Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - OEA
Oficina en Uruguay

EVALUACION ECONOMICA DEL CULTIVO DE MAIZ BAJO CONDICIONES DE RIESGO CLIMATICO

Pedro Arbeletche
Elena Rivero

Montevideo
Marzo 1979

Presentación

La presente publicación integra un conjunto de cuatro trabajos realizados y editados con la participación de la Oficina del IICA en Uruguay:

1) Estudio agroeconómico de un predio del centro de Soriano. Aicardi, J.P. y Pérez, H.

2) Programación predial con consideraciones de riesgo para un establecimiento agropecuario del Noreste del Uruguay. Félix, R. y Vila, F.

3) Dos exploraciones sobre programación lineal con riesgo en empresas agropecuarias. Acosta y Lara, A., Aguiar, A., Bertonasco, M., Sisto, M., Vilaró, R.

4) Evaluación económica del cultivo de maíz bajo condiciones de riesgo climático. Arbeletche, P., Rivero, E.

El Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas ha cooperado durante años con Instituciones Nacionales en el área de análisis de empresas agropecuarias.

Durante 1977 y 1978, a esta cooperación se integraron trabajos de graduación de estudiantes de Agronomía y Ciencias Económicas. El Instituto prestó asesoramiento y sufragó algunos gastos de elaboración de proyectos y tesis con el objetivo de explorar la aplicabilidad de técnicas que reconozcan el riesgo en la toma de decisiones en empresas del sector. Este tipo de actividades fue realizado con intensa participación de la Dirección de Investigaciones Económicas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Pesca.

Como resultado de esta nueva experiencia de cooperación interinstitucional se generaron resultados de interés para la programación de medianos establecimientos en el Noreste y el Litoral, así como sobre la utilización de sistemas de riego en la producción de maíz. Más importante que estos resultados para situaciones específicas son, sin embargo, la preparación de personal especializado y la generación de experiencias.

Las experiencias generadas se refieren a cómo emplear mecanismos simples para incorporar a los modelos usuales algo que todos los productores reconocen de una u otra manera, esto es, que las decisiones agropecuarias son riesgosas y ello debe reconocerse al programar actividades. El propósito de esta publicación es el de difundir las experiencias reunidas, convocando a una audiencia ampliada a evaluar el verdadero interés que esto tiene para apoyar el cada vez más complejo proceso de decidir qué producir y cómo producirlo.

I N D I C E

* * * * * * *

I. RESUMEN

El objetivo del presente estudio es comprobar si es rentable o no la aplicación de riego suplementario al maíz y, en su caso, cuál de las alternativas de riego es la más conveniente.

Los datos empleados se refieren a las zonas Sur y Litoral Oeste del Uruguay.

El problema de decidir sobre si regar o no puede descomponerse en dos temas interrelacionados. A saber:

a) dado que se dispone del equipamiento necesario, cuánta agua aplicar y en qué momento (problema táctico), y

b) si conviene o no invertir en un dado equipamiento (problema estratégico).

En este estudio se tomó como resuelto el problema táctico, en función de prácticas recomendadas por los centros experimentales que recomiendan regar cada vez que el agua disponible en el suelo llega a ser igual o menor al 50% en los primeros 80-85 cms. de suelo, lo que puede ser asimilado al 62,5% (125 mm.) en una lámina de 200 mm. del balance hídrico. El agua a aplicar en tales casos es la necesaria para llevar a capacidad de campo los primeros 30 cms. de suelo en caso de riego por surcos (46 mm.) y la lámina neta máxima (25 mm.) que en la práctica se ha observado se puede aplicar en aspersión sin tener problemas de compactación e infiltración. Este supuesto requirió estimar cuántos riegos pueden llegar a aplicarse en un período anual, lo que se estimó en función de datos históricos.

El problema estratégico se resolvió por aplicación de modelos de teoría de decisión, que permitieron estimar la ganancia y utilidad derivable de seis alternativas tecnológicas, y comparación entre diferencias de ganancia y utilidad y diferencias de inversión necesaria, derivables de las seis alternativas consideradas (dos tecnologías sin riego, dos por surcos y dos por aspersión).

Para dar mayor margen de confiabilidad a las conclusiones del trabajo, que tienden a ser favorables a las prácticas de riego, se efectuaron distintas parametrizaciones (cambios de precios del maíz, incrementos de costos de combustibles y fertilizantes). Las prácticas sin riego y, dentro de ellas, las de tecnología tradicional soportan deterioros de precios relativos más holgadamente que las que --por definición-- deben cubrir mayores costos de inversiones y/o operativos. Incluso sólo en los años con déficit hídrico las alternativas con riego superan el maíz tradicional de secano en retorno por peso erogado.

La conclusión de este trabajo es que, de mantenerse las relaciones de precios de junio de 1977, un productor que trate de maximizar sus ingresos

por hectárea hará maíz con riego. Si el productor busca obtener el mayor ingreso por peso que invierte, a los precios relativos de junio de 1977, hará maíz sin riego y con tecnología tradicional.

II. INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1. Presentación del Problema

El maíz es un cultivo tradicional en Uruguay. Después del trigo, es el cultivo que ocupa el mayor número de hectáreas del total sembrado en el país. En la década 1966/75, el área sembrada de maíz fue de 196.000 Has., con una producción total de 160.000 ton, y un rendimiento de 716 kgs/Ha. (4). Las principales causas de los bajos rendimientos en nuestro país son tecnología y condiciones climáticas. El común de los productores realiza el cultivo con semilla de mala calidad, sin fertilización, con prácticas culturales deficientes y sin control de enfermedades o plagas.

Experimentalmente, se ha observado (2) que es posible incrementar los rendimientos del cultivo mejorando la tecnología de producción empleada. Pese a esto, los rendimientos se ven reducidos en un alto porcentaje por el déficit hídrico en el ciclo del cultivo, fundamentalmente durante la floración, que es el período crítico de requerimiento de agua. Esto puede ser superado mediante la utilización del riego suplementario, el que permite obtener rendimientos físicos de hasta un 300% superiores a los de secano (2).

En función de la importancia económica del maíz comercial en la zona Sur y Litoral Oeste del país (Mapa 1), resulta relevante evaluar económicamente la adopción de la práctica de maíz mejorado con riego frente a las prácticas tradicionales y mejoradas de secano, en función del riesgo climático.

2. Hipótesis

La hipótesis que se plantea en este estudio es que el incremento en el ingreso bruto obtenido por el riego suplementario en el maíz, paga los costos adicionales fijos y de operación que implica el uso de esta práctica frente a las prácticas de maíz tradicional y mejorado de secano.

3. Objetivos

3.1. Evaluar la factibilidad económica de la técnica de producción de maíz bajo riego en la zona Sur y Litoral Oeste del Uruguay, frente a las técnicas de producción tradicional y mejorada sin riego.

a. Evaluación de la relación existente entre las variaciones del clima con los rendimientos del cultivo, como forma de demostrar la importancia de la práctica de riego en nuestro clima.

b. Recopilación de la información existente a nivel nacional sobre la nueva técnica, tanto a nivel experimental como a nivel de productor, que sirva como medio para fundamentar y realizar la presente investigación.

3.2. Obtener una metodología de análisis que pueda ser también utilizada en el futuro en trabajos similares.

3.3. Extraer conclusiones capaces de ser utilizadas por técnicos y/o productores.

III. METODOLOGIA

1. Selección del Area de Estudio

En la zona Sur y Litoral Oeste del país, que comprende las zonas 5, 9, 10 y 11 de Uso y Manejo del CIDE (Mapa 1), se concentra el 80% de las tierras de labranza del país, representando el 34% de la superficie productiva total (5). En esta área se produce el 71% del total del área sembrada con maíz y los rendimientos del cultivo son levemente superiores a la media nacional. Esta zona reúne condiciones de lluvia y suelo que la hacen apta para el desarrollo del cultivo de maíz bajo riego, cuenta con una buena distribución de fuentes de aguas naturales y posee condiciones topográficas favorables para efectuar represamientos que sean factibles de utilizar como fuente artificial de agua.

Frente a los incrementos de hasta un 300% del rendimiento de maíz con riego logrados en La Estanzuela, en el Este del país sólo se obtuvieron incrementos del rendimiento del 37% (2).

En base a lo expuesto se determinó que la zona a estudiar estaría delimitada por las zonas antedichas del CIDE, dada la importancia económica del maíz en ella y porque en esta zona es don se ha obtenido mayor respuesta experimental al riego del maíz.

2. Descripción de la Zona

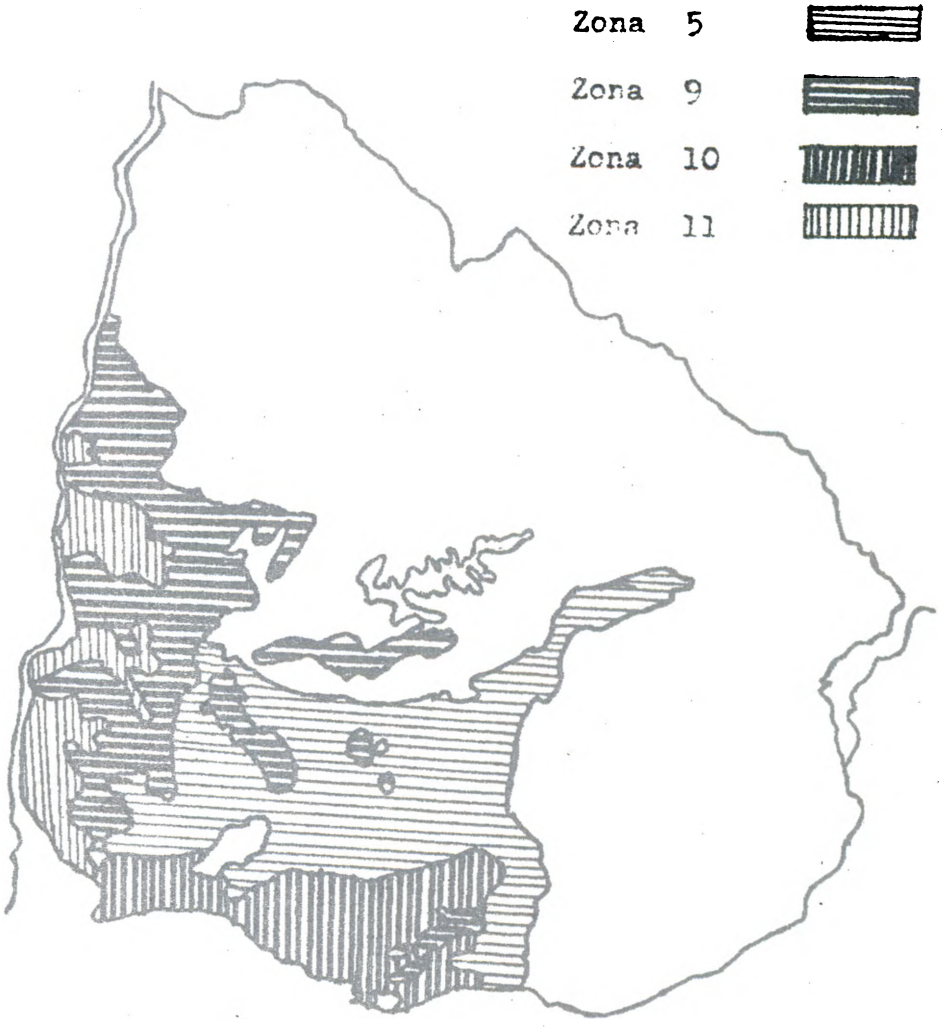
. Suelos

Los suelos predominantes en la zona pertenecen al orden de los suelos melánicos. Comprende las siguientes agrupaciones de suelos:

Grupo 1 - Comprende las unidades de suelos Risso, Libertad y La Carolina, que son suelos profundos de texturas pesadas dominando sobre las moderadamente pesadas con una superficie arable que supera el 65% del área total.

Mapa 1 :

Principales zonas agrícolas-ganaderas segun CIDE.



Grupo 2 - Comprende las unidades Bequeló y Fray Bentos. Son suelos profundos y moderadamente profundos, de textura moderadamente pesadas dominando sobre las pesadas. La superficie cultivable oscila entre el 50 y 65%.

Grupo 3 - Comprende las unidades de suelos Cañada Nieto y Ecilda Paullier-Las Brujas. Son suelos moderadamente profundos a profundos, de texturas medias, con una superficie arable del 53%.

Grupo 4 - Comprende la unidad Cuchilla de Corralito, con suelos profundos de texturas livianas a pesadas. La superficie arable anualmente es del 40% del área total.

Grupo 5 - Comprende la unidad San Gabriel-Guaycurú, son suelos moderadamente profundos y superficiales de texturas medias y pesadas, con un 26% de superficie arable anualmente.

El suelo afecta el rendimiento del maíz a través de su capacidad para suministrar nutrientes y a través de sus propiedades físicas principalmente. La capacidad para absorber y almacenar el agua de lluevia es muy importante para el maíz (7). Es por eso que el maíz requiere preferentemente suelos profundos de texturas medias a pesadas.

. Clima

Lluvia - El promedio anual de lluvia es de 831 mm., siendo levemente inferior a la precipitación anual promedio del país que es de 993 mm. La lluvia promedio del período estival (diciembre, enero, febrero) oscila entre 200 y 300 mm., las cuales son irregulares y normalmente deficitarias. Esto determina la existencia de frecuentes deficiencias de agua para el maíz. Estas deficiencias de agua, sobre todo en el período de floración y llenado de grano (en que el maíz es más sensible), constituyen una limitante fundamental para sus rendimientos.

Balance Hídrico - El balance hídrico permite, utilizando la evapotranspiración (que es un estimador del agua evaporada desde el suelo y las superficies de los vegetales) y los aportes que hace la precipitación, la medición de los excesos y deficiencias de agua a través de un período dado.

La zona a estudiar tiene una capacidad de almacenaje de agua (6) de más de 300 mm. comprendiendo zonas de suelos profundos de textura liviana a pesada. El exceso de agua en la zona presenta los valores menores del país, y varía entre 150 a 200 mm. ya que esta zona es la de menores precipitaciones y suelos de mayor profundidad. Las deficiencias promedios anuales oscilan entre 25 y 100 mm. siendo lo normal entre 25 y 50 mm. (6) las que

ocurren principalmente en el período de floración provocando mermas importantes en el rendimiento.

. Uso del Suelo

En las zonas 5, 9, 10 y 11 del CIDE se concentran el 80% de las tierras de labranza del Uruguay representando el 34% de la superficie productiva total (5). Estas zonas tienen un porcentaje de chacras 2,5 veces superior al promedio del país y duplican la proporción de forrajes anuales y praderas permanentes (5). La proporción de rastrojos es 1,5 veces mayor en la zona (5).

. Rendimientos

Los rendimientos del maíz en el área de estudio son levemente superiores al promedio del país (875 kgs/Ha. para la zona frente a 834 kgs/Ha. para el país) (8).

. Maquinaria

La zona es la que concentra el mayor porcentaje de tractores del país (72 al 83% del total del país) (8).

3. Variables

. Alternativas tecnológicas

Los distintos sistemas considerados en este trabajo son:

- Maíz tradicional, que representa la situación actual y es la forma más común de producción de maíz en la zona (Cuadro No. 1)

- Maíz mejorado en secano. Representa la forma de producción adoptada por algunos productores de la zona y tiene en cuenta las últimas recomendaciones realizadas por "La Estanzuela" (Cuadro No. 1).

- Maíz mejorado con riego. Se define esta actividad como la forma de producción más común realizada por los productores que riegan y se ajustan a la tecnología de los experimentos de maíz con riego de "La Estanzuela" (Cuadro No. 1).

. Fuente de Agua

Se tienen en cuenta fuentes de agua naturales (arroyo o río) y fuentes de agua no naturales (tajamares). Se considera esta última porque no todos los establecimientos disponen de una fuente de agua natural suficiente para riego.

. Sistema de Riego

Se toman en cuenta dos sistemas de riego: aspersión y surcos.

. Número de Riegos

Varía de acuerdo a los rangos de déficits hídricos de cada año de la serie, que depende de la precipitación y la evapotranspiración ocurrida.

. Precios

Se hacen variables a los efectos de comprobar cómo afectan el resultado del análisis.

4. Alcances y Limitaciones del Método

La unidad de análisis es un modelo representativo de las condiciones medias de producción de la zona por lo que las conclusiones que de él deriven, son de utilidad general para el área estudiada. Si bien no considera condiciones particulares, es una herramienta útil a nivel de productor individual.

No se discute una política óptima de riego, sino que se adopta la seguida por los productores con experiencia, y que se aproxima a las recomendaciones dadas por "La Estanzuela". Esta consiste en regar cada vez que el agua disponible en el suelo es de 125 mm. (Balance Hídrico Diario para lámina de 200 mm.). Adoptando la tecnología recomendada por "La Estanzuela" para maíz mejorado y manteniendo el cultivo sin déficit hídrico, se supone que se puede obtener un rendimiento constante de 7.400 kgs./Ha.

Este rendimiento sólo podrá fluctuar por factores que no se consideran en el estudio (suelos, insolación total recibida, fertilización diferencial).

A los efectos de este estudio se consideran homogéneas condiciones de:

- Suelos: dado que la zona se caracteriza por suelos de texturas medias y pesadas, y que el estudio no prevé condiciones particulares y/o individuales.

- Mercado: se parte del supuesto de que toda la zona tiene las mismas posibilidades de acceso al mercado del producto.

- Mano de obra: la disponibilidad de mano de obra no es limitante en la producción agrícola, por lo cual se supone

constante en cuanto a su disponibilidad para la zona.

- Maquinaria: no se consideran diferencias de disponibilidad de maquinaria, las diferencias entre las alternativas se deben a la aplicación de tecnologías distintas.

- Agua: no se le asigna costo al agua proveniente de una fuente natural.

5. Tabulación del Análisis

Se utilizó un modelo de teoría de decisiones (1) como metodología de análisis, la cual fue aplicada al estudio de la evaluación económica del riego suplementario en maíz en la zona Sur y Litoral Oeste del Uruguay.

Este modelo fue utilizado a los efectos de poder representar 6 alternativas excluyentes de producción de maíz, considerando los distintos eventos de la naturaleza que representan déficits diferentes de agua.

Para efectuar el análisis de decisión se requiere definir:

. un modelo de comportamiento,

. eventos de la naturaleza,

. probabilidad de que se presente cada uno de estos eventos,

. decisiones posibles de adoptar,

. conjunto de consecuencias de tomar determinada decisión y que se produzca un determinado evento.

5.1. Modelo de comportamiento

Se empleó un modelo básico de decisión, con funciones de decisión alternativa. Como táctica de comportamiento se supuso que el agente de decisión regará cada vez que el agua disponible en el suelo llegase a ser igual o menor al 62,5% (125 mm.) (entre el 15 de octubre y el 1° de marzo) por ser un modelo que se ajusta al comportamiento real del productor.

Desde el punto de vista teórico, el supuesto de que se riega cuando la lámina de agua disponible en el suelo llega al 62,5% significa que hay el 50% del agua disponible en los primeros 80-85 cms. de suelo, que es la profundidad hasta la cual la planta de maíz es capaz de extraer agua en cantidades apreciables.

5.2. Eventos

Los eventos de la naturaleza considerados de interés para el agente de decisión son déficits de agua expresados por los números de riego que serían necesarios realizar si se adopta el modelo de comportamiento ya definido.

Con el fin de determinar el número de riegos que requiere cada evento (dado el comportamiento táctico supuesto), se calculó la lámina neta a aplicar en cada sistema de riego, siendo de 25 mm. en el sistema de riego por aspersión y de 46 mm. en el de riego por surcos.

El número de riegos para cada estación de cultivo se determinó rehaciendo el balance hídrico diario de la forma siguiente: al agua disponible en el suelo el día 15 de octubre (fecha de siembra) se le comienza a restar la evapotranspiración (en mm.) ocurrida en cada día subsiguiente y en caso de ocurrir una precipitación efectiva se le suma; cuando se llega a una cifra de agua disponible en el suelo igual o menor a 125 mm., se supone que se hace un riego. A esta cifra de 125 mm. o menor se le suman 25 ó 46 mm. según corresponda y se continúa con el procedimiento antes descripto, anotando cada vez que se supone un riego, hasta el llenado de grano (1º de marzo).

De esta forma se determinó cuántos riegos hubieran sido necesarios hacer en cada estación de cultivo, en base a evapotranspiraciones y lluvias que ocurrieron en cada día del diclo del cultivo.

Se presentan los déficits de agua por los números de riegos necesarios para cubrir ese déficit quedando definidos los sucesos de interés e_1, e_2, ... e_{12} (Cuadro No. 2).

5.3. Probabilidad

La probabilidad de ocurrencia de cada uno de los eventos se determinó por el cociente entre el número de veces en que se repite cada evento y el número total de observaciones que está representado por los 60 años de Balance Hídrico Diario de "La Estanzuela".

5.4. Decisiones

Las decisiones "estratégicas" consideradas fueron seis. A saber:

. (d_1) secano tradicional

- (d_2) secano mejorado
- (d_3) riego por aspersión usando como fuente de agua un río.
- (d_4) riego por surcos usando como fuente de agua un río.
- (d_5) riego por aspersión usando como fuente de agua un tajamar.
- (d_6) riego por surcos usando como fuente de agua un tajamar.

Existe otra posible decisión que es riego por gravedad, pero no se consideró aquí por ser una alternativa muy especial. Se trata de una opción de muy bajo costo lo que inclinaría la decisión en su favor, pero sólo sería aplicable en predios de determinada topografía. Al no poderse generalizar, una decisión en su favor no tendría validez.

5.5. Consecuencias

Para calcular las consecuencias de tomar determinada decisión y que se produzca un determinado evento se tomó como conjunto de consecuencias (x_{ij}) al Margen Bruto calculado en base a presupuestos parciales.

Para tomar una decisión óptima se debe definir una relación de orden o preferencia en el conjunto de decisiones (D).

Para hacer corresponder a cada consecuencia posible de una decisión un sólo valor se probaron distintos operadores de decisión. La elección del operador depende de la naturaleza de las informaciones disponibles y del grado de información que el decisor quiera obtener, ya que estos operadores al sintetizar hacen perder gran parte de ella.

Los operadores que se utilizan en este trabajo son:

- Esperanza Matemática

La Esperanza Matemática asociada a cada decisión d_1 es igual a:

$$E_{(x_1)} = \sum_{j=1}^{n} pj \cdot x_{ij}$$

Este operador satisface todas las propiedades de la Teoría de Decisiones, porque la decisión más favorable es la que tenga una Esperanza Matemática mayor (Cuadro No. 3).

A este criterio de decisión se le atribuye el inconveniente

de no considerar la variabilidad de los datos.

. Función de Utilidad

Como forma de evaluar en qué grado la variabilidad de los datos está afectando los resultados obtenidos al utilizar el operador anterior, se aplica una Función de Utilidad, en la cual la Esperanza Matemática está penalizada por un indicador de variabilidad (desviación típica), la cual está ponderada por un coeficiente "a" que manifiesta la mayor o menor aversión al riesgo que manifiesta el agente de decisión y se lo denomina coeficiente de aversión al riesgo. Adviértase que 0,5 es un coeficiente de aversión que representa una situación equilibrada en la toma de decisiones (Cuadro No. 4).

$$U = E_{(x_i)} - a\,\lambda_{(x_i)}$$

6. Incidencia del Marco Económico en la Decisión (Parametrización)

Como técnica para analizar críticamente las posibles variaciones futuras que puedan tener los valores empleados y estudiar su incidencia en la decisión, se utilizó la parametrización. Esta técnica altera las series de beneficios y costos que permitieron tomar la decisión en base a datos originarios.

Las primeras parametrizaciones se realizaron variando el precio de venta del producto hasta aquel precio en el cual paga el total de los costos y hasta el que sólo paga los costos variables. A partir de aquí, al verse que el orden de preferencias de las alternativas cambiaba al descender el precio, se buscó el precio mínimo en el cual la alternativa elegida en el análisis perdía su preferencia para ser superada por otra con un mayor margen bruto.

Otra parametrización que se realizó fue la alteración paralela de los beneficios y de algunos insumos que representan un costo importante en el costo de producción y que pueden sufrir variaciones en el futuro (fertilizante y combustible). Se utilizaron para ello cuatro precios de producto, que son los precios en los cuales las distintas alternativas pierden su preferencia en la parametrización anterior, y tres precios de fertilizante y combustible, que son los precios reales mínimos, promedios y máximos del período 1961-77 (deflactados por valor dólar).

Se calculó el retorno incremental que dan las diferentes alternativas frente a las otras con las que son comparadas. Este retorno incremental se calculó como el cociente entre los márgenes brutos

adicionales resultantes al pasar de una alternativa a otra y la inversión adicional necesaria para realizar dicho cambio. La inversión adicional está compuesta por el equipo de riego o la diferencia de inversión de los distintos sistemas de riego y la cuota parte que se tendría que invertir en maquinaria para pasar de un sistema de producción a otro. Como márgenes brutos adicionales se utilizaron los valores económicos esperados y posteriormente se calcularon los retornos incrementales para el año con mayor ingreso bruto y con menor ingreso bruto, a efectos de poder analizar las posibles variaciones entre estos "años extremos". Se calculó el retorno por cada N$ 100 de costo para las 6 alternativas en base al valor económico esperado obtenido en el análisis y los ingresos brutos de los años con mayor y menor ingreso bruto.

IV. RESULTADOS

- Esperanza Matemática (Cuadro No. 3)

Del análisis se extrae que la alternativa que da un mayor Margen Bruto (N$ 1.484,92) es la de riego por surcos con fuente de agua en un río. Esta tiene un incremento de 3,86% sobre el maíz con riego por aspersión, 152,55% sobre maíz mejorado y 643,99% sobre el maíz de secano con tecnología tradicional.

Para los predios sin fuente de agua natural, la mejor alternativa es el riego por aspersión debido al uso más eficiente que hace del agua. Esto trae como consecuencia que el tajamar que se deba utilizar sea de dimensiones mucho menores que el que se necesita para riego por surcos. Su Margen Bruto promedio es de N$ 1.256,78 y supera en 14,20% al riego por surcos.

Cuando se considera el cuadro de decisiones por valor económico esperado donde se incluyen los márgenes variables de las actividades (sin considerar amortización y reparación), se mantienen los mismos resultados, equilibrándose aún más los márgenes entre todas las alternativas con riego ya que lo que más está pesando para marcar diferencias entre los 4 sistemas son los costos fijos propios del riego.

- Función de Utilidad (Cuadro No. 4)

Los resultados obtenidos empleando una función de utilidad permiten observar que el maíz mejorado de secano es el que tiene mayor coeficiente de variabilidad y por lo tanto mayor riesgo de pérdida. Esto es debido a que este cultivo requiere mayor inversión que el maíz tradicional y por lo tanto tiene un riesgo

mayor de pérdida. En el maíz con riego, la principal fuente de variación ha sido controlada. La variabilidad de los Márgenes Brutos está relacionada al mayor o menor déficit hídrico, el que se representa por diferentes números de riego. Al ser considerado sólo el riesgo climático, se observa que el maíz con riego por surcos es el que tiene mayor seguridad, pues sólo con 5,72 desvíos típicos tomaría valor cero la función de utilidad.

- Parametrización por Variaciones del Precio Producto (Cuadro No. 5)

Al hacer una parametrización disminuyéndose el precio del producto --manteniendo los costos constantes-- la alternativa de maíz tradicional soporta una disminución del 40,8%, pagando aun el total de costos con una disminución del 55,1% sólo pagaría los costos variables. Cualquiera de las otras alternativas pasan a dar pérdidas con caídas de precio menores al 40%.

Estos resultados se deben a que el menor costo de producción que tiene el maíz tradicional implica que, frente al riesgo de un cambio en el precio del producto, es la alternativa que tiene una mayor seguridad, por su menor costo.

Las caídas de precios afectan en mayor grado a las alternativas con riego. En ellas, el margen se vuelve negativo con descensos de entre el 27,3% (riego por surcos:tajamar) y 36,9% (riego por surcos:río) en el precio del producto.

Asociado a esto, se calculó el precio mínimo en el que cada alternativa pierde su preferencia para ser superada por otra. Así, al descender un 35,5% el precio del producto la mayor esperanza matemática de los márgenes es para el maíz mejorado de secano. Al descender un 38,6% dicho precio, el maíz tradicional pasa a ser la alternativa preferida.

- Variaciones de la Relación Precio Producto/Precio Insumo

Al variar en forma conjunta el precio del maíz y del combustible (Cuadro No. 6), y el del maíz y el del fertilizante (Cuadro No. 7), se observa que el aumento en el precio de cualquiera de los dos insumos tiene una particular incidencia en las alternativas de mejor tecnología (todas las de riego y la mejorada de secano). Estas pierden rápidamente posiciones al descender las relaciones precio maíz/precio combustible y precio maíz/precio fertilizante.

- Retorno Incremental (Cuadro No. 8)

La alternativa que tiene un mayor retorno incremental frente al maíz tradicional es el maíz mejorado de secano. Esto se debe a que la inversión adicional para pasar de una alternativa a otra es sólo de 248,64 N$/Ha. porque se considera únicamente la cuota parte de la inversión que corresponde al cultivo.

El maíz con riego por surcos tiene un retorno adicional frente al maíz mejorado de secano de 20,62%, lo que supone una inversión adicional de N$ 4.349,68/Ha. y de 27,95% frente al tradicional.

Si se consideran los años extremos de riego (el año de mayor déficit hídrico y el sin déficit), se observa la alta variabilidad del retorno incremental del maíz mejorado frente al tradicional, el que va desde 24,68% a 240,7%. Todo esto está determinado por la alta variabilidad de los márgenes brutos en las alternativas sin riego.

El retorno incremental del maíz con riego por surcos frente a maíz mejorado varía de 17,22% a 21,77% al pasarse del año sin déficit hídrico al año con mayor déficit. Aquí se refleja la mayor estabilidad de los márgenes brutos adicionales, ya que los costos operativos de riego aumentan al haber mayor déficit hídrico.

- Retorno/N$ 100 de Costo (Cuadro No. 9)

La alternativa de maíz tradicional es la que tiene un mayor retorno por cada N$ 100 de costo de promedio, superando a todas las otras alternativas. Sólo en los años con déficit de agua las alternativas con riego superan el retorno por N$ 100 de costo. El maíz mejorado de secano tiene siempre un retorno por cada N$ 100 de costo menor que el del maíz tradicional.

V. CONSIDERACIONES FINALES

Mediante esta metodología se evaluaron económicamente técnicas de producción, considerando como variable sólo el riesgo climático, que fue cuantificado por el número de riegos que hubiera sido necesario realizar en cada año de la serie del Balance Hídrico Diario de "La Estanzuela". El modelo empleado permite conocer cuál sería el margen promedio que se

obtendría con cada actividad de repetirse las condiciones del pasado.

Del cuadro de Decisiones por Valor Económico Esperado surge que las alternativas que incluyen riego son superiores a las que no lo incluyen. Esta superioridad está dada por el Ingreso Bruto constante y más alto obtenido por realizar el cultivo bajo riego. El aumento de los Ingresos totales por Ha. producido por el riego está relacionado con una disminución máxima de los riesgos de producción, al asegurar rendimientos físicos altos y uniformes.

Al no asignársele costo al agua, no existen diferencias significativas entre los márgenes brutos de los sistemas de riego por aspersión y por surcos cuando el agua proviene de una fuente de agua natural. Esto no ocurre cuando el agua proviene de un tajamar, ya que aquí se manifiestan las diferencias en economía del agua que existen entre los dos sistemas de riego (el riego por surcos implica disponer de una reserva de agua 2,23 veces superior a la necesaria para el riego por aspersión).

Utilizando una función de Utilidad se cuantificó el riesgo de cada un. de los sistemas, penalizándose la Esperanza Matemática por un indicador de variabilidad (desviación típica), ponderado por un coeficiente de aversión al riesgo.

Como conclusión final se puede decir que de mantenerse la estructura de precios de junio de 1977, la decisión se inclinaría por realizar el maíz en forma mejorada con riego, de no considerarse los costos de inversión ni la variabilidad de precios.

De acuerdo con los resultados de las parametrizaciones se observó que de producirse un deterioro de los precios relativos del maíz frente a los principales insumos, la decisión podría llegar a cambiar inclinándose hacia el maíz con tecnología tradicional.

Esta decisión, a su vez, puede estar afectada por los objetivos que tenga el productor y por su capacidad financiera. Si el objétivo del productor es maximizar el ingreso por hectárea haría maíz con riego, pero si es obtener el mayor ingreso por peso erogado haría maíz tradicional.

Sería relevante dentro de este modelo utilizar además otras variables como pueden ser las relaciones de precios entre productos e insumos, como forma de evaluar el riesgo que representan las variaciones de precios que históricamente se han dado. En este trabajo se incluyen relaciones de precios producto/fertilizante y producto/combustible, pero fueron hechas fuera del modelo de Teoría de Decisiones.

Para facilitar la decisión de técnicos y/o productores sobre el uso más conveniente de un equipo de riego o para la toma de decisiones de si usarlo o no, sería importante la realización de este mismo estudio con la inclusión de otros cultivos de verano (soja, girasol, sorgo) dentro del modelo, incluyendo, además, las variaciones de precios históricos.

- - - - - - -

Mim.No.259/78
14.11.78
PA:mmc

APENDICE

Cuadro 1

Coeficientes Técnicos

		Tradicional	mejorado s/riego	mejorado c/riego
Labores Culturales				
arada	número	1	2	2
	época	set.	May-Jun-Agos.	May-Jun-Agos.
disqueada	número	1	1	1
	época	oct.	set.	set.
rastreada	número	-	1	1
	época	-	oct.	oct.
carpida	número	1	1	-
	época	dic.	dic.	-
aporcada	número	1	-	-
	época	dic-ene.	-	-
Siembra				
semilla		propia	Est.Queguay	Est.Queguay
. densidad (kgs/ha.)		10	12	22
. época		oct.	oct.	oct.
Fertilizantes				
producto		-	Fosf.Amonio	Fosf.Amonio
. cantidad (kgs/ha.)		-	90	175
. época		-	oct.	oct.
. aplicación		-	en la siembra	en la siembra
producto		-	Urea	Urea
. cantidad (kgs/ha.)		-	30	65
. época		-	nov.	nov.
. aplicación		-	fert.cent.	fert.cent.
Herbicida preemergente				
producto		-	-	Atrazina
. cantidad (kgs/ha.)		-	-	1,5
. época		-	-	oct.
. aplicación		-	-	pulv.
producto		-	-	Alaclor
. cantidad (lts/ha.)		-	-	2,5
. época		-	-	oct.
. aplicación		-	-	pulv.
Herbicida postemergente				
producto		-	2-4-D	-
. cantidad (lts/ha.)		-	1,5	-
. época		-	nov.	-
. aplicación		-	pulv.	-
Insecticida				
producto		-	Parathion	Parathion
. cantidad (lts/ha.)		-	2	2
. época		-	dic.	dic.
. aplicación		-	pulv.	pulv.
Rendimientos				
en kgs/ha.		914,58	2.763,89	7.400,00

Cuadro 2

Frecuencia absoluta del número de riegos por aspersión y por surcos en la serie climática

Número de riegos	Frecuencia absoluta	
	Surcos	Aspersión
0	10	10
1	12	3
2	14	9
3	8	6
4	10	8
5	5	4
6	1	4
7	-	5
8	-	5
9	-	3
10	-	2
11	-	1
	60	60

Cuadro 3

Decisiones por valor económico esperado

,167	0,050	0,150	0,100	0,133	0,067	0,067	0,083	0,083	0,050	0,033	0,017	
e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7	e_8	e_9	e_{10}	e_{11}	e_{12}	$E_{(x)}$
0,02	308,18	247,16	210,81	228,67	184,72	153,64	137,97	79,28	48,61	49,94	42,93	199,59
8,49	924,78	732,29	620,49	676,39	541,59	448,42	398,37	217,91	125,49	130,60	104,30	587,38
3,32	1.712,77	1.622,22	1.531,67	1.441,12	1.350,57	1.260,02	1.169,47	1.078,92	988,37	897,82	807,27	1.429,73
5,30	1.685,06	1.685,06	1.524,82	1.524,82	1.364,58	1.364,58	1.204,34	1.204,34	1.044,10	1.044,10	883,86	1.484,92
0,84	1.540,29	1.449,74	1.359,19	1.268,64	1.178,09	1.087,54	996,99	906,44	815,89	725,34	634,79	1.256,73
0,87	1.300,63	1.300,63	1.140,39	1.140,39	980,15	980,15	819,91	819,91	659,67	659,67	499,43	1.100,49

conjunto de Decisiones posibles
maíz tradicional
maíz mejorado de secano
maíz mejorado c/riego por aspersión (Fuente: río)
maíz mejorado c/riego por surcos (Fuente: río)
maíz mejorado c/riego por aspersión (Fuente: tajamar)
maíz mejorado c/riego por surcos (Fuente: tajamar)

e_i : eventos de la naturaleza
P_i : probabilidad de ocurrencia de cada evento
x_{ij}: margen bruto de c/ alternativa en c/ evento
$E_{(x)}$: valor económico esperado

Cuadro 4

Criterio de Decisión: Utilidad = $E_{(x)} - a\ \lambda_{(x)}$

Alternativas	$E_{(x)}$	$V_{(x)}$	(x)	U
Tradicional	199,59	6.707,55	81,90	158,64
Mejorado	587,98	63.416,09	251,83	462,07
Aspersión/río	1.429,76	76.341,30	276,30	1.291,61
Surcos/río	1.484,92	67.350,80	259,52	1.355,16
Aspersión/Taj.	1.256,78	77.737,80	278,81	1.117,38
Surcos/Taj.	1.100,49	67.350,70	259,52	970,73

$E_{(x)}$ = Esperanza Matemática

$\lambda(x)$ = Desvío Típico de x_{ij}

a = Coeficiente de aversión al riesgo = 0,5

x_{ij} = Margen Bruto

Cuadro 5

Margen Bruto de cada alternativa a diferentes niveles de precio del producto

Alternativas	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
d_1	199,59	22,61	22,70	7,43	7,52	0,47
d_2	587,98	53,17	53,44	7,28	7,56	-15,10
d_3	1.429,76	-2,64	-1,90	-125,48	-124,74	-185,42
d_4	1.484,92	53,02	53,76	-69,82	-69,08	-129,76
d_5	1.256,78	-175,12	-174,38	-297,96	-297,22	-357,90
d_6	1.100,49	-331,41	-330,67	-454,25	-453,51	-514,19

P = precio del producto

P_1 = N$ 54,45/100 kgs.

P_2 = N$ 35,10/100 kgs.

P_3 = N$ 35,11/100 kgs.

P_4 = N$ 33,44/100 kgs.

P_5 = N$ 33,45/100 kgs.

P = N$ 32,63/100 kgs.

Cuadro 6

Margen Bruto de cada alternativa a diferentes niveles de precio del producto y combustible

Alternativas	Precio$_1$ maíz			Precio$_2$ maíz		
	P.C.$_1$	P.C.$_2$	P.C.$_3$	P.C.$_1$	P.C.$_2$	P.C.$_3$
d_1	199,59	264,55	275,08	22,70	87,66	98,19
d_2	587,98	673,15	686,95	53,44	138,61	152,42
d_3	1.429,76	1.681,93	1.722,80	-1,90	250,27	291,14
d_4	1.482,92	1.733,39	1.773,66	53,76	302,23	342,50
d_5	1.256,78	1.508,94	1.549,82	-174,38	77,59	118,66
d_6	1.100,49	1.348,96	1.389,23	-330,67	-82,20	-41,93
	Precio$_3$ maíz			Precio$_4$ maíz		
	P.C.$_1$	P.C.$_2$	P.C.$_3$	P.C.$_1$	P.C.$_2$	P.C.$_3$
d_1	7,52	72,48	83,01	0,47	65,43	75,96
d_2	7,56	92,73	106,54	-15,10	70,07	83,88
d_3	-124,74	127,43	168,30	-185,42	66,75	107,62
d_4	-69,08	179,39	219,66	-129,76	118,71	158,98
d_5	-297,22	-47,05	-4,18	-357,90	-105,73	-64,86
d_6	-453,51	-205,04	-164,77	-514,19	-265,72	-225,45

Precio$_1$ maíz = N$ 54,45/100 kgs.
Precio$_2$ maíz = N$ 35,11/100 kgs.
Precio$_3$ maíz = N$ 33,45/100 kgs.
Precio$_4$ maíz = N$ 32,63/100 kgs.

Precio comb.$_1$ = N$ 1,oo/lt.
Precio comb.$_2$ = N$ 0,198/lt.
Precio comb.$_3$ = N$ 0,068/lt.

Cuadro 7

Margen bruto de cada alternativa a diferentes niveles de precio del producto y fertilizantes

Alternativas	Precio$_1$ maíz			Precio$_2$ maíz		
	P.F.$_1$	P.F.$_2$	P.F.$_3$	P.F.$_1$	P.F.$_2$	P.F.$_3$
d_1	199,59	199,59	199,59	22,70	22,70	22,70
d_2	470,95	660,01	717,10	-63,59	125,47	182,56
d_3	1.194,18	1.573,83	1.688,54	-237,49	142,17	256,88
d_4	1.249,34	1.628,99	1.743,70	-181,83	197,83	312,54
d_5	1.021,20	1.400,85	1.515,56	-409,97	-30,32	84,40
d_6	864,91	1.244,56	1.359,27	-566,26	-186,61	-71,89

	Precio$_3$ maíz			Precio$_4$ maíz		
	P.F.$_1$	P.F.$_2$	P.F.$_3$	P.F.$_1$	P.F.$_2$	P.F.$_3$
d_1	7,52	7,52	7,52	0,47	0,47	0,47
d_2	-109,47	79,59	136,68	-132,13	56,93	114,02
d_3	-360,33	19,33	134,04	-421,01	-41,36	73,36
d_4	-304,67	74,99	189,70	-365,35	14,31	129,02
d_5	-532,81	-156,16	-38,44	-593,49	-213,84	-99,12
d_6	-689,10	-309,45	--194,73	-749,78	-370,13	-255,41

Precio$_1$ maíz = N$ 54,45/100 kgs.
Precio$_2$ maíz = N$ 35,11/100 kgs.
Precio$_3$ maíz = N$ 33,45/100 kgs.
Precio$_4$ maíz = N$ 32,63/100 kgs.

	18-46-0	Urea
Precio Fert.$_1$ =	2,239	2,564
Precio Fert.$_2$ =	0,74	0,759
Precio Fert.$_3$ =	0,291	0,203

Nota: precio del fertilizante en N$/kg.

Cuadro 8

Retorno incremental

	M.B./ha.	I/ha.	R prom.	R mejor año	R peor año
Surcos vs.mej.	896,94	4.349,68	20,62	21,77	17,92
Surcos taj. vs mej.	512,51	10.576,66	4,85	5,32	3,74
Asp. vs mej.	841,78	4.962,65	19,96	18,23	14,17
Asp. taj. vs mej.	688,80	7.760,36	8,62	9,44	6,84
Mej. vs trad.	388,39	248,64	156,21	240,70	24,68
Surcos vs trad.	1.285,33	4.598,32	27,95	33,60	18,29
Surcos taj. vs trad.	900,90	10.824,30	8,32	10,72	4,22
Asp. vs trad.	1.230,17	5.211,29	23,61	28,85	17,06
Asp. taj. vs trad.	1.057,19	8.009,00	13,20	16,62	7,39

Los demás pares son de **retorno incremental negativo**

M.B. = Margen Bruto

I = Inversión

R = Retorno incremental

Cuadro 9

Retorno por cada N$ 100 de costo

Alternativa	Año Promedio	Año con menor déficit de agua	Año con mayor déficit de agua
d_1	166,88	191,87	116,85
d_2	164,12	189,78	113,28
d_3	154,99	181,01	125,05
d_4	158,36	184,49	128,10
d_5	145,33	168,00	118,70
d_6	137,57	156,88	114,15

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. CORDONNIER, P., CARLES, R., MARSAL, P. Economía de la empresa Agraria. Institut National de la Recherche Agronomique. Laboratoire D'Economie Rurale de Grignon. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 1973.

2. HOFSTADTER, R. Experimentación en riego en Uruguay. Tercera Reunión de la Comisión Asesora del Programa de Conservación y Manejo de Tierras y Aguas. IICA (OEA), Zona Sur. 24-28 de marzo de 1976. Chile. (sin publicar).

3. LAFFITTE, V., COHAN, H., SECCO, J. El tratamiento del riesgo y la incertidumbre en la evaluación de proyectos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-SubDirección de Estudios Econométricos-DIEA-MAP. Montevideo, Uruguay. Marzo 1976.

4. URUGUAY. DIRECCION DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS AGROPECUARIAS. Producción y comercialización de maíz. Departamento de Comercialización. Montevideo, Uruguay. 1976.

5. _____. SubDirección de Estudios Econométricos. Coeficientes técnicos y presupuestos parciales para la agricultura de la zona agrícola-ganadera del Litoral-Oeste. Montevideo, Uruguay. 1976

6. URUGUAY. CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS ALBERTO BOERGER. Clima y agricultura. Boletín Técnico No. 9. Mayo 1971. Colonia, Uruguay.

7. _____. Maíz. Boletín Técnico No. 26. Abril 1974. Colonia, Uruguay.

8. URUGUAY. DIRECCION DE INVESTIGACIONES ECONOMICAS AGROPECUARIAS. Retabulación censo general agropecuario 1970 por zonas de uso y manejo. Departamento de Estadísticas. División Censos y Encuestas. Montevideo, Uruguay (sin publicar)

- - - - - - -