El sistema total toma en cuenta factores adicionales de gran importancia como los suelos topografía, geología, drenaje, etc. Tales factores son utilizados para subdivisiones de las zonas de vida. Los últimos forman la base sólida para las subdivisiones, facilitando los estudios secundarios, a la vez que indican claramente el orden de prioridad para estos estudios.

El segundo órden, después de las zonas de vida, comprende los grupos de asociaciones. En este orden caen las calificaciones del clima como las que dependen de la distribución de la precipitación, por ejemplo, climas monsónicos y mediterráneos, que frecuentemente abarcan toda la zona de vida. También distingue cuatro divisiones de topografía y geológicas como áreas de piedra caliza, serpentina y cenizas volcánicas recientes que producen suelos distintos y otras divisiones de características generalizadas que son significativas para el uso de la tierra.

La delineación de los grupos de asociaciones se hace en base a fotos aéreas y reconocimiento de campo, respaldados por conocimientos ya disponibles como datos climáticos y mapas topográficos y geológicos. Las divisiones de la tierra, resultantes de representar las varias combinaciones de los factores mencionados, producen un mapa que sirve para el desarrollo de un plan de uso potencial de la tierra.

Como estas divisiones pueden eer puestas en el mapa de zonas de vida, resulta fácil dividir el terreno en zonas de cultivo, ganadería y forestales. También, dada la zona de vida y el grupo de asociaciones, el ecólogo de la región puede hacer recomendaciones específicas de las cosechas y usos para el área. La economía de la región, los medios de comunicación, los mercados y los conocimientos de los habitantes indicarán cual de ellos es más recomendable. A la vez, las categorías de los grupos de asociaciones indican donde hay que hacer estudios más intensos, como por ejemplo en las zonas aptas para cultivar.

El tercer orden de divisiones de la tierra está representado por las asociaciones propias. Estas son las áreas que actualmente, o antes, tienen vegetación de una fisonomía y estructura significativamente distinta a todas las demás asociaciones de la zona de vida. Dentro de una zona de vida, y de un grupo de asociaciones, el nombre de la asociación es dado de acuerdo a las características del suelo que lo hace distinto. Así que el primero, segundo y tercer orden de las divisiones de la tierra, en el sistema de zonas de vida, tienen nombres que indican las características del sitio y medio ambiente y no la composición taxonómica de la vegetación, sea natural o cambiada por el hombre. Uno puede, si quiere, usar sinónimos como "manglar" o "catival" pero estos serían considerados como nombres locales o vulgares para las asociaciones.

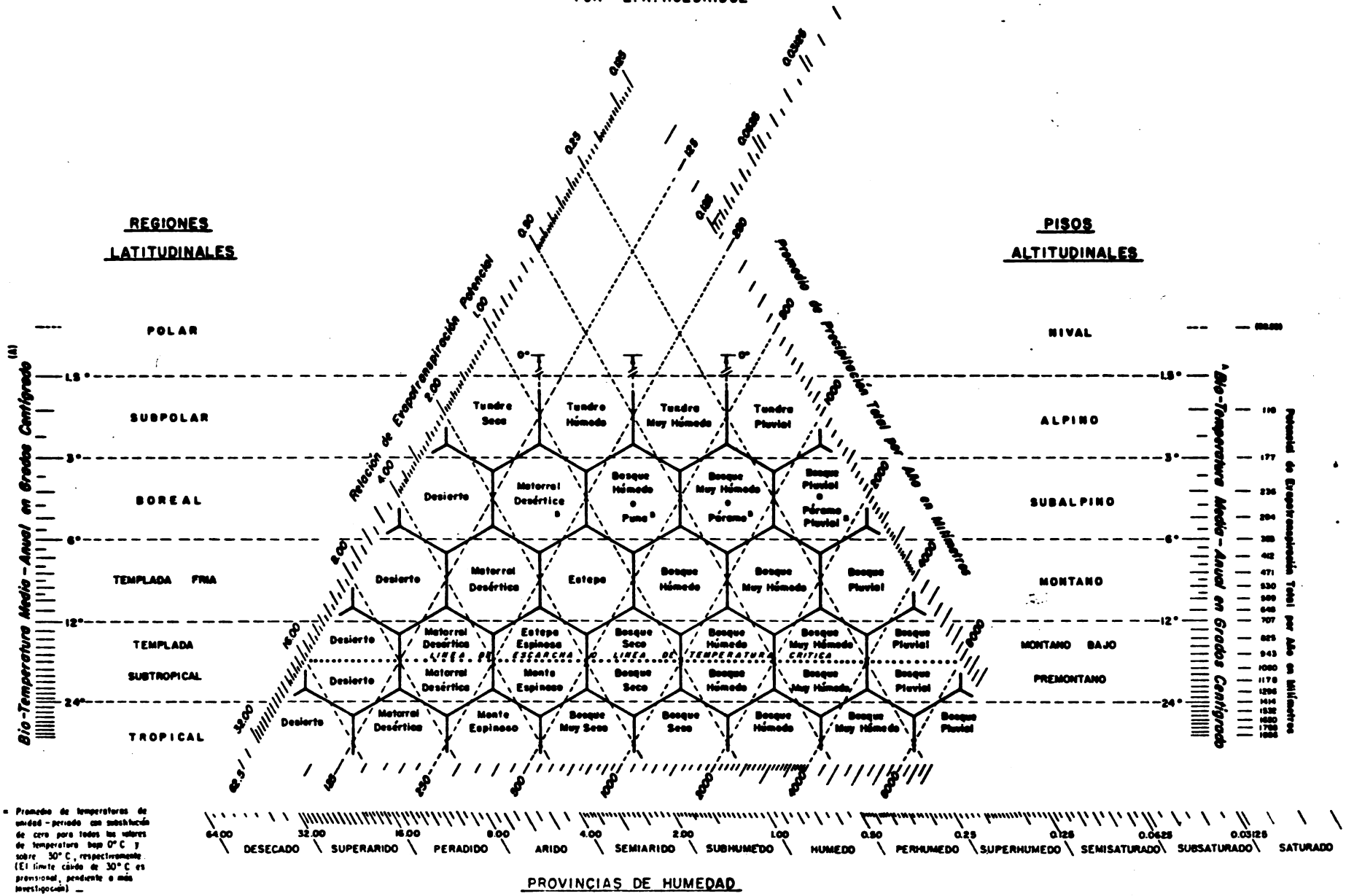
El cuarto orden del sistema es definido, pero lo emplean solamente en técnicas muy avanzadas de planificación del uso de la tierra. Comprende divisiones de acuerdo con el uso actual. Es posible que una asociación del tercer orden en un sitio, puede comprender una parte en cultivo de maíz, parte en pasto y parte de maleza secundaria. Naturalmente, estas subdivisiones cambian de año a año y son utilizadas más para estudios de producción de cosechas, evaluación de tierra, o en otros estudios de ese tipo.

El sistema global bosquejado, ha sido ideado para permitir correlaciones y cambios de información sobre una base técnica entre cualquier sitio de nuestro mundo. Por eso, el uso de nombres taxonómicos de plantas ha sido evitado, lo que siempre prevenía la correlación entre regiones biogeográficas distintas de la tierra. En el viaje a Thailandia y a Africa, que el doctor Tosi y yo hicimos hace casi dos años, vimos la necesidad y la posibilidad de un intercambio científico de información agrícola que este sistema permite.

Para terminar, quiero aclarar para todos, que muchas otras personas me han ayudado en el desarrollo del sistema de zonas de vida y sus divisiones. La mayoría de ellos han trabajado activamente en estudios del sistema, en la parte cartográfica o en su aplicación práctica en varios campos.

DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE ZONAS DE VIDA O FORMACIONES VEGETALES DEL MUNDO

POR : L. R. HOLDRIDGE



(A) = Promedio de temperaturas de unidad - período con substitución de cero para todos los valores de temperatura bajo 0° C y sobre 30° C, respectivamente. (El límite cálido de 30° C es provisional, pendiente a más investigación) —

(B) = En la región Tropical solamente.

COMUNICACION EFICAZ EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR

Adalberto Gorbitz*

Comunicamos para obtener una respuesta de nuestros oyentes. Como profesores, fuentes de comunicación tenemos alguna intención, algún propósito. Hay algo que queremos que nuestros oyentes conozcan, acepten, o sean capaces de hacer. Es decir, el efecto de la comunicación es un cambio en la manera de pensar, sentir o actuar en el receptor, en nuestro caso los estudiantes.

Para conseguir ese cambio creamos mensajes y los enviamos a través de un canal, transformados en palabras, escritos, símbolos visuales, gestos, señales de manos, etc. Cuando hablamos o escribimos, nuestra principal clave en que ponemos nuestro mensaje es el lenguaje; lo usamos más que cualquier otro medio. Es un lugar común afirmar que el lenguaje es vital para la comunicación eficaz. El uso apropiado del lenguaje es algo importante cuando se pretende dar a conocer a otros lo que uno quiere expresar.

EL MUNDO DE EXPERIENCIA COMPARTIDA

Hay un problema de comunicación que se refiere a las diferencias entre los mundos de experiencia de la fuente y del receptor. La comunicación sólo es posible cuando las experiencias del comunicador y del receptor tienen algo de común. Esto es el mundo de experiencia compartida. Un extensionista, por ejemplo, tiene un modo de pensar, vocabulario, ambiente, prejuicios, conocimientos, que constituyen su mundo de experiencia. Un agricultor, por otra parte, tiene un modo de pensar, vocabulario, supersticiones, conocimientos, que constituyen su mundo de experiencia. Si los dos mundos no se cruzan, no se traslapan, no hay comunicación. La hay en la zona en que este mundo de pensar, vocabulario, prejuicios, etc., son comunes a los dos mundos de experiencia. El extensionista debe, entonces, aproximar su mundo al mundo al mundo del agricultor; conocer más el vocabulario y creencias de éste. El agricultor, a través de las enseñanzas recibidas y de las nuevas experiencias, crece mentalmente y penetra en el mundo de experiencia del extensionista. Así se ensancha la zona de experiencia común.

Este problema de comunicación se presenta también entre personas educadas; entre dos científicos, entre el profesor y el estudiante universitario. Consideremos los mundos de experiencia de un químico y un abogado, adaptando un esquema de Cooper (3) (Fig. 1). Si suponemos que el vocabulario promedio de una persona educada es de unas 15.000 palabras, 10.000 de ellas serán comunes al químico y al abogado. Palabras como propano o adsorción son especiales del químico; es probable que el abogado no las conozca.

---

* Jefe del Programa de Comunicación Científica y Documentación, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba, Costa Rica.

Palabras como contumelia o pandectas son propias del abogado; es casi seguro que el químico no sabe lo que significan. La comunicación se realiza en el área común a los dos. Por eso, el profesor debe manejar el lenguaje en lo posible dentro del mundo de experiencia del estudiante; por eso, el científico usa las definiciones para explicar el significado tanto de términos poco familiares al oyente, como de términos más comunes usadas bajo un punto de vista especial (4).

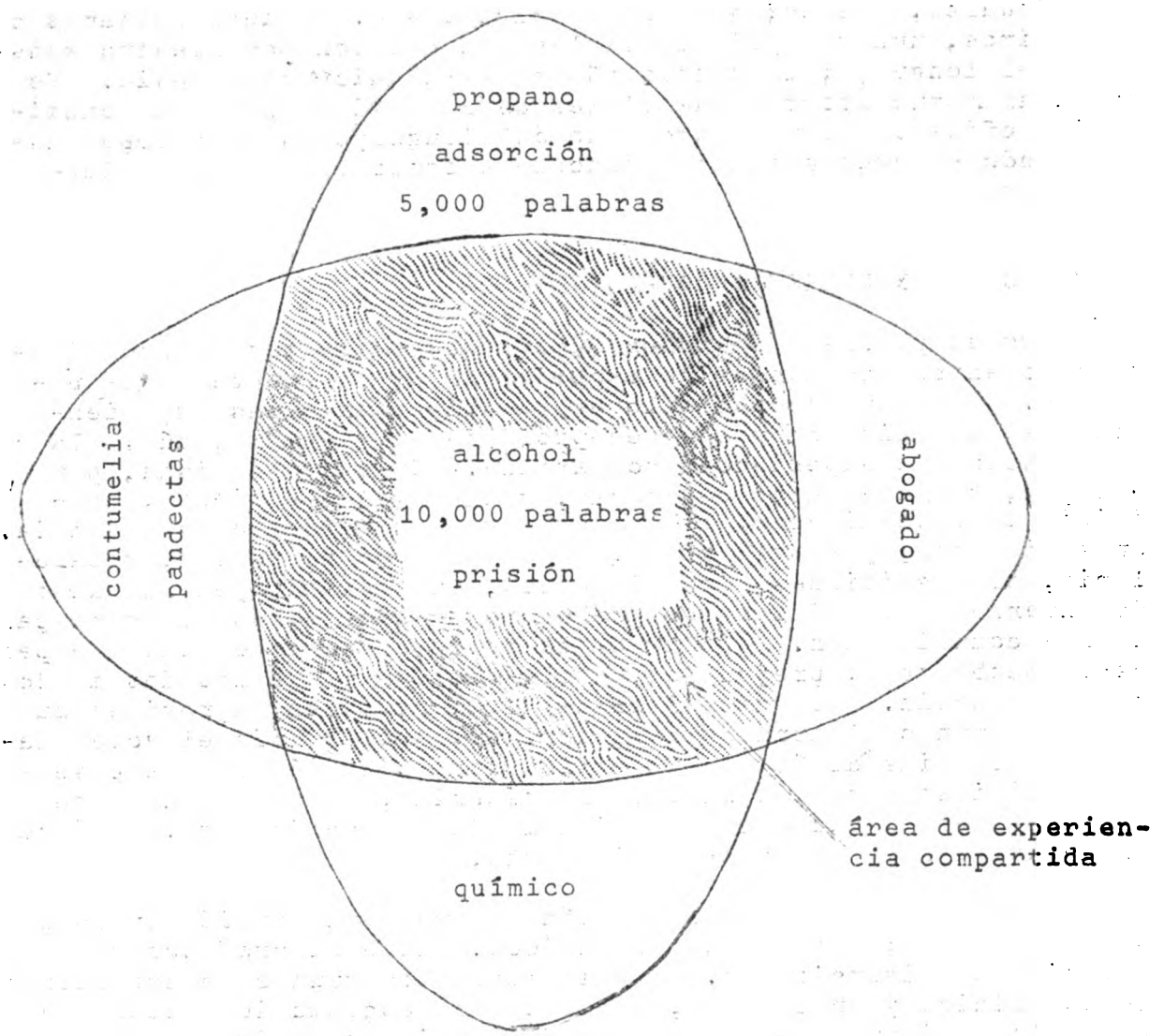


Fig. 1. Mundos de experiencia de un químico y de un abogado. La comunicación se realiza en el área común a ambos.

ALGUNOS PRINCIPIOS DEL APRENDIZAJE

Revisemos brevemente algunos principios del aprendizaje que influyen en la capacidad del estudiante de adquirir los objetivos de la enseñanza. Ellos suplementan al lenguaje para obtener una comunicación eficaz (5).

1. Motivación

El aprendizaje y la memoria de los estudiantes están estrechamente ligados a la motivación. Los estudiantes por lo general aprenden lo que quieren aprender, pero a menudo tienen gran dificultad en aprender materias que no les interesan. Un problema primario, entonces, es motivar a los estudiantes. Hay algunos motivos reconocidos en estudiantes universitarios, a saber:

a. Educación en el hogar. A la mayoría de los estudiantes se les inculca por sus padres el deseo de salir bien en la universidad y por eso tienen alguna motivación para aplicarse.

b. Deseo de agradar. También, la mayoría de los estudiantes quieren ser apreciados. Hay cierto conflicto entre el deseo de excelencia y el de obtener simpatía entre los compañeros. El "levantador de promedios" no es siempre muy estimado. Algunos estudiantes que buscan la aceptación por parte de sus compañeros de clase, pueden evitar demostraciones conspicuas de logros académicos.

c. Independencia. Hay otros motivos conflictivos. A menudo ocurre conflicto entre el deseo de independencia y el de dependencia; los estudiantes pueden resistirse a un profesor que dirige muy estrechamente sus actividades, pero también es probable que se perturben cuando se les da demasiada independencia.

d. Calificativos. Los calificativos son importantes para el estudiante. Pero son también causa de conflicto. Son causa de ansiedad y de actitudes negativas. Si el profesor basa sus calificaciones en la memorización de detalles, los estudiantes aprenden el texto de memoria. Si los estudiantes creen que los calificativos están basados en su habilidad de integrar y aplicar principios, tratarán de adquirir esa habilidad. Los calificativos deben ser principalmente un incentivo y no una amenaza. El estudiante debe estar motivado más por la esperanza que por el temor.

Lo importante que hay que recordar es que la motivación existe y que se debe evitar que se originen conflictos.

2. Organización

Enseñar más de lo que el estudiante puede asimilar es como echar agua a una botella de cuello estrecho. La mayor parte del líquido se verterá por los lados de la botella. Pero es posible enseñar más y lograr que se recuerde mejor con una buena organización. La enseñanza que ayuda a los estudiantes a encontrar principios y marcos dentro de los que se van ajustando los hechos nuevos, puede ser más eficaz que la enseñanza que simplemente comunica una masa de hechos en los cuales el estudiante no vé ninguna organización. La clase ideal debería comenzar con un problema de tanta significación que los estudiantes deberían estar un paso por delante del profesor al acercarse a la solución.

3. Variabilidad

Muchos profesores se sienten descorazonados cuando un estudiante responde perfectamente a un problema de rutina y después falla en usar el mismo conocimiento para resolver un nuevo problema en el que ese conocimiento también es pertinente. Hay que ayudar a los estudiantes a desarrollar principios y conceptos que puedan aplicar a una amplia gama de problemas. Hay que procurar que el estudiante aprenda a aplicar principios y conceptos a situaciones variables.

4. Verbalización

La verbalización puede ayudar al estudiante a identificar los elementos comunes en estas situaciones variables y acortar el período de aprendizaje. Es importante que el estudiante aprenda a poner en palabras los principios, procesos o destrezas que aprende.

EL LENGUAJE COMO INSTRUMENTO DE ENSEÑANZA

La forma como se usa el lenguaje tiene importancia en la enseñanza. Los principios más importantes en la presentación científica son la precisión, la concisión y la claridad.

La precisión se refiere al uso de términos adecuados, los que corresponden más exactamente al significado que quiere expresar. El profesor debe dominar el vocabulario de su ciencia y debe saber donde encontrar confirmación a la terminología que usa.

La concisión exige el empleo sobrio del lenguaje, sin verbosidad ni derroche de palabras inútiles. En la presentación científica debe evitarse el estilo literario. No deben emplearse términos floridos, grandilocuentes, efusivos y elogiosos, como tampoco formas líricas de expresión.

La claridad se obtiene ya sea siguiendo las reglas de construcción del idioma como evitando el uso de palabras rebuscadas y poco comunes. Cada oración debe ser tan exacta y simple como sea posible, directamente, con todas sus partes visibles: sujeto, verbo y complemento. No se deben usar adjetivos y adverbios superfluos, como tampoco frases de circunloquio. Hay que evitar el caer en la "jerizonga del especialista", es decir en el abuso y creación de términos nuevos para denotar conceptos que ya tienen denominaciones más simples. Por ejemplo, a veces se encuentran profesionales que usan el término "índice butirométrico" en vez de "por ciento de grasa" en la leche. También, en el Perú se usó por algún tiempo la expresión "riqueza ictiológica" hasta que la gran expansión de la industria obligó a que en la lucha por conseguir mercados se volviese a la expresión más sencilla de "riqueza pesquera" para lograr una mejor comunicación con los clientes.

Esta tendencia a crear un idioma abstruso en el especialista quizás tenga raíces sicológicas, en el sentido de que el autor crea que es más digno e impresionante expresarse pomposamente empleando palabras altisonantes. En algunas esferas esto está causando alarma y continuamente se escuchan llamadas a la claridad y a la sencillez en revistas y reuniones científicas. No falta quien considere que este mal uso del idioma es a menudo una forma visible de una confusión interna de pensamiento (9).

Este llamado es hecho aún por escritores de renombre. Así, Bertrand Russell, filósofo y matemático, premio Nobel de Literatura en 1950, tiene algunos consejos que dar sobre claridad del lenguaje (70). Primero, nunca use una palabra larga si puede usar una corta. Segundo, si quiere hacer una exposición con muchas cualificaciones, ponga algunas de estas cualificaciones en oraciones separadas. Tercero, no deje que el comienzo de su oración conduzca al lector a esperar algo que es contradicho por el final. Lord Russell pone como ejemplo el siguiente párrafo que podría ocurrir en una obra de sociología:

> "Los seres humanos están completamente exentos de tendencias de proceder indeseables sólo cuando ciertos prerrequisitos, no satisfechos excepto en algunos casos actuales, han, a través de alguna concurrencia fortuita de circunstancias favorables, procedido a combinarse en producir un individuo en quien muchos factores se desvían de la norma una manera socialmente ventajosa".

Y seguidamente, sugiere la siguiente traducción a un idioma comprensible:

> "Todos los hombres son pillos, o por lo menos casi todos. Los hombres que no lo son deben haber tenido una suerte poco común, tanto en su nacimiento como en su educación".

Otro ejemplo ha sido presentado recientemente por Woodford (9) para ilustrar lo que llama la declinación del estilo en la presentación científica por efecto de la literatura científica especializada. Afirma que cuando los estudiantes de ciencias entran a la escuela para graduados escriben a menudo en forma directa y clara, como esto:

"Para determinar el tamaño y forma molecular de A y B, se midieron sus constantes de sedimentación y difusión. Los resultados se presentan en el Cuadro 1. Ellos muestran que A es una molécula algo esférica de un peso molecular de 36.000. El peso molecular de B sigue incierto ya que la muestra parece ser impura. Esto se está investigando más".

Dos años más tarde, la escritura de estos mismos estudiantes es verbosa, pomposa, llena de circunloquios de moda y de polisílabos, como esto:

"Para evaluar la posible significación de ciertos parámetros moleculares al nivel subcelular, y para arrojar luz sobre el rol concebible de la configuración estructural en relaciones espaciales de macromoléculas intracelulares, se ha diseñado y desarrollado una senda integrada (ver nota 1) al problema de la difusividad celular. Los resultados, que están en una etapa preliminar se discuten aquí en algún detalle por su posible implicación en mecanismos de difusividad en esferas más amplias".

Muchos otros ejemplos y opiniones se pueden citar. Veamos lo que dice el novelista inglés George Orwell (6). Dá también algunos consejos: 1) Nunca use una metáfora, símil u otra figura de expresión que usted ve frecuentemente en los periódicos; 2) nunca use una palabra larga cuando una corta puede servir; 3) si es posible eliminar una palabra, elíminela siempre.

Conviene anotar que en castellano, las "palabras largas" a que se refiere "Lord Russell y Orwell, son en realidad "palabras poco comunes". En inglés es más estrecha que en castellano la correlación entre longitud de las palabras y su oscuridad.

En mi experiencia en Turrialba, también he encontrado ejemplos que confirman que la claridad en la presentación es un síntoma de que el estudiante domina el tema y que piensa claramente. Citaré un caso bastante ilustrativo. En un ejercicio del curso de Redacción Técnica, un estudiante trató de hacer un compendio de un artículo de una revista de suelos, con el siguiente resultado ininteligible:

"La fijación del fósforo en los suelos en forma de fosfato de calcio o magnesio, es rápidamente soluble en disolventes débiles en esta forma es bastante útil para las plantas este fósforo puede ser fijado como ión férrico y fosfato de hierro por hidróxido de hierro y aluminio, cloruros y sulfatos en pequeñas partes fácilmente hidrolizables, y variables a las plantas, mientras, que el fijado por la geotita es muy insoluble, sólo es útil a la planta en forma soluble, la geotita presenta en el suelo una creciente variación de cantidad y una fijación en suelos donde una vez se formó por el insuficiente calor en el suelo para deshidratarse".

Algunos años más tarde, al presentar este ejemplo en clase y expresar que quizás podría ser el resultado de lo difícil del artículo original, otro estudiante aceptó el desafío implícito y pidió que le permitiera hacer la prueba. El resultado fue que presentó un resumen claro e inteligible, lo que demostraba que había comprendido lo que había leído y que podía expresar por escrito lo que pensaba. No está demás relatar que el primer estudiante no pudo terminar sus estudios, mientras que el segundo es ahora un distinguido profesor de Fisiología Vegetal y de Redacción Técnica en la Facultad de Agronomía e Instituto Forestal de Medellín, Colombia.

ALGUNOS VICIOS EN EL USO DEL LENGUAJE

En mi experiencia en Turrialba he podido comprobar que los errores de gramática son los mismos cualquiera que sea la nacionalidad del estudiante. No hay identificación de ciertos errores con ciertos países, salvo en el caso de significados que cambian o del uso de anglicismos. Es posible quizás aventurar que se encuentran diferencias debidas a la calidad de la instrucción secundaria recibida independiente de la nacionalidad, pero esto es más una impresión que un hecho sustentado por cifras.

Lo que si se puede señalar es que hay errores que se presentan con más frecuencia que otros. Esto se puede observar tanto en la cátedra en Turrialba, como en países individuales donde he tenido ocasión de trabajar con estudiantes de cursos especiales. A continuación se enuncian los errores más comunes.

a) Puntuación. La puntuación es quizás donde fallan más los estudiantes. Se usa la coma con frecuencia donde se precisa el punto y coma, o el punto seguido. También se observa la separación con coma del sujeto y del verbo.

b) Concordancia. La falta de concordancia en número, y en segundo lugar, en género, es también frecuente. Esto se observa sobre todo en la voz pasiva; hay cierta confusión aquí que hace que se empleen frases como: "Se tomó varias muestras", "Se midió seis parcelas". Esta confusión en voz pasiva es en realidad un problema general en la lengua española, que se ve discutida desde los tiempos de Andrés Bello y de Rufino Cuervo.

c) Anglicismos. Los anglicismos están suplantando en este siglo a los galicismos como elementos contaminadores del idioma. Además de la influencia del cine, radio, televisión, hay que anotar el hecho de que el estudiante (y el profesor) están constantemente bajo la influencia de sus lecturas de la literatura científica en inglés. Así vemos a estudiantes (y profesores) hablar de reportes, ratas de crecimiento, abstractos, plotear una curva, mapear, chequear, etc. Conviene, al respecto, recomendar el uso de un diccionario de anglicismos como el de Alfaro (1).

d) Oraciones incompletas. También son comunes las oraciones incompletas. Entre dos puntos seguidos no se encuentra ningún verbo o este no aparece cuando se usa un punto donde debería ir una coma.

Estos son los errores más frecuentes, aunque ocurren también otros. Entre estos, cabe mencionar la falta de paralelismo en las enumeraciones y en la presentación de esquemas, la confusión en el uso apropiado de las preposiciones, y las faltas de ortografía.

Aparte de los errores gramaticales, hay otros vicios de usos y construcciones sobre los que conviene advertir para obtener claridad, economía y precisión en el lenguaje científico. A continuación se enumeran algunos.

1. Adjetivos y adverbios de más

Sea parco en el uso de adjetivos y adverbios. Es necesario escribir con estricto apego a la evidencia experimental, sin pasión ni deseo de influir en el lector. Evite frases como:

- .. sumamente interesante.
- .. resultados curiosos.
- .. error lamentable.

Muchos escritores tratan de ganar vigor y efectividad agregando adjetivos y adverbios en vez de escoger cuidadosamente sustantivos y verbos, y emplear una eficaz estructura en sus oraciones. El uso excesivo y descuidado de intensificadores debilita más que fortalece el escrito. Como un ejemplo se puede mencionar el adverbio "muy". En realidad, poco o nada significa y puede eliminarse con provecho. Si se dice que un hombre es honrado, no se puede decirlo con más fuerza; un intensificador como "muy" sólo servirá para debilitar la proposición. Sea parco en el uso de intensificadores y verá que adquieren más fuerza las pocas veces que los use. Prefiera una buena construcción de sus frases y una selección cuidadosa de palabras.

1. Frases de circunloquio

Omita frases introductorias que no son necesarias. Diga sin rodeos lo que desea exponer y elimine introducciones como las siguientes:

- Es interesante notar que ...
- Más vale decir que ...
- Con respecto a este asunto, debe tenerse en cuenta que
- Por mucho tiempo se ha sabido que ...
- Aquí cabría añadir que ...
- Puede decirse sin temor a equívoco que ...
- Sin lugar a dudas podría llegar a afirmarse que ...
- Abundando en esto y con riesgo a insistir demasiado en el tema, debo insistir que ...

3. Construcción desordenada

A veces el autor quiere decir en un párrafo todo lo que tiene en la cabeza de lo que resulta una construcción desordenada. Exprese una sola idea en cada frase y elimine lo que no es pertinente a la exposición.

Ejemplo: "Los tomates, reconocidos hoy como alimentos ricos en vitaminas, especialmente la vitamina C, que previene contra el escorbuto, enfermedad que en otros tiempos fue el terror de los marineros, fueron considerados por nuestros antepasados, allí por el siglo XVIII, como venenosos".

Ejemplo: "Una expansión formidable ha ocurrido en los Estados Unidos durante los últimos veinte años, tal como el fenolformaldehido, nylon, bakelita, etc., en la conversión de benzol a partir de alquitrán de carbón en estireno (un compuesto de caucho sintético), en la manufactura de gas de agua, acetileno del coke, naftaleno usado como fumigante y como reactivo en la fabricación de caucho, toluol, para explosivos, etc., todos derivados del carbón".

4. Verbosidad

A veces, aunque la construcción sea ordenada, hay un exceso de palabras que se pueden evitar.

Ejemplo: "De la mayor importancia es la necesidad de examinar cuantitativamente los varios instars que no han alcanzado madurez, para evaluar y determinar la validez de la teoría preconizada por Zibram".

Es suficiente decir: "Para probar la hipótesis de Zibram, se deben medir todos los instars inmaduros".

5. Frases gastadas

Hay frases que se hacen tan comunes en la vida diaria, especialmente en los periódicos y la radio, que a veces se introducen en un escrito:

- .. la madre naturaleza.
- .. una verdadera mina de información.
- .. tiene un efecto deletéreo.

6. Repetición inconsciente

Sin darse uno cuenta se pueden usar frases que repiten el significado:

- .. hechos verdaderos.
- .. parte integral.
- .. desastre terrible.

7. Exageración

Evite el uso de superlativos. Sea moderado en sus expresiones. No se deje llevar por el entusiasmo. Ejemplos:

- .. innumerables ocasiones.
- .. ampliamente demostrado.
- .. problema sumamente serio.
- .. Humboldt, el incomparable sabio alemán, dice ...
- .. desde tiempo inmemorial ...
- .. importancia fundamental.
- .. absolutamente esencial.
- .. completamente eliminado.

8. Vaguedad

Evitar la vaguedad, que siempre es un mérito, es especialmente deseable en el escrito científico.

Incorrecto: "Se tomaron pequeñas muestras a intervalos frecuentes".

Correcto : "Se tomaron muestras de 100 cc. a intervalos de media hora".

9. Ambigüedad

Evite el construir frases ambiguas, que se prestan a más de una interpretación. El uso de frases subordinadas o explicativas debe hacerse con cuidado. La cláusula modificatoria debe colocarse lo más cerca posible de su antecedente para evitar esta ambigüedad o anfibología.

Ejemplos:
- Insecticidas sistémicos para cultivos no tóxicos.
- Hubo una conversación ayer sobre las molestias que causan a las ovejas los perros en la oficina del Ministro.
- Se leyó un comunicado oficial sobre el matrimonio de prisioneros alemanes con muchachas inglesas en la Cámara de los Comunes.
- Se alquilan cuartos para estudiantes recién blanqueados.

- De acuerdo con su formulario, cumplo con informarle que he dado a luz a mellizos en el sobre adjunto.

- Déme un jarabe para mi mamá que está resfriada en este frasquito.

- Vio a una mendiga el Rey que sollozaba.

- El capitán mandó hacer fuego a los soldados.

- Sólo deseo salir al campo con usted y gozar de sus delicias.

- Dale pasto al caballo y después dalo al amo.

LA PRESENTACION ORAL

Las técnicas de comunicación difieren cuando se trata de presentación escrita u oral. Aún dentro de esta última, hay diferencias si se trata de clases de un curso, en que las presentaciones se suceden unas a otras y los estudiantes toman notas, y la charla incidental de una hora a una audiencia cuya atención hay que mantener y cuyo interés hay que despertar (8).

El objeto principal de una charla es más crear un estado mental, o punto de vista, que transmitir información. El escrito, por su parte tiene como función principal almacenar información, por lo que puede estar lleno de cuadros numéricos, gráficas y ecuaciones matemáticas.

El éxito de la forma en que se presenta oralmente la materia se mide por el grado con que el miembro promedio de la audiencia la recuerda al día siguiente. En una charla de una hora debe haber un tema principal, y todos los puntos interesantes subsidiarios, experimentos, demostraciones deben ser tales que recuerden al oyente ese tema principal.

No se deben leer las charlas. Aun se puede recomendar el no escribir el texto de la charla antes de presentarla, pues puede haber la tendencia de memorizar el texto y la charla parecerá leída. Si el conferenciante domina la materia, es mejor hacer un esquema con los puntos principales, en el orden que deben ser elaborados. El principio principal que justifica el reunir al conferencista y a su audiencia es el contacto emocional, en el que el pensamiento se desenvuelve paralelamente en el que le expone y los que lo escuchan. Se puede decir que "la charla peor hablada es mejor que la charla mejor leída". Sir Lawrence Bragg, otro premio Nobel (Física 1915), piensa que el hacer venir a un grupo a una sala de conferencias y después leerle un texto es como invitar a un amigo a una caminata y preguntarle si no le importa si usted va a su lado en un automóvil (2). Este texto, incidentalmente, se escribió después de haber presentado la charla en el Seminario.

Una charla se hace o se malogra en los primeros diez minutos. Este es el tiempo en que se establecen los cimientos, se recuerda a la audiencia cosas que saben a medias, y se definen los términos que se emplearon. En este período se despierta el interés de la audiencia.

Se debe mirar a la audiencia cara a cara. Así se dá la impresión de que usted está interesado en el público tanto como usted quisiera que el público se interesase en lo que está oyendo. También esto le permite observar signos de aburrimiento, de incomprensión, de impaciencia, que le permitirán apreciar como vá su charla.

Debe haber cambios de tono y de velocidad durante la exposición. Hay algo hipnótico en una presentación pareja y monótona que induce al sueño (2); esta es otra de las razones por las que es malo leer la charla. Para disminuir el aburrimiento son convenientes toques de buen humor o de interés humano.

Las ayudas visuales deben ser simples y visibles en todos sus detalles, que no requieran una larga explicación. Cuando se presentan, se debe también mirar a la audiencia y no dar la impresión de que está hablando confidencialmente a la pantalla de proyección.

Trate de calcular bien su tiempo. Para esto es útil dividir el esquema de la charla en unas seis partes, destinando unos diez minutos a cada una (2). De esta manera, si el tiempo se hace corto, la parte por acortar es la del medio, donde esto se notará poco. El comienzo y fin no se deben apurar. Evite el acelerar el final en el temor de que el director de debates lo interrumpa para decirle que el tiempo se ha vencido.

Por último, hay que cuidar las actitudes y maneras en la presentación. Sea puntual en llegar a la sala, vista con corrección, sea moderado en los ademanes y la mímica. Sea modesto al hablar de usted mismo, pero no se rebaje ante el público, diciendo que usted es indigno de ocupar el sitial. No adopte actitudes doctorales ni pedantes. No se pasee de un lado a otro continuamente. No se ponga en jarras ni con las manos en los bolsillos. No juego con la tiza ni con otro objeto que tenga a la mano.

Literatura citada

1. ALFARO, RICARDO A. Diccionario de anglicismos. 2a. ed. Madrid, Gredos, 1964. 480 p. (Biblioteca Románica Hispánica).

2. BRAGG, LAWRENCE. The art of talking about science. Science 154(3757):1613-1616. 1966.

3. COOPER, B.M. Writing technical report. Harmondsworth, England, Penguin Books, 1964. 188 p.

4. GORBITZ, A. Recolección y organización del material en la preparación de manuscritos. Turrialba, IICA, Materiales de Enseñanza en Comunicaciones N° 12, 1964. 19 p.

5. McKEACHE, W.J. Research on teaching at the college and university level. In N.L. Gage (ed.) Handbook of research on teaching. Chicago, Rand McNally, 1963. pp. 1118-1172.

6. ORWELL, GEORGE. Politics and the English language. In su Collected essays. London, Mercury Books, 1961. 434 p.

7. RUSSELL, BERTRAND. How I write. In su Portraits from memory and other essays. London, Allen & Unwin, 1956. pp. 194-197.

8. WINFREY, R. Technical and business report preparation. 3rd. ed. Ames, Iowa State University Press, 1962. 340 p. (Revisado de "Report Preparation" por F. Kerekes y R. Winfrey, 1948).

9. WOODFORD, F.P. Sounder thinking through clearer writing. Science 156 (3776):743-745. 1967.

TECNICAS DE ENSEÑANZA DE EDAFOLOGIA EN LAS FACULTADES DE AGRONOMIA

Elemer Bornemisza y
Hans W. Fassbender*

1. La situación actual centroamericana de la enseñanza en suelos

Para discutir sobre cualquier curso, es fundamental considerar su posición dentro del marco del "curriculum" total. Con base en nuestra experiencia, a la edafología le corresponde una posición central en la enseñanza agronómica. Esto se alcanza convenientemente enseñándola en el tercer año, en planes de 5 años, o en el segundo en aquellos de 4. De esta manera habrá tiempo para cierta preparación básica antes del curso y este mismo podrá servir de base para los cursos agronómicos aplicados y para asignaturas más avanzadas en suelos.

De acuerdo a un estudio del Comité Interamericano de Desarrollo Agrícola (CIDA), realizado en 1965, la cantidad de cursos en ciencias básicas que reciben los alumnos de agronomía es satisfactorio. Si se considera las asignaturas en química y física, que son las más útiles como preparación para edafología, se cuenta con un total de 33 a 35 créditos semestrales en las diferentes escuelas. De estos, aproximadamente de una tercera a una sexta parte corresponde a cursos de física y el resto a química. Esta cantidad de cursos, si son bien impartidos, sin duda alguna son base suficiente para un curso moderno de edafología.

En adición, en tres de las cuatro facultades se enseña también un curso de geología, el cual complementa en una forma útil los cursos básicos.

El curso de edafología se imparte en general en dos cursos semestrales. Estos a veces llevan nombres diferentes. El tiempo que se les dedica es de cuatro a siete horas de teoría y de cuatro a seis horas de laboratorio semanales. Este tiempo, sin duda alguna, es suficiente para dictar un curso sólido y bastante completo de edafología.

En adición al curso de edafología, todas las facultades cuentan con una asignatura semestral de conservación de suelos con dos a tres lecciones teóricas y tres horas de laboratorio semanales. Este curso expresa, sin duda alguna, la

---

* Edafólogos, IICA-CEI, Turrialba, y FAO-IICA, Costa Rica.
Este trabajo se llevó a cabo, en parte, dentro del contrato de la Comisión de Energía Atómica de los EE.UU. AT(30-1)-2043 NYO 2043-160.

preocupación considerable que existe referente a un manejo adecuado y una conservación de los suelos de Centroamérica.

Dos de las facultades ofrecen también un curso en fertilizantes. Este es una continuación muy valiosa del adiestramiento en los aspectos de fertilidad e indica que algunas de las escuelas han comprendido ya el considerable potencial de estos materiales. Sin embargo, es muy probable que si se cambian los aspectos de los fertilizantes por conceptos más avanzados de fertilidad de suelos, la utilidad del curso aumentaría notablemente.

Este aumento y otros más que se sugieren más adelante se ajustan a las recomendaciones de la Primera Mesa Redonda de Facultades de Agronomía, donde se llegó a la conclusión de que la enseñanza de suelos es una de las áreas en donde un aumento del tiempo usado podrá contribuir a un "curriculum" mejor para las Facultades de Agronomía del Istmo.

2. Ideas referentes a los cursos de suelos

A. Algunas consideraciones sobre las clases teóricas del curso de edafología y una expansión de los cursos en suelos

El propósito principal del curso de edafología en las facultades es doble. Por un lado, esta asignatura debe suplir la mayor parte o casi la totalidad de la educación en suelos de aquellos futuros ingenieros agrónomos que usarán los conocimientos impartidos en este curso, como parte de su educación general o especializada, en un aspecto distinto a un estudio de suelos. Por otro lado, la asignatura también debe ser útil como base de cursos posteriores en suelos, para técnicos de mayor interés en este campo.

Existen muchos textos introductorios a la ciencia del suelo, pero por desgracia ninguno de ellos es particularmente adaptado para las necesidades de las facultades centroamericanas. A pesar de esto, es muy probable que sea útil el uso, por lo menos como libros de referencia, de algunos de los textos introductorios mejores, como por ejemplo la "Edafología" de Mayos y Alboreda, o una traducción del texto de Buckman y Brady u otro similar. El uso principal del texto será de una presentación visual y tal vez diferente de la presentación del profesor de la materia, lo que permitiría una penetración mejor de los conceptos, nuevos para el alumno, de la ciencia del suelo. Sin duda alguna, la adición más valiosa a los principios fundamentales sería el uso de material local, como por ejemplo el uso de resultados obtenidos por investigadores nacionales o centroamericanos.

Los informes anuales de los ministerios de agricultura, los boletines técnicos de los mismos y de otros organismos dedicados a investigación agrícola como asociaciones de cafetaleros, algodoneros, etc., contienen mucha información útil y además llaman la atención de los alumnos con problemas reales, propios del ambiente en que el alumno ejercerá su profesión. Las revistas latinoamericanas como Turrialba, Ceiba, Fitotecnia Latinoamericana y muchas otras más, también contienen materiales de enseñanza valiosos. Algunos artículos de revisión de literatura en estas revistas pueden adaptarse con poco trabajo como clases sobre el tópico correspondiente. Además, estos boletines y revistas se encuentran generalmente en las biliotecas de las facultades, lo que permite también que se le asigne como lectura obligatoria para los alumnos. Esta práctica muy importante, si está bien conducida, resulta en la creación de un hábito de lectura de la literatura técnica en los alumnos, algo que les preparará para mantenerse al tanto del progreso de la ciencia agrícola una vez que lo practiquen. No cabe duda que el uso de los ejemplos locales despertará mucho interés en los alumnos y los estimulará a pensar sobre ellos, despertando tal vez incluso ideas útiles para tesis y otras investigaciones futuras.

Otro material que podrá suministrar información para la preparación de las clases y servir de estudio para los alumnos, son los libros del Profesor A. Sáenz Maroto referentes a Suelos Cafetaleros y Suelos Tropicales.

Considerando una ampliación modernizada de la enseñanza en suelos, se puede pensar hasta en un total de cinco cursos semestrales que podrán ser de gran utilidad y que se les podrá impartir sin excesivos esfuerzos, usando solamente un aumento moderado del profesorado y del equipo.

Evidentemente, un curso sobre fertilidad de suelos y fertilizantes será de mayor utilidad tanto para los estudiantes con interés especial en suelos como para aquellos que se interesan en otras ramas de la agricultura. Como este curso es hasta cierto grado fundamental para la producción tanto de cultivos agrícolas como de pastos, podría incluso considerarse como recomendable hasta para especializaciones en zootecnia. Probablemente se podría obtener un aprovechamiento óptimo del curso si se dedicara aproximadamente dos terceras partes del mismo a fertilidad del suelo y una tercera parte a abonos y otras enmiendas del suelo como cal, abonos orgánicos y otros.

El curso que le sigue en importancia a este y que debería ser incluído por lo menos en los planes de Fitotecnia es uno de pedología y de reconocimiento de suelos. En esta asignatura parece lógico dedicar una tercera parte al conocimiento básico sobre la formación de suelos en general y de los suelos centroamericanos en especial, y las otras dos terceras partes a técnicas de reconocimiento y mapeo de suelos. Esto correspondería a una necesidad real, ya que aunque se está trabajando con bastante intensidad en reconocimiento de suelos en todas las repúblicas centroamericanas, no se imparte en ninguna de ellas un curso donde se entrene a los futuros encargados de estos trabajos de importancia básica para el desarrollo agrícola. Este curso también despertará interés en los futuros agrónomos en el uso de la información pedológica existente tanto en decisiones de manejo diario de fincas como en planes de desarrollo. En caso de disponer de técnicos, se podría también incluir en el curso el uso y las técnicas de fotogrametría aérea y añadir información básica sobre el uso y preparación de mapas de uso potencial de la tierra, un concepto moderno y de una utilidad inmediata.

Si las facilidades de las facultades lo permiten, se podría añadir dos cursos de gran utilidad, tal vez con carácter optativo, que podrían conducir a un ingeniero agrónomo semi-especializado en la ciencia del suelo. El primero de estos sería química de suelos, probablemente de unas dos horas de teoría con unas cuatro horas de laboratorio. Este curso que se impartirá probablemente en el cuarto o quinto año de los "curriculum", permitirá la formación de personal capacitado para realizar y dirigir las campañas nacionales de experimentación con abonos, dirigir los laboratorios de análisis de suelos y también podrá preparar gente para las compañías vendedoras de abonos y otros implementos de suelos. Este curso adicional podrá contribuir con su mayor especialización a suplir el conocimiento necesario para evaluar los resultados bastante complejos de ensayos de fertilidad, causados a veces por las condiciones variables.

También podría ser de gran utilidad un curso introductorio de física de suelos. Por el momento, excepto en facultades que dictan un curso de irrigación, las únicas oportunidades para adquirir conocimientos sobre física de suelos es en los cursos de edafología y en los de conservación de suelos. Sin embargo, el tiempo es muy limitado en el primero y en el segundo se tocan solamente aspectos muy específicos, dejando muy poca atención para aspectos tan fundamentales como las relaciones suelo-planta-agua y la influencia de éstas en la fertilidad y el manejo de los suelos. Sin embargo, un curso de física de suelos permitiría tanto una enseñanza más efectiva de la irrigación como de la conservación de suelos.

Un hecho que dificultaría la organización del curso es que no existe ningún texto introductorio moderno de física de suelos. El más usado, el de Baver, no solo es anticuado sino ligeramente superior a las necesidades de un curso introductorio. Sin embargo, los profesores de física de suelos del IICA están preparando un texto en español, el cual podrá llenar este vacío, una vez publicado.

Algo similar se aplica tanto en química como en fertilidad de suelos y es de esperar que los textos correspondientes, ambos en preparación, sean una ayuda considerable para el profesorado.

El quinto curso podría ser, como es ahora, el de conservación de suelos. Este podría impartirse en el último año de la carrera, aprovechando así los conocimientos acumulados previamente en suelos. Aquí la existencia de un buen texto en castellano hace considerablemente más fácil la tarea del profesor.

Evidentemente, y de acuerdo con el espíritu de este seminario y con los trabajos modernos de muchos de los mejores investigadores en edafología, una valiosa adición a la enseñanza de esta disciplina en su sentido amplio, es su presentación considerando los principios de la ecología. Esto la coordinaría mejor con las demás ciencias agrícolas y permitiría una evaluación global de los problemas que impiden un desarrollo agrícola más rápido de los países del Istmo.

B. Las prácticas de campo y laboratorio dentro de la enseñanza de la edafología.

El trabajo de prácticas de campo y laboratorio se ajusta, muchas veces causando problemas en la calidad de los programas de estudio, a las facilidades existentes dentro de las instituciones. Por ello, sólo queremos presentar una lista de las prácticas que consideramos "ideales" para la enseñanza de la ciencia del suelo a nivel universitario.

1) Reconocimiento de rocas y minerales

2) Descripción de diferentes perfiles del suelo y sus características: color, estructura, textura, humus y sus formas.

3) Clasificación de suelos. Categorías y criterios de clasificación.

4) Toma de muestras de suelo para diferentes fines. Su preparación.

5) Determinación del contenido de agua del suelo bajo condiciones de campo. Método potenciométrico. Métodos gravimétricos. Determinación del porcentaje de poros. Determinación del porcentaje de la fase sólida.

6) Determinación de la densidad del suelo. Método del picnómetro.

7) Determinación de la temperatura del suelo.

8) Determinación de la textura del suelo. Método del hidrómetro; método de la pipeta. Triángulos de clasificación de la textura.

9) Determinación de la estructura del suelo.

10) Relaciones suelo-agua. Movimiento capitar del agua. Determinación de la permeabilidad del suelo.

11) Análisis del régimen hídrico del suelo. Cálculo de la evapotranspiración.

12) Determinación de carbonatos en suelos. Método de campo. Uso del calcímetro.

13) Determinación conductométrica de sales solubles.

14) Acidez del suelo. Medición de pH. Determinación de las necesidades en encalamiento.

15) Capacidad total de intercambio catiónico. Determinación de bases cambiables K, Na, Ca, Mg. Porcentaje de saturación. Determinación de la acidez cambiable, Al, Mn y H.

16) Determinación de materia orgánica.

17) Nitrógeno total del suelo. Relaciones C/N. Nitrógeno amoniacal, de nitratos.

18) Determinación de P "disponible", calibración de métodos.

19) Determinación de S "disponible", calibración de métodos.

20) Determinación de K "disponible", calibración de métodos.

21) Examen microscópico de microorganismos del suelo.

22) Utilización de métodos de invernadero para la evaluación de la fertilidad de los suelos. Métodos del "nutrimento faltante", de Hardy.

23) Utilización del método de microparcelas (Hardy) de campo en evaluaciones de fertilidad de suelos.

3. Mejora del nivel de preparación del personal docente

El trabajo sobre "La educación, la investigación y la extensión agrícola en Centroamérica" del CIDA, que más de una vez ha sido indicado en el transcurso de las charlas y discusiones que se llevan a cabo en este Seminario, ha señalado algunos de los problemas que conciernen al personal docente dedicado a la enseñanza universitaria en América Central.

Dentro de la estructura universitaria se hace sentir la falta de profesores a tiempo completo lo cual resulta muy limitante para el desenvolvimiento de aquellos técnicos que se dedican a tareas educativas y de preparación de nuevos técnicos en el campo agrícola. Asimismo la falta de escalafones de salarios, tablas de ascenso, aparte de los sueldos bajos, quitan mucho el aliciente a personas que potencialmente se podrían dedicar a la carrera docente.

Dentro de la estructura universitaria, el problema que más la afecta es sin embargo la falta de la carrera docente ligada a una preparación adecuada. Este problema concierne también seguramente a la enseñanza de la edafología. Muchas veces los alumnos más distinguidos pasan a ser profesores asistentes al terminar su carrera de estudios o estando aún en ella, dedican la mayor parte de su tiempo a la colaboración con el profesor titular en la elaboración y conducción de prácticas de campo y laboratorio y ocasionalmente en la enseñanza. Con el transcurso del tiempo y la experiencia ganada, generalmente en base a los conocimientos y experiencia del profesor titular, estos profesores asistentes van tomando responsabilidades más grandes pasando después de un corto o largo tiempo a la posición de profesor titular. Muchas veces llega este personal a titular de una cátedra sin tener la adecuada preparación tanto en la ciencia del suelo como en métodos de enseñanza.

Poco a poco se van despertando los países a la realidad y se reconoce que para preparar mejores técnicos, que logren los aumentos necesarios en la producción agrícola de los países es primerísima condición el contar con personal docente altamente calificado y capaz. En el trabajo mencionado se indica que desde 1964 se hacen los primeros intentos para la especialización y mejor preparación de personal docente.

Las mejoras deben llevarse a cabo a nivel institucional y a nivel personal para lograr un efecto óptimo. Además de reorganizar los sistemas administrativos, de manera especial en los puntos citados de docencia a tiempo completo, salarios, etc. las universidades deben preocuparse por:

a) Seleccionar al futuro personal docente dentro de los estudiantes y personal más capaz y que sientan inclinación por la enseñanza.

b) Elaborar planes de capacitación a niveles M.S. o Ph.D. y apoyar al personal que trata de superarse, en el sentido económico durante sus estudios y después, brindándoles las posibilidades de trabajo correspondientes.

c) Fomentar el intercambio de profesores; al fomentar el intercambio de ideas se discuten problemas, se elaboran nuevos programas, etc. Este Seminario corresponde a una feliz realización dentro de este aspecto.

El personal docente debe preocuparse por:

a) Reconocer las necesidades de una mejor preparación tanto en la ciencia del suelo como en la metodología de la enseñanza.

b) Tratar de superarse en primer lugar en una autoeducación a base del buen uso de las bibliotecas, de los libros especializados y revistas.

c) Buscar los medios para lograr la posibilidad de capacitarse a un nivel adecuado. Además de muchas universidades de los Estados Unidos, incluyendo la de Puerto Rico, que para algunos técnicos presentan las dificultades del idioma, es posible seguir estudios a nivel postgraduado en la Universidad Agraria del Perú en La Molina, la Escuela Nacional de Agricultura en Chapingo, México y en el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, aquí en Turrialba.

Una de las barreras para la especialización del personal docente, como se describe arriba, es sin duda el factor tiempo. Para muchos resulta muy difícil separarse por 18 o 24 meses -tiempo que duran generalmente los estudios- de la institución a que pertenecen. La dirección de este Centro ha reconocido todas las dificultades que se presentan con respecto a la preparación y especialización del personal docente en América Latina y ha propuesto conducir una vez por año un "Seminario para Profesores", en el cual en forma intensiva, generalmente de 10-12 semanas, se ofrece a los participantes una posibilidad de especialización. Después del éxito obtenido en el primer seminario de este tipo sobre fisiología vegetal, se prepara para enero-marzo de 1968 un seminario sobre suelos.

TECNICAS PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL SUELO*

E. Bornemisza**

Introducción

Para aumentar la productividad de los suelos, es necesario que existan los conocimientos necesarios para realizarlo y que esta información sea amplia y adecuadamente difundida para que llegue a los agricultores y sus consejeros y que estos grupos acepten las técnicas recomendadas.

El papel de los profesores de las Facultades de Agronomía en general, y de los de suelos en especial, es fundamental, ya que ellos sirven tanto de fuente de información como de ejemplo para los futuros líderes de las profesiones agrarias.

Los problemas que hay que enfrentar se pueden dividir en cuatro grandes grupos, aunque es fundamental recordar que es importante el enfrentarlos en conjunto, ya que una solución parcial pocas veces conduce a un progreso notable. Así, aunque existen pre-requisitos de una buena cosecha, sin protección de la misma contra las plagas la producción final será frecuentemente baja.

Se propone de esta manera el esquema siguiente, en el que se puede observar que el énfasis especial es en suelos, debido a la experiencia del autor en esta rama de las ciencias agrícolas:

I. Factores agronómicos

a) Selección de cultivos adecuados, desde el punto de vista ecológico, para la región.

b) Selección de variedades adecuadas de los cultivos, de acuerdo a las técnicas practicables en la región.

c) Adaptación de prácticas agrícolas, como cultivos, rotación, selección de la densidad óptima de siembra, combate de malas hierbas, etc.

---

* Trabajo realizado bajo el Contrato AT(30-1)-2043 de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos.

** Edafólogo Asociado, Programa de Energía Nuclear, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica.

d) Protección eficiente y económica contra las enfermedades de origen fungoso o bacteriano, contra insectos, nemátodos o animales superiores dañinos.

II. Factores de suelo propiamente dichos

a) Aspectos referentes a propiedades físicas:

1) Relaciones suelo-agua-planta, tales como prácticas de irrigación y drenaje.

2) Otros factores físicos, como consideraciones de temperatura del suelo, aeración, erosión y su control, endurecimiento, etc.

b) Aspectos referentes a propiedades químicas:

1) Problemas debidos a exceso de componentes en los suelos, tales como los de salinidad, saturación alta con sodio, o toxicidad, y las técnicas para evitarlos o corregirlos.

2) Deficiencia de componentes. Aquí entra el establecimiento del cuál elemento falta (discutido con más detalle en la conferencia sobre análisis de suelos) y de cuánto hace falta del elemento (el problema de la "calibración de métodos") por medio de técnicas de laboratorio, invernadero y de campo (uso de microparcelas y de lotes comerciales), en coordinación con el resto de la información existente en forma de datos de reconocimiento de suelos, mapas de uso potencial y otras consideraciones económicas.

3) Corrección de las deficiencias. Establecimiento de cuándo y en qué forma se corrige en la manera más económica la falta de los nutrimentos. Trabajos de campo diseñados a base de la información existente sobre climatología, conocimientos edafológicos y características fisiológicas de los cultivos correspondientes. Deberían elaborarse estos experimentos en base de consideraciones del equilibrio suelo-agua-abono-planta y evaluando los nutrimentos desde los puntos de vista de capacidad e intensidad.

c) Aspectos referentes a propiedades biológicas en los suelos.

1) Mecanismos de oxidación y reducción biológicos en los suelos (incluso nitrificación y desnitrificación).

2) Mineralización de la materia orgánica y consideraciones sobre las relaciones de los elementos formadores de la materia orgánica (C/N, C/P, N/P, C/S, etc.).

3) Formación de compuestos entre materia orgánica y componentes de suelos, adsorción, quelatos.

4) Acumulación, movimiento y degradación de pesticidas en los suelos.

III. Factores que se refieren al manejo de las cosechas

a) Manejo de granos y otros productos agrícolas

b) Almacenamiento y transporte de cosechas

IV. Factores Económicos

a) Se les consideraría a nivel de manejo de fincas

b) Desde el punto de vista del uso adecuado de la tierra y

c) Considerando posibilidades de mercadeo adecuado de los productos a nivel local y a nivel internacional.

Discusión

Factores agronómicos. La evolución en diferentes medios ambientales y especialización consecuente de las plantas, establece límites para su cultivo. Evidentemente, para obtener una producción alta y aprovechar al máximo la fertilidad de los suelos, es recomendable la producción de cosechas que sean compatibles con las condiciones naturales existentes o con las condiciones artificiales que se pueden crear dentro de los límites económicos, como por ejemplo: irrigación.

La tendencia de la ampliación de los mercados es un factor que favorecerá los competidores en condiciones adecuadas, eliminando productores marginales con la ventaja evidente para el agricultor progresista y también el consumidor.

Dentro de un marco con miras a aumentar la productividad del suelo, son muy importantes las variedades de cosecha mejoradas, las cuales en condiciones de fertilidad de suelo adecuadas, pueden producir cosechas hasta diez veces superiores que las variedades locales comunmente seleccionadas por su resistencia a condiciones adversas. Es fundamental considerar aquí, que al adaptar nuevas variedades, con potencial genético de producción superior, se está comenzando a usar un "instrumento" de producción más refinado, que requiere atención mayor de parte de los agricultores y a veces si ésta no se le dispensa, puede ocurrir que la producción final será menor que la de las variedades tradicionales (28). Sin embargo, la introducción de nuevas variedades es frecuentemente un punto adecuado para iniciar programas ya que representa el cambio menor en los métodos tradicionales.

Para poder hacer las recomendaciones adecuadas y para que los experimentos correspondientes sean de utilidad amplia, es importante que se conozca lo mejor posible las condiciones de estos ensayos y que ellos sean típicos para las zonas agrícolas donde van a ser recomendados, segun lo exponen los profesores Collis-George y Davey (8). Ellos indican que es común el obtener resultados confusos debido a la falta de conocimiento del ecosistema dejando fuera de consideración factores como por ejemplo la irradiación solar y la temperatura del aire, ambos afectando altamente el aprovechamiento de nitrógeno por los pastos.

En conjunto, o siguiendo el uso de variedades más productivas, debe ir la adaptación de prácticas agrícolas progresistas. Muchas de ellas, como sistemas de rotación bien planeados y siembras en densidad óptima, permiten un aprovechamiento de un alto grado de abonos aplicados además de otras ventajas. En estos casos será necesario un combate efectivo de las malas hierbas, una tarea en donde es de gran importancia el tiempo adecuado de aplicación de abono, para que sean aprovechados los esfuerzos invertidos.

No cabe duda que en general la protección de las cosechas es fundamental, ya sea en el caso ideal por medio de variedades resistentes o, si esto no es posible, aplicando las medidas fitosanitarias necesarias, combatiendo los insectos dañinos y otra clase de plagas. Una consideración muy importante aquí es la de evitar la acumulación de residuos tóxicos orgánicos, como por ejemplo los insecticidas clorinados o inorgánicos, como el cobre, en los suelos y la contaminación del sistema ecológico.

De acuerdo con Hansberry, el mayor peligro está representado por la aplicación poco cuidadosa de pesticidas, mientras que su uso adecuado muy rara vez resulta en envenenamiento (12). Sin embargo, el uso prolongado de un tipo de producto, como los derivados del cobre para controlar enfermedades fungosas del banano o de cítricos, puede conducir a acumulaciones del cobre en suelos, un problema de control difícil, como se indica en el trabajo de Manix y Rodríguez con suelos del litoral pacífico de Costa Rica (16). En adición a la acumulación posible, las sustancias que se emplean en el control de las plagas pueden también alterar las propiedades de los suelos (17). Estas alteraciones que han recibido algo de estudio en condiciones de clima templado, no se han investigado todavía en la América Central; debido al uso ya bastante extendido de los productos que controlan las plagas; un estudio en condiciones del Istmo es urgente.

Factores de suelo. La productividad de los suelos puede mejorar haciendo más adecuadas para la producción sus características físicas, químicas o biológicas.

Consideraciones sobre propiedades físicas: Las propiedades físicas son de inmensa importancia. Su estudio ha recibido poca atención en Centroamérica, probablemente debido a lo difícil que es la alteración de estas propiedades. Entre ellas, las relaciones suelo-planta-agua son de más importancia. Debido a que este aspecto fué tratado en otra conferencia de este mismo seminario, se mencionarán solamente algunos aspectos menos directamente relacionados con irrigación. Así, un factor importante de recordar aquí es que las necesidades de agua en las plantas dependen en un grado avanzado de las condiciones climáticas, llegando a un máximo en días despejados, ventosos y con humedad atmosférica baja. Basado en esto, la cantidad de agua requerida por las plantas no solamente dependerá de sus características botánicas, estado de desarrollo y las condiciones del suelo en que crecen, sino también de las condiciones meteorológicas presentes. Son fundamentales aquí también las interacciones entre irrigación y aeración y aeración y absorción de nutrimentos. Esto puede conducir a resultados tan poco esperados como falta de potasio en suelos adecuadamente suplidos de este elemento, en presencia de altas cantidades de calcio, como lo son muchos suelos bajo irrigación, debido a que una aeración deficiente tiende a inhibir la absorción del potasio, como lo han demostrado Hammond y colaboradores (11). Esta interacción entre aeración y absorción de potasio puede ser la explicación de algunos resultados poco claros en regiones de lluvias abundantes.

Otra consideración interesante es la aplicación de una capa vegetal ("mulch") a los cultivos, con el efecto de reducir las temperaturas del suelo y la evaporación de agua del mismo. Experimentos de Awan (3) en la Escuela Agrícola Panamericana, en Honduras, han demostrado que esta práctica puede aumentar hasta un 34.6% la producción de papas.

La aplicación de esta técnica en cafetales de Brasil ha conducido a un aumento del fósforo foliar de la cosecha, de reducción de malas hierbas y a la retención mejor de agua en el suelo de acuerdo con Medcalf (20).

El efecto de la temperatura del suelo es otro factor que se considera poco, aunque afecta la absorción de agua por las raíces, la germinación de las semillas y otros fenómenos importantes (33) tanto si es excesivo, como si es demasiado baja, un fenómeno que solamente se presenta en las montañas más altas en el área centroamericana.

Consideraciones referentes a propiedades químicas: Las propiedades químicas de los suelos pueden tener un efecto sobre la productividad y actuar limitándola en caso del exceso de algunos componentes. Entre estos se presentan dos grupos de sustancias que se presentan solas o en combinación, reduciendo la producción.

Tenemos en primer lugar, los suelos salinos definidos comunmente (27) como aquellos cuya conductividad del extracto de saturación sobrepasa a 4 mmhos/cm a 25°C y que tienen un porcentaje de sodio intercambiable menor del 15% de la capacidad de cambio. Existen solamente pequeñas áreas en Centroamérica de estos suelos, reconocibles por su vegetación típica y las costras blancas en su superficie. Sin embargo, el uso creciente de abonos presenta un peligro, para zonas relativamente secas, de que se formen suelos salinos, lo que se puede evitar estableciendo drenajes eficientes y aplicando suficiente agua ocasionalmente para eliminar las sales por lavado. El uso de no más de lo necesario de los abonos y el empleo de abonos de salinidad baja también ayudan en esta tarea.

Los suelos sódicos no salinos, se caracterizan por su porcentaje de sodio superior al 15% de la capacidad de cambio y por una conductividad menor al del grupo anterior. Por buena suerte, estos suelos excesivamente difíciles de rehabilitar no son comunes en Centroamérica.

La combinación de los dos problemas anteriores conduce a la formación de suelos sódico-salinos, cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C y que tienen un porcentaje de sodio intercambiable superior a 15. Estos suelos que presentan graves problemas en su rehabilitación necesitando en esta operación tanto el reemplazo de la mayoría del sodio por calcio, como el lavado del exceso de sales.

En adición a estos problemas bastante bien conocidos y discutidos (27), pueden presentarse otros componentes tóxicos en los suelos. Así, en suelos derivados de serpentinas como roca madre, se ha encontrado toxicidad de níquel en condiciones tropicales (7). Debido a que esta clase de roca ocurre en varios lugares en Centroamérica, como en Guatemala y en Costa Rica por ejemplo (34), este problema está presente y merece atención especialmente cuando se trata de desarrollar nuevas regiones no cultivadas previamente.

En regiones semi-áridas de Colombia, no demasiado diferentes a varias zonas del Istmo, se ha encontrado toxicidad de selenio (2). Este problema, que se presenta con más frecuencia en suelos derivados de rocas del cretáceo, representa problemas para los ganaderos, ya que varias especies de pastos locales, en regiones seleníferas, son acumuladores de este elemento y llegan a concentrar cantidades letales del mismo.

Otro elemento que presenta problemas tanto debido a condiciones naturales como de manejo equivocado de fertilizantes es el boro. Este se acumula en algunos suelos de regiones áridas y es especialmente perjudicial si se encuentra, como ocurre a veces, en aguas de irrigación. El control de estas aguas, sean de ríos o de pozos, referente a su contenido de boro, es importante.

Una discusión adecuada de este elemento y métodos seguros para su determinación en aguas de riego se encuentra en el Manual de Agricultura Nº 60 del USDA (27). Si se sabe que existe problema por alto contenido de boro, es importante investigar la resistencia de las variedades que se cultivan y algunas otras que son alternativas posibles a este elemento. Se ha observado, que la variación en la tolerancia al boro es muy grande no solamente entre las diferentes especies vegetales sino también entre variedades de la misma especie.

El uso intensivo de abonos puede conducir a la acumulación de cantidades tóxicas de elementos entre los cuales el cloro, el sodio y el anión nitrato son los más comunes. El nitrato se acumula especialmente en pastos abonados y cuando el contenido de proteína en ellos excede 18%, se recomienda cuidado. Debido a que la reducción de nitratos a amino-ácidos, necesita azúcares y energía, esto ocurre con menos eficiencia en la sombra o en general en condiciones que impiden un crecimiento adecuado como una sequía. También se ha producido toxicidad de nitratos cuando el crecimiento fue reducido por herbicidas (32). El sodio es componente de algunos abonos y aguas de irrigación, tanto como el cloruro, la toxicidad de ambos es variable en las diferentes especies, pero como regla general es recomendable evitar su acumulación.

Bastante más comunes que los problemas por toxicidad son los causados por deficiencia de nutrimentos vegetales. La determinación exacta de la clase y la cantidad de elementos faltantes fué discutida en otra conferencia dedicada a análisis de suelos. Por consiguiente aquí se presentarán tópicos complementarios al análisis.

Una vez informado de los elementos que hacen falta, es de gran importancia económica su aplicación en la cantidad que represente un óptimo económico, ya que el gasto en fertilizantes es en general una fracción muy grande del costo total de producción. Los economistas agrícolas han desarrollado varias técnicas para estimar este óptimo y aquí se menciona uno de los procedimientos más sencillos propuestos por los Drs. McPherson y Lassiter (19). Es importante recordar aquí, y así en general en todas las actividades con miras a aumentar la productividad del suelo, que los aumentos deben ser alcanzados económicamente y deben ser vendibles a precios razonables. Esto hace necesario una colaboración íntima entre el agrónomo y el economista agrícola en todas las fases de la producción.

Para poder obtener consistentemente resultados ordenados y para hacer llegar los resultados de los experimentos a muchos agricultores, se necesita el establecimiento de correlaciones entre resultados de análisis de suelos o foliares y los rendimientos obtenidos en ensayos de campo con prácticas mejoradas de abonamiento. La calibración representa una tarea grande aun si

se usa la técnica propuesta por los Drs. Cate y Nelson (6) del proyecto de análisis de suelos de la Universidad de Carolina del Norte. Sin embargo, la utilidad general de un método adecuadamente calibrado es tan grande que justifica ampliamente el esfuerzo y gasto requeridos.

Cuando se establecen los experimentos de calibración, es muy importante tomar en cuenta los principios expuestos anteriormente (8), referentes a un conocimiento máximo posible del sitio experimental.

Cuando se dispone de muy poca información de los suelos de una región y se quiere obtener información rápida y semicuantitativa sobre las necesidades de nutrimentos, especialmente mayores, la técnica por seguir es la de las microparcelas de Hardy y Bazán (13).

Una vez que las necesidades aproximadas de una cosecha son conocidas, es importante probar las fórmulas de abono en escala comercial usando las mismas técnicas de cultivo que usan los agricultores de la región. Esta clase de experimentos no solamente rinde información en condiciones idénticas a la de los finqueros, sino también puede convencerles más sobre la utilidad de la técnica, cuya aplicabilidad es a veces puesta en duda, si solamente se dispone de experimentos en pequeña escala. Al colocar estos ensayos, de los cuales, por su tamaño, no pueden existir muchos, es muy importante considerar toda la información existente sobre la distribución de suelos y condiciones similares. Es decir, hay que tomar en cuenta la información existente en base a reconocimientos de la región.

Otra consideración fundamental, y por desgracia a veces olvidada, es un análisis económico estricto de los experimentos tomando en cuenta todos los gastos e inversiones requeridos para la producción de la cosecha en las condiciones que se está estudiando.

En adición a la cantidad necesaria del abono adecuado, se necesita también aplicarlo en la forma adecuada y en la fecha adecuada. En estas decisiones hay que tomar en cuenta tanto las características del cultivo, como su ritmo de crecimiento y la distribución de sus raíces, como las condiciones climáticas. Así, se ha visto que si se coloca abonos a profundidades mayores, estos pueden resultar en un sistema radical más profundo lo que puede ofrecer más protección parcial contra sequías ocasionales como se vió de los experimentos de Roberton y Hutton con maíz sembrado en suelos de textura gruesa (29).

Combinado con la profundidad de la aplicación de abonos es de importancia decidir si se les va a aplicar al voleo o en bandas. Debido a la fijación, especialmente de fósforo cuya importancia está muy bien discutida por Fassbender (9,10), la aplicación en bandas puede representar grandes ventajas sobre todo en latosoles y en andosoles donde este fenómeno es muy marcado.

Fundamentalmente, en toda clase de trabajos, es esencial considerar los nutrimentos vegetales desde los puntos de vista modernos tomando en cuenta no solamente el factor de capacidad total de nutrimento que puede ser aprovechado, sino también la intensidad con la cual este se vuelve disponible. Un bonito ejemplo de esta clase de discusión de un elemento se encuentra en el trabajo de Fassbender para el fósforo (9).

Aspectos referentes a propiedades biológicas de los suelos

Referente a las propiedades biológicas del suelo, hubo muchos cambios en los conceptos y algunos de los investigadores modernos prefieren estudiar los resultados de procesos enteros en suelos, considerando al suelo similar a los pedólogos como una entidad completa (18).

Entre los procesos que ocurren, los de oxidación y de producción son de importancia fundamental. Ellos incluyen procesos como la mineralización de la materia orgánica, nitrificación y la oxidación al estado de sulfato de los derivados de azufre. Los procesos complejos de cambio de valencia del manganeso en los suelos pertenecen también a reacciones bioquímicas del suelo, cuyos pasos son muy poco entendidos en condiciones tropicales. El estudio de estos procesos en condiciones de campo, está dificultado por el hecho que muchos de los pasos de los procesos oxidativos afectan a otros ciclos haciendo confuso el efecto de la alteración de las condiciones (18).

La gran importancia de los microorganismos en la fertilidad de los suelos, se puede ilustrar bien usando su influencia sobre pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de la urea, el cual es hasta 10 veces menos en condiciones tropicales, si se esteriliza el suelo experimental (1).

Entre los procesos de importancia biológica en los suelos, la de la mineralización de la materia orgánica ocupa un lugar central.

Este grupo de reacciones complejas y dependientes de las condiciones, ocurre en dos grandes pasos. El primero consiste en la transformación del material reciente, es rápido y envuelve, en condiciones de los trópicos húmedos, grandes cantidades de materia orgánica. Este primer paso es realizado en su mayoría por microorganismos del suelo, la clase de los cuales dependerá del pH, estado nutricional y el grado de transformación alcanzada por la materia orgánica (5). El segundo paso consiste en la descomposición lenta del material amorfo presente y su lentitud es responsable por la edad avanzada que alcanza esta parte de la materia orgánica.

La degradación de la materia orgánica es un proceso que es deseable hasta un cierto punto, ya que pone a la disposición de las plantas, con una velocidad moderada, nutrimentos que no son afectados por lavado. También es importante que no se acumule un exceso de materia orgánica ya que esto haría difícil las operaciones agrícolas. Existe también el peligro de una pérdida rápida de la materia orgánica, especialmente después de que se corta el bosque y se deja al descubierto el suelo. Esto puede conducir a una pérdida notable de fertilidad por reducción en la capacidad de cambio, en la capacidad de reducción de agua y el deterioro de las propiedades físicas de estos suelos.

Un caso especial representa aquí los suelos volcánicos pardo-amarillentos, altos en alofano en los cuales la mineralización de la materia orgánica es lenta (4).

Concluyendo se puede recomendar que para una máxima producción se mantenga un contenido de materia orgánica que corresponda a las condiciones del cultivo, como por ejemplo en la Meseta Central de Costa Rica, de por lo menos 6% para café.

Las relaciones carbono-nitrógeno, carbono-fósforo y carbono-azufre son usadas a menudo para caracterizar la materia orgánica. En consideraciones de fertilidad, estas relaciones influyen en la disponibilidad de los componentes de la materia orgánica. Así, en el caso de que la fracción orgánica del suelo sea bien baja en nitrógeno o fósforo, lo que se puede observar de relaciones altas, al aplicar estos elementos, ocurre que una fracción apreciable de ellos queda incorporada en la materia orgánica por los microorganismos y es así solamente útil a largo plazo.

En adición a la influencia de la materia orgánica por si misma, la interacción de ella con los demás componentes del suelo tiene que ser considerada. Así se sabe que el nitrógeno total de suelos alofónicos no indica nada sobre la cantidad de nitrógeno disponible a las plantas (4). Esta es probablemente una de las explicaciones porqué, a pesar del alto contenido de materia orgánica, se ocupa tanto abono nitrogenado en los suelos cafetaleros de las regiones volcánicas centroamericanas.

Un tipo nuevo de sustancia orgánica, que se introduce recientemente en los suelos, son las sustancias usadas para combatir las plagas de los cultivos. Estas sustancias que afectan fuertemente varias propiedades de los suelos, especialmente si se les usa en forma prolongada (17), se descomponen con velocidad muy variable, que depende de su estructura (14). Estas sustancias que inhiben por ejemplo la nitrificación en suelos (18) si su concentración es suficientemente alta, tienen que ser consideradas en un planeamiento general de producción elevada, especialmente debido a que el movimiento variable de estas sustancias resulta en su acumulación ocasional y perjudicial, como por

ejemplo en contaminación de pozos o de ríos. La evaluación del peligro de contaminación es difícil y el conocimiento del comportamiento de este grupo de sustancias en suelos tropicales es muy deficiente. Se notó, sin embargo, que es menor el problema cuando la capa freática está bien profunda y cuando no ocurren aguaceros intensivos después de la aplicación de pesticidas (15). La composición química de los compuestos aplicados debe ser considerada antes de todo ya que de ellos depende tanto su mobilidad como el tiempo de su permanencia en el suelo. Las diferencias aquí son enormes, variando desde unos minutos a unas semanas para la descomposición de la mitad de los derivados orgánicos fosforados hasta muchos meses para los hidrocarburos halogenados (15).

Factores que se refieren a manejo de cosechas

Las condiciones típicas del clima tropical hacen difícil el manejo de los productos agrícolas obtenidos. Es importante que los granos sean lo menos contaminados con insectos y que estén a un punto adecuado de sequedad al almacenárseles. Un manejo adecuado de los productos puede reducir considerablemente las grandes pérdidas de los alimentos escasos de todas maneras.

Un almacenamiento adecuado es un problema especial que también contribuye a la productividad económica, ya que dominando las técnicas de almacenamiento y disponiendo de facilidades adecuadas, se puede almacenar los productos hasta el período óptimo para su venta. Se acostumbra, en general, considerar tres períodos de almacenamiento; se almacena al corto plazo de unas cuantas semanas, para lo cual se necesita solamente equipo sencillo; un almacenamiento a mediano plazo, que representa varios meses, requiere corrientemente buenas facilidades y un tratamiento de los productos, especialmente granos; para almacenamiento a largo plazo, lo que en general no es problema del agricultor, se necesitan mayores facilidades.

Aunque es posible, y se practica, la desinfección de granos tropicales en gran escala, es siempre preferible el almacenamiento de granos limpios. Pérdidas del orden de 15% son comunes, cuando el producto es infectado y éste representa una pérdida apreciable de la productividad en general.

Se han observado correlaciones entre la calidad de los productos y su comportamiento durante el almacenamiento. Así, se sabe que un abonamiento de papas adecuado aumenta su duración, lo que es de considerable importancia tomando en cuenta los precios altamente variables de este cultivo.

Una parte de las cosechas se pierde a veces en el transcurso de su transporte del campo al almacenamiento y después en el transcurso de su llegada al consumidor. De acuerdo con Plath, este factor es uno de los principales en frenar el desarrollo agrícola (24).

Por buena suerte, el desarrollo rápido de las carreteras de penetración está reduciendo este problema y el cuidado del agricultor progresista puede reducir el problema al mínimo.

Factores económicos

En última instancia, el propósito de las prácticas para aumentar la productividad del suelo es económico, tratando de obtener una ganancía mayor para el agricultor. Debido a esto, se debe considerar también aquí, por lo menos brevemente, las prácticas de administración de fincas.

En un estudio sobre la capacidad productiva de la tierra en América Central, se considera que los métodos primitivos de producción y de mercadeo, es decir de la administración de fincas, son de los factores principales que frenan el desarrollo agrícola (28). Problemas de tenencia de la tierra y falta de capital de operaciones también hacen difíciles de seguir las prácticas de alta producción, aunque de acuerdo con Plath (28), no faltan tierras buenas para la explotación agrícola centroamericana. Sin embargo, como pone énfasis el mismo autor, hay todavía mucho por progresar en un uso óptimo de la tierra del Istmo. Ayudas valiosas en el planeamiento para alcanzar un uso óptimo, por medio de una canalización adecuada de los esfuerzos privados y nacionales, representan los Atlas de Inventario General de Recursos Físicos preparados con ayuda de AID y los estudios de "uso potencial de la tierra, una evaluación basada en los recursos físicos" preparados por técnicos de FAO para cada uno de los países centroamericanos y para Panamá.

Otro factor que puede contribuir a una producción total mayor es un comercio más organizado y eficiente de los productos agrícolas (24). Esto podrá reducir el costo alto de manejo de los productos, parcialmente causado por las pérdidas serias de los productos durante su transporte y almacenamiento. El aumento del mercado a través del Mercado Común Centroamericano ofrece aquí un aumento de posibilidades y de problemas, lo que requiere una cooperación intensiva de los economistas, agrónomos y expertos en tecnología de alimentos para que no se pierda ningún grano innecesariamente.

LITERATURA CITADA

1. ACQUAYE, D.K. y CUNNINGHAM, R.K. Losses of nitrogen by ammonio volatilization from surface fertilized tropical forest soils. Tropical Agriculture (Trinidad) 42(4):281-292. 1965.

2. ANZICAR-SORDO, J. Occurrence of selenium in soils and plants of Colombia, South America. Soil Science 63 (6):437-438. 1947.

3. AWAN, A.B. Influence of mulch on soil moisture, soil temperature and yield of potatoes American Potato Journal 41(10):337-339. 1964.

4. BROADBENT, F.E., JACKMAN, R.H. y MCNICOLL, J. Mineralization of carbon and nitrogen in some New Zealand allophanic soils. Soil Science 98(2):118-128. 1964.

5. BURGES, N.A. Biological processes in the decomposition of organic matter. In: Experimental Pedology, H.C. Hallsworth y D. V. Crawford eds. Proc. 11a. Eastern School in Agr.Sci., Univ. Nottingham, Butterworth, London, 1965. pp. 189-198.

6. CATE, Jr., R.B. y NELSON, L.A. Un método rápido para correlación de análisis de suelos con ensayos de fertilizantes. North Carolina State Univ. Technical Bulletin Nº1. International Soil Testing Series pp. 24. 1965.

7. CHANG, A.T. y SHERMAN, G.D. The nickel content of some Hawaiian soils and plants and the relation of nickel to plant growth. Univ. of Hawaii. Agricultural Experiment Station Technical Bulletin Nº19. 25 pp. 1953.

8. COLLIS-GEORGE, N. y DAVEY, B.G. The doubtful utility of present-day field experimentation and other determinations involving soil-plant interactions. Soils and Fertilizers 23(5):307-310. 1960.

9. FASSBENDER, H.W. Descripción físico-química del sistema fertilizante fosfatado-suelo-planta. Turrialba 16(3): 237-246. 1966.

10. FASSBENDER, H.W. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. Fitotecnia-Latinoamericana. 3(1 y 2): 203-216. 1966.

11. HAMMOND, L.C., ASSAWAY, W.H. y LOOMIS, W.E. Effects of oxygen and carbon dioxide levels upon absorption of potassium by plants. Plant Physiology 30(2):155-161. 1955.

12. HANSBERRY, R. Industrie's concern with pesticide residues. In: Pesticides and their effects on soils and water. M.E. Bloodworth et al. editores, Soil Science Society of America Publ. pp. 10-17. 1966.

13. HARDY, F. y BAZAN, R. The maize microplot method of soil testing. Turrialba 16(3):267-270. 1966.

14. KAUFMAN, D.D. Structure of pesticides and decomposition by soil microorganisms. In: Pesticides and their effects on soils and water. M.E. Bloodworth et al. editors, Soil Science Society of America Publ. pp. 85-94. 1966.

15. LeGRAND, H.E. Movement of pesticides in the soil. In: Pesticides and their effects on soils and water. M.E. Bloodworth et al. editors, Soil Science Society of America Publ. pp. 71-77. 1966.

16. MANNIX F., J. y RODRIGUEZ, R.M. Estudio sobre la toxicidad del cobre acumulado en los suelos del Litoral Pacífico del Proyecto Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. San José, 1967. pp. 9.

17. MARTIN, J.P. Influence of pesticides on soil microbes and soil properties. In: Pesticides and their effects on Soils and Water. M.E. Bloodworth et al. editors. Soil Science Society of America Publ. pp. 95-108. 1966.

18. McLAREN, A.D. Biochemistry and Soil Science. Science 141 (3586):1141-1147. 1963.

19. McPHERSON, W.K. y LASSITER, R.L. Jr. A simple method of estimating economic optimum applications of fertilizer. Soil Science Society of Fla., Proceedings 15; 219-230. 1955.

20. MEDCALF, J.C. Experimentos preliminares de cobertura del suelo en cafetales nuevos del Brasil. Bol. 12. Instituto IBEC de Investigaçao Tecniça, New York, 70 pp. 1956.

21. OXLEY, T.A. Grain storage in tropical climates. World Crops. 7(12):473-477. 1955.

22. PLATH, C.V. Uso potencial de la tierra: Parte IV. Nicaragua. FAO AT-2234, Roma. 1966.

23. _____. La capacidad productiva de la tierra en América Central. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Publicación Miscelánea Nº44. 1967.

24. _____. Uso potencial de la tierra. Parte I. El Salvador. FAO AT-2234, Roma. 1967.

25. _____. Uso potencial de la tierra: Parte V. Honduras FAO AT-2234, Roma. 1967.

26. _____ y VAN DER SLUIS, A.J. Uso potencial de la tierra: Parte II. Costa Rica, FAO AT-2234, Roma. 1967.

27. RICHARDS, L.A. ed. Suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura Nº60. Depto. de Agricultura de los EE. UU. Traducido por: N. Sanchez et al. Editado por Intituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, México. 1954.

28. RICHARDSON, H.L. The fertility potentialities and needs of tropical soils. Tropical Science 5(3):166-178. 1963.

29. ROBERTSON, W.K. y HUTTON, C.E. Fertilizer placement studies on farm crops. Soil and Crops Science Society Florida Proceedings. 19;190-196. 1959.

30. VAN DER SLUIS, A.J. Uso potencial de la tierra. Parte VI. Panamá, FAO Nº AT-2234, Roma. 1967.

31. _____ y PLATH, C.V. Uso potencial de la tierra. Parte III. Guatemala. FAO Nº AT-2234, Roma. 1967.

32. VIETS Jr., F.G. The plants need for and use of nitrogen. In: Soil Nitrogen, W.V. Bartholomew y F.E. Clark eds., American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin pp. 503-549. 1965.

33. WADLEIGH, C.H. Growth of plants. In:Soils, USDA Yearbook of Agriculture, USDA, pp. 38-48. 1957.

34. WEYL, R. Die Geologie Mittelamerikas. Geb. Borntraeger eds. Berlin-Nikolassee. 1961.

EL SUELO Y LA PRODUCCION AGROPECUARIA

Alberto Sáenz Maroto*

Es para mi un placer unirme a ustedes en esta jornada de trabajo del SEMINARIO SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA ECOLOGIA Y SUELOS EN LAS FACULTADES DE AGRONOMIA DE LA AMERICA CENTRAL, bajo los auspicios del Centro de Investigaciones del I.I.C.A. (C.E.I.) y la FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.

Lo sugestivo del tema: El Suelo y la Producción Agropecuaria, es quizás de los más sugerentes, así como de amplitud y seriedad enormes para ser enfocado en el tiempo asignado, todo por referirse a las relaciones del Suelo, como unidad económica, social y política, en función directa con la producción agropecuaria, sobre los tremendos interrogantes de la capacidad de los Suelos para llegar a producir la cantidad necesaria de alimentos para mantener una población humana que ha sido descrita por la ACADEMIA DE CIENCIAS de los Estados Unidos (1966) como demográficamente explosiva y convulsa en el mundo actual.

Atenido entonces al superior conocimiento técnico y profesional de los participantes a este Seminario, nos adentraremos a analizar en forma global algunos de los más importantes problemas de la TECNOLOGIA DE SUELOS, y que a través de los tiempos ha inquietado al mundo científico y buscado afanosamente una respuesta satisfactoria al eterno problema de la CAPACIDAD AGRICOLA de las tierras de labor.

Por las razones anteriores, preguntamos: ¿Es suficiente lo que hasta hoy se ha hecho para dilucidar el problema?... ¿Estamos satisfechos con lo que se ha logrado?... ¿Estamos en lo cierto o estamos equivocados?... ¿Qué debemos hacer entonces y cuáles son las perspectivas del futuro?

Algunos aspectos a tratar son: ¡QUE SOMOS Y QUE TENEMOS!

Origen de la Agricultura

Ciertamente que es perderse en el avatar de la HISTORIA DEL HOMBRE sobre la tierra, tratar de hurgar sobre el origen o principio de la Agricultura, según CHEVALIER (1949).

Casi se puede asegurar que ambos, el Hombre y la Agricultura son coetáneos, pues ésta sigue a aquél.

---

* Catedrático de la Universidad de Costa Rica.

De los más elementales medios de cultura manifiestos en el Hombre, ya figura un tipo de accionar agrícola.

Organizado ya en sociedad, la agricultura, la caza y la pesca han evolucionado grandemente, hechos reconocidos hoy por la arqueología; pues son tan obvias las citas de los LIBROS SAGRADOS de todos los credos, que no hay necesidad de insistir en esos aspectos.

En el desarrollo de las ciencias, la astrología cede su lugar a la astronomía, ésta a la GEOGRAFIA, luego a la GEOLOGIA y ésta a la EDAFOLOGIA o Ciencia del Suelo.

Pero en todas las épocas, la AGRICULTURA gira alrededor de algún concepto dominante.

Concretamente, es con TALES DE MILETO, uno de los Siete Sabios de Grecia, (640 años antes de Cristo), con quien ya se configura la CIENCIA AGRICOLA.

La HISTORIA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA por KOURGANOFF (1963), como la HISTORIA DE LAS TECNICAS, de DUCASSE (1963) fijan las alternativas y evolución de todos los instrumentos del progreso mecánico, físico, químico, biológico, meteorológico, botánico, climático, económico y social que conducen hacia un desarrollo inmediato de varios logros importantes en función de la CIENCIA en sí, como de su aplicabilidad en la producción agropecuaria universales.

El Hombre es el producto de su medio ambiente; así lo son también la FLORA y FAUNA, como las condiciones climáticas o de ambiente ECOLOGICO EN QUE SE DESARROLLA LA AGRICULTURA.

Clasificación de climas ecológicos y agronómicos

Sobre las informaciones posteriores a VIRGILIO, como de las de PLINIO, en una razón más formal nos encontramos con las "Predicciones" del estado del tiempo en relación con la AGRICULTURA, según las tradiciones europeas y los cálculos astrológicos de NOSTRADAMUS (1564), publicadas en su famoso "Almanaque de Predicciones".

Después de los trabajos de WILLDENOV (1798) y KRYLOV (1896), sobre "Sociología Vegetal" es obvio un tremendo estado de avance en la ECOLOGIA VEGETAL, y tremendamente exhaustiva la bibliografía mundial al respecto, resultante en la estimación de los valores comunes que resultan de las relaciones mutuas de los seres vivos, de acuerdo con las divisiones establecidas por ESPINAS (1875), DEEGENER (1918), MOROSOV (1920), MELIN (1921), ROMELL (1921) y de OCHSNER (1928).

Con precisión varía, fijan LINNAEUS (1753), DE CANDOLLE (1832), CHEVALIER (1900) y VAVILOV (1936), entre otros muchos investigadores, el ORIGEN DE LAS PLANTAS CULTIVADAS Y SUS RELACIONES BIOGEOGRAFICAS.

Sin embargo, es muy de destacar la notable investigación de CHEVALIER (1925) en su "Ensayo sobre Clasificación Biogeográfica de los Principales Sistemas de Cultivo Practicados sobre la Superficie del Globo"...; así como de su trabajo sobre la "APLICACION DE LA FOTOGRAFIA AEREA EN EL ESTUDIO DE LA GEOGRAFIA BOTANICA"(1930).

Ya que por otro lado, CHODAT (1924) había contribuído con su valioso estudio sobre "LA CONCENTRACION DEL ION HIDROGENO DEL SUELO Y SU IMPORTANCIA SOBRE LA CONSTITUCION DE LAS FORMACIONES VEGETALES".

Dejando de lado las teorías de THAER - UNGER (1832), como las de LIEBIG (1834) y la Coloideoquímica de WIGNER (1926) quien por primera vez determina la investigación de suelos sobre la química de los DISPERSOIDES, tenemos los sistemas de interfases: CRISTALOIDES Y COLOIDES.

Es luego LUNDEGAARDH (1931) quien expone la Ley de Relatividad y efecto antagónico de los iones por su efecto químico directo, efecto osmótico de las concentraciones mayores y efecto coloide-químico de los iones.

Lo anterior remata en cierta forma con las teorías de avanzada sobre el papel de las constantes dieléctricas de SIGMOND (1938) según las leyes de ADSORCION POLAR O APOLAR.

KOPPEN - THORNTHWAITE - HOLDRIDGE

Un iniciado en ecología vegetal, como un agrónomo, casi siempre se refieren a las bases climáticas de Koppen y Thornthwaite para adecuar sus criterios climatológicos, sean de valor físico, geográfico, no agrícola o empírico según el criterio expresado en 1956 por TRUMBLE.

En 1900 Koppen sugirió inicialmente 5 climas primarios:

A = Forestal lluvioso tropical = mes + frío = 18°C
C = Forestal templado cálido = mes + frío (-3°C) a 18°C
D = Forestal, boreal = (-3°C) a 10°C para el C
E = Frío (de nieves) = mes + más cálido 10°C
B = Arido (seco) = lluvia anual menor que la crítica media anual inferior

Los INDICES DE ARIDEZ, según de Martonne - Aufrêre (1928), significan un intento para balancear la P. contra la Evaporación (Ev.),

$$I = \frac{P}{T + 10} ;$$

donde P es precipitación en mm, y T = °C., fórmula de corrección encontrada justa por TRUMBLE (1937) y PRESCOTT (1951) en Australia para relacionar la conocida fórmula de "LLUVIA EFECTIVA" y que se refiere a la medida proporcional de Ev. del agua libre, por lo que en toda lluvia en exceso de 1/3 de la Ev. se considera como "efectiva".

Esta relación ha sido considerada como básica para la delimitación de los cambios transicionales de las vegetaciones entre la desértica y la savanna leñosa; mientras que 9 meses fijan las líneas de las áreas naturales FORESTALES.

Todas las deficiencias encontradas en los varios sistemas de clasificación de climas ecológicos, que no agropecuarios, se han mejorado notablemente por HOLDRIDGE (1947) en su intento de hacer más comprensivo el sistema, por medio del cual las formaciones o las unidades de vegetación son tomadas sobre una comparable básica.

Por otro lado SHANBHAG (1956) a propuesto un nuevo método basado en la "idea" de lo que llama "INDICE DE CRECIMIENTO EFECTIVO", y el "INDICE NETO DE CRECIMIENTO", que considera los dos elementos más efectivos del clima (T / Humedad) que dominan la vida orgánica e inorgánica, por lo que el INDICE DE CRECIMIENTO integra todos los otros factores de la ecuación: Suelo - evaporación - humedad - radiación - y viento.

De modo que la planta, que es la que integra todos los varios factores del CLIMA, sólo puede ser usada como un CLIMATOMETRO, pues ningún otro factor simple sirve al objeto.

Al menos en lo que respecta a zacates, es bien conocida la distribución de ellos en las principales condiciones climáticas, áreas geográficas correspondientes en el Mundo como para tener que referirnos a ello, según referencias del "HERBAGE ABSTRACTS" (1962).

Distribución mundial de formaciones vegetales

Aceptada por F.A.O. la distribución mundial de las principales formaciones vegetales corresponde a la proyección de AITOFF & FINCH (1954) del siguiente modo:

Bosques de latitud baja

Higrofito tropical
Semicaducifolio tropical
Xerofítico

Bosques de latitud media

Bosque tipo mediterráneo
Bosque mixto y coníferas
Coníferas

Tierras de pastos

Sabana - Pradera y Estepa (Lat. tropical y Lat. media)

Desiertos y zonas desérticas

Matorrales y Yermos desérticos, Tundra, Casquete polar y Tierras Altas Indiferenciadas.

Spectrum Floral

De acuerdo con la distribución floral de la Poaceae en el mundo, HARTLEY (1959), sobre la base de las investigaciones florales del mundo de HUBBARD (1934) y de RAUNKIAER (1934) fijan la siguiente distribución para 64 tribus de Gramineae:

Agrosteae ----------	8.2%
Andropogoneae -------	11.9
Avenaeae ----------	6.3
Eragrosteae ---------	8.1
Festuceae ----------	16.5
Paniceae ----------	24.7
Otras tribus (22) ---	24.3

Clasificación mundial de suelos

Los primeros intentos formales para establecer una Clasificación mundial de suelos se basaron en las relaciones de los índices de P y T, tipos de Vegetación, así como también en la evaluación de las características aisladas dentro del complejo físico-químico y biológico, PROCESOS PEDOGENICOS, origen de los MATERIALES FORMADORES DE SUELOS, Climatología, relaciones vegetales, etc.

Una de las primeras CLASIFICACIONES DE SUELOS bajo ese orden de cosas es la de DOUCACHAIEV (1879); seguida luego en orden de importancia por HILGARD & RAMAN (1911), GLINKA (1914), LANG (1915), MEYER (1926), VILENSKY (1927), MARBUT (1929), STEBUTT (1930), SIGMOND (1938), BALDWIN-KELLOGG & THORP (1938), THORP & SMITH (1949), MOHR (1949), KUBIENA (1952), DOUCHAFOUR (1960), y finalmente la propuesta por el U.S.D.A. (1960) conocida como la SETIMA APROXIMACION, para rematar con la famosa CLASIFICACION GEOGRAFICA DE SUELOS DEL MUNDO de BUNTING (1965).

El Suelo según la Sétima Aproximación

Como es evidente en todo estado de avance de la ciencia, el SUELO según origen, conceptos, definiciones y clasificación genética más favorable, en base a la técnica del SISTEMA PEDOLOGICO RUSO, ha permitido llegar a una cada vez más aceptable clasificación del suelo, en particular la de BALDWIN, y la THORP & SMITH antes citadas (1949).

La SETIMA APROX (1960) establece nuevos conceptos dentro del SPECTRUM DE SUELOS, clasificándole de acuerdo con lo que el SUELO ES ACTUALMENTE, y NO sobre lo que fue, pues muy difícilmente se encuentran en el MUNDO SUELOS INDISTURBADOS.

Los ambientes ecológicos (de relación entre los MICROORGANISMOS DEL SUELO Y OTRAS FORMAS DE VIDA, como de relación entre el AGUA Y SOLUTOS EN EL AMBIENTE INTERNO DEL SUELO), no pueden regirse únicamente por la ACCION DEL CLIMA EXTERNO.

Sobre esa consideración desaparecen las clásicas divisiones entre los 3 ORDENES (Zonales, Intrazonales y Azonales), junto con los 36 grupos de suelos contenidos para los GRANDES GRUPOS DE SUELOS DEL MUNDO.

De acuerdo con la existencia física del "PEDON", es entonces posible la existencia del "EPIPEDON" como suelo individual, con "personalidad propia", como quien dice.

Desaparece el concepto de perfilografía O-A-B-C clásicos.

Ahora hay un "horizonte de diagnóstico" individual, típico, único al qué referirse. Se reconocen 6 TIPOS.

Luego, el SUBHORIZONTE, con 6 tipos.
Enseguida, 3 "PANS", y finalmente
4 horizontes no restringidos al concepto de SUELO O SUBSUELO.

Se clasifican 10 ORDENES, y éstos en 29 SUBORDENES en base a las características típicas de desarrollo del COLOR en húmedo que muestren la mayor homogeneidad.

Los GRANDES GRUPOS SON 105, los que originan a su vez 349 SUBGRUPOS, con nombre propio y bien descritos.

Para lograr tal cosa ha habido necesidad de clasificar 493 palabras taxonómicas, más otras muchas nuevas, o de combinación entre radicales latinos, griegos, alemanes, como desinencias curiosas, lo que da lugar a cerca de 500 nuevos términos.

En conceptos eminentemente científicos no me parece que sean excesivos, atendiendo al hecho cierto de que ha nacido un nuevo estado de la CIENCIA: EL SUELO, y por ende debe tener su LENGUAJE PROPIO.

Desde el punto de vista de un BIOLOGO, dice SHACKLETTE (1961), de la Universidad de Michigan, "...esta clasificación no presenta mayores objeciones que hacerle desde el punto de vista biótico. Es este un monumental trabajo..."

Las razones de orden crítico en el campo técnico, van siendo cada vez mejor analizadas y entendidas, a pesar de la tremenda crítica que ha merecido por parte de algunos, y del propio U.S.D.A.

Pedologia Experimental

Un valioso aporte en el estado de avance de la CIENCIA DEL SUELO se logra con la interesante contribución de HALLSWORTH & CRAWFORD (1965) con sus estudios sobre PEDOLOGIA EXPERIMENTAL comprendiendo temas tan apasionantes como:

I) Geoquímica y Meteorización de Minerales del Suelo
II) Redistribución Inorgánica de las Sustancias
III) Nuevos aspectos BIOLOGICOS de la Formación del Suelo
IV) ESTUDIOS PEDOGENICOS
V) TECNICAS DEMOSTRATIVAS

Dentro de este último aspecto, seguro que es sensacional la técnica de estimación del "ESPACIO APROVECHABLE" por las RAICES, considerado como sistema bidimensional y constituído fundamentalmente sobre la enorme superficie de área desarrollada por la fracción fina de los suelos.

Se estima como de 50 x 10^6 m^2 si la superficie específica de las ARCILLAS es de 100 m^2 g^{-1}, cuando un suelo tuviera por ejemplo, por metro cúbico un P. Esp. aparente de 1.5 y un contenido de arcilla promedio de 30%.

Esto explica ahora la magnitud de los fenómenos SORPTIVOS, de CAPILARIDAD como muy activos en las varias interfases LIQUIDO - SOLIDO o SOLIDO - GASEOSO.

Luego, de lo dicho, experimentalmente es ya factible "construir" la extensión de los fenómenos de meteorización; fenómenos GEOQUIMICOS ORGANICOS, reconstrucción de SILICATOS Y CARBONATOS, Meteorización artificial de las MICAS; DIAGENESIS; FORMACION DE SESQUIOXIDOS EN LOS SUELOS TROPICALES; (Oxicos - Duripan - Fragipan - Spodicos y Argílicos); SILICA SOLUBLE; MOBILIDAD DE LOS IONES; DISTRIBUCION DE ANIONES EN EL PERFIL DEL SUELO; FORMACION Y DISTRIBUCION DEL COMPLEJO CALIZO; DESARROLLO ARTIFICIAL DE UN PERFIL EN RELACION CON LA MATERIA ORGANICA; PROCESOS BIOLOGICOS DE LA SEDIMENTACION Y FORMACION DE LA MATERIA DEL SUELO (Rocas); ROLE DE LOS ORGANISMOS DEL SUELO EN ESTE FENOMENO; LEVADURAS Y HONGOS; LA MATERIA ORGANICA Y LA DINAMICA DEL SUELO, etc.

Geografía de Suelos

De acuerdo con Bunting (1965), el suelo es parte de cada ECOSISTEMA terrestre posible.

Esto es, la ECOLOGIA DE FORMACION DEL SUELO, ZONIFICACION Y REGIONALIZACION es nominalmente una función de los mismos factores de ambiente que determinan el sistema ecológico de vegetación y los ECOSISTEMAS que nos permite entender cada vez mejor el significado de la distribución y la MORFOLOGIA del suelo en relación con las influencias externas, como de los procesos internos.

Presentando toda posible información pedológica, experimental y agrotécnica, tanto de las escuelas rusa, americana, europea, como de las informaciones de KUBIENA, la original de WILDE (Forest Soils) y la ninfoléptica de la SETIMA APROXIMACION del U.S.D.A.; así como la reciente síntesis de DOUCHAFEUR (1965), en una revisión de 700 citas bibliográficas, de las cuales 500 corresponden a 1960-65, Bunting explana su teoría de distribución geográfica mundial de Suelos.

En verdad, la información presentada por Bunting, y su CLASIFICACION, es impresionante, sin "homogeneización" de conceptos "oficiales" como la impuesta por el U.S.D.A., o bien la S.S.S.A como la I.S.S.S.

Siguiendo un sistema libre, como el utilizado por los pedologistas rusos (Soviet Soils Science, (1964), traducida y editada en Washington D.C.), le permiten a Bunting ser un ecléctico en puntos de vista pedológicos, con citas de KIERKEGAARD, según comentarios de MAYOR, de la Universidad de California.

Efectivamente, tanto los pedólogos, químicos, físicos, fisiólogos, agrónomos, estadísticos y varios otros grupos de investigadores, como los ECOLOGOS, han contribuido a determinar la problemática del significado de la meteorización, según los factores de F f. y F q., para determinar la F limitante, según la teoría de incrementos decrecientes de MITSCHERLICH (1923) y las curvas tipos, que en su época se creyó ser la única verdad, o al menos parte muy importante de esa verdad.

Agrología General

Sin duda alguna es notable la influencia de los ESTUDIOS AGROLOGICOS en el mejoramiento de la calidad de los suelos y en el INCREMENTO Y MEJORA DE LA PRODUCCION AGRICOLA, bien como un medio más para determinar los Cálculos, Claves y Notación a usar en el METODO DE RECONOCIMIENTO DE LA APTITUD AGROECOLOGICA, así:

1) Aptitudes Naturales del Suelo
2) Id. Artificial
3) Valor Agrícola del Terreno, sobre las Leyes y Principios que rigen la formación o Génesis de los Suelos
4) Estimación de la superficie AGRICOLA y la no AGRICOLA de un país
5) Tasación AGRICOLA RACIONAL Y CATASTRO

La CARTA AGROLOGICA DE LOS SUELOS es la mejor base científica para el análisis PONDERAL DEL SUELO, cuánto para la Tasación, que permite fijar sistemas impositivos de la tierra de acuerdo con su productividad real, y dar las normas para el CREDITO AGRARIO.

Valor Agrícola del Suelo

Desde el punto de vista AGROLOGICO, hay varios sistemas para determinar el Valor Agrícola del Suelo, a saber:

1) Apreciación del Valor Agrícola de los Suelos por la Productibilidad de una Cosecha determinada (INDICE DE PRODUCCION).

2) Productividad o Rendimientos Generales de los llamados CULTIVOS INDICES: según De Fina y Garbosky (1949).

   Los Cultivos Indices son 18: de ellos 12 son plantas perennes, y 6 de siembra anual. En el orden de posición los 12 primeros: Theobroma, Ananas, Musa, Citrus, Phoenix (datilera), Olea (olivo), Ficus (higuera), Vitis (vid), Juglans (nogal), Prunus (durazno), Pyrus (pera), Pyrus malus (manzano) tiene por finalidad primordial acusar la intensidad del FRIO INVERNAL en orden creciente.

   Las 6 plantas anuales son: Gossypium, Citrulus (sandía), Zea, Tritucum, Avena, y Hordeum (cebada), en la determinación a la resistencia al CALOR.

   Con base a la respuesta se sigue con la determinación de los valores o columna para: abundancia = b, rendimiento = c, madurez = d, suma total = e, suma en % de la colección = f, multiplicador = g, producto de f x g = h, riegos = i, multiplicador = j, y producto de i x j = k.

3) Por el sistema basado en la PRODUCTIBILIDAD AL CIENTO POR CIENTO PARA LA MEJOR COSECHA de una zona, (Método de KELLOG y ABLEITER).

4) INDICES DE STORIE: (Score Card) con valores de escala de puntos de 1 a 100 a distintos factores de influencia en la FERTILIDAD: Ff + fq + y fl sobre UNIDADES DE FERTILIDAD (UNIDADES BAULE).

El método de STORIE constituye una gran utilidad agronómica, pretendiendo descubrir para las SERIES Y TIPOS DE SUELOS sus aptitudes y calidades en forma matemática, de aplicación ESTADISTICA.

Aprovechamiento de Tierras

De la superficie total de la Tierra, un 10% es tierra de cultivos, esto produce cerca del 90% de la provisión mundial de alimentos.

Los potreros y pastizales ocupan el 20% de la superficie terrestre.

Bosques del Mundo = 27% de la superficie terrestre.

Tierras secas, o estériles = 43% (desiertos, zonas polares, y tundras).

Total mundial de tierras = 100%

En consecuencia, es indispensable determinar la densidad máxima de población humana y agropecuaria que la tierra puede sostener sin degradarse, con sus niveles óptimos de productividad, basados en las mejores prácticas de la tecnología agrícola, incluso por el empleo de los abonos.

Por eso, las hierbas (potreros) ocupan una superficie más extensa que todos los demás cultivos agrícolas juntos, a excepción de los bosques.

Los pastos proveen más del 75% del sustento de todo el ganado existente.

Por ejemplo, de la diversificación agrícola citamos el caso del Uruguay, pues el 90% de la superficie natural la componen los prados naturales, donde pacen 8 millones de cabezas de ganado y 28 millones de ovejas. La ganadería produce el 95% de las exportaciones uruguayas.

Ejemplos similares ocurren con Australia, Unión Surafricana, Nueva Zelandia, etc.

Las tierras cultivadas del planeta, que se dedican en su mayor parte a la producción de cereales para el consumo directo

del hombre producen alrededor del 90% de los alimentos. Así, el resto, que llega a ser el 10% y que proviene de las tierras de pastoreo, constituyen sin embargo una parte muy importante por su gran valor en la nutrición humana. Además, los animales que subsisten sobre todo a base de pastos, y que viven de un año para otro, sirven de importante reserva de alimentos para las épocas de hambre.

Clasificación de Tierras de Pastoreo

Atendiendo a sus diferentes problemas de ordenación y mejoramiento, las tierras de pastoreo suelen dividirse en 5 clases para facilitar su estudio:

I. Pastizales Naturales o nativos: (Range) Pastures (Australia), requieren por lo general 3 Has en adelante por unidad animal durante la temporada de pastoreo.

La UNIDAD ANIMAL = 1 vacuno, o 5 ovejas o cabras. El caballar adulto se considera de 1.25 unidades.

Los pastos de los trópicos suelen tener mayor cantidad de F.C. y menor cantidad de Prot. que los de las zonas templadas, por lo tanto la relación C / N es mayor.

La escala de valores de Nutrientes entre los complejos Nitrogenados y los no nitrogenados es más amplia en los suelos pobres y bajo pH que en los fértiles con el mismo pH.

II. Prados Permanentes o Perennes: Constituídos de Gramineas y Leguminosas perennes en las regiones HUMEDAS Y SUBHUMEDAS.

III. Prados Temporales (Praderas): Formados por cultivos forrajeros (Leguminosas y Gramineas), y de granos en rotaciones más o menos largas (3 a 5 años).

IV. Prados Anuales: Se identifican por sí solos, quizás hasta en métodos de explotación intensiva como el Hohenheim.

V. Prados Suplementarios: Períodos breves y rotaciones cortas (3 meses) bajo producción, etc.

Distribución Porcentual

La actividad pecuaria (lechera, carne, ovejas, cabras, cerdoso, etc.) reciben los siguientes porcentajes de pastoreo y Henos del total de su forraje:

	% Pasto	% Heno	Total %
Lechero	38	26	64
Carne	60	13	73
Otros	80	12	92

También el mejor aprovechamiento de la capacidad forrajera y forestal de los suelos en función de las ecuaciones climáticas respectivas,permite fijar ciertas normas entre la FERTILIDAD DEL SUELO Y LA INTER-ACCION DEL SUELO CON LAS PLANTAS Y LOS ANIMALES, tesis sostenida con brillante propiedad por Forster, (Journal of Australian Inst. of Agricultural Science Nº 16) en particular por la acción de los orines de los animales en el incremento de la microflora del suelo, fenómeno cuidadosamente estudiado en estos días.

Programas de Mejora de los Pastos

Obviamente tenemos entonces nuevos problemas que resultan de la relación y capacidad de explotación de las hierbas en función de los suelos, o viceversa. Tésis y antitésis, de cuya síntesis se logran relacionar programas NACIONALES, seccionados por su parte, a fin de lograr ventajas aparentes sobre ecuaciones económicas de pastoreo y sobrepastoreo, erosión, quema de las tierras de pastoreo, fertilización intensiva o extensiva, conservación del agua, riegos, drenajes, bosques y explotación mixta, etc.

Ejemplos de Recuperación de Tierras

Al objeto se pueden citar algunos casos ejemplares de Recuperación de Tierras de Pastoreo:

Australia = 6 millones de Hectáreas en pastoreo
Nueva Zelandia = 600.000 Has. en pastoreo
Suiza = aumentó en 550.000 metros cúbicos de ensilado

Estados Unidos:

Representa el ejemplo más notable al caso, pues desde el siglo XVII a principios del XX la tierra se explotó casi sin método. El tremendo estado de erosión acelerada, obliga al país a reconocer que millones de Has han sido destruídas por el monocultivo y el sobre pastoreo.

Advirtieron que lo mismo sucedería con el resto de las tierras a menos que se modificase radicalmente la actitud para con ellas y la forma de tratarlas. Había llegado el momento en que la empresa es nacional y no loca, para reparar los pasados errores, y forma de actuar para lo futuro.

Se establecen estaciones de estudio de la EROSION, LABORATORIO REGIONAL Y ESTACIONES EXPERIMENTALES DE TODO TIPO, se traza el PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION DE SUELOS, ASISTENCIA TECNICA, desarrollo acelerado de la TECNOLOGIA AGRICOLA en todas sus fases, etc.

Se acrece el patrimonio nacional por la mejora en la estimación de los cultivos INDICE: MAIZ - FORRAJERA de 3.7 Tm x Ha a 5.03 Tm x Ha, lo que representa algo más del 34% en 10 años de trabajo controlado, con sólo un ligero aumento de la superficie de tierra cultivada del país (1.2%)

Las Tierras del Mundo

La superficie de tierras del Mundo es la siguiente (F.A.O.) en 1963:

América del Norte	1875	millones de Has.
América Central	272	" " "
América del Sur	1760	" " "
Africa	2970	" " "
Europa	471	" " "
U.R.S.S.	2144	" " "
Asia	2700	" " "
Región del Pacífico	842	" " "
Total de Tierras	13034	Millones de Has.
Población Mundial	3180	Millones de habitantes

Se estima a su vez que la población mundial para el año 2.000 alcance la fabulosa cifra de los 7 mil millones de personas (F.A.O. 1966)

Tierra Arable del Mundo

Según KELLOG (1964) los potenciales de tierras arables del mundo son capacidad para el desarrollo agropecuario es:

	Porcentaje	Acres
1. Suelos Pradera, Chernozems Degradados ----------	= 80%	= 242 millones
2. Chernozems y Chestnut Rojizos ----------	= 70	= 660 "
3. Suelos Gris Oscuros y Negros Subtropicales y Tropicales ----------	= 50	= 618 "
4. Chestnut, Café y Café Rojizos ----------	= 30	= 892 "
5. Sierozems, Desérticos -----	= 0.5	= 34 "
6. PODZOLES ----------	= 10	= 320 "
7. Podzoles Café - Gris ------	= 65	= 972 "
8. LATOSOLES (Lateríticos - Lateritas y Podzoles Amarillo Rojizos) ----------	= 35	=2780 "
9. Amarillo - Rojizos Mediterráneos ----------	= 15	= 41 "
10. Suelos de Montaña ---------	= 0.5	= 30
11. Tundra ----------	= --	= --
Total ---------		6589 millones

Producción de Cereales del Mundo

Area total ----------	11,757 millones de Has.
Tierra Cultivada ----------	1,300 millones de Has.
Porcentaje de Proporción de Tierras Cultivadas ----------	11%
TIERRAS DE COSECHAS de cereales ------	679 millones de Has.
Porcentaje Proporcional ----------	52%
Producción cereales ----------	950 millones de Tns
Rendimiento ----------	1.40 Tn / Ha

1.11 Tn. en países de bajo rendimiento
1.40 Tn. en países de mayor nivel técnico

Población Pecuaria del Mundo

Se estima que la población pecuaria del mundo es de 3 BILLONES de cabezas, así:

1 BILLON de ovejas
980 Millones de vacunos
553 Millones de cerdos
353 Millones de cabras
121 Millones de equinos
81 Millones de yacks y otros
10 Millones de camellos
3 BILLONES de aves

Más o menos un 40% del ganado del mundo se localiza en áreas mejor desarrolladas; o sea cerca del 80% del total de 454 MILLONES DE TONELADAS de la producción de carne, leche y huevos (Año de 1963).

Necesidades de Proteinas

La naturaleza y seriedad de las exigencias de la población del mundo es tremenda.

Más del 60% de las zonas menos desarrolladas, y que comprende 2/3 de la población del mundo sufre de mala nutrición, y en muchos están muy debajo de los requerimientos mínimos dietéticos. SUFREN DE LA ENFERMEDAD DEL HAMBRE.

De los elementos energéticos y vitales, la deficiencia más marcada es la baja cantidad y calidad de las PROTEINAS; y dentro de ellas, por su alto valor biológico, la carencia de Proteina Animal (Carne - Leche - Huevos, etc.).

No obstante lo dicho, se estima que el 70% de la proteína necesaria procede de productos VEGETALES, y sólo un 30% es de origen ANIMAL.

F.A.O. estima que el consumo de 20% de proteína ANIMAL ES ALGO NORMAL, pero ante la situación presente, determina un requerimiento de 15 gm; pero el promedio en los países HAMBREADOS apenas si alcanza 9 gm x día.

La Producción del Cafeto

Desde el punto de vista de la economía mundial, la producción del CAFE es uno de los más inquietantes problemas agro económicos de la AMERICA LATINA sobre los cafetos AFRICANOS.

En la reciente reunión de Presidentes ~~de AMERICA en~~ Punta del Este, el problema de la economía de producción del CAFE fue uno de los más discutidos.

Efectivamente, 14 países americanos basan su ECONOMIA en dicho cultivo, que representa el 28% de sus ingresos de Exportación.

En algunos de esos países, es el primer producto de inversión de capitales agrícolas, tal el caso de Colombia = 68% de su volumen de exportación; El Salvador = 51%, Brasil = 50%, Guatemala = 49%, o Costa Rica con el 80% de su volumen de exportación y primer renglón de la economía nacional.

Tierras Forestales

La información mundial de TIERRAS FORESTALES, según F.A.O. (1963) es de 4.126 MILLONES de Has., pero que la superficie de "Montes" propiamente dichos es de unos 3.800 MILLONES de Has.

El desglose de esa información es la siguiente:

		Relación Tierras / Bosques:				
América del Norte	750	Millones	de	Has	=	38%
América Central	76	"	"	"	=	26
América del Sur	890	"	"	"	=	47
Africa	710	"	"	"	=	24
Europa	144	"	"	"	=	29
U.R.S.S.	910	"	"	"	=	34
Asia	550	"	"	"	=	19
Región del Pacífico	96	"	"	"	=	11
Totales	4.126	Millones	de	Has	=	29%

El promedio mundial de corta de maderas es 1.900 MILLONES DE METROS CUBICOS, de los que más de 1.000 MILLONES (54%) se destina a usos industriales, y unos 900 MILLONES a la extracción de leña.

Distribución de Tierras

En la AMERICA LATINA la distribución porcentual de Tierras Agrícolas (1959) es:

Tamaño en Has de	Porcentajes %	Porcentajes Superficie Tierras Agrícolas %
0 - 20 Has	72.6	3.7
20 - 100	18.6	8.4
100 - 1000	7.9	23.0
más de 1000	1.5	64.9

Cartografía de Suelos

A través de la correlación de los métodos geográficos, es importante referirse al logrado en la evaluación Cartográfica de Suelos Agrícolas del Mundo, según áreas, a saber:

A = Areas sin mayor importancia para las cosechas, excepción de las locales.

A_1 = mapas de suelos de poco uso agrícola. Casi son mapas locales, la mayor parte son muy esquemáticos.

B = Areas relativamente importantes para cosechas.

B_1 = mapas de suelos de poco uso agrícola, escalas pequeñas, muy esquemáticos y locales.

B_2 = mapas de suelos que cubren áreas de desarrollo agrícola extenso (Unidad Política de cerca de 10 MILLONES DE HAS = 20.471.000 acres); escala mediana y algo esquemática. Algunas regiones son de mapas detallados a semidetallados.

B_3 = mapas de suelos de uso moderado de interpretación agrícola (La unidad Política es cerca de 100.000 Has = 200.471 acres. La gran mayoría de ellos detallados y semidetallados, basados en su mayor parte en investigaciones de campo.

Mapeo de Suelos

Es innegable la importancia que para cada país representa el cada vez más completo análisis del RECONOCIMIENTO DE SUELOS y sus correspondientes MAPAS DE SUELOS, como un medio valioso para estimar mejor sus RECURSOS NATURALES, variando como es natural las técnicas a aplicar por razones varias.

Por ejemplo, en los EE.UU. han sido reconocidos 70.000 clases locales de suelos, y descritos cada uno de acuerdo con propias características intrínsecas.

Se espera a su vez que cuando el MAPA DE SUELOS DE LOS TROPICOS se concluya, se sobrepase el número de distintos tipos locales de suelos de las Regiones Templadas, que han venido siendo estudiados en sus propiedades, comportamiento y clasificación por más de 100 años sucesivos.

No es sino después de 1945 que se ha dado un mayor énfasis a los estudios de los SUELOS TROPICALES Y SUBTROPICALES, los que se han avanzado mucho por el uso de las técnicas FOTOGRAMETRICAS y demás técnicas derivadas, sintetizando en algo la formación lograda sobre RE-MAPEOS aprovechables en Suelos - Geología - Relieve - Fisigrafía - Vegetación y Climas de CORRELACION GEOGRAFICA transferible y de aplicación AGROPECUARIA, como de desarrollo socio-económico en regiones bajo desarrollo o de subdesarrollo en el mundo.

Los Mapas de Suelos del Mundo se fijan en detalle para ESCALAS DE 1 : 2.500.000 (1 pulgada x cada 40 millas), 1 : 250.000 (1 pulgada x cada 4 millas) 1 : 1.000.000 (1 pulgada x cada 16 millas, son generales, pero los de DETALLE DE SUELOS se deben referir a escalas de 1 : 20.000 (3.2 pulgadas x 1 milla).

Relaciones Agronómicas

Se desprende de todo lo dicho, que la problemática de relación Suelo - producción agropecuaria es harto compleja para responder a simples encuadres temáticos, sino que más bien constituyen enlaces cada vez más sutiles entre la verdad científica y el asentamiento de ventajas económicas; factores limitantes, complejo de fertilidad del suelo (potencial y actual); determinación de prioridades fijas o alternantes; manejo y utilización del suelo; abonos, fertilizantes y enmiendas; irrigación o drenajes; tecnología de suelos; investigación agropecuaria mancomunada; relaciones ECOLOGICAS Y BIOLOGICAS Y CLIMATOLOGIA AGRICOLA.

La Tierra nunca Miente

La tierra tiene exigencias disciplinadoras, y la vida del hombre sigue el curso inexorable de los climas y los suelos... Hombre y tierra forman, así, un conjunto armonioso y fértil.

Los campos mantienen a los pueblos. La tierra trabaja siempre. La tierra NUNCA MIENTE; cumple su sagrada misión de alimentar a la especie humana y de hacer posible la vida.

Por eso, los países menos afortunados por la Naturaleza, los de más pobres RECURSOS NATURALES (Tierras - Bosques y Aguas)

deben dirigir sus políticas AGRARIAS Y ECONOMICAS, 1) a la mejora de la producción agropecuaria, tanto en cantidad como en calidad, 2) medidas para la regulación del incremento de la población mundial, 3) desarrollo de la educación, 4) industrialización agrícola y definir políticas de mercado, 5) América Latina y Africa deben enfatizar la INVESTIGACION AGRICOLA para mejorar los métodos de explotación en las grandes áreas de suelos de tipos Savanna, como de regiones de tierras Lluviosas Forestales, 6) desarrollo de mejores medios de transporte, 7) inversiones de fuertes capitales en explotación de tierras y aguas, como complemento de los factores físicos y biológicos de la producción (aguas, recuperación de tierras, fertilizantes, combate de plagas y enfermedades, desarrollo de la química agrícola a más altos niveles de producción; herramientas y maquinarias de trabajo, etc.), 8) incentivos económicos al productor (mejores precios, mercados, créditos agropecuarios, divulgación y extensión agrícola, mejora en los métodos de educación agropecuaria y general en todos los niveles, pues la AGRICULTURA ES UNA CIENCIA, y puede alcanzar altos niveles de eficiencia en los países subdesarrollados con la ayuda de los países desarrollados como los Estados Unidos, cuya producción es capaz de llenar las necesidades propias, junto con las del Canadá, Japón y toda Europa, más un 10% del total que sobra, para aliviar el hambre en otras partes del mundo.

El Role de las Agencias Internacionales

No es posible en esta información dejar de mencionar la benemérita acción que en pro de la solución del problema del HAMBRE, DESNUDEZ, SALUBRIDAD e IGNORANCIA llevan a cabo las Agencias Internacionales como F.A.O., U.N.E.S.C.O., B.I.D., A.I.D., O.M.S., I.D.A. (Int. Develop. Ass.), I.F.C. (Int. Finance Corp.), Rockefeller Foundation, Ford Found, Kellog Institution, Alianza para el Progreso, etc.

Al respecto vale la pena señalar a modo de ejemplo, que sólo el Banco Mundial, en sus 20 años de operación ha concedido préstamos por más de $ 10 BILLONES DE DOLARES, la mayor parte en el desarrollo de proyectos de infra-estructura, desarrollo eléctrico, transporte; como para reforzar la economía de muchos países.

A fines de 1965 el Banco Mundial y I.D.A. habían proveído créditos por algo más de $ 1 BILLON DE DOLARES PARA AGRICULTURA, de los cuales $ 600 millones de dólares han sido invertidos en irrigación y control de inundaciones. El resto ha sido invertido en labores de derriba de bosques para fincas nuevas; mejoramiento y maquinaria agrícola, facilidades de almacenamiento de alimentos, fertilizantes, plaguicidas, como para el mejoramiento de la ganadería y la pesca.

También es bueno señalar que asciende a muchos millones de dólares lo invertido en desarrollo agrícola, industrial agrícola y en educación, en préstamos a corto plazo, suma que alcanza a $ 1.3 BILLONES DE DOLARES.

Actualmente hay bajo estudio 25 proyectos de inversión mundial en agricultura por un total de $ 250 millones de dólares; más 43 proyectos que corresponden a ese mismo fin en 60 países a modo de favorecer el desarrollo de los países llamados o incluídos en el concepto de sub-desarrollo.

Recomendaciones

De lo expuesto es casi cierto que el problema actualmente no es de falta de medios tecnológicos, sino por el contrario, de EDUCACION SOCIAL Y ECONOMICA; falta de comprensión de la necesidad absoluta de los gobiernos y de los pueblos mismos de que deben hacerse esfuerzos masivos para estabilizar las poblaciones y aumentar sustancialmente la producción de alimentos en el mundo, como de mejorar los medios de distribución.

La interacción entre la tecnología agrícola y la planificación económica han sido bien establecidas en muchas tierras, por lo tanto son suceptibles de ser trasplantadas esas técnicas a muchas otras.

Un manejo y uso apropiado del suelo y del agua, como de uso de variedades de plantas mejoradas, fertilizantes y plaguicidas, junto con sistemas adecuados de crédito agrícola e industrial, transporte y mercadeo, garantizarán las posibilidades de aumentar en mejor forma las necesidades de alimentos y vestido a un mundo hambreado y desnudo.

Lógico es entonces entender la valiosa acción social de la Educación y Extensión Agrícola, como la necesidad de la INVESTIGACION CIENTIFICA como elementos inevitables.

Las dificultades estriban entonces en lograr unir a los diversos componentes críticos en términos apropiados de TIEMPO, DIMENSION y LUGAR para producir esa necesaria interacción.

Pienso entonces también que las FACULTADES DE AGRONOMIA pueden y deben seguir un liderato al caso, como los Gobiernos o las Organizaciones de ámbito mundial.

SUELOS Y RIEGO

Rodolfo Perdomo*

El establecimiento del riego en cualquier región del mundo siempre conlleva la posibilidad de dañar el suelo o agravar un problema que ya existe, tal como un problema salino o un problema de altos niveles freáticos que podrían poner buenas tierras agrícolas fuera de producción definitivamente y cuya rehabilitación no sólo sería difícil sino anti-económica. Debe considerarse que aunque la agricultura de regadío no ha llegado a ser tan científica como llegará a serlo, existen suficientes conocimientos acerca de suelos y riego para evitar la repetición de estas faltas tan extremadamente costosas. El riego puede aumentar la productividad del suelo si todos los factores están cerca del óptimo, pero también puede producir desastrosos resultados tal como la acumulación de sales solubles en el perfil del suelo o un exceso de agua en el suelo que podrían interferir con el movimiento de aire y raíces a través del perfil. Para evitar estas costosas fallas y para prevenir el deterioro de la productividad de la tierra que tiene un potencial agrícola, el factor suelo deberá ser estudiado antes cuidadosamente y evaluado antes de tomar cualquier decisión con respecto al riego. La calidad del agua y la cantidad disponible deberán ser cuidadosamente estudiadas también, así como las facilidades para almacenamiento de agua y la topografía de la tierra a ser regada.

Esta información básica además de datos agro-económicos de la región proveerán suficiente criterio para decidir sobre la factibilidad de un proyecto de riego.

El objetivo de esta presentación es el de discutir en forma muy breve, las propiedades físicas más importantes del suelo que afectan su uso y manejo bajo un sistema de riego. La inter-relación planta-suelo-humedad, deberá ser brevemente revisada, así como las características del movimiento del agua dentro del suelo. La información de suelos requerida para estudiar y evaluar este recurso natural en relación con su utilización bajo riego será presentada como una guía de orientación para estudiantes, agricultores, profesionales, y funcionarios de gobierno relacionados con la planificación y el desarrollo de proyectos de riego.

PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO Y SU RELACION CON RIEGO

Se ha reconocido durante mucho tiempo por los científicos del suelo que el suelo deberá tener buenas propiedades físicas si los programas de fertilidad, cultivos, pestes y control de malezas, mecanización agrícola y prácticas de riego están destinadas a tener éxito y ser altamente efectivas. Existen varias propiedades físicas muy importantes del suelo que deberán ser cuidadosamente estudiadas e interpretadas antes de poder

---

* Profesor, Universidad de Texas A&M, Programas Internacionales, Instituto Geográfico Nacional, Guatemala.

efectuar cualquier intento de decidir si la producción agrícola de una región puede o no ser mejorada con el uso de riego. Estas propiedades son principalmente la profundidad efectiva del suelo, que deberá ser considerada como la profundidad del material del suelo disponible para el almacenamiento de la humedad y alimentos de la planta para el uso de la misma. También se refiere a la profundidad efectiva a la cual las raíces de las plantas pueden penetrar dentro de los horizontes A y B del suelo. La textura, estructura y permeabilidad al aire y al agua, consistencia, características de absorción de agua (infiltración), y propiedades de retención de humedad son algunas de las características físicas importantes que deberán ser consideradas. La susceptibilidad de los suelos a la erosión, la presencia de un exceso de sales solubles y la presencia de altos niveles freáticos o de cuencas cerradas deberán ser cuidadosamente estudiados y evaluados. La presencia de rocas o pedregosidad en la superficie del suelo o en el perfil del suelo algunas veces inhibe el uso de un buen suelo para el riego.

De acuerdo con estudios de suelos de Bloodworth, (1959), en el Valle Bajo del Río Grande de Texas posiblemente el factor más importante que determina las prácticas de riego a seguirse es el de las características físicas del suelo. El movimiento y retención de agua y aire en la masa del suelo son factores importantes que afectan el crecimiento de las plantas. La rapidez del movimiento y disponibilidad de estos componentes del suelo para el uso de las plantas dependen en gran grado de las características físicas y químicas del suelo. En la planificación de las prácticas de manejo de suelo y agua, el agricultor deberá analizar los hechos fundamentales que se relacionan con las características físicas, químicas y biológicas del suelo y como él puede modificarlas con las prácticas que se proponen. Bloodworth (1959), explica que la profundidad del suelo disponible para el crecimiento de las raíces, las características de retención y liberación de humedad del suelo a través de la zona de alimentación de raíces, la capacidad de almacenaje de agua disponible, la habilidad para suministrar nutrientes del suelo y las características físicas estructurales del suelo, son factores importantes que afectan directamente y frecuentemente controlan el crecimiento de las plantas. La estructura del suelo es dinámica y puede cambiar como resultado del tiempo o manejo del suelo, o de ambos, y tiene un efecto tremendo en el ambiente donde se desarrollan las raíces de las plantas. La arcilla juega un papel importante en la estructura y frecuentemente es un factor que controla ésta. Otros factores que pueden influir en la estructura del suelo son los métodos de labranza y equipo utilizado en el campo, el tipo de plantas que se cultivan y la distribución de su sistema de raíces, la actividad biológica, el contenido de materia orgánica y el clima. Una modificación de cualquiera de estas condiciones o posiblemente de otras, frecuentemente se reflejan en cambios estructurales del suelo. El agua es uno de los factores que puede producir cambios

drásticos en la condición estructural del suelo, puede romper los agregados, puede dispersar el suelo y como resultado, la estructura se degrada. Esta situación resultará en la formación de costras superficiales y zonas impermeables dentro del perfil del suelo que restringirán el movimiento de raíces, agua y aire.

Evaluación de Suelos para Riego

Con mucha frecuencia se puede observar en los países que necesitan desesperadamente de producción agrícola, que los proyectos de riego a los cuales se les ha dado mucha publicidad están destinados al fracaso por que cuando fueron concebidos y aprobados el importante recurso: suelo, no fue adecuadamente evaluado, si lo fue del todo. En la reunión anual de la Sociedad de Agronomía Americana en 1962, en Ithaca, New York, J. B. Page presentó una conferencia muy importante "Física de Suelos y Alimentos para la Paz", donde él afirmó que "repetidamente uno ve evidencia que el riego se concibe como un asunto esencialmente simple, que consiste únicamente en proveer las estructuras de ingeniería necesarias para llevar el agua al suelo. Esto, por supuesto, es una de las más peligrosas simplificaciones que han conducido a fracasos costosos y monumentales tanto en este país como en otros países del extranjero." En otra parte de su presentación, el Dr. Page explica que, "Con frecuencia la introducción de riego sin proveer el adecuado drenaje de las tierras ha llevado al desarrollo de condiciones salinas y sódicas y a una completa pérdida de la productividad. Idealmente, los físicos de suelo deberán ser llamados para hacer sus contribuciones en las fases preliminares de cualquier proyecto que se propongan efectuar los gobiernos u otras entidades. Con mucha frecuencia, sin embargo, se inicia un proyecto de riego antes de haberle dado cualquier consideración del todo a la variable suelo, si es que se le dió alguna consideración del todo."

El autor de esta presentación ha tenido esta clase de experiencia en uno de los países Latinoamericanos, al verse envuelto en un proyecto de riego que estaba ya muy adelantado en su fase de construcción y en donde la variable suelo no había sido previamente estudiada. Ya con los trabajos de construcción adelantados se inició entonces un levantamiento detallado de suelos para riego y fué entonces cuando localizamos un área-problema con suelos salino-sódicos, con un drenaje sub-superficial restringido y con un alto nivel freático de 5 a 6 pies de profundidad. Lo más grave del problema era que las aguas subterraneas de esta zona tenían un alto contenido de sodio. A este proyecto se le había dado mucha publicidad y grandes sumas de dinero habían sido ya gastadas en su construcción. La corrección y los cambios en un proyecto de este tipo son difíciles y muy costosos y además de las implicaciones políticas, está el orgullo personal de los funcionarios y profesionales que tuvieron que ver con la iniciación y aprobación de un proyecto de esta naturaleza. Todos estos fracasos

podrían haberse evitado si en las etapas iniciales de la planificación del proyecto, se le hubiera dado una adecuada atención a la variable suelo y agua.

Ahora serán mencionados brevemente algunos de los principios básicos que deberán ser considerados cuando va a seleccionarse tierras para su uso con riego. De acuerdo con Malitic (1962), la clasificación de la tierra como un procedimiento sistemático para delimitar las tierras en base a su adaptabilidad para su uso con riego, provee una base sólida para adaptar los recursos de la tierra a un plan de desarrollo bajo riego. La clasificación de la tierra para riego se define como una categoría de tierras que tienen características físicas y económicas similares que afectan su adaptabilidad para el riego.

La primera fase al evaluar la tierra para el riego es la de efectuar un levantamiento preliminar de suelos de la región de interés con la ayuda de fotografías aéreas, escala 1:20,000, mapas topográficos, escala 1:50,000, y mapas hidro-geológicos de la zona, si existen. Los mapas de suelos previos que existen de la región, deberán ser cuidadosamente estudiados y chequeados en el campo. Este levantamiento preliminar de suelos proveerá la base necesaria para delimitar las tierras aptas para el desarrollo con riego y para determinar su extensión, su localización y calidad de tierra arable disponible. Para este tipo de levantamiento preliminar se sugiere seguir las recomendaciones del USBR que se presentan en el Manual V de Clasificación de Tierras para Riego con los cambios necesarios para adaptarse a las condiciones y necesidades locales. Si los recursos suelo y agua y los aspectos de ingeniería del proyecto propuesto son favorables para su realización, entonces deberá procederse al levantamiento detallado de suelos, escala 1:10,000, que se recomienda efectuarlo de acuerdo con los standards del Manual 18 del Depto. de Agricultura de los E.E. U.U. Basado en este levantamiento detallado de suelos se contará con los elementos necesarios para la preparación de un mapa detallado de clasificación de capacidad de uso para riego de la zona de interés, escala 1:10,000. Deberán efectuarse estudios de absorción de agua (medidas de infiltración), así como el estudio de las características de permeabilidad del suelo y de retención de humedad, información que servirá de mucha ayuda para el estudio y evaluación de los datos de campo y de laboratorio. Al tener esta información completa, podrán efectuarse las conclusiones y recomendaciones necesarias para la realización de riego.

Al seleccionar tierras para riego, Malitic (1962), nos dice que los factores a considerar son el suelo, topografía y drenaje y que las características del suelo más importantes a evaluarse son las siguientes: profundidad del suelo hasta donde se encuentre arena, grava o una capa de roca u otro factor que limite el crecimiento de las raíces de la planta, textura y los niveles estimados de salinidad y de sodio intercambiable. Las características topográficas incluyen la pendiente, ondulaciones, tamaño y forma de

los campos. El factor de drenaje incluye el drenaje superficial y los requerimientos para el drenaje sub-superficial. Este último incluye estudios de los niveles del agua subterranea que se anticipen y si se encuentra que es necesario el drenaje, deberán estimarse los requerimientos necesarios. Es así como otras características como la estructura del suelo, profundidad y penetrabilidad de una capa cementada del suelo como un "hardpan", cubierta vegetativa, consistencia, color y arreglo de los horizontes del suelo, y cubierta de rocas, influyen en la adaptabilidad de una zona para el riego.

La clasificación de la tierra para el desarrollo con riego como elemento de juicio para evaluar su adaptabilidad para el riego, se ha efectuado en algunos países de Latinoamérica siguiendo las recomendaciones del Buró de Rehabilitación de Tierras de Estados Unidos (USBR), introduciendo modificaciones de acuerdo con las necesidades y requerimientos de las varias regiones.

El USBR considera 6 clases de tierra para riego. La clase 1, que tiene el más alto nivel de adaptabilidad para el riego, por lo consiguiente, tiene la capacidad de pago más alta. La clase 2 es de una adaptabilidad intermedia y de una capacidad de pago intermedia; la clase 3 es de la más baja adaptabilidad para el riego, por lo consiguiente, de una baja capacidad de pago; la clase 4 designa clases de tierra para un uso especial tal como la 4 F que es apta para la producción de frutas, o aquellas tierras que tienen deficiencias excesivas y las cuales se ha demostrado por medio de estudios especiales de ingeniería y economía que pueden ser regables. La clase 5 la utiliza el USBR para una designación temporal de la tierra, indicándose que se requerirán estudios especiales antes de poderle dar una designación final de clase. La clase 6 de tierra es usada para designar aquellas que no llegan a llenar los requisitos mínimos tanto en el suelo, como en la topografía y/o drenaje, por lo tanto, no se consideran aptas para su desarrollo con riego.

Los tipos standard de clasificación de tierras para riego son el reconocimiento, estudio semi-detallado, y clasificación detallada de la tierra. La clasificación de la tierra a nivel de reconocimiento se usa para grandes áreas en donde sólo se requiere información general de la tierra arable que es apta para su desarrollo con riego. El tipo de clasificación semi-detallada se utiliza cuando hay necesidad de un estudio más cuidadoso de la tierra arable o bien, cuando la tierra es compleja y cuando el reporte de reconocimiento no ha suministrado suficiente información acerca de los suelos, topografía y drenaje. La separación de clases de tierra se hace con un poco de más exactitud, así como la delimitación de las áreas-problema. El tipo de clasificación detallada de la tierra incluirá toda la información básica necesaria de suelos, drenaje y topografía, suficiente para efectuar una evaluación detallada de la capacidad de uso de la tierra para riego, del tamaño de las fincas a regarse, de la capacidad de pago de

las unidades agrícolas y de los requerimientos de riego. Este estudio detallado de la tierra proveerá suficiente información para la planificación de los sistemas de riego y de drenaje, así como para el planeamiento agrícola de riego, incluyendo costos de desarrollo y posibles beneficios derivados de la inversión.

El USBR usa las siguientes escalas en sus estudios de clasificación de tierras para riego: 1:24,000 para estudios de reconocimiento; 1:20,000 para semi-detallados y 1:4,800 para estudios detallados de la tierra. En Guatemala las escalas que nosotros hemos utilizado son las siguientes: para estudios a nivel de reconocimiento se ha usado la escala 1:50,000 y para estudios detallados, la escala 1:10,000. Hemos usado fotografías aéreas escala 1:20,000, mapas topográficos escala 1:50,000 y 1:10,000 que nos han servido respectivamente como base cartográfica para los estudios de suelos.

Como una consideración final, es conveniente hacer mención de que cuando se trata de estudiar la adaptabilidad de los suelos y evaluarlos para su uso potencial con riego, es necesario como se mencionó al principio de esta breve discusión, considerar la calidad de las aguas que van a ser usadas para el riego, así como la calidad de las aguas subterraneas que hay, si es que existen altos niveles freáticos en la zona de interés. La consideración de otros aspectos relacionados con suelos y riego como lo son la retención y movimiento de agua en las suelos, la evapo-transpiración, problemas de salinidad y de sodio en el suelo, medidas de campo y de laboratorio necesarias para la evaluación de los suelos y su adaptabilidad para el riego, manejo de los suelos bajo riego, y determinación de las cantidades de agua a aplicar, son temas que no es posible cubrir en detalle en una presentación como ésta. Sin embargo, le ruego a mi distinguido auditorio que si alguno de ustedes tiene alguna pregunta relacionada con esta presentación, se sirva hacerla, al concluir la presentación de unas pocas transparencias que ilustran algunos aspectos de los estudios de suelos relacionados con riego que se han efectuado en mi patria, Guatemala. Muchas gracias.

REFERENCIAS

BLOODWORTH, M.E. (1959). Some principles and practices in the irrigation of Texas soils. Bul. 937. Texas Agric. Exp. Sta., Texas A&M University, College Station, Texas. p.7.

MALITIC, J. T. (1962). Principles involved in selecting lands for irrigation. U.S. Bureau of Reclamation, U.S. Dept. of Interior, Denver, Colorado.

PAGE, J. B. (1962). Soil physics and food for peace. Food for Peace Program at the American Society of Agronomy Annual Meeting, Ithaca, New York.

TECNICAS DE ANALISIS DE SUELOS

M. A. González*

La aplicación de métodos científicos en la resolución de problemas que afectan la producción agrícola es un aspecto de suma importancia en países cuya economía está basada primordialmente en la explotación de sus recursos naturales.

El suelo, factor decisivo en la explotación agrícola, es estudiado por diferentes métodos, los que tienden a dilucidar las propiedades que, de una u otra forma, influyen en la producción de diferentes cultivos.

Muestreo

El propósito de un muestreo de suelo es obtener información acerca de la población o universo; esta información puede o no, ser representativa, dependiendo de la forma en que es tomada la muestra. Una población puede ser todo el suelo en el campo a una profundidad de 15 cm, la fracción arcillosa en el horizonte superior, o el contenido de materia orgánica en el horizonte B en varios sitios de un mismo tipo de suelo. Para cada población, hay ciertas características que la describen. En los suelos, estas características pueden ser el grosor de cada horizonte en el perfil, el porcentaje de materia orgánica, la cantidad de sales solubles o el pH. El valor verdadero de cada característica en la población se denomina un "parámetro". El propósito del muestreo es la estimación de estos parámetros con una precisión relativa a los fines perseguidos y al menor costo posible. Hay que tener en cuenta que todos los estudios prácticos están limitados en fondos, por lo que el muestreo llega a ser una necesidad en casi todas las investigaciones científicas. Si la población es relativamente homogénea, una pequeña muestra puede darnos toda la información requerida. En el caso de los suelos, sin embargo, la variación y la heterogeneidad parecen ser la regla más bien que la excepción.

Hay siempre un variado número de planes o diseños de muestreo que pueden ser usados; algunos son más precisos que otros (dan un error menor) y algunos pueden llevarse a cabo a un costo relativamente bajo. En general, el mejor diseño es aquél que provea la máxima precisión al menor costo posible.

---

* Ingeniero Agrónomo, profesor de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

El contenido de agua

Métodos directos

La determinación del contenido de agua en los suelos puede llevarse a cabo por métodos directos e indirectos. Los métodos directos se refieren a los procedimientos por los cuales el agua se extrae del suelo y es medida ya sea por evaporación, percolación o reacciones químicas. La determinación de la cantidad removida puede efectuarse por uno o más de los métodos siguientes:

1. Medida de la pérdida de peso de la muestra.

2. Recolección por destilación o adsorción en un desecador y medida de la cantidad de agua extraída.

3. Extracción del agua por sustancias que la reemplacen y determinación de alguna propiedad física o química del material extractante que sea afectada cuantitativamente por el contenido de agua.

Métodos indirectos

Los métodos indirectos implican la medida de alguna propiedad del suelo que es afectada por el contenido de agua o el contenido de ésta en un absorbente poroso en equilibrio con el agua del suelo. Las propiedades eléctricas o térmicas de un absorbente o sus cambios de peso, indican el contenido de agua.

El principio de la conductividad eléctrica ha sido muy usado en las mediciones indirectas del agua del suelo; las medidas eléctricas se hacen por medio de electrodos que miden cambios en resistencia resultantes de los contenidos de humedad presentes en el suelo.

Los iones hidrógeno tienen una marcada propiedad para dispersar y disminuir la velocidad de los neutrones (termalización). Esta propiedad ha sido utilizada en las mediciones del contenido de agua.

Es bien conocido el principio de absorción de rayos gamma y de neutrones por la materia. El grado por el cual un haz de rayos gamma monoergéticos es atenuado o reducido en intensidad al pasar a través de un suelo depende de la densidad del mismo. Si la densidad del suelo seco es constante, entonces las diferencias en atenuación indican cambios en el contenido de agua.

Las técnicas de medición del contenido de agua que usan atenuación de netrones implican la absorción y dispersión de estas partículas por el hidrógeno. De aquí que el cambio en atenuación es relativamente sensible al cambio en los contenidos de agua.

El termino succión se usa extensivamente para caracterizar la "acción" de retención de agua por los suelos y se ha propuesto que sea usado para especificar la propiedad del agua del suelo medida con tensiómetros. Las lecturas de los tensiómetros graficadas en función del tiempo proveen un récord de mucha utilidad de las condiciones del agua del suelo en el sitio de medición. No obstante los tensiómetros tienen limitaciones definidas en cuanto a la amplitud de los valores que pueden medir.

Determinación de la conductividad hidráulica en suelos saturados y no saturados.

Una propiedad importante involucrada en el comportamiento de los sistemas de flujo de agua es la conductividad hidráulica de los suelos. Cuantitativamente, la conductividad es la capacidad de un suelo de permitir el flujo de agua. Estos datos son de utilidad en el análisis de cualquier sistema de flujo de agua en un suelo saturado y proveen además, una información indirecta acerca de la estructura y de la estabilidad estructural de los suelos.

La conductividad en suelos no saturados puede medirse por dos tipos de técnicas, en una de ellas el flujo del agua varía con el tiempo y en el otro sistema este nivel se mantiene constante.

Disponibilidad de agua

La cantidad de agua remanente en un suelo después de que se ha drenado el agua gravitacional se define como agua disponible.

El punto de marchitez es el contenido de agua no disponible medido por la marchitez irreversible de plantas de girasol creciendo en el suelo. El agua disponible se mide por la diferencia entre el contenido de agua a capacidad de campo y el contenido de agua en el punto de marchitez.

Porosidad

La porosidad total se define como la relación entre el volumen de los intersticios y el volumen del suelo. Puesto que los poros del suelo se encuentran llenos de aire y de agua, la porosidad es determinante en gran parte de las condiciones de humedad y aeración de los suelos. Se puede medir por medio de la mesa de tensión o por el método de la curva de calibración del picnómetro por aire.

Temperatura del suelo

Para la medición de la temperatura del suelo pueden usarse diferentes métodos: termómetros bimetálicos, termómetros Bourdon, termómetros de mercurio, pares térmicos (termocupla) y termómetros de resistencia eléctrica.

Densidad aparente (Bulk density)

La densidad aparente es la relación entre la masa y el volumen aparente de un suelo. La masa se determina después de secar el suelo a peso constante (105°C) y el volumen corresponde al de la muestra tomada en el campo. Este parámetro se expresa en $g.cm^{-3}$. Su valor es necesario para convertir el porcentaje de agua por peso a contenido de agua por volumen, para calcular la porosidad cuando se conoce la densidad de partícula, y para estimar el peso de un volumen de suelo demasiado grande, tal como el peso de una hectárea a 15 cm de profundidad. Varía con la condición estructural del suelo, y es por esta razón que a menudo se usa la densidad aparente para medir la estructura del mismo.

Los métodos del terrón, del "core" y de excavación consisten esencialmente en secar y pesar un volumen dado de suelo. En el método de radiación, la radiación gamma dispersada se mide, y con una calibración adecuada se pueden determinar los componentes sólidos y líquidos tomados en conjunto.

Fraccionamiento y análisis del tamaño de las partículas

La distribución del tamaño de las partículas del suelo expresa la proporción de los varios tamaños de partículas contenidas en el mismo. La determinación de la distribución del tamaño de partículas se refiere corrientemente al análisis del tamaño de las mismas.

Los métodos de fraccionamiento y de análisis están supeditados a procedimientos de cribado y de sedimentación. La extracción de la arcilla por sedimentación gravitacional es el método más corriente para la separación de esta fracción del suelo.

El método de la pipeta para análisis de tamaño de partículas es un procedimiento de sedimentación en el cual se usa la pipeta para obtener las muestras a profundidades y tiempos calculados.

Otro procedimiento de sedimentación es el método del hidrómetro. Este método es adecuado para muchos propósitos, pero un poco menos preciso que el de muestreo con pipeta.

Técnicas de difracción de rayos-X para la identificación mineralógica.

Las propiedades físicas y químicas de un suelo están controladas en un alto grado por los minerales presentes y especialmente por los que constituyen la fracción arcillosa. Las arcillas de los suelos están compuestas por minerales cristalinos que producen modelos de difracción de rayos-X. Las investigaciones de la estructura, propiedades y presencia de minerales de arcilla en los suelos por métodos de difracción con rayos-X han permitido un gran avance en la ciencia del suelo.

Las muestras de arcilla preparadas para el análisis deben ser examinadas en el siguiente orden: (1) muestra saturada con Mg, y secada al aire; (2) muestra saturada con Mg, tratada con glicerol; (3) muestra saturada con K y secada al aire, y (4) muestra saturada con K y calentada a 500°C. Se miden los espaciamientos de difracción en Å.

Técnicas de análisis térmico para identificación de minerales y composición mineralógica.

Las técnicas de análisis térmico pueden dividirse en tres grandes grupos: 1. las que miden diferencias en peso debidas a ganancia o pérdida de sustancias gaseosas; 2. las que miden cambios energéticos; y 3. aquellas que miden cambios en el estado sólido. Los cambios en peso causados por pérdida de agua o CO_2 o por ganancia de oxígeno son medidos por medio de análisis termogravimétrico y por análisis termogravimétricos integrales y diferenciales; los cambios en energía se miden por medio del análisis diferencial térmico; y los cambios en cristalinidad, volumen, color y otras propiedades físicas son medidas por medio de análisis de rayos-X, análisis infrarrojo y otros análisis o técnicas usadas en la industria de la cerámica.

Espectrometría infrarroja.

La espectrometría infrarroja es de gran utilidad en los estudios mineralógicos cuando se usa conjuntamente con otras técnicas tales como las de difracción de rayos-X. El método puede ser usado para identificar compuestos inorgánicos y minerales que tienen bandas de absorción bien definidas, también es útil para determinar si una capa de silicato es de composición di o trioctaédrica, en el estudio de sustituciones isomórficas, en investigaciones de la hidratación de los minerales y en el análisis cuantitativo. Estas técnicas infrarrojas proveen información acerca de la naturaleza e identidad de componentes que pueden ser amorfos para los rayos-X. Otras aplicaciones en las investigaciones de suelos incluyen la medida de la composición del aire

del suelo (CO_2, óxidos nitrogenados, metano) y los estudios de las interacciones entre los coloides del suelo y los compuestos orgánicos e inorgánicos (fertilizantes, acondicionadores de suelos, plaguicidas, etc.). La aplicación de esta técnica al estudio de los suelos puede llevarse a cabo en forma más ventajosa si se hace en cooperación con técnicos en este método y su instrumentación.

Análisis elemental por medio de la espectrografía de emisión de rayos-X.

La espectrografía de la emisión de rayos-X, también llamada espectroscopía de rayos-X, análisis de la fluorescencia de rayos-X o análisis espectroquímico con rayos-X, es la determinación de la composición elemental por la medición de la intensidad de rayos-X secundarios que se emiten de una muestra bombardeada con rayos-X primarios de alta energía. Cada elemento, al ser excitado por los rayos-X primarios emite rayos-X secundarios, cuyas longitudes de onda están inversamente relacionadas con el cuadrado del número atómico del elemento, y cuyas intensidades son más o menos proporcionales con la cantidad de ese elemento presente. Generalmente, la longitud de onda característica deseada del elemento que se está midiendo se selecciona por un cristal analizador, el cual difracta según la ley de Bragg. La intensidad relativa de la radiación se mide por un detector electrónico. Con el objeto de hacer el análisis cuantitativo esta intensidad relativa se debe comparar con la intensidad producida por muestras de composición conocida y corridas bajo las mismas condiciones. Actualmente sólo pueden ser analizados por este método, con la instrumentación comercial, aquellos elementos con un número atómico igual o mayor de 12.

Análisis elemental por espectrografía de emisión óptica.

Los métodos espectroquímicos cuantitativos son de gran valor cuando se requiere el análisis de varios elementos en un gran número de muestras de materiales similares. La determinación simultánea de varios elementos, y el uso de cantidades pequeñas de material y la facilidad y velocidad en el manejo de las muestras, son factores que hacen que esta técnica sea atractiva para ser usada en investigaciones en nutrición mineral y en suelos.

En el análisis espectroquímico, la luz emitida por un material se descompone en longitudes de onda diferentes. Las líneas espectrales de los elementos que componen el material se producen en películas fotográficas o se enfocan en tubos fotomultiplicadores para el registro electrónico.

La brillantez de la línea espectral de un elemento es proporcional a la cantidad de elemento presente. Se pueden hacer estimaciones cuantitativas y cualitativas de la composición del material por medio de un examen adecuado del espectro producido.

Análisis elemental por fotometría de llama.

El análisis cuantitativo en flamometría, se basa en el hecho de que hay un incremento en la emisión total, a una longitud de onda característica con un incremento en la concentración del elemento que está siendo determinado. Las intensidades de radiación de los diferentes elementos excitados en la llama varía enormemente. Algunos elementos no son suficientemente excitados para emitir radiaciones. Los metales alcalinos producen fuertes emisiones, por lo que el análisis flamométrico se usa más ampliamente en la determinación de estos elementos. Sin embargo, con algunas mejoras en la instrumentación y con nuevos métodos para aumentar la intensidad de la emisión, se pueden determinar elementos del grupo de los alcalino-térreos.

La gran ventaja del análisis por fotometría de llama en su gran simplicidad. La principal fuente de error es la influencia de elementos extraños en la solución que se analiza. Estas interferencias, junto con la baja sensibilidad de algunos elementos son los principales obstáculos, en un uso más intensivo de la fotometría de llama en los análisis de suelos. Cuando hay mucho error, es necesario compensar los iones interferentes o removerlos.

Las intensidades de radiación se miden directamente o comparadas con estándar internos.

Espectrofotometría de absorción.

La radiación es absorbida por la materia de acuerdo con la estructura electrónica de la sustancia absorbente.

Fotometría de filtro:

En estos instrumentos se dirige un haz de luz blanca a través de un filtro, ya sea antes o después de que ha pasado a través de una célula de absorción conteniendo una solución. La luz transmitida luego cae en una fotocélula, y se mide el efecto por medio de un galvanómetro. El filtro se selecciona de tal forma que remueva longitudes de onda indeseables y que permita la trasmitancia de bandas angostas de longitudes de onda que incluyan las de máxima absorción.

Espectrofotometría:

Un espectrofotómetro tiene la capacidad de proveer, continuamente, energía radiante de longitud de onda variable. Además, la mayor parte de los instrumentos están equipados para proveer bandas angostas de longitud de ondas en cualquier parte del espectro. Los componentes básicos de los instrumentos de tipo comercial son los siguientes: (1) fuente de energía radiante; (2) monocromador (un monocromador consiste en una abertura de entrada, un prisma o rejilla, un medio para rotar el prisma o la rejilla, una abertura de salida, espejos y lentes para colimar y enfocar el haz), (3) recipiente de la muestra, (4) detector, (5) amplificador electrónico y (6) un medio para medir la fotocorriente amplificada.

Análisis elemental por polarografía

Los procedimientos que mejor ilustran las ventajas de la polarografía en el análisis elemental se limitan a dos: (1) la determinación de Zn, Cu, Ni y Mn, que son determinados simultáneamente en extractos de suelos y de plantas y (2) la determinación de O_2 disuelto en la solución del suelo.

En muchos casos el método polarográfico no ofrece ventajas al compararlo con otros procedimientos.

Capacidad de intercambio de cationes

Los varios métodos propuestos para la determinación de CIC pueden agruparse en varias categorías: (1) aquellos en los cuales el suelo es electrodializado o lavado con ácido diluído, por ejemplo HCl y el complejo, saturado con hidrógeno y aluminio, se titula a pH 7 con $Ba(OH)_2$ o a pH 8.5 con NaOH; (2) aquellos en los que la capacidad de cambio se considera como la suma de hidrógeno y bases reemplazables; (3) los cationes intercambiables son reemplazados con acetato de amonio, de bario, calcio o sodio y las cantidades de cationes absorbidas se determinan por método apropiados; (4) los que equilibran el suelo (lavado con acetato de calcio) con una solución diluída (100 ppm Ca) de $Ca(NO_3)_2$ conteniendo Ca^{45} y Ca^{40}.

La mayor parte de los investigadores emplean métodos basados en la saturación del complejo de intercambio con un catión determinado efectuando luego el cálculo del total de cationes absorbidos. Se usan tres reactivos para este propósito: (1) acetato de amonio 1 N neutro; (2) acetato de sodio 1 N y pH 8.2; y (3) cloruro de bario 0.5 N a pH 8.2 con solución de treitanolamina 0.2 N.

Los dos primeros métodos pueden usarse en suelos calcáreos y no-calcáreos; el tercero se usa en suelos ácidos en donde se desea determinar la capacidad de intercambio y las cantidades de hidrógeno intercambiable presentes.

Aún no se ha acordado si se debe usar una sal reemplazante a pH 8.2 o a pH 7.0. Los que escogen la primera lo hacen en base a que hay una aproximación mayor al pH de equilibrio entre el suelo y el $CaCO_3$ a las presiones parciales del CO_2 en la atmósfera, más el hecho de que los materiales de intercambio de los suelos se comportan como acidoides débiles. Los que prefieren las soluciones neutras se justifican por el hecho de que el punto neutro del agua es de pH 7.0 y puede representar más cercanamente el pH del sistema buffer suelo-bicarbonato-ácido carbónico a presiones parciales de CO_2 prevalecientes en la atmósfera de un suelo fértil durante la estación de crecimiento activo.

En el método para CIC por saturación con amonio, se lava el suelo con un exceso de solución neutra de acetato de amonio 1 N para remover los cationes de intercambio y saturar el material de intercambio con amonio. Luego, una vez removido el exceso de amonio presente, se determina el amonio intercambiable en el suelo. Hay dos métodos para determinar el amonio de intercambio: por aeración con una solución de Na_2CO_3 y por desplazamiento por medio de NaC1 seguido de destilación. El método de aeración tiene algunas ventajas. Se tiene evidencia de que los resultados obtenidos por este método son más precisos que los que se obtienen por el método de destilación y además concuerdan con los obtenidos con otras sales neutras (pH 7.0) usadas como reemplazadoras, lo que indica que, cuando se usa este método, no ocurre desprendimiento de amonio de la materia orgánica. Comparado con el método de aeración, el método de desplazo y destilación tiene la ventaja de utilizar equipo ordinario de destilación Kjeldahl.

En la medición de la CIC del suelo, el acetato de amonio ofrece las ventajas de su "poder buffer" y de la facilidad de la determinación del amonio.

Sin embargo esta solución tiene algunas desventajas. En suelos que contiene altos contenidos de materia orgánica, o de caolín, haloisita u otras arcillas del tipo 1:1, se obtienen valores de CIC más bajos que los obtenidos con los métodos del acetato de bario o del trietanolamina-cloruro de bario. Esto se debe a un reemplazo menor, por parte del acetato de amonio, del hidrógeno y del aluminio absorbidos. También, en suelos que contienen vermiculita, los cationes que se encuentran entre las capas tales como Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+} o H^{+} pueden ser reemplazados por amonio, pero el amonio, fijado de esta manera, no es reemplazable por los métodos usados (aeración con Na_2CO_3, solución de NaC1). Por otro lado, si se usa acetato de sodio, el sodio que reemplaza a estos cationes entre las capas puede ser desplazado luego, resultando que,

la CIC determinada por el método del acetato de sodio, en estos suelos, es más alta que la obtenida al usar acetato de amonio.

La CIC debe ser especificada, por lo tanto, en términos del pH de la solución reemplazante y de la clase de sal empleada.

Acidez de Intercambio

La determinación de la acidez de intercambio en los suelos constituye la base de los métodos cuantitativos de necesidad de cal.

El método del carbonato residual para evaluar la acidez de intercambio consiste en tratar un suelo con un exceso de solución de $Ca(OH)_2$ para facilitar la hidrólisis de los iones intercambiables de aluminio, la cual ocurre muy lentamente en medios ácidos. El suelo luego se somete a equilibrio con CO_2 a la presión atmosférica (0.0003 atm.), lo que neutraliza el exceso de $Ca(OH)_2$ y precipita $CaCO_3$. El $CaCO_3$ se descompone con HC1 6 N conteniendo $SnC1_2$ al 6% para disminuir la evolución de CO_2 de la materia orgánica.

Otro método es el del acetato de amonio. En este método se determina la acidez de intercambio ya sea por titulación directa del extracto de acetato de amonio o restando la suma de las bases intercambiables de la correspondiente a la capacidad de intercambio. La titulación directa del extracto con acetato de amonio hasta su pH original está sujeta a grandes errores debidos a la naturaleza altamente buffer de esta solución extractora. Por lo tanto, corrientemente se calcula la acidez de intercambio sustrayendo la suma de bases intercambiables de la cantidad de amonio absorbida por el suelo. Una mejor correlación ha sido determinada entre la acidez de intercambio obtenida por los métodos de acetato de amonio y del carbonato residual, sustituyendo el alcohol etílico por alcohol isopropílico en el lavado del exceso de acetato de amonio.

El método más apropiado para uso de rutina es el que emplea la Trietanolamina y el cloruro de bario. El suelo se lava con una solución de $BaC1_2$ 0.5 N y de trietanolamina 0.055 N, llevada a pH 8. La acidez intercambiable resultante del reemplazo de los iones H^+ y Al^{+++} y de la disociación de los grupos acídicos se neutraliza con la trietanolamina libre que es una base débil (pK_b:7.77) y a la vez una solución buffer de pH 8. La alta concentración de iones Ba^{++} no sólo sirve para reemplazar a los iones Al^{+++} de intercambio, sino que también aumenta la hidrólisis de los iones Al^{+++} absorbidos y el grado de disociación de los grupos acídicos en la superficie de las arcillas. La medición del pH y de la concentración de sales en la solución extractora es un índice de la acidez de intercambio.

Actividad iónica del hidrógeno

La determinación de la actividad iónica del hidrógeno o pH del suelo se puede efectuar por métodos colorimétricos y eléctricos. El método colorimétrico hace uso de un colorante apropiado o indicador ácido-base, cuyo color cambia con la actividad iónica del hidrógeno. El uso de métodos colorimétricos, actualmente está confinado a pruebas de campo.

El método potenciométrico se basa en la medida de la diferencia de potencial que existe entre un electrodo patrón de referencia y un electrodo cuyo potencial está en función a la concentración de iones de hidrógeno. El electrodo de vidrio es el más usado actualmente.

Necesidades de cal

Los diferentes métodos rápidos actualmente en uso para determinar la necesidad de cal en los suelos dan resultados muy divergentes. Todos estos métodos están sujetos al mismo error debido a la extracción incompleta de la acidez de intercambio, puesto que la magnitud de este valor depende marcadamente del pH de equilibrio final resultante del tratamiento de un peso dado de suelo con un volumen dado de solución extractora. Por esta razón, los métodos más precisos para determinar las necesidades de cal se basan en lavados exhaustivos del suelo con alguna solución salina buffer. La solución de $BaCl_2$ y trietanolamina es suficientemente "buffer" para permitir su uso en determinaciones rutinarias de necesidad de cal en una sola extracción equilibrada con el suelo. La acidez de intercambio se determina por medio de una extracción equilibrada usando 1 parte de suelo y 25 partes de solución extractora.

Método del pH del suelo:

No obstante los resultados de la determinación del pH son muy usados para dar recomendaciones de cal, es importante conocer la relación que existe entre el pH y el porcentaje de saturación de bases para obtener resultados precisos. Con este propósito se mide el pH del suelo en agua o en solución de $CaCl_2$ 0.01 M. De una relación previamente establecida entre el pH y el porcentaje de saturación de bases del suelo, se determina el porcentaje de saturación correspondiente. El porcentaje de saturación de bases se puede estimar de la capacidad de intercambio por medio de la textura y el contenido de materia orgánica. Se calcula la proporción de la acidez de intercambio del suelo, en me por 100 g, que debe ser neutralizada para incrementar la saturación de bases del suelo, desde su valor presente, hasta un 80 por ciento.

Sales solubles

La determinación de las sales solubles se efectúa en dos etapas: (1) la preparación del extracto suelo-agua y (2) la medición de la concentración de sales en el extracto.

La extracción del agua del suelo para la determinación de contenido de sales se efectúa a diferentes grados de saturación de la muestra: extracto de suelo saturado, extractos de relaciones suelo:agua de 1:1 y 1:5.

El agua pura es un conductor de corriente eléctrica muy débil, mientras que si contiene sales disueltas, la conducción de electricidad es proporcional a las cantidades presentes. Con base en este hecho es que se puede estimar con mucha precisión el contenido de sales de un extracto acuoso de suelos por medio de la medición conductivimétrica del mismo.

Constituyentes solubles en extractos acuosos

Las especies iónicas más importantes presentes en extractos acuosos de suelos afectados por la presencia de sales son Ca^{++}, Mg^{++}, K^{+}, Na^{+}, $CO_3^{=}$, Cl^{-}, HCO_3^{-}, $SO_4^{=}$ y boro.

Existen métodos analíticos directos y precisos para la determinación de todos estos iones excepto para el sulfato. Si se requiere un valor para este anión, el procedimiento más corriente es la preparación de un volumen suficiente de extracto y determinar el sulfato por el método gravimétrico del $BaSO_4$. Se puede estimar además, como la diferencia en me. por litro entre la suma de los cationes calcio, magnesio, potasio y sodio y la suma de los aniones carbonato, bicarbonato y cloruro.

Determinación de calcio y magnesio.

El método complexométrico para la titulación del Ca permite el uso de dos indicadores, uno para el Ca y otro para el Mg, así como la titulación del Mg en la misma muestra. La sal disódica del ácido etilendiaminotetracético (EDTA) forma un complejo estable con los iones alcalino-térreos, el cual es incoloro y de ionización débil. El indicador murexida es de color púrpura en ausencia de calcio, pero en presencia de este elemento forma un complejo rosado el cual tiene una constante de ionización más alta que la del complejo EDTA-calcio. De tal forma que, con el uso de este indicador se puede titular el calcio con EDTA aún en presencia de otros iones alcalino-térreos.

El indicador Negro de eriocromo T es de un color azul intenso en presencia de iones de magnesio, pero forma un complejo rojo con este elemento. Este complejo posee una constante de ionización

mayor que la del magnesio en complejo con EDTA. Por lo tanto, la concentración de Mg puede ser calculada por medio de una titulación con EDTA y negro de eriocromo T como indicador, después de calcularse la concentración de calcio en la misma muestra.

Determinación de sodio y potasio:

Los métodos flamométricos han reemplazado casi completamente a los métodos químicos en la determinación de sodio y potasio en extractos acuosos del suelo. El sodio puede ser determinado químicamente por el método gravimétrico con acetato de uranilo y zinc y el potasio por los métodos volumétricos y gravimétricos con cobalto-nitrito.

El sodio interfiere en las determinaciones flamométricas del potasio, pero estas interferencias pueden reducirse o eliminarse por medio de calibración. Esto requiere la preparación de curvas de calibración para potasio en presencia y ausencia de sodio en las concentraciones determinadas.

Determinación de carbonato y bicarbonato:

El ión bicarbonato es un constituyente normal en extractos acuosos de suelos salinos. El carbonato junto con el bicarbonato están presentes, a menudo, en suelos sódicos. Las sales de las bases fuertes y ácidos débiles sufren hidrólisis produciendo soluciones alcalinas. La titulación de esta alcalinidad sirve para medir los aniones débiles presentes. Este principio es el usado en la determinación de $CO_3^=$ y HCO_3^-. La titulación de una solución alcalina hasta el punto final de fenolftaleína (desaparición del color rosado) con una solución estándar de un ácido fuerte permite medir el $CO_3^=$, y una titulación posterior hasta el punto final del anaranjado de metilo provee una estimación precisa de la concentración de HCO_3^-.

Determinación del cloro y del boro:

El cloro es, en general, el principal anión en los extractos de suelos salinos y su concentración puede alcanzar a varios cientos de me. por litro. A niveles altos puede ser tóxico para algunas especies.

El método volumétrico de Mohr es satisfactorio para la determinación de cloro en extractos de suelo con agua. El cloro se titula con una solución estándar de nitrato de plata; se usa cromato de potasio como indicador. Una vez que se pasa por el punto de equivalencia, el exceso de plata se combina con el cromato para formar un precipitado rojo o rojo pardo de cromato de plata. Este cambio de color es fácilmente reconocido y sirve de punto final en la titulación.

El ácido carmínico o carmina en ácido sulfúrico concentrado, cambia de color rojo a azul rojizo, dependiendo de la concentración presente de boro. El color no muestra variaciones en un lapso de 45 minutos y obedece la ley de Beer-Lambert. Los nitratos y nitritos deben ser eliminados por medio de unas gotas de HCl concentrado. La cristalería borosilicatada, como la Pyrex, no debe ser usada en estas determinaciones. La intensidad de color se lee en un colorímetro a una longitud de onda de 585 mu y se compara con los datos graficados en una curva estándar. Este método es específico para contenidos altos de boro en los suelos.

Análisis elemental total por medio de fusión con carbonato de sodio.

El análisis de los elementos totales de un suelo o de alguna de sus fracciones específicas requiere la conversión de los materiales a formas solubles por medio de métodos especiales de descomposición. El método más conveniente es el de fusión con Na_2CO_3. Esto permite analizar Si, Al, Fe, Ti, Ca, Mg y Mn, los cuales junto con el Na, K y P comprenden los elementos fundamentales en un análisis total de un suelo. La química de la fusión de los suelos con Na_2CO_3 está basada en la descomposición de los silicatos y de otros minerales oxidados. Estos minerales posteriormente son disueltos con HC1.

Los suelos que contienen cantidades altas de óxidos de hierro y aluminio son problemáticos en este tipo de análisis, ya que estos compuestos forman aleaciones con el platino durante la fusión. Se recomienda que suelos con más de 40% de Fe_2O_3 o 1% de MnO sean digeridos con agua regia antes de la fusión, con el fin de disolver la mayor cantidad posible de óxidos.

Silicio

El silicio se disuelve por fusión con hidróxido de sodio. Esta fusión alcalina convierte los silicatos insolubles en ácido a silicatos de sodio. El fundido se disuelve en agua y se acidifica con HC1. El silicio se determina colorimétricamente. Este procedimiento está basado en el hecho de que la sílice disuelta reacciona con el molibdato, en un medio ácido, para formar el complejo silicio-molibdato que es de color amarillo. Este complejo se reduce luego a azul de molibdeno. El desarrollo máximo del complejo amarillo ocurre entre pH 1.6 a 2.0.

El fosfato y el arseniato interfieren en este proceso por su reacción con el molibdato. El ácido tartárico previene la formación del complejo fosfo-molibdato y suprime además la interferencia del hierro.

Hierro

El hierro total puede determinarse después de someter la muestra a una fusión con Na_2CO_3 o después de ser tratada con HF. El procedimiento con Na_2CO_3 se emplea cuando además del hierro se van a analizar otros elementos. El empleo del HF es más conveniente si se pretende analizar solamente Fe, ya que no requiere la separación del silicio después de la descomposición de la muestra. Una de las determinaciones colorimétricas más usadas para la determinación de hierro es la de la ortofenantroleina. Para este propósito, el hierro se reduce primero con hidrocloruro de hidroxilamina y luego se deja reaccionar con la ortofenantroleína. Se forma un color rojo estable a causa de la formación de iones de tri (1, 10) - fenantroleína ferrosos $Fe(C_{12}H_{10}N_2)_3^{++}$. Este color de reacción es específico para el Fe^{++}. Si la solución es libre de agentes reductores pueden determinarse ambas formas de hierro, Fe^{++} y Fe^{+++}, usando ortofenantroleína para determinar el Fe^{++} y luego usando un agente reductor para ocasionar que el Fe^{+++} entre en la reacción de color. Las lecturas de color se llevan a cabo en un colorímetro a una longitud de onda de 510 mu o con un filtro que se aproxime a esta longitud.

El hierro intercambiable se extrae de los suelos con acetato de amonio neutro 1.0 N. Esta forma de extracción también incluye al hierro soluble en agua. Además, el acetato de amonio disuelve algo de materia orgánica la que puede contener Fe, introduciéndose error; sobre todo en suelos bajos en hierro intercambiable.

Una vez obtenido el extracto, se evapora a sequedad y el resíduo se trata con agua regia para oxidar la materia orgánica se procede a una nueva evaporación. El resíduo se disuelve en HCl 1 N. La cantidad de hierro se determina por el método colorimétrico con ortofenantrolina.

Un método para la determinación de los óxidos de hierro libres, consiste en reducir el hierro y removerlo del suelo con ditionato de sodio. La suspensión se ajusta a pH 3.5 a 4.0 para disolver los sulfuros ferrosos que pueda haber presentes. El exceso de ditionato de sodio ($Na_2S_2O_4$) se destruye con H_2O_2 y el exceso de peróxido de hidrógeno se elimina por la adición de NH_4OH en caliente. El Fe^{+++} presente se reduce luego a Fe^{++} con $SnCl_2$ y el exceso de este último es oxidado con $HgCl_2$. El ión ferroso se determina por titulación con $K_2Cr_2O_7$ usando sulfonato de difenilamina y bario.

Titanio

Si el interés analítico es únicamente por Ti, se puede digerir la muestra con una mezcla de H_2SO_4 y HF, determinándose el elemento en esa digestión. Además, el Ti se puede analizar junto con otros elementos provenientes de una fusión con Na_2CO_3. El H_2O_2 forma un complejo amarillo cuando entra en contacto con Ti tetravalente en solución ácida. La intensidad del color se mide a 420-430 mu (filtro azul). La sustancia coloreada se desarrolla mejor en una solución de H_2SO_4 de 1.5 a 3.5 N. Debido a que la intensidad de color aumenta con la temperatura, se recomienda trabajar a temperatura uniforme (20-25°C). Si se usa el método ácido para descomponer los compuestos de Ti, se debe eliminar el HF, ya que aun trazas de fluoruro ejercen un defecto decolorante del amarillo. El H_2O_2 debe ser libre de fluoruro.

A causa de su absorción en la región azul, los iones férricos en grandes cantidades pueden interferir en la determinación. Si esta interferencia es apreciable, se debe compensar por la adición de una cantidad igual de sulfato férrico al blanco antes de agregar el peróxido. El fósforo también causa interferencia, por lo que se acostumbra incluirlo en el blanco.

Aluminio

El aluminio total se extrae por fusión o digestión completa del suelo o arcilla para convertirlo a formas solubles. La fusión se lleva a cabo con Na_2CO_3. La sílice se deshidrata con $HClO_4$ y se remueve por centrifugación. El Ca, Mg y Mn se separan como hidróxidos por medio de una precipitación con NH_4OH, seguida por una centrifugación. El líquido supernatante (conteniendo Ca, Mg y Mn) se descarta. El precipitado se disuelve con HCl caliente y el Fe es precipitado con NaOH y se centrifuga. Si hay más de 10% de Fe presente, se puede ocluir algo de aluminio y perderse con el $Fe(OH)_3$ a no ser que se efectuen otras precipitaciones. Una vez removidas las sustancias interferentes, se determina el Al colorimétricamente por el método del aluminón. Una solución diluida de aluminón produce una laca de color rojo intenso en contacto con cantidades pequeñas de Al. La naturaleza exacta de este complejo no se ha determinado aún. El color usualmente se desarrolla a pH 4.2 en presencia de un buffer de acetato como medio para disminuir el error proveniente de diferencias de pH entre las muestras. La intensidad de color se lee en un colorímetro a 520 mu.

El aluminio intercambiable se obtiene al extraer un suelo o arcilla con una solución normal de KCl.

Al tratar un suelo o arcilla con acetato de amonio normal ajustado a pH 4.8 se obtiene aluminio extraíble. El aluminio de intercambio y el extraible son índices importantes para definir el grado de meteorización de suelos y minerales. El aluminio extraible incluye al aluminio de intercambio y al hidróxido de aluminio ($Al(OH)_3$) soluble.

Calcio y Magnesio

Para solubilizar el calcio y el magnesio totales en los suelos se requiere destruir completamente todas las estructuras cristalinas y orgánicas presentes. El método de fusión con Na_2CO_3 es el más usado para este propósito. Una vez disueltos se procede a su determinación por medio de una titulación con EDTA.

Para obtener el Ca y el Mg intercambiables se extraen generalmente con acetato de amonio 1 N pH 7.0. Otro método de origen reciente es la técnica de dilución isotópica. Esta técnica tiene la ventaja de que el Ca de intercambio puede determinarse en presencia de carbonatos libres. Sin embargo, la presencia de sales solubles o ligeramente solubles como el yeso, restan utilidad a este método. Además no se cuenta con isótopos radioactivos de Mg.

En general, no se recomienda la estimación de Ca o Mg en suelos que contengan carbonatos libres, yeso o un exceso de sales solubles. Además los suelos que contienen $CaCO_3$ libre, raramente son deficientes en Ca para el crecimiento de plantas, por lo que es de poca importancia una estimación del Ca intercambiable como índice de disponibilidad de Ca bajo estas condiciones.

Manganeso

El manganeso total se puede llevar a solución por medio de fusión con Na_2CO_3 o por un tratamiento adecuado con ácido. Su determinación individual es más conveniente.

La materia orgánica y los carbonatos se destruyen por un tratamiento con HNO_3 en caliente. Los minerales del suelo se descomponen por medio de HF, cuyo exceso se suprime por medio de calentamiento con H_2SO_4 o HNO_3. El manganeso de intercambio junto con el soluble en agua se extrae por medio de NH_4OAc neutro 1 N. El exceso de acetato de amonio se evapora y el residuo se trata con HNO_3 y se calienta con H_2O_2 para destruir la materia orgánica. Después de llevar a sequedad se disuelve el residuo en agua y se agregan ácidos nítrico y fosfórico. Se agregan luego 0.3 g de KIO_4. Una vez desarrollado el color rosado se lee la transmitancia de la luz a 540 mu (filtro verde). El contenido de Mn de la solución se estima por medio de una curva de calibración preparada por medio de oxidación de soluciones estándar de Mn.

El manganeso soluble en agua se determina en una muestra separada. Su valor se sustrae de la determinación anterior para obtener el Mn de intercambio.

Potasio y sodio

El tratamiento con $HClO_4$ y HF es un método satisfactorio en la descomposición de las fracciones orgánicas e inorgánicas de los suelos con el fin de la determinación del potasio y del socio totales.

Puesto que la cantidad de K de intercambio del suelo depende de la naturaleza de la solución reemplazante, este valor se define como el K extraído en acetato de amonio neutro 1 N menos el potasio soluble en agua. En suelos no salinos la cantidad de K soluble en agua es tan pequeña que no se introduce error al no considerarlo. En suelos salinos, sin embargo, esta fracción debe ser determinada y sustraída del K extraído con acetato de amonio.

La extracción en frío de K con H_2SO_4 diluído por períodos cortos de tiempo da valores comparables con los obtenidos en la extracción con acetato de amonio.

Otro método emplea ácido nítrico 0.1 N en caliente como agente extractor de formas no-intercambiables de K.

La velocidad de liberación de K se determina por medio de un lavado contínuo con HCl diluído. Una gráfica cumulativa del K *versus* tiempo, a una velocidad constante de lavado resulta en una curva con una parte inicial lineal y de fuerte pendiente, una parte curvilínea con pendiente decreciente y una parte lineal con pendiente débil. La pendiente en la primera parte de la curva se correlaciona altamente con el K de intercambio y la pendiente de la tercera parte de la curva es un índice de la liberación de K de formas no-intercambiables.

El sodio de intercambio se extrae con NH_4OAc 1 N neutro. En algunos suelos es necesario determinar el sodio soluble en agua. Este valor se debe restar al correspondiente al sodio extraído en acetato de amonio.

Fósforo

La mayoría de las determinaciones de fósforo constan de dos fases: la primera es la preparación de una solución conteniendo la fracción del fósforo y la segunda es la determinación cuantitativa de este elemento en solución.

Los métodos con azul de molibdeno son los más sensitivos y se emplea en la medición del P en extractos de suelos conteniendo cantidades variables de este elemento. Estos métodos se basan en el principio de que en una solución ácida de molibdato conteniendo iones ortofosfato, se forma un complejo de fosfomolibdato el cual puede ser reducido con cloruro de estaño u otros agentes reductores para formar un color de azul de molibdeno. La intensidad del color varía con las concentraciones de P, pero puede ser afectada por factores tales como acidez, presencia de arseniatos, silicatos y sustancias que afectan las condiciones de oxidación -reducción del sistema-.

Fósforo total:

Los dos métodos más usados para la extracción del P total de los suelos son la digestión con $HClO_4$ y la fusión con Na_2CO_3. El procedimiento digestivo tiene la ventaja de ser simple y adaptable a los trabajos de rutina. Sin embargo, algunos laboratorios prefieren hacer uso del método de fusión con Na_2CO_3 por razones de seguridad.

Fósforo orgánico:

Un procedimiento de uso corriente en la extracción del fósforo orgánico es la ignición del suelo para transformar el P orgánico en P inorgánico. Por medio de dos extracciones de P con HCl, una anterior y otra después de la ignición, se puede calcular, por diferencia, el contenido de P orgánico del suelo.

Fraccionamiento de los fosfatos inorgánicos del suelo:

El procedimiento se basa en la extracción sucesiva de los diferentes fosfatos inorgánicos con diferentes reactivos. Los fosfatos solubles en agua se extraen con NH_4Cl 1 N; los fosfatos de aluminio, hierro y calcio, son extraídos con NH_4F 0.5 N a pH 7.0, NaOH 0.1 N y H_2SO_4 0.5 N, respectivamente.

Los fosfatos solubles en reductante se extraen con citrato de sodio 0.3 N y $Na_2S_2O_4$, seguido de una oxidación con H_2O_2. Los fosfatos ocluídos en hidróxidos se pueden disolver con NaOH 1 N.

Fósforo soluble en ácido y en fluoruro diluído:

Este método ha sido muy usado como índice de fósforo disponible en suelos. La combinación del HCl y NH_4F puede remover, fácilmente, formas de P solubles en ácido, particularmente fosfatos de calcio, y una parte de los fosfatos de hierro y aluminio.

En general, este método ha sido muy usado en suelos ácidos. Sin embargo, aún no se han llegado a uniformar varios aspectos analíticos tales como la relación suelo: solución extractora, tiempo de agitación y necesidad de ácido bórico.

Fósforo soluble en HCl 0.05 N y H_2SO_4 0.025 N:

Este método desarrollado para algunos suelos de Carolina del Norte, permite extraer fósforo de suelos que correlaciona mejor con la respuesta de la planta a este elemento, que cuando se usa únicamente HCl. En general, se disuelven mayores cantidades de fosfato de hierro en la solución ácida mixta que en el HCl solo.

Fósforo soluble en agua:

Este método mide la concentración de P en un extracto acuoso de suelo y tiene como objetivo la determinación de la concentración de P en la solución del suelo que limita el crecimiento de las plantas.

Fósforo soluble en bicarbonato de sodio:

El fósforo se extrae del suelo con bicarbonato de sodio 0.5 M a pH 8.5. En los suelos calcáreos, alcalinos o neutros conteniendo fosfatos de calcio, este extractante disminuye la concentración de Ca en la solución a causa de su precipitación como CaCO , resultando en un aumento de la concentración de P en solución. En suelos ácidos conteniendo fosfatos de Fe y Al, tales como variscita y estrengita, la concentración de P soluble aumenta al incrementarse el pH. En los suelos calcáreos y ácidos se reducen a un mínimo las reacciones de precipitación secundarias ya que la concentración de Al, Ca y hierro permanecen a bajo nivel con este extractante.

Determinación de P disponible por dilución isotópica con P^{32}:

Una parte del P de la fase sólida en los suelos está en equilibrio con el P de la fase líquida. Las cantidades presentes en los suelos de cada fase puede medirse por un método basado en la dilución isotópica del trazador radioactivo (P^{32}) con el isótopo estable de las fases sólida y líquida.

Molibdeno

El molibdeno total se puede extraer del suelo por medio de una digestión con $HClO_4$. En el caso de que el contenido de materia orgánica sea muy alto, se recomienda tratar la muestra primero con HNO_3.

La determinación química se basa en la formación de un complejo de color anaranjado de este elemento con el tiocianato o con el 4metil-1:2 dimercaptobenceno (ditiol). Los niveles de Mo extraíbles con oxalato de amonio ácido han sido correlacionados con niveles altos de este elemento en forrajes. Este tipo de extracción es usada en la determinación de Mo disponible.

Boro

A causa de la insolubilidad de los compuestos naturales del B su contenido total es de poca significación como índice de disponibilidad. El mejor índice se obtiene al extraer este elemento con agua caliente.

En general hay dos métodos para determinar el boro: (1) el método de la curcumina y (2) el método de la quinalizarina. El método de la curcumina tiene las siguientes ventajas sobre el de la quinalizarina: (1) no emplea solventes corrosivos (H_2SO_4), y (2) la transmitancia de la solución coloreada es menos sensitiva a cambios de temperatura. El procedimiento es el siguiente: la curcumina se evapora a sequedad en una solución ácida conteniendo ácido bórico; el color rojo desarrollado se intensifica por medio de ácido oxálico. La absorbencia del color es proporcional al boro presente. La lectura se hace a 540 mu.

Cobre

El proceso analítico para la extracción del cobre del suelo requiere la oxidación de la materia orgánica y el tratamiento del residuo con ácido fluorhídrico en presencia de otros ácidos para disolver el Cu.

La solución resultante se analiza por uno de los varios métodos colorimétricos. El método más satisfactorio es el que forma el complejo curposo con alcohol isoamílico y con la 2,2 biquinoleína. Otro método hace uso del complejo cuproso con el ditiocarbamato extraído con tetracloruro de carbono, siempre que se acomplejen los iones interferentes por medio de quelatación. Ambos métodos tienen una sensibilidad similar.

Zinc

El tratamiento por medio de fusión con Na_2CO_3 o por digestión con HF y $HClO_4$ permite extraer el zinc total de una muestra de suelo.

De los métodos químicos propuestos como indicadores de la disponibilidad de Zn, sólo dos han sido suficientemente calibrados con referencia a la absorción de este elemento por plantas

en invernadero y en el campo. Estos métodos son: (1) la extracción con NH_4OAc y ditizona en tetracloruro de carbono y (2) la extracción con HCl 0.1 N. El zinc presente en el extracto puede determinarse por espectroscopía de emisión, espectroscopía con rayos-X, polarografía o colorimetría. Los tres primeros métodos requieren equipo especial, lo que limita su uso en muchos laboratorios.

Azufre

El método de oxidación más usado para extraer el S total del suelo es la fusión con Na_2CO_3 y un agente oxidante (peróxido de sodio o nitrato de sodio). El azufre puede determinarse luego por gravimetría o turbidimetría. Existe un método colorimétrico, en el cual el S es reducido a H_2S, el cual una vez liberado reacciona con el acetato de zinc para formar sulfuro de zinc. Por acidificación de la solución de ZnS, se desprende de nuevo el H_2S el que reacciona con p-aminodimetilanilina para formar azul de metileno. En esta última reacción se usa el ion Fe^{+3} como catalizador. La intensidad de la formación de azul de metileno se determina colorimétricamente a una longitud de onda de 670 mu. El color es estable por 24 horas.

El azufre orgánico se oxida y se recoge después de una ignición de una mezcla de suelo y $NaHCO_3$. Los sulfitos se convierten a H_2S por medio de un tratamiento con HCl y el sulfato soluble se remueve por medio de un lavado con $Ca(OAc)_2$.

Nitrógeno Total

Dos procedimientos de amplio uso en la determinación del nitrógeno total son el método de Kjeldahl, el cual es un procedimiento de oxidación húmeda y el método de Dumas, en el que se efectúa una oxidación seca.

En el método de Kjeldahl, el N de la muestra se convierte a amonio por digestión con H_2SO_4 concentrado conteniendo sustancias que ayudan a esta conversión. El amonio se determina de la cantidad de NH_3 liberada por destilación del digerido con álcali. El NH_3 liberado por destilación se recoge en un volumen conocido de un ácido estándar (usualmente H_2SO_4) y se determina por medio de la titulación del exceso de ácido con álcali (NaOH) con indicadores tales como una mezcla rojo de metilo y azul de metileno. Una modificación consiste en recoger el amoníaco destilado en H_3BO_3 y titular con H_2SO_4 y el mismo indicador.

El método de Dumas requiere un procedimiento largo y complicado comparado con el de Kjeldahl. Sin embargo, por este método se obtienen valores más altos de N cuando se analizan suelos orgánicos. Estas diferencias no parecen existir en los análisis de suelos minerales, llevados a cabo por ambos procedimientos.

El método Kjeldahl es satisfactorio para el análisis de N-total en la mayoría de los compuestos nitrogenados que ocurren en el suelo y en las plantas, con excepción de compuestos con enlaces N-N o N-O. Por esta razón, es necesario, en algunos casos, emplear métodos para reducir estos compuestos.

Método semi-micro Kjeldahl.

Este método ofrece ventajas particularmente cuando se cuenta con muestras pequeñas. Los resultados obtenidos son muy similares a los obtenidos por el método macro-Kjeldahl. Sin embargo, es necesario contar con muestras de suelo finamente molidas para controlar el error de muestreo.

Se ha demostrado que el secado de las muestras al aire conduce a pérdidas de amonio y nitrito posiblemente a causa de su reacción para liberar nitrógeno molecular ($NH_4^+ + NO_2^- = N_2 + 2H_2O$). El nitrato no es alterado durante el secado.

Formas inorgánicas de nitrógeno

El nitrógeno inorgánico en los suelos se encuentra en forma de NH_4^+ y NO_3^-. El NO_2^- puede estar presente en algunos suelos en cantidades pequeñas.

Método de destilación para la determinación de amonio, nitrato y nitrito:

Existen dos métodos de destilación con vapor para la determinación de amonio, nitrato y nitrito. Uno de ellos hace uso de la aleación Devarda y del óxido de magnesio; el otro método emplea MgO y sulfato de titanio.

El método para la determinación de amonio se basa en el hecho de que el nitrógeno amoniacal puede determinarse cuantitativamente por medio de la liberación del amonio por destilación con vapor y una pequeña cantidad de MgO. Si la solución, además de amonio, contiene nitrato y nitrito, estos se pueden analizar en conjunto si se añade aleación Devarda a la solución antes de la destilación.

El método para determinar amonio y nitrato en presencia de nitritos se fundamenta en el hecho de que el ácido sulfámico descompone a los nitritos rápida y cuantitativamente a la temperatura ambiente ($HNO_2 + NH_2SO_3H = N_2 + H_2SO_4 + H_2O$), pero no reacciona con el nitrato o el amonio y no interfiere con la determinación de éstos.

El método que emplea MgO y sulfato de titanio para determinar amonio, nitrato y nitrito es similar al método del MgO-aleación Devarda. En este método, sin embargo, se usa el sulfato de titanio para la reducción del nitrato, mientras que el nitrito se determina por su oxidación a nitrato y luego por la reducción de éste a amonio. La oxidación de nitrito a nitrato se efectúa por medio del tratamiento de la muestra con permanganato acidulado a la temperatura ambiente ($5\ HNO_2 + 2\ KMnO_4 + 3\ H_2SO_4 = 5\ HNO_3 + K_2SO_4 + 2\ MnSO_4 + 3\ H_2O$). El exceso de permanganato se reduce con $FeSO_4$ antes de la destilación de la muestra con MgO, ya que se ha encontrado que muchos compuestos orgánicos nitrogenados producen amonio cuando se destilan con vapor y MgO en presencia de $KMnO_4$; esto se evita añadiendo $FeSO_4$ para reducir el $KMnO_4$ antes de la destilación.

Es necesario oxidar los nitritos a nitratos para su determinación con MgO y sulfato de titanio, ya que, los nitritos no se reducen cuantitativamente a amonio, como es el caso de los nitratos. Es difícil considerar esto, ya que generalmente se asume que los nitritos son productos intermedios en la reducción química de los nitratos a amonio. Sin embargo, se ha demostrado que cuando se destilan los nitritos por medio de vapor y en presencia de MgO y de sulfato de titanio, bajo variadas condiciones que afectan cuantitativamente la reducción de nitrato, la recuperación de nitritos en forma de amonio es muy variable y raras veces excede a un 30%. El mecanismo de reducción de nitratos por el sulfato de titanio en medio alcalino no ha sido determinado. Se cree que la reducción la efectúa el hidróxido de titanio formado al tratar el sulfato de titanio con álcali ($2\ Ti(OH)_3 + 2\ H_2O = 2\ Ti(OH)_4 + H_2O$) y que puede representarse por la ecuación siguiente: $4\ Ti_2(SO)_3 + 24\ NaOH + 5\ H_2O + HNO_3 = NH_3 + 8\ Ti(OH)_4 + 12\ Na_2SO_4$.

Otro hecho es que el sulfato de titanio, contiene como impurez sulfato ferroso, por lo que este método debería denominarse más bien MgO-sulfato de titanio-sulfato ferroso.

Métodos colorimétricos para la determinación de nitratos y nitritos:

El nitrato se extrae del suelo por agitación de la muestra durante 10 minutos con una solución saturada de $CaSO_4$ (5 ml por g de suelo). El extracto se analiza por el método del ácido fenildisulfónico. En este análisis se lleva a sequedad una alícuota del extracto, después de agregar $CaCO_3$ para prevenir pérdidas de NO_3^- durante la evaporación. El residuo de esta evaporación se trata con ácido fenildisulfónico y se alcaliniza con NH_4OH. La intensidad del color amarillo se mide a 410 mu. Los nitritos se extraen por el mismo método. Luego se trata una alícuota del

extracto con una solución de sulfanilamida en HCl 2.4 N para convertir el nitrito a sal diazónica. Después se trata con un reactivo acoplador (N-(1-naftil)-etilendiamina) para convertir la sal diazónica a un compuesto azo. La intensidad del color rojo púrpura que se desarrolla es medido a 520 mu (filtro verde). En ambos casos, cuando no se cuenta con colorímetros fotoeléctricos, los colores se pueden medir por comparaciones visuales con estándares en tubos Nessler.

Determinación del amonio no-intercambiable:

Un método consiste en tratar la muestra con solución alcalina de hipobromito de potasio (KOBr-KOH) para remover el amonio de intercambio y los compuestos orgánicos nitrogenados. El residuo de este tratamiento se lava con KCl 0.5 N, se le agrega una solución de HF 5 N y de HCl 1 N y se agita por 24 horas para descomponer los minerales conteniendo amonio no-intercambiable. El amonio así extraído se determina por destilación con vapor en medio alcalino.

La posibilidad de que el amonio formado por oxidación de la materia orgánica con solución KOBr-KOH sea fijado por los minerales arcillosos es controlada por la alta concentración de iones K^+ en solución.

Carbono total

El carbono total puede determinarse en los suelos por combustión húmeda y seca. En la combustión húmeda se digiere una muestra con una mezcla de H_2SO_4 y H_3PO_4 conteniendo $K_2Cr_2O_7$. La temperatura de ebullición de esta mezcla 210°C, es suficientemente alta para asegurar una oxidación completa de la materia carbonácea. El CO_2 evolucionado se recoge en un bulbo con material absorbente y se pesa. También puede recogerse en una base estándar y titularse posteriormente.

En el procedimiento de combustión seca, la muestra se quema en una mufla. El CO_2 es arrastrado por una corriente de O_2 purificado y se abosorbe en Ascarita o en otro absorbente adecuado. Se calcula por la diferencia de peso experimentada por el absorbente.

Los procedimientos de combustión húmeda son más usados ya que permiten hacer uso de cristalería corriente en los laboratorios. Los costos de equipo del método de combustión son bastante altos.

Carbono orgánico

Los métodos de estimación de la materia orgánica se basan en la determinación del C-orgánico el cual se determina principalmente por dos métodos: (1) procedimientos cuantitativos de combustión en donde el carbono se determina como CO_2 y (2) procedimientos en los que se reduce el $Cr_2O_7^{-2}$ por la materia orgánica y se titula el $Cr_2O_7^{-2}$ que queda sin reducir.

Los valores del contenido de C-orgánico en los suelos pueden ser reportados como tales y también como materia orgánica, multiplicándose el valor del C-orgánico por el factor de "Van Bemmelen" de 1.724. El uso de este factor asume un contenido de 58% de C en la materia orgánica. Puesto que hay una variación considerable en la relación C a materia orgánica en diferentes suelos, y también en los diferentes horizontes de un mismo suelo, es preferible reportar el carbono orgánico como tal.

Carbonatos

Varios métodos son usados en la determinación de carbonatos en el suelo. Entre los más importantes están los siguientes:

Método de destilación al vacío y titulación:

El dióxido de carbono se libera al vacío, por medio de HCl de baja concentración y a baja temperatura (50° a 55°C) en presencia de $SnCl_2$ como agente anti-oxidante. Estas condiciones disminuyen la tendencia del C-orgánico de desprenderse como CO_2. El CO_2 se recoge por medio de vapor de agua en un recipiente conteniendo $Ba(OH)_2$. El $Ba(OH)_2$ no precipitado se titula como $BaCO_3$.

Método gravimétrico:

El CO_2 se desprende al tratar una muestra de suelo con H_2SO_4 2 N conteniendo $FeSO_4$ como antioxidante para prevenir la producción de CO_2 a partir de la materia orgánica. La corriente de aire conteniendo el CO_2 se purifica haciéndola pasar a través de una serie de trampas para remover el agua y otros constituyentes extraños, y por último el CO_2 se absorbe en un bulbo de absorción Nesbitt. El CO_2 se obtiene por diferencia de peso del bulbo antes y después de la absorción.

Método de neutralización ácida:

Cuando es el suelo con HCl diluido y caliente, se descomponen todos los carbonatos. La cantidad de ácido neutralizada es un índice aproximado de los carbonatos presentes.

- Métodos calcimétricos:

Al tratarse los carbonatos del suelo con ácido en un sistema cerrado, a temperatura y presión constante, puede determinarse el aumento de volumen como medida de evolución de CO_2.

De la misma forma, manteniendo volumen y temperatura constante, se puede medir el aumento de presión debida a la evolución de CO_2 que resulta al tratar una muestra de suelo con ácido.

Materia orgánica

Debido a que hasta el presente no hay un método de extracción cuantitativa de la materia orgánica, actualmente esta fracción del suelo se determina por la pérdida de peso de una muestra después de procederse a la destrucción de esta fracción.

Los métodos usados para destruir la materia orgánica son (1) la oxidación con H_2O_2 y (2) la ignición del suelo a alta temperatura. El método con H_2O_2 tienenserias limitaciones ya que la oxidación es incompleta y el grado de oxidación varía entre los suelos. Este método sólo da una idea del contenido de materiales rápidamente oxidables en los diferentes suelos.

El método de pérdida por ignición, oxida cuantitativamente la materia orgánica, pero también a varios constituyentes inorgánicos, como los aluminosilicatos hidratados. Esto puede evitarse tratando al suelo primero con una mezcla de HCl y HF para remover la materia mineral hidratada, obteniéndose una estimación más valedera del contenido de materia orgánica. El tratamiento preliminar con ácidos disuelve parte de la materia orgánica, por lo que es necesario hacer las correcciones necesarias.

Fraccionamiento químico de la materia orgánica

Los tratamientos usados para fraccionar la materia orgánica se especifican de la forma siguiente:

Fracción	Tratamiento
1. Grasas, ceras y aceites	Extracción con éter
2. Resinas	Extracción con alcohol
3. Polisacáridos solubles en agua	Extracción con agua caliente
4. Hemicelulosa	Hidrólisis con HCl 2%
5. Celulosa	Hidrólisis con H SO al 80%
6. Proteinas + "humus lignina"	Análisis del C y del N del residuo fina

O sea, que la cantidad de grasas, ceras y aceites de la fracción 1, las resinas de la fracción 2 y los polisacáridos solubles en agua de la fracción 3 se determinan por la estimación de la materia orgánica total libre de cenizas en éter, alcohol y extracto en agua caliente, respectivamente. Las hemicelulosas y celulosas de las fracciones 4 y 5 se estiman por el análisis de azúcares reductores; la proteína de la fracción 6 se obtiene por la determinación de N (Nx 6,25). El material en la fracción 6 que no corresponde a proteínas se considera como "humus-lignina".

El humus se puede determinar por un fraccionamiento que comprende la extracción de la materia orgánica del suelo con álcali cáustico y una subdivisión del material extraído por precipitación parcial con ácidos minerales y por solubilidad parcial en alcohol.

Determinación directa de la población microbiana:

Los métodos directos para observar los micro-organismos del suelo consisten en (1) examen microscópico de muestras delgadas de suelo sin disturbar, (2) examen de frotis de suspensiones de suelos y (3) observaciones y aislaciones de los organismos que crecen en porta-objetos de vidrio inyectados en el suelo in situ. De esta forma pueden contarse todas las células y se pueden observar la morfología, las dimensiones y las relaciones espaciales entre las células y las partículas de suelo en la forma que ocurren en el medio ambiente natural. Estos métodos directos están limitados por lo difícil de la distinción entre células vivas y muertas, por la similaridad morfológica de algunos organismos y por la imposibilidad de un conteo preciso de organismos filamentosos. Además, al trabajar con cantidades tan pequeñas de suelo es difícil obtener muestras representativas.

Método de la placa de agar para conteo microbial total:

Este método ha sido muy usado en la determinación de la población microbiana total del suelo. Consiste en la dispersión del suelo en un medio de agar de formaltal que permita el desarrollo de células individuales, esporas y fragmentos de micelio, en colonias macroscópicas. El grado de dispersión se obtiene por diluciones sucesivas de una suspensión de suelo.

Se asume que cada micro-organismo presente en la suspensión de suelo se desarrolla en una colonia visible en agar después de cierto período de incubación. Este método de conteo representa solamente entre un 1 y un 10% de los valores obtenidos por tensión directa. El conteo total obtenido es, por lo tanto, sólo una fracción del contenido actual, por lo que la estimación es relativa más bien que absoluta.

Método del número más probable de población microbiana:

Este método permite la estimación de la densidad de la población sin necesidad de un conteo de todas las células y colonias individuales. Se base en la determinación de la presencia o ausencia de micro-organismos en varias alícuotas individuales de cada una de una serie de diluciones consecutivas de suelo. Un prerrequisito de este método es que el micro-organismo, cuya población va a ser calculada, debe ser capaz de transformar el medio en el cual es inoculado, de una forma característica y reconocible o que, el organismo mismo, después de multiplicarse, sea fácilmente reconocible en el sustrato. El cualquier caso, una lectura positiva significa que por lo menos un micro-organismo estaba presente inicialmente en la alícuota usada para la inoculación.

En base a la teoría de probabilidades, es posible calcular, a partir de un número de tubos de ensayo positivos y negativos, que reciben una cierta cantidad del inóculo, el número de micro-organismos más probable. Al multiplicar el resultado por los factores de dilución se obtiene el número más probable de micro-organismos en la muestra.

Bacterias aeróbicas formadoras de esporas

Para suplementar el conteo microbial total del suelo, generalmente se desea determinar la presencia de organismos específicos.

El método más corriente para la obtención de cultivos seleccionados, es por medio de sustratos específicos para los diferentes organismos en que se está interesado. Algunas veces un solo sustrato es favorable para el desarrollo de diferentes organismos, por lo que se tiene que recurrir al uso de antibióticos, colorantes orgánicos, inhibidores enzimáticos específicos y grados de acidez distintos para obtener la selectividad deseada.

El medio de agar no necesariamente tiene que ser selectivo, ya que por medio de algún tratamiento del inóculo pueden controlarse algunos organismos. El calor por ejemplo es empleado para este propósito.

Los cultivos seleccionados de bacterias aeróbicas formadoras de esporas (género Bacillus) se obtiene al pasteurizar la suspensión diluída para eliminar las formas de bacterias no formadoras de esporas, antes de ser colocada en el agar nutritivo.

Bacterias nitrificantes

Las bacterias responsables de la oxidación del amonio a nitrito y de nitrito a nitrato necesitan un sustrato inorgánico como fuente de energía, así como del uso del CO como fuente de carbón.

Para enumerar a las bacterias nitrificantes y separarlas de otros organismos del suelo, se toman en cuenta las propiedades quemoautotróficas de esos organismos. En el caso de Nitrosomonas, las diluciones de suelo se inoculan en un medio inorgánico conteniendo amonio como fuente de nitrógeno. Si hay Nitrosomonas presentes en forma viva en el inóculo, ocurrirá crecimiento y producción de nitrito. Por lo tanto, al hacer una prueba positiva de nitrito en el medio inoculante y negativa en el control se concluye que hay presencia de Nitrosomonas. Una prueba negativa de nitrito, no es suficiente para concluir que no hay organismos presentes. Es posible que hayan bacterias oxidantes del nitrito y del amonio en el inóculo, y que durante el período de incubación, el grupo Nitrobacter convierta a nitrato todo el nitrito formado por las Nitrosomonas. Ya que el nitrato es el medio debe provenir del nitrito producido a partir del amonio por Nitrosomonas, una prueba positiva ya sea por nitrito o por nitrato en los tubos sin inóculo, indican la presencia de estos organismos. El hecho de que haya producicón de nitritos únicamente y no de nitratos no es evidencia suficiente de que se cuenta con un cultivo puro de Nitrosomonas.

Para enumerar y aislar el grupo Nitrobacter, se emplea un medio libre de materiales orgánicos, conteniendo nitrito como fuente energética. La presencia de Nitrobacter en el inóculo es indicada por una prueba negativa para nitrito en el medio después de la incubación y una prueba positiva en el control en base a que el nitrito ha sido oxidado a nitrato por organismos del grupo de los Nitrobacter.

Bacterias denitrificantes

La evolución de nitrógeno gaseoso como resultado de la acción microbiológica de compuestos nitrogenados se conoce como denitrificación biológica. Típicamente los sutratos iniciales para que se lleva a cabo este proceso son los nitritos y los nitratos del suelo.

Especies bacteriales de los géneros Pseudomonas, Achromobacter, Bacillus y Micrococcus, se citan como responsables de la actividad denitrificante en los suelos. Durante la denitrificación ocurre una desaparición de la fuente de energía y del nitrato o nitrito usados como aceptores de electrones terminales.

La prueba cualitativa para determinar la presencia de denitrificantes se basa en el incremento de la alcalinidad asociada con las reacciones de denitrificación y con la formación de productos gaseosos.

Rizobia

El aislamiento de rizobia a partir de nódulos radicales es un procedimiento simple por la abundancia e incontaminación de las bacterias presentes. Las bacterias contaminantes se encuentran, más bien, en la superficie del nódolo en contacto con el suelo, por lo tanto se deben escoger nódulos sanos y firmes y tratar de esterilizar la superficie externa de los mismos.

No se cuenta con un método satisfactorio para un cultivo de rizobia del suelo. La presencia de una especie particular de rizobia se puede determinar solamente por medio del agente hospedero leguminoso.

Azotobacter

El cultivo electivo de Azotobacter se basa en su habilidad para crecer en sustratos ricos en carbohidratos y carentes de nitrógeno. Esta deficiencia no restringe el crecimiento de Azotobácter, ya que estos organismos tienen la capacidad de utilizar el nitrógeno atmosférico, factor éste que restringe el crecimiento de las bacterias incapaces de utilizar el nitrógeno del aire. El hecho de que las colonias de Azotobacter se desarrollen rápidamente y su aparencia sea tan característica, facilitan su determinación.

Actinomicetos

El número de actinomicetos en el suelo se determina por medio de conteo de colonias desarrolladas en diluciones en platos con agar. El conteo se dificulta por el hecho de que no hay sustratos específicos para estos organismos. Las placas a menudo contienen colonias de hongos y bacterias. Se necesita una gran experiencia para poder distinguir la apariencia de las colonias de actinomicetos de la de algunas bacterias y hongos.

Hongos

Puesto que las bacterias son mucho más numerosas que los hongos en el suelo, es necesario usar un medio de placa de agar que suprima selectivamente el desarrollo bacterial. De otra

forma, las colonias de hongos pueden ser inhibidas u oscurecidas por las colonias bacteriales. El Oxgall, el propionato de sodio, el rosa de bengala o la acidificación del medio a pH 4.5 inhibe el desarrollo de la mayoría de las bacterias y de los estreptomicetos.

Algas

Hay varios métodos para el estudio de las algas en los suelos. Cada uno tiene ventajas y desventajas, debiendo enfatizarse que ningún método o medio es enteramente satisfactorio para todas las especies. El método del bloque de suelo es muy usado. Consiste en incubar bloques o muestras de suelo en arena de cuarzo húmeda o papel de filtro en cámaras húmedas, tales como frascos Erlenmeyer. Después de una incubación conveniente, las células o las colonias de algas que se han desarrollado en la superficie del suelo pueden separarse y estudiarse al microscopio. El método permite analizar las clases de algas bajo condiciones poco disturbadas. Esta técnica no permite hacer estimaciones cuantitativas de la población.

Otro método es el de dilución-conteo con la desventaja de que algunas algas tienden a formar masas gelatinosas o cohesivas lo que dificulta la dispersión. Además, otras son filamentosas, o producen grandes números de zoosporas, lo que interfiere en una estimación precisa de la población. Este método es conveniente en el caso de algas unicelulares inmóviles.

En la microscopía directa del suelo se pueden estudiar las algas por la fluorescencia de sus pigmentos. La muestra es irradiada con luz azul. La luz reflejada se adsorbe por medio de un filtro amarillo colocado entre la muestra y el objetivo. Este método es sumamente fatigoso para la vista.

Protozoarios

El conocimiento de los requisitos alimenticios de los protozoarios es necesario para determinar la densidad de población por técnicas de cultivo. En general no se recomiendan las técnicas directas. Aunque las bacterias constituyen el principal alimento, no todas son aceptadas. Algunas bacterias ejercen efectos tóxicos o antagónicos aun cuando no son ingeridas. Por lo tanto, una población bacterial en agar en un agar nutritivo no es un buen sustrato para enumerar protozoarios. Se ha sugerido una técnica usando un agar nutritivo que lleva un control de la población de bacterias. En principio es una aplicación del conteo por número más probable.

Nemátodos

La técnica del embudo Baermann para aislar nemátodos y larvas es ampliamente usada. Las larvas tienen la habilidad de nadar a través de suelo húmedo, hasta un punto colector del aparato. El movimiento hacia abajo es ayudado por la gravedad. Para estimar el número total de nemátodos se trasfieren los contenidos del vial colector a un plato plano. Los nemátodos se cuentan por medio del microscopio.

Microartrópodos

No hay un solo método que permita la extracción de todos los microartrópodos presentes en el suelo. Algunas formas relativamente grandes pueden ser capturadas y contadas directamente. La mayoría de estos animales se extraen del suelo por medio del embudo de Berlese. Generalmente se aplica un repelente tal como luz, calor, o sustancias químicas en la parte superior del embudo, lo que induce al movimiento de los organismos hacia abajo a través del suelo y la recolección de los mismos en un recipiente adecuado.

Respiración microbiana

Este fenómeno generalmente se mide por la evolución de CO_2 o por el consumo de O_2. Las medidas de respiración correlacionan muy bien con otros parámetros de la actividad microbiana, tales como contenido de materia orgánica, transformación de N y P, intermediarios metabólicos, pH, número de microbios y cambios en el peso del suelo.

Las cantidades de CO_2 y O_2 que intervienen en el proceso respiratorio dependen del tipo de sustrato, de las condiciones ambientales y de los micro-organismos estudiados. La medida de la evolución de CO_2 se adapta mejor a este estudio.

El objeto de esta enumeración de métodos analíticos de suelos ha sido el de dar una información general de las técnicas generalmente usadas por los investigadores en este campo.

En la preparación de este trabajo el autor ha hecho uso intensivo de la información metodológica comprendida en los dos volúmenes publicados por la Sociedad Americana de Agronomía sobre métodos de análisis de suelos.

Literatura Consultada

American Society of Agronomy. Methods of Soil Analysis. C.A. Black, Editor. Vols. 1-2. Am. Soc. of Agron. Madison, Wisc. 1965.