AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523

BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY

1. SUBJECT CLASSIFICATION

A. PRIMARY: Agriculture

B. SECONDARY: Cereal Crops

2. TITLE AND SUBTITLE

Irrigated Corn Production in Chile: Increasing Yields Through Intensive Irrigation Management

3. AUTHOR(S)

Stutler, R.K.;Kidman,Don C.; Tosso,Juan; and Fritsch,Norbert

4. DOCUMENT DATE	5. NUMBER OF PAGES	6. ARC NUMBER
December 1974	28p.	ARC CI-633.15-5937-S

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS

Utah State University
Department of Agricultural and Irrigation Engineering
Logan, Utah 84322

8. SUPPLEMENTARY NOTES *(Sponsoring Organization, Publishers, Availability)*

9. ABSTRACT

A three year program involving research and demonstration on modern concepts of irrigation management for corn was conducted in the Aconcagua Province. Irrigation, land management, fertility, corn variety and plant population were emphasized. Results proved that yield potential of corn is well above the current level of production. By adopting the practices in this bulletin, corn producers can increase yields at least 50% with the resources they currently have available. While all of the research was conducted in the Aconcagua Province, the technology can be transferred to other provinces in the corn producing area with slight modification or adaptation. Based on the results of the project, the following recommendations are made for increased corn production in Chile. Proper timing and amount of irrigation is essential for increased production, since corn is very susceptible to moisture stresses. Even short periods of moisture stress, particularly during the critical stages of tasseling and silking, will sharply reduce yields. Plowing should be done prior to irrigation at a 25-30 cm. depth to adequately incorporate residue from previous crops. A preplant irrigation should then be applied. Seed-bed preparation can be done after soil is dry enough to prevent undue compaction by equipment. The tandem disc should be followed by a spike-tooth harrow to break up clods and leave a fine surface mulch. A recommendation of 200 kg. of N per hectare would be adequate for most soils in Aconcagua. In the event that the field has a history of heavy use of nitrogen fertilizer, smaller applications may be sufficient. Several good varieties of corn are available in Chile, including short and full season hybrids. If water is limited, a short season hybrid may be used with greater assurance that enough water will be available to bring the crop to maturity. If irrigation water is not limited then the long season hybrid will produce higher yields

10. CONTROL NUMBER

PN-AAB-090 in English: PN-AAB-091 in Spanish

11. PRICE OF DOCUMENT

12. DESCRIPTORS

land management, fertility, variety, plant population, yield, irrigation, nitrogen fertilizer, hybrids

13. PROJECT NUMBER: 931-17-120-489

14. CONTRACT NUMBER: AID/ta-c-1103

15. TYPE OF DOCUMENT: Research Study

AID 590-1 (4-74)

PRODUCCION DE MAIZ BAJO RIEGO EN CHILE: AUMENTO DE RENDIMIENTOS A TRAVES DEL MANEJO INTENSIVO DE RIEGO

Por:

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Diciembre 1974

PRODUCCION DE MAIZ BAJO RIEGO EN CHILE: AUMENTO DE RENDIMIENTOS A TRAVES DEL MANEJO INTENSIVO DE RIEGO

por

R. Kern Stutler, Ingeniero Investigador

Don C. Kidman, Agrónomo Investigador

Utah State University

Juan Tosso T., Encargado del Departamento de Reigo

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Chile

Norbert Fritsch F., Profesor

Universidad de Chile

Traducción

por

Percy Aitken

El trabajo aquí presentado ha sido financiado por la Agencia International para el Desarrollo a través de su contrato AID/csd-2167 con la Universidad Estatal de Utah. Las opiniones aquí presentadas son las del autor y no representan necesariamente aquellas de la Agencia Internacional para el Desarrollo ni de la Universidad Estatal de Utah.

Utah State University
Logan, Utah

Diciembre, 1974

INTRODUCCION

La producción agrícola en Chile depende casi exclusivamente del riego, con excepción de la parte sur del país donde la precipitación pluvial provee suficiente humedad para el desarrollo de los cultivos durante su ciclo vegetativo.

Como en la mayoría del Hemisferio Occidental, el maíz ha sido uno de los cultivos alimenticios básicos de Chile y por supuesto ha estado altamente relacionado al riego. Durante el período de 15 años de 1954-1969, se sembró un promedio anual de 80.431 hectáreas de maíz con un rendimiento promedio de 24,9 quintales métricos (100 kilos) por hectárea con una producción anual de 2.002.730 quintales (200.273 toneladas métricas) (1).[1]

Los rendimientos estimados para el año 1970-71 son de 33,1 quintales por hectárea con 86.370 hectáreas sembradas. Se estiman 90.000 hectáreas de maíz sembrado para la temporada de 1972-73 y una producción total esperada de aproximadamente 280.000 toneladas. El consumo actual total de maíz en Chile es de 600.000 toneladas. La distribución aproximada del consumo es como sigue: 16%-17% para usos industriales, el cual incluye almidones, adhesivos y dextrosas; 16% para consumo humano incluyendo almidones, aceites, glucosas, colorante y maíz fresco; 67% para alimentación animal.

A fin de poder suplir la demanda interna de maíz, Chile debe importar 320.000 toneladas anualmente. Al aumentar el área sembrada de maíz o al aumentar los rendimientos por unidad de área, este déficit puede ser reducido.

A fin de ayudar en este problema, Utah State University, bajo contrato con la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, inició un programa de investigación en cooperación con la Estación Experimental de La Platina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarios de Chile (INIA) en 1969. Durante tres años se efectuaron investigaciones en maíz bajo condiciones de riego en el Valle de Aconcagua. Entre los factores estudiados se tomaron en cuenta: riego, fertilización con nitrógeno, variedades de maíz, y población de plantas. Los ensayos se condujeron utilizando y mostrando prácticas de cultivo mejoradas. Los resultados de la investigación fueron mostrados a los agricultores a través de ensayos demostrativos en cooperación con el Servicio Agrícola y Granodero de Chile (SAG).

Estos resultados de la investigación y de los programas de extensión se presentaron en informes anuales y en una publicación técnica (3, 4, 5, 7). El propósito de este boletín es el de presentar las recomendaciones resultantes de la investigación, y se dirige principalmente a los especialistas de extensión y a los productores Chilenos de maíz; y en segundo lugar, a los agricultores y extensionistas de otros países, los cuales encontrarán algunas de las recomendaciones de este documento aplicables a sus propias condiciones.

RECURSOS DE TIERRA Y AGUA

Area de Tierra

El área total de tierra bajo riego se estima en 1.171.000 hectáreas (6),

---

[1]Los números en paréntesis indican referencias bibliográficas.

o sea cerca del 31% de la tierra agrícola (excluyendo pastos) del país. Otras 80.000 hectáreas están también al alcance de canales y se han regado algunas veces en el pasado, pero en general por la escasez de agua, no se consideran como área bajo riego (7).

Se ha estimado que medio millón de hectáreas adicionales pueden ser económicamente regadas usando métodos de superficie. Esta área adicional sería aún mayor si se considerará el riego por aspersión en los terrenos con suelos y pendientes que no pueden considerarse regables usando los métodos de riego por gravedad (ver Figura 1).

El área regada actualmente, incluye una amplia gama de suelos y topografía. En su mayor parte éstos son suelos aluviales a lo largo de ríos que se originan en las altas montañas de Los Andes. Estos suelos generalmente son pobres en nitrógeno y fósforo, con niveles adecuados de potasio para la producción agrícola. Existen algunos suelos volcánicos en la parte sur del área de riego, los cuales presentan un problema especial con relación al fósforo.

Como es común con los suelos aluviales, hay también una amplia gama de texturas que varían desde franco arenoso a arcilloso. La capacidad de retención de agua para la mayoría de estos suelos varía de 6 a 15 cm. de agua por metro de profundidad. Debido a las actuales prácticas de cultivo, la estructura tiende a ser pobremente desarrollada. Los suelos que por su textura normalmente tendrían una infiltración adecuada, muchas veces su capacidad de absorción se encuentra reducida debido a su pobre condición física.

Cerca del 85% del maíz se siembra en 9 provincias, desde Aconcagua al sur hasta Ñuble. Aproximadamente la mitad del área sembrada de maíz en los últimos años está en las provincias centrales de Santiago, O'Higgins y Colchagua. Este área es responsable de más de la mitad de la producción en el país.

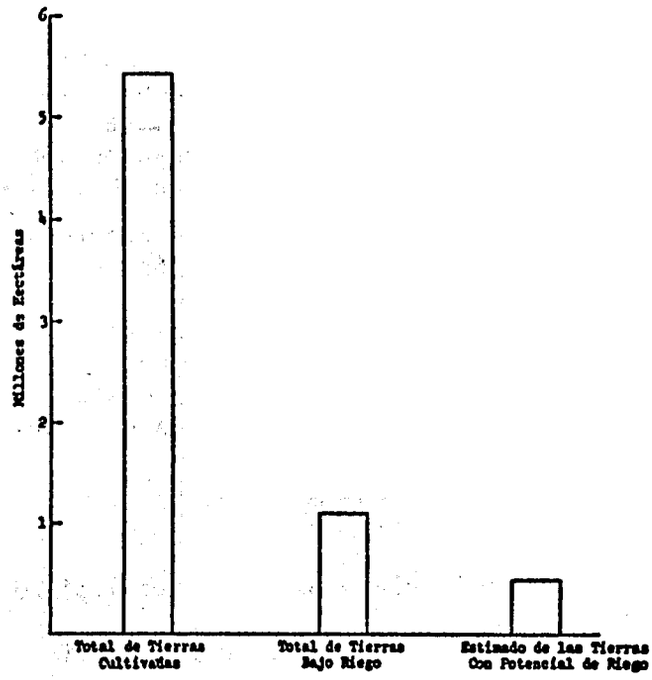


Figura 1. Uso de la Tierra Agrícola en Chile.

Las 86.000 hectáreas de tierra dedicadas a la producción de maíz representan el 7,4% del total de la tierra bajo riego.

Clima

El clima, y más específicamente la precipitación pluvial, varía a lo ancho, de este a oeste, del angosto territorio Chileno debido a las influencias de la cordillera de la costa y de la cordillera de Los Andes. Existe una variación aún mucho mayor de norte a sur.

En la parte norte del país, comúnmente referida como el "Norte Grande", se presenta un clima desértico con muy poca lluvia o ausencia total, excepto en las altas montañas. Más al sur, en el "Norte Chico", el clima viene a ser semiárido con un pequeño aumento en la precipitación. Toda la zona Central tiene un clima típicamente templado (8).

En general la precipitación pluvial aumenta de norte a sur, desde el bajo promedio de precipitación anual en Tocopilla de 3 mm., y 11 mm. en Antofagasta; a 344 mm. en Santiago, hasta 2.470 mm. en Valdivía. La mayoría de la precipitación ocurre durante los meses de invierno, así hay poco o nada de precipitación pluvial para uso agrícola durante la temporada de verano, excepto en la parte sur. Como resultado se tiene una alta dependencia de la producción agrícola en el riego.

Necesidades de Agua

Basándose en los datos climatológicos, la evapotranspiración del maíz ha sido estimada para cinco localidades en la zona de producción de maíz bajo riego en el país (9). Estas se muestran en el Cuadro 1 junto con el promedio anual de precipitación con 85% de probabilidad de precipitación (precipitación anual probable en 17 de 20 años). Debe recordarse que excepto por la precipitación muy limitada en Abril, en Linares y Chillán, no ocurre precipitación alguna durante el ciclo vegetativo del maíz.

Cuadro 1. Evapotranspiración Típica para Maíz y Precipitación Anual en Cinco Localidades en Chile (9)

Localidad	Precipitación		Evapotranspiración
	Promedio Anual	85% Probabilidad	
	milímetros		
Los Andes-San Felipe	305	106	750
Santiago	344	185	680
San Fernando	770	470	654
Linares	966	690	643
Chillán	1.033	785	637

Las necesidades de agua para riego dependen no solamente de la evapotranspiración sino también de los métodos de riego y de su eficiencia. Por ejemplo, tomando la evapotranspiración estimada para maíz en el área de Los Andes-San Felipe y el sistema recomendado de riego (surcos), se pueden estimar las necesidades de agua para riego; con algunas mejoras en el sistema actual de riego por surcos, se puede esperar una eficiencia razonable de 65%. El agua necesaria para riego a nivel de finca es de 1.150 mm. de profundidad ó 11.500 metros cúbicos por hectárea. Estas necesidades podrían ser reducidas por la cantidad de humedad del suelo acumulada en la zona de las raíces, dependiendo de las lluvias de invierno. En muchos años, sin embargo, este almacenamiento de humedad es prácticamente nulo.

Provisión de Agua para Riego

Como podría esperarse, la provisión de agua para riego también varía directamente con la precipitación y por lo tanto aumenta de norte a sur. El Instituto Chileno de Ingenieros ha dividido el país en varias regiones con respecto a la relación de tierra y provisión de agua (ver Figura 2) (6). La primera de estas regiones es la región de Aconcagua hacía el norte e incluye las cuatro provincias del norte: Tarapacá, Antofagasta, Atacama, y Coquimbo. En esta región el recurso limitante es el agua, puesto que hay más tierras aptas para el riego que disponibilidad de agua, aún con una máxima eficiencia en el riego. Esta región incluye el área "Norte Grande" con 12.600 hectáreas y el "Norte Chico" con 89.470 hectáreas de tierra bajo riego.

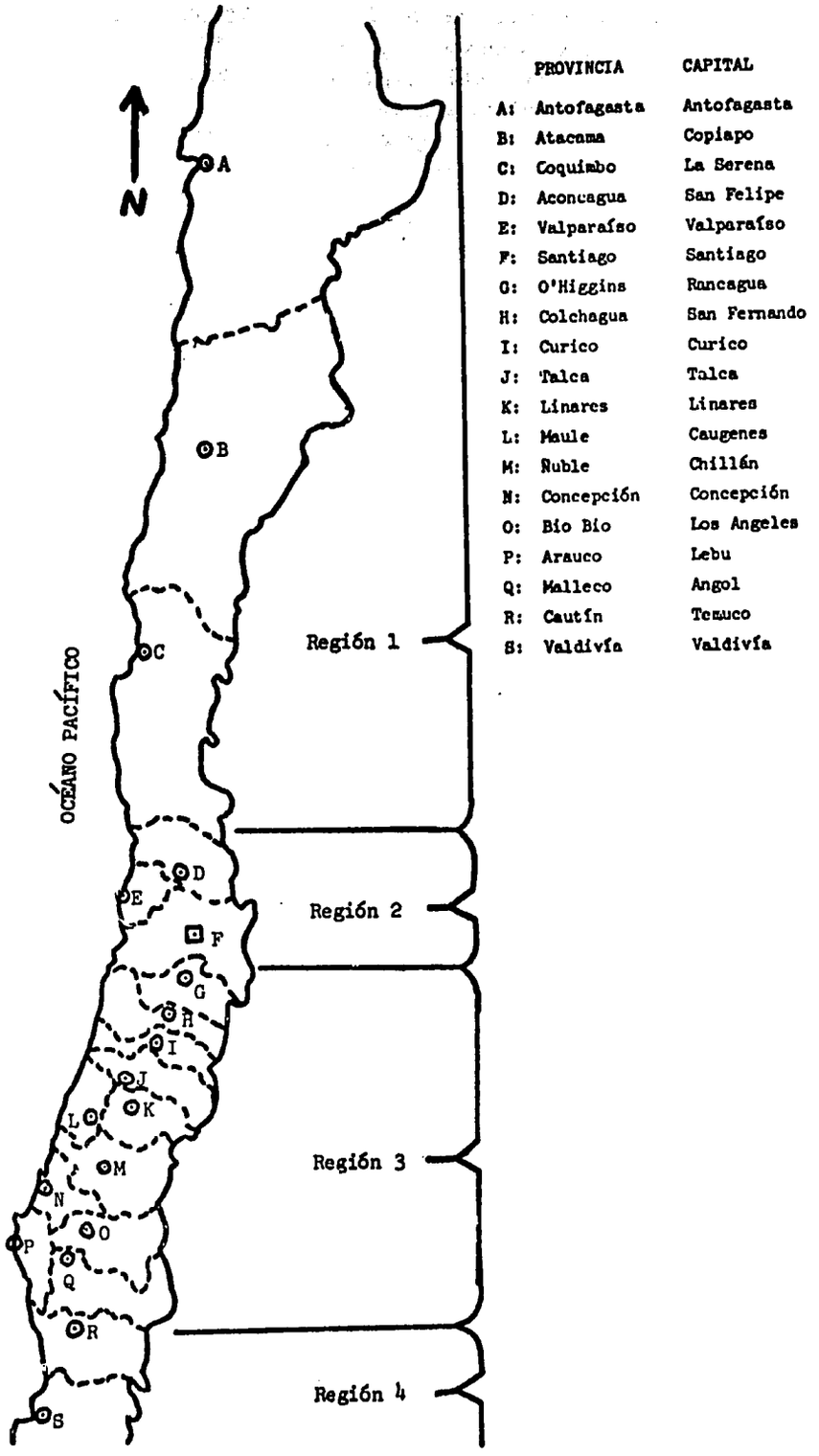
La siguiente región al sur, consiste de 303.500 hectáreas de tierra bajo riego, incluyendo los valles de Aconcagua y Maipo, y es la más importante del país debido a su desarrollo. Si el potencial de provisión de agua es utilizado eficientemente, las demandas para riego pueden alcanzarse en toda el área regable. Esta región comprende las provincias de Aconcagua, Valparaíso, y Santiago.

La tercera región está compuesta de 12 provincias desde O'Higgins al sur a Cautín, y tiene un área bajo riego de 761.730 hectáreas. Aquí, el factor limitante es la tierra apta para riego. Si toda la tierra apta fuera puesta bajo riego (se estima un área adicional de 600.000 hectáreas), existiría aún un exceso de agua para otros usos.

En la región sur, la cual se extiende desde Cautín al sur, el riego prácticamente no se usa debido a la abundancia general de precipitación pluvial. El área de riego es de solamente 3.360 hectáreas.

La mayor fuente de agua para riego es agua de superficie que fluye de los ríos que se originan en los Andes. Estos ríos van al oeste hacia el Pacífico. La nieve en las montañas sirve como una importante fuente de almacenamiento para la precipitación y su deshielo produce agua para riego durante los meses de verano. La falta de agua temporal puede ocurrir durante la parte inicial de la temporada, antes de que las temperaturas sean suficientemente altas como para derretir las nieves, y nuevamente durante la última parte de la temporada conforme los bancos de nieve van terminándose o la temperatura baja.

A pesar de que la gran mayoría de la provisión de agua es de fuentes de superficie, también se utiliza agua subterránea en una cantidad muy limitada. Hay casi 130 pozos para riego los cuales sirven 5.500 hectáreas en la Provincia de Santiago (2), posiblemente con un número igual en la Provincia de Aconcagua. El uso de agua subterránea se aumentó durante la sequía del año 1968-69.



	PROVINCIA	CAPITAL
A:	Antofagasta	Antofagasta
B:	Atacama	Copiapo
C:	Coquimbo	La Serena
D:	Aconcagua	San Felipe
E:	Valparaíso	Valparaíso
F:	Santiago	Santiago
G:	O'Higgins	Rancagua
H:	Colchagua	San Fernando
I:	Curico	Curico
J:	Talca	Talca
K:	Linares	Linares
L:	Maule	Caugenes
M:	Ñuble	Chillán
N:	Concepción	Concepción
O:	Bio Bio	Los Angeles
P:	Arauco	Lebu
Q:	Malleco	Angol
R:	Cautín	Temuco
S:	Valdivía	Valdivía

Figura 2. Mapa Parcial de las Regiones Bajo Riego de Chile.

La calidad del agua es generalmente buena y aún excelente en la parte bajo riego del sur del país. En la Provincia de Santiago algunas aguas son moderadamente salinas y en pocos lugares se ha encontrado toxicidad. Las concentraciones de sal tienden a aumentar al norte y las aguas en la región norte son generalmente de menor calidad, pero aún pueden ser utilizadas para el riego. Uno de los problemas principales en las provincias centrales de Aconcagua, Santiago, y O'Higgins, es la gran cantidad de sedimentos acarreados por los ríos y el subsecuente alto costo de mantenimiento y dificultadas de operación en los canales de distribución a nivel de finca.

INCREMENTO DE LA PRODUCCION DE MAIZ

Existen varias alternativas para el aumento de la producción de maíz en Chile. Se pueden mantener los rendimientos actuales y aumentar el área a sembrar para incrementar la producción total. Por otra parte, el área actual de maíz puede ser mantenida y aumentar la producción por unidad de área. Una tercera alternativa puede ser la combinación de estas dos, aumentar el rendimiento por hectárea y el área a sembrar. En la primera alternativa los costos de producción también aumentarían y el maíz competiría con otros cultivos por el uso de los recursos de agua y tierra. En vista de los bajos promedios de rendimiento (33 quintales por hectárea) de maíz en el país, parece lógico atacar el problema aumentando el rendimiento por unidad de área solamente, o tal vez en combinación con algún incremento en el área de tierra, en lugar de aumentar la producción total solamente con un aumento del área a sembrar. Esta presentación con relación a la producción de maíz, pondrá énfasis en el incremento por medio de métodos intensivos más que extensivos, ésto es, el aumento de los rendimientos por hectárea en las áreas actuales.

Muchos factores están involucrados en la producción de maíz y uno o muchos podrían enfatizarse en un intento de aumentar la producción. Entre los factores más importantes están: agua, fertilización, población o densidad de plantas, variedades, prácticas de cultivo, control de plagas y enfermedades, control de malezas, etc. En el trabajo experimental conducido en el Valle de Aconcagua durante tres años, como se ha mencionado anteriormente, los primeros cuatro de estos factores fueron estudiados como variables y se hicieron observaciones con relación al control de malezas y a prácticas de cultivo.

Para el propósito de este boletín, se pondrá énfasis y se darán recomendaciones para: agua de riego, preparación de suelo, densidad de plantas, variedades, y fertilización. Otros factores tales como enfermedades y control de plagas se omiten, puesto que no fueron un problema durante los ensayos. Estos, por supuesto, deberían ser controlados, para que las recomendaciones arriba mencionadas tengan efectos máximos en aumentar los rendimientos.

Manejo de Agua

Principios.--En la agricultura bajo riego, no hay un factor más importante que el agua. Esta importancia es generalmente reconocida pero muchas veces solamente en términos de sí existe o no agua para riego. Sin embargo, si el agua va a cumplir su función, debe pensarse que es un insumo manejable igual que semilla o fertilizante, en el cual no solamente hay que considerar las cantidades totales aplicadas sino también los métodos y frecuencias de aplicación.

La importancia de la humedad adecuada del suelo y su influencia en la producción del maíz fue claramente mostrada por los resultados de la investigación en el área de Los Andes, en los Fundos El Castillo y Condoroma. El Cuadro 2 presenta los promedios de los rendimientos de maíz en relación a las aplicaciones de agua para varios años y localidades. Estos mismos datos son mostrados gráficamente en la Figura 3. La producción aumenta rápidamente

Cuadro 2. Rendimientos Promedio de Maíz en Relación a la Lámina de Agua Aplicada

Localidad y Año	Rendimiento de Maíz qq/ha.	Lámina de Agua cm.
El Castillo 1970-71		
Alta humedad de suelo	122	92,1
Baja humedad de suelo	111	68,8
Condoroma 1970-71		
Alta humedad de suelo	93	75,4
Baja humedad de suelo	61	48,8
Condoroma 1971-72		
Interacción	63	53,3
Infiltración	44	44
Condoroma 1972-73	52	46

con un aumento en el agua aplicada hasta el nivel en que se llena el requisito de agua para el maíz.

El suelo en la zona de las raíces del cultivo actúa como un depósito para almacenar el agua aplicada por riego. Durante los períodos entre aplicaciones, las raíces de la planta extraen la humedad almacenada de este depósito. Es importante utilizar toda la capacidad de retención para evitar el riego frecuente. Esto se logra ajustando las aplicaciones de agua al consumo de agua por el cultivo, para que así el "depósito" en la zona de las raíces sea totalmente llenado con cada riego.

Por ejemplo, la humedad de suelo disponible que puede ser retenida por cuatro suelos de textura diferente se aproxima como sigue:

Textura del Suelo	Humedad Disponible Aproximada en cm. Profundidad de 30 cm.	Profundidad de 120 cm.
Franco arenoso fino	3,5	14
Franco limoso	4,5	18
Franco arcillo limoso	5,0	20
Franco arcilloso	5,7	23

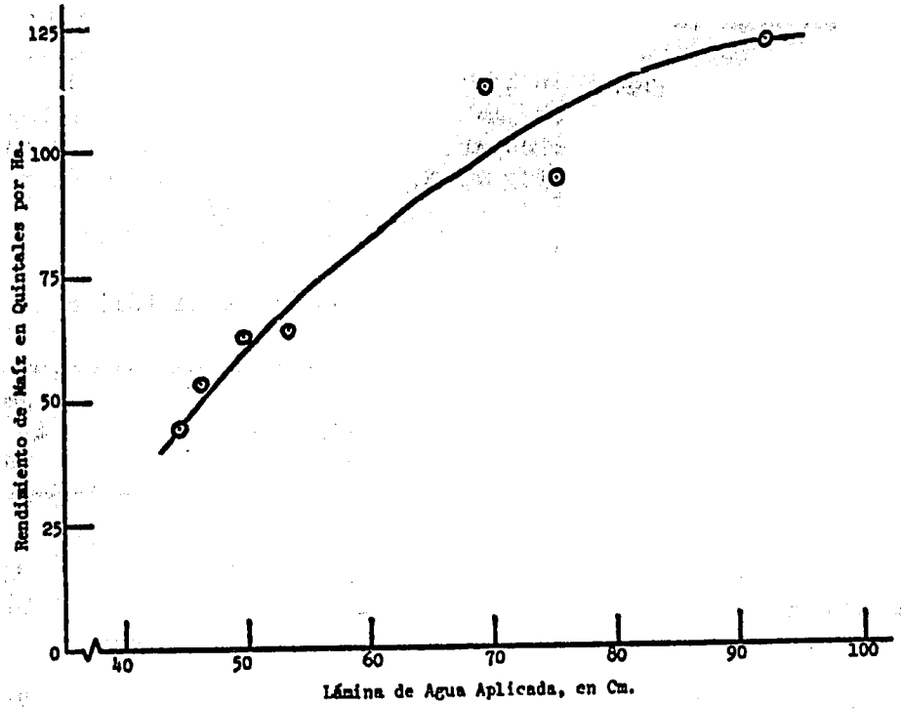


Figura 3. Relación Promedio entre Rendimiento y Agua Aplicado Durante Tres Años de Investigación en Maíz Bajo Riego en Chile.

Asumiendo que un suelo franco limoso al final de la temporada de riego no tiene humedad disponible; y que durante el invierno hay una acumulación de 30 cm. de precipitación, de la cual 50% es perdida por evaporación y drenaje, habrán 15 cm. de humedad disponible acumulada en el suelo. Entonces, se deben añadir 3 cm. de agua por riego para que la humedad de suelo llegue a su capacidad de campo a 120 cm. de profundidad. Además se estima que este mismo suelo tiene un grado de infiltración aproximado de 1 cm. por hora.* Si no hay problemas de estructura de suelo, se necesitarían 3 horas de riego para aplicar los 3 cm. de agua.

Debe indicarse que el riego para recargar las reservas de humedad del suelo antes de la siembra debería hacerse con anticipación. Durante el invierno, cuando la demanda para agua y mano de obra está en su punto más bajo, es la mejor oportunidad para considerar esta labor. Sin embargo, la importancia de iniciar el cultivo con una reserva total de humedad de suelo debe enfatizarse. La experiencia ha demostrado que esta práctica puede alargar el período antes del primer riego necesario a casi tres semanas después de la siembra.

La determinación del momento para el riego durante el período de crecimiento del cultivo puede hacerse en forma similar. Se recomienda regar o reemplazar la humedad del suelo cuando el 50% de la humedad disponible

---

*Ver página 11, Infiltración.

almacenada ha sido agotada. Para este problema es necesario determinar una tasa de agotamiento por día para el cultivo. En el área de Los Andes se estimó por la experiencia este uso de agua (evapotranspiración) para el maíz de alrededor de 1 cm. por día durante el período de evapotranspiración máxima. Usando nuevamente el suelo franco limoso como un ejemplo, el cual retiene alrededor de 18 cm. de agua en 120 cm. de profundidad, si 1 cm. por día es usado por evapotranspiración entonces sería necesario regar cada 9 días. El riego tendría una duración mínima de 9 horas (infiltración de 1 cm. por hora por 9 horas) para aplicar los 9 cm.

Si se observa el cultivo cuidadosamente, se puede predecir la frecuencia del riego. Si las plantas a mediodía muestran síntomas de marchitez generalmente es necesario el riego. Estos síntomas se observan conforme los bordes de las hojas superiores se doblan hacía adentro en forma de "v". Las hojas superiores cuelgan notablemente sin vida. Al programar el riego por este método se requiere experiencia y una cuidadosa observación del cultivo. Se corre el riesgo de que si espera hasta que el cultivo muestre síntomas de que se puede regar el campo en su totalidad. Otro método usado por algunos agricultores se llama el "tacto" o método de "bola". Esto consiste simplemente en tomar un puñado de tierra de 20-30 cm. de profundidad. Si la tierra mantiene su forma cuando se moldea se considera generalmente húmedo, si no, es tiempo de regar.

La Figura 4 ilustra una columna de suelo con su "depósito" en tres distintos estados de almacenamiento de agua. Debería notarse que este "depósito" es rellenado de arriba hacía abajo, cuando está parcialmente lleno el agua se mantiene en la porción superior; conforme el agua se mueve através de los poros del suelo una parte del agua es retenida. La parte más baja se lleva solamente conforme se va llenando la parte superior y desando la a su capacidad. Si se aplica agua adicional después de que el "depósito" está lleno, el agua percola abajo de la zona de las raíces.

El Caso 1 de la Figura 4 representa una liviana (superficial) e inadecuada aplicación, la cual utiliza solamente una porción de la capacidad de retención del suelo dentro de la zona normal de la raíz. Existe una cantidad limitada de la humedad del suelo para el uso del cultivo durante el período entre riegos, los cuales tienen que ser repetidos frecuentemente. Estos riegos livianos (superficiales) y frecuentes en general son menos eficientes, así como inconvenientes desde el punto de vista de manejo y de mano de obra. La zona de las raíces del cultivo es artificialmente restringida y los rendimientos pueden reducirse debido a la limitada existencia de humedad en el suelo.

El Caso 3 representa un riego profundo donde la cantidad de agua aplicada es más de la que puede ser retenida en el suelo y el exceso se pierde debajo de la zona de los raíces del cultivo. Este exceso no es aprovechado por la planta debido a que no puede ser alcanzado por las raíces. No solamente se pierde el agua sino también acarrea nutrientes por lixiviación más allá de la zona de las raíces.

El Caso 2 representa el riego óptimo donde se llena completemente el suelo a su capacidad de campo en la zona de las raíces, pero con un poco de exceso "solamente suficiente como para tener un balance de la salinidad en el suelo." Esto asegura que la humedad estará al alcance de las raíces durante los períodos entre riegos, los cuales serán menos frecuentes, y que el cultivo utilizará la totalidad de su zona normal de raíces.

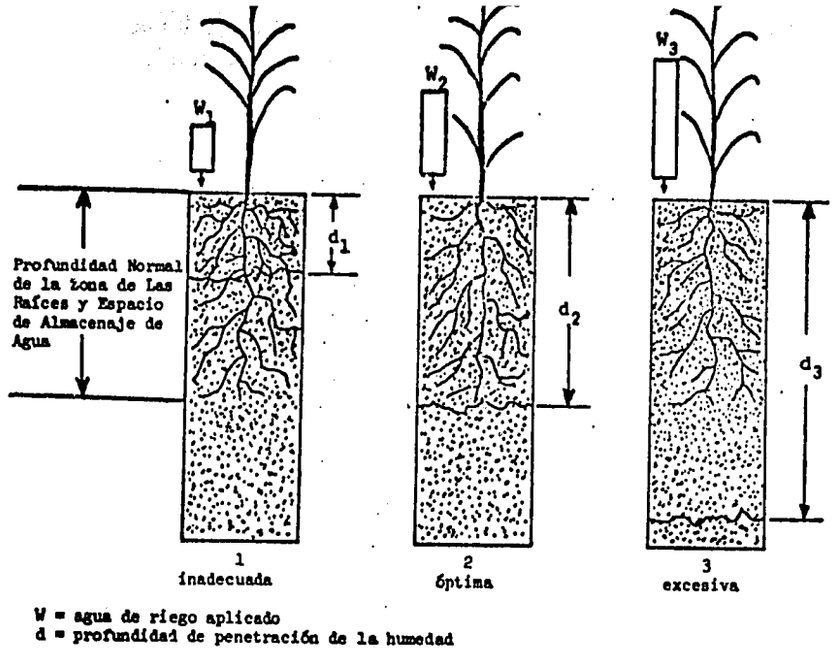


Figura 4. Columna de Suelo Típico Mostrando la Zona de Almacenamiento de Humedad y Tres Aplicaciones de Riego.

Métodos.--Los métodos tradicionales tanto para el riego de maíz como para muchos otros cultivos es un tipo de inundación, localmente llamado "tendido". El método consiste en hacer una serie de zanjas aproximadamente paralelas a la largo del campo, espaciadas de 20 a 50 metros, y desviar el agua de estas zanjas para la inundación de las áreas entre ellas. El agua entra directamente en contacto con las plantas y puede producirse erosión. El resultado es una aplicación poco uniforme y no profunda, similar a la ilustrada en el Caso 1, porque el agua se mantiene en el campo solamente por un corto período. Los requisitos de mano de obra son altas y, por el hecho de que hay poco control en el agua, el método no se presta para mejorar las técnicas de riego (Figura 5).

Durante la experiencia através de la investigación y la demostración en Chile el maíz se regó por el método de surcos. Se usaron sifones para distribuir el agua en los surcos y para controlar el volumen del agua en éstos. Este método ofrece varias ventajas sobre el tradicional. El agua puede ser controlada para prevenir la erosión, y puede mantenerse en el campo tanto tiempo como sea necesario para permitir su penetración a una profundidad total de la zona de las raíces, y el riego se asemeja a la presentada en el Caso 2.

La importancia de un riego adecuado, no solamente durante la temporada de crecimiento sino también durante la época de presiembra, se demostró durante la investigación en el Fundo El Castillo. Una lámina de 21 cm. se aplicó antes de la siembra, lo cual llenó totalmente la zona de las raíces. Solamente tres riegos adicionales, con una lámina de aplicación promedia de

Figura 5. Riego Tradicional por "Tendido".

15 cm., fueron necesarios para producir un rendimiento de 111 quintales por hectárea. Aunque los riegos fueron poco frecuentes, había una humedad del suelo adecuada para el cultivo durante los períodos entre riegos, debido a que el suelo se llenaba a su capacidad de campo en cada riego. Las Figuras 6 y 7 muestran los riegos.

Por supuesto, si el agua se deja demasiado tiempo en el campo, se tendría una aplicación similar como aquella en el Caso 3, especialmente en la parte superior de la parcela. Sin embargo, con una preparación adecuada de la tierra y una combinación correcta de caudales en los surcos, longitud de los surcos, y tiempo de riego las pérdidas pueden ser mínimizadas y se lograrían aplicaciones uniformes. El riego por surcos se recomienda para maíz, puesto que puede hacerse una aplicación adecuada con un mínimo de erosión y mano de obra.

Infiltración.--Aún con el riego por surcos, donde el tiempo de riego puede ser controlado, la penetración del agua puede ser limitada debido a bajos grados de infiltración.

Algunos de los suelos usados para la producción de maíz en Chile tienen un bajo nivel de infiltración debido a la textura o la estructura del suelo.

Este problema fue notorio en los suelos del Fundo Condoroma. En este lugar aún después de 18 horas de riego, el agua no había penetrado a los 45 cm. de profundidad. Esto limitó la zona de las raíces aproximadamente a una tercera parte de la profundidad que el maíz ocuparía normalmente y resultó

Figura 6. Riego de Presiembra por Surcos con Sifones.

Figura 7. Riego por Surcos con Sifones.

en la necesidad de riegos más frecuentes. El efecto fue una reducción del 25% en el rendimiento en comparación al Fundo El Castillo donde la infiltración de agua y la penetración no fueron problema.

Un ejemplo más claro aún en diferencias de rendimientos debido a una mayor disponibilidad de humedad en el suelo causado por las diferencias de pendiente en el suelo ocurrió en las parcelas de investigación del Fundo Condoroma. Los niveles de nitrógeno, poblaciones de plantas y variedades se estudiaron como variables y las pendientes en las parcelas variaron de 0,0 porciento a 1,05 porciento.

Durante la temporada se observó que el crecimiento del maíz fue mucho más vigoroso en las parcelas planas. Después de la cosecha, los datos de rendimiento fueron evaluados con relación a los grupos de parcelas según la pendiente. La relación se muestra en la Figura 8. El rendimiento se bajó con el aumento de la pendiente y se aumentó entre los grupos de pendientes con niveles más altos de nitrógeno.

La diferencia en los rendimientos de maíz relacionada a la pendiente de las parcelas se explica enteramente en términos de la disponibilidad de humedad. Esto es, la penetración del agua se aumentó conforme la parcela era más plana, aparentemente se resultó de una velocidad menor y de un área mojada mayor en el surco, favoreciendo oportunidad de infiltración.

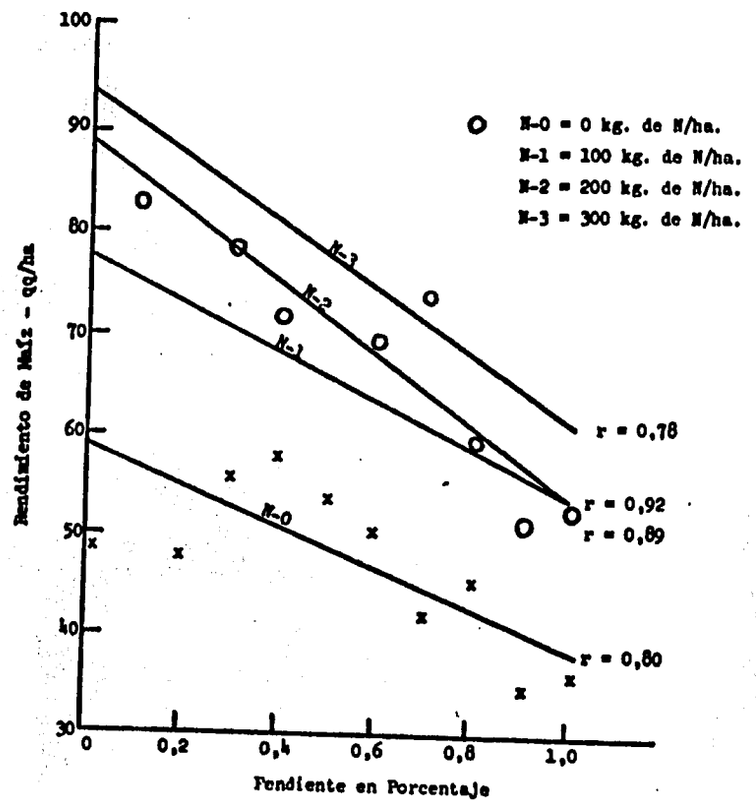


Figura 8. Rendimiento de Maíz Influenciado por la Pendiente de las Parcelas y el Nivel de Nitrógeno.

Estos ejemplos claramente muestran el efecto de un grado bajo de infiltración que reduce los rendimientos. Entonces la pregunta que debe hacerse es, qué puede hacerse para mejorar la infiltración de agua en estos suelos? En Chile es común retirar el residuo de la cosecha anterior antes de empezar la preparación de la tierra. En Condoroma se realizó un ensayo para evaluar los efectos de incorporar los residuos de los cultivos, a fin de mejorar las condiciones físicas de los suelos y el grado de infiltración.

Dos niveles de residuos de maíz fueron incorporados en un lote sembrado de maíz el año anterior. El primer nivel fue el que se dejó después del pastoreo durante el invierno. El segundo nivel fue el doble y aproximadamente equivalente al total del residuo del cultivo antes de ser dedicado al pastoreo. En la parcela testigo el residuo fue retirado antes de la preparación de la tierra para simular la práctica actual.

Durante el ciclo vegetativo del cultivo, las parcelas testigo mostraron síntomas de falta de humedad, mientras que la mayoría de las parcelas que tenían el doble del residuo mostraron un mejor desarrollo, como se ilustra en la Figura 9.

Los rendimientos mostraron un aumento de 38 porciento; de 40 quintales por hectárea en la parcela de testigo a 55,5 quintales por hectárea en las parcelas con el doble nivel de residuo. Estos aumentos reflejan el aumento de humedad disponible mejorando la infiltración de agua, al incorporar los residuos de la cosecha. Se demostró también que el problema de baja infiltración puede ser eliminado, por lo menos en parte, con un buen manejo del suelo. Se recomienda la incorporación de los residuos en lugar de retirarlos. No se deben incorporar profundamente, es mejor mantenerlos cerca de la superficie donde pueden tener un efecto máximo en la infiltración de agua de riego.

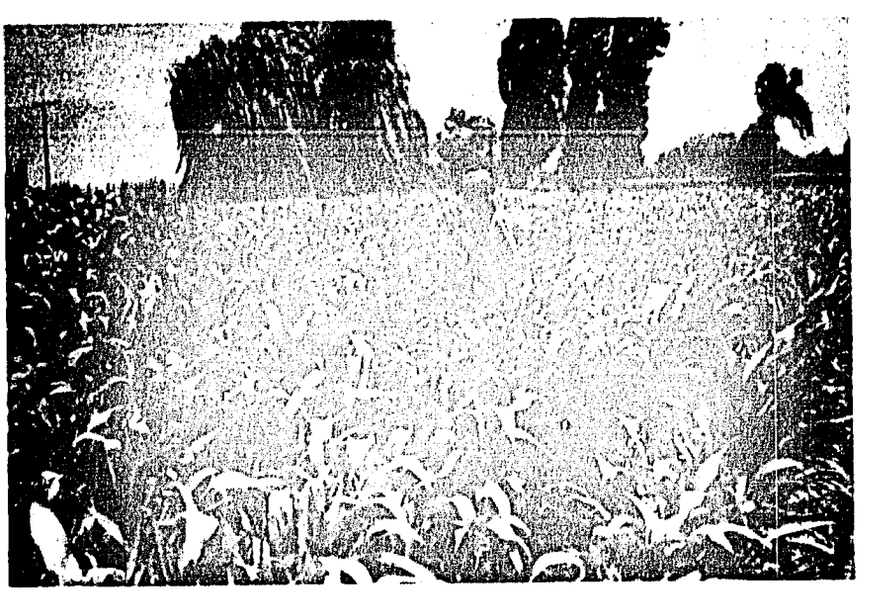


Figura 9. Parcelas Tratadas con Residuos de Maíz.

El siguiente cuadro puede tomarse como guía para determinar el grado de infiltración para suelos de distintas texturas.

Textura del Suelo	Grado de Infiltración Aproximada (cm/hr)
Franco arenoso fino	1,27
Franco limoso	1,00
Franco arcilloso limoso	0,76
Franco arcilloso	0,50

La textura del suelo no puede cambiarse, pero la estructura es en gran parte producto de su manejo. La incorporación de residuos de cultivos en la superficie del suelo y el evitar prácticas que causen la compactación del suelo ayudarán a mantener una buena estructura del suelo.

Manejo del Suelo

El manejo del suelo es importante en la producción de maíz y consiste en ejecutar cuidadosamente varias prácticas para logar una producción máxima de maíz. Estas prácticas en general son:

1) la preparación de los residuos del cultivo anterior (rastrojo) para ser incorporados al suelo;
2) el arado;
3) el riego;
4) la preparación de la cama de semilla;
5) la siembra; y
6) la cultivación.

Un método para la preparación de los residuos del cultivo a incorporar es pasar la rastra pesada. Donde las cosechas dejan un residuo muy leñoso, éstos pueden ser cortados en pedazos con una picadora para lograr mayor eficiencia. La quema de los residuos no debe practicarse. Los residuos del cultivo deberían ser devueltos al suelo a fin de mantener el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo. Ambos son factores importantes en la agricultura bajo riego desde el punto de vista de la infiltración de agua y de la capacidad de retención de humedad para uso de los cultivos.

El arado deberá pasarse antes del riego de presiembra. Bajo condiciones donde la parcela es demasiado seca y el arado deja terrones grandes de suelo compacto y seco, es mejor regar uniformemente antes de arar. La profundidad del arado debería ser suficiente para cubrir adecuadamente los residuos de las plantas, para que no puedan causar problemas en la siembra o cultivo de la parcela. Una profundidad de 25-30 cm. permite que las raíces se crezcan y se expandan sin restricciones causadas por suelos compactos. Estas restricciones muchas veces ocurren debido al uso de maquinaria sobre los campos durante la temporada anterior, o debido a que el ganado ha pastado en los lotes durante el invierno.

El riego, como se ha indicado antes, es simplemente un medio para mantener la humedad en el suelo. El riego por surco ayuda a asegurar una distribución uniforme del agua a lo largo de la parcela (Figura 6). Los surcos pueden hacerse usando un tractor con cultivadora a un espacimiento según el cultivo (Figura 10).

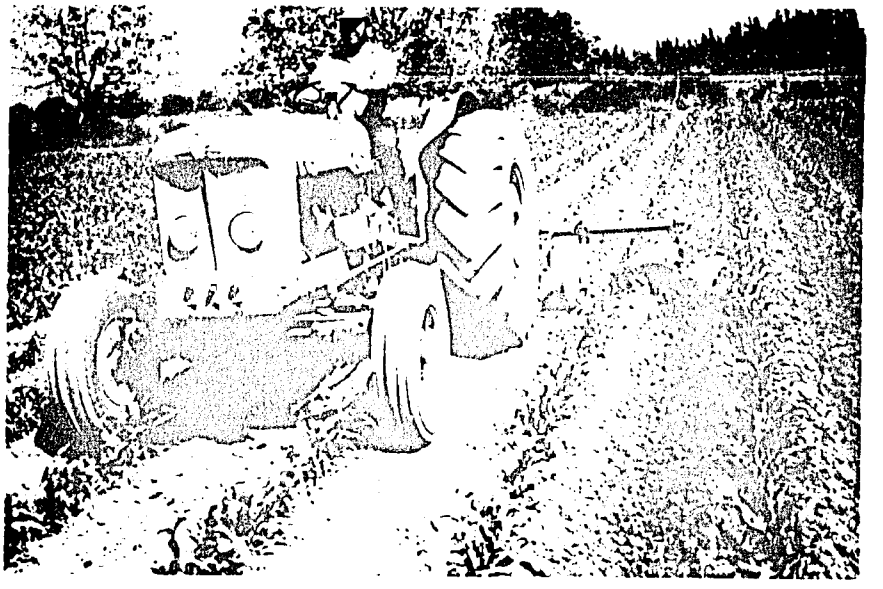


Figura 10. Cultivando y Formando Surcos para Riego.

La preparación de la cama de semilla se inicia después del riego, generalmente con un peso de rastra de discos. Es importante que esta operación sea planificada oportunamente. Un suelo recién regado no puede resistir el peso del tractor y esto deja pisadas de llanta, compactando el suelo. Si se espera unos días para meter el tractor, se evita este problema. Es aconsejable adaptar una rastra de clavos a la rastra de discos a fin de romper los terrones de suelo que quedan en la superficie como consecuencia del peso de los discos, los cuales al secarse, se dificultan el manejo del suelo (Figura 11).

Luego de haber pasado la rastra de discos, debe usarse una niveladora. Dos pasadas en direcciones opuestas generalmente son necesarias para asegurar un campo nivelado. Esto facilitará las operaciones de siembra, cultivos, y riego. Así como en el caso de la rastra de discos, aquí también puede ser de gran ayuda acoplar una rastra de clavos a la niveladora. Esto ayudará a crear una superficie suelta, lisa, y seca, que rompe la capilaridad. Una superficie suelta y seca prevendrá una evaporación rápida de la humedad del suelo, evitará el recrecimiento de las malezas, y facilitará cultivar el maíz luego de que éste emerge (Figura 12).

La siembra puede considerarse la más importante de las operaciones en la producción de maíz. Su éxito depende de cuan buenas han sido las operaciones previas. Por lo tanto deben planearse cuidadosamente los siguientes puntos:

Semilla.--Se disponé de buenas variedades híbridas en Chile, tanto de ciclo corto como largo. Los agentes de extensión y las compañías productores de semilla ayudan a los productores a escoger la variedad más apropriada para sus condiciones.

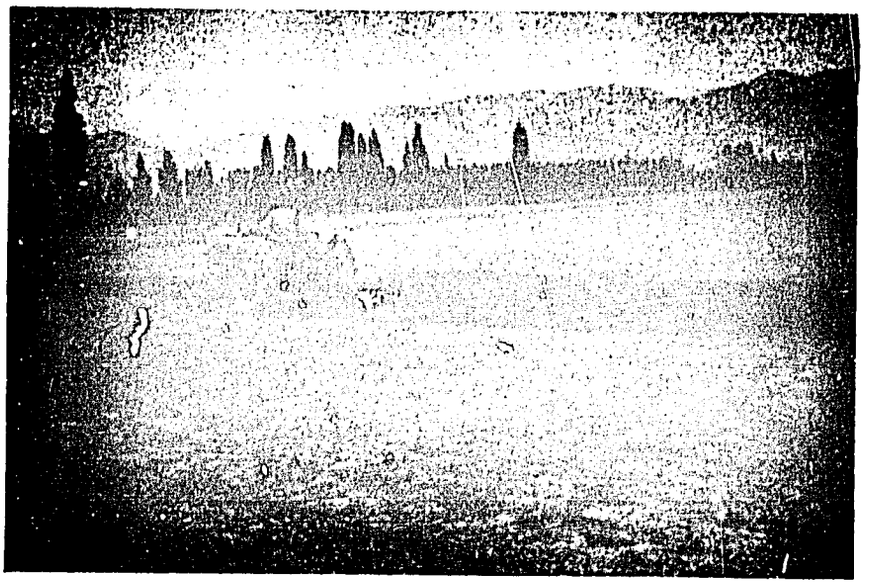


Figura 11. Preparación de la Cama de Semilla.

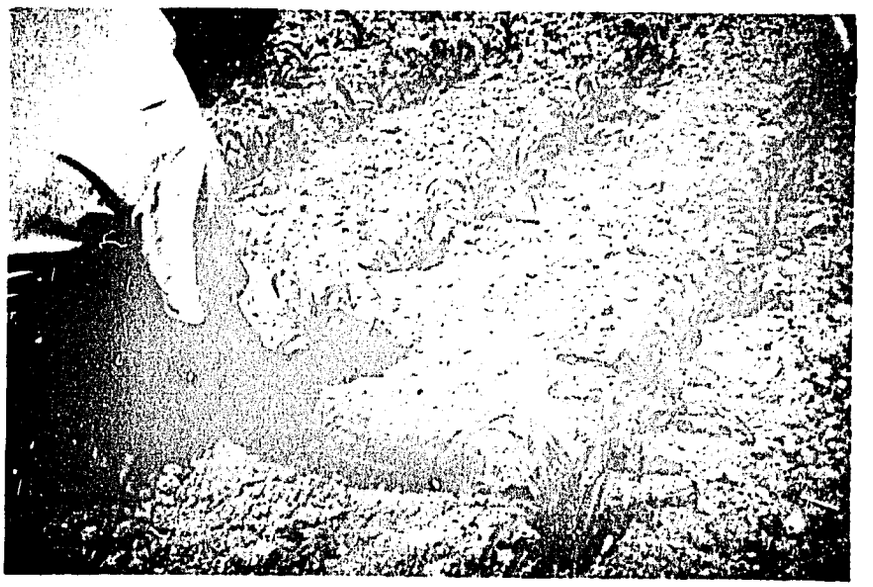


Figura 12. Retención de Humedad del Suelo.

Platos de las sembradoras.--Las semillas de maíz varían en su tamaño según las variedades. Los platos de la sembradora deben seleccionarse para que ésta pueda acomodarse al tamaño de la semilla y hasta cierto limite ajustar la tasa de siembra.

Distanciamiento de siembra.--En la mayoría de las sembradoras puede ajustarse el distanciamiento de siembra. La calibración puede hacerse arrastrando la máquina sembradora sobre una superficie dura como un camino, contando luego la cantidad de semilla depositada en una distancia medida.

Profundidad de la semilla.--La máquina sembradora deberá ser ajustada en el campo para depositar la semilla en suelo húmedo a una profundidad de 5 a 7 cm.

Funcionamiento de la máquina sembradora.--La sembradora debería ser cuidadosamente examinada y puesta en las mejores condiciones posibles para garantizar una operación sin problemas.

El cultivo y control de malezas es más efectivo cuando el maíz tiene de 25 a 30 cm. de altura. Las buenas prácticas empleadas hasta este punto permitirán al maíz crecer rápidamente, y normalmente estará mucho más alto que la mayoría de las malezas. La tierra seca en la superficie puede ser tirada por las palas del cultivador hacía las plantas de maíz en los bordes de los surcos a fin de cubrir las malezas. Esto puede ser hecho usando cultivadores de pala o discos o una combinación de los dos. Las palas dejarán el campo ya con surcos para el riego (Figura 10).

Fertilización

Las únicas deficiencias de nutrientes identificadas para las plantas en el Valle de Aconcagua han sido asociadas con nitrógeno y fósforo. Por esta razón no se recomienda ningún otro elemento de fertilización. Las recomendaciones para nitrógeno y fósforo están basadas en análisis de suelo e historia de los cultivos. Existe un efecto residual de aplicaciones de nitrógeno y fósforo a los cultivos. El nitrógeno se extiende y alcanza al segundo año y el fósforo al tercer y cuarto año.

El efecto de las aplicaciones de nitrógeno efectuadas en temporadas previas se muestra en los datos del Cuadro 3. Los resultados son de dos sitios experimentales que recibieron varias dosis de nitrógeno como fertilizante.

Cuadro 3. Rendimiento Promedio de Maíz con un Contenido de Humedad de 15%

Niveles de Nitrógeno en kg/ha	Rendimiento en qq/ha	
	El Castillo	Condoroma
0	121,34	70,23
100	114,32	76,19
200	116,89	70,69
300	114,10	81,09
400	115,70	71,14

Los datos indican que las parcelas que no recibieron nitrógeno rindieron esencialmente la misma cantidad que las parcelas que variaban en dosis de 100-400 kg. por hectárea. Esto simplemente quiere decir que había suficiente nitrógeno residual dejado de las temporadas anteriores a fin de poder cumplir con las necesidades de los cultivos. Esto sucede debido a las repetidas y altas dosis de nitrógeno. Por otra parte, la experiencia ha demostrado que muchas parcelas en el Aconcagua no están bien provistas de nitrógeno y por lo tanto responden favorablemente a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado. La Figura 13 presenta la respuesta promedio a nitrógeno en 13 localidades durante dos años. La Figura 14 muestra los efectos del nitrógeno en uno de estos lugares.

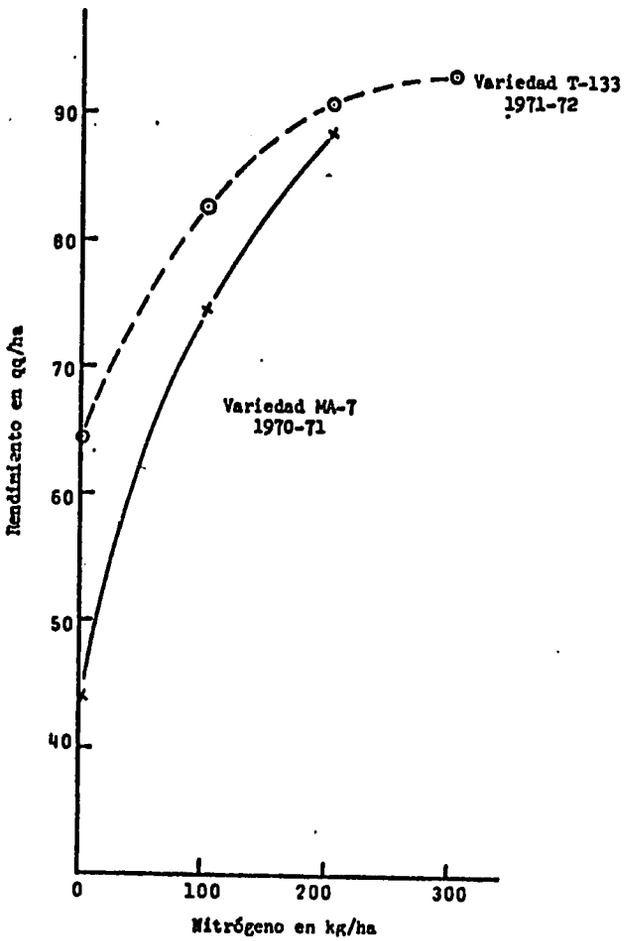


Figura 13. Rendimiento Promedio de Maíz para 13 Lotes Demostrativos en Aconcagua en Relación a los Niveles de Nitrógeno.

Figura 14. Vista de las Parcelas de Tratamiento de Nitrógeno Incluyendo Parte de la Parcela "Testigo" que Muestra Síntomas de Deficiencia.

La cantidad de nitrógeno necesaria para aumentar las utilidades depende de la cantidad de nitrógeno acumulada en el suelo debido al uso de este fertilizante en temporadas anteriores. La Figura 13 muestra que el tercer incremento de nitrógeno (de 200 a 300 kg. por hectárea para el año de la cosecha 1971-72) produjo un aumento en rendimiento de alrededor de 300 kg. por hectárea de maíz. Puesto que el costo de 100 kg. de nitrógeno en forma de urea, en esa época, era de más o menos 350 Escudos y que el valor de 300 kg. de maíz, en la misma época, era de más o menos 200 Escudos, el aumento del rendimiento de maíz no daba utilidad.

Según la Figura 13 podría suponerse que la parcela promedia de maíz en Aconcagua respondería mejor en rendimiento a 200 kg. de nitrógeno por hectárea. Todas las parcelas de maíz no son homogéneas, difieren en relación a sus antecedentes de cultivo a prácticas de fertilización.

El siguiente cuadro sirve como guía para las recomendaciones de fertilizante nitrogenado bajo algunas de las condiciones variables.

Aplicaciones Previas de Nitrógeno		Necesidades de Nitrógeno en kg por Hectárea
Alta	(200-300 kg. por hectárea)	0-50
Moderada	(150-200 kg. por hectárea)	100-150
Liviana	(50-100 kg. por hectárea)	200

La forma de nitrógeno que debería emplearse, entre las disponibles, es aquella que sea menos cara por kilo de elemento de nitrógeno.

El fósforo generalmente se usa a razón de 70 a 75 kilos de P_2O_5 por hectárea para la producción de maíz en Aconcagua. Las muestras de suelo del á. . verifican la validez de esta práctica. Se deberían tomar muestras de suelo para análisis de fósforo cada 2-3 años para asegurarse que los niveles adecuados son mantenidos. Los servicios de extensión se pueden aprovechar para este tipo de análisis.

Variedad y Población

En Chile existen excelentes variedades de maíz al alcance de los productores. Tanto "Tracy y Compañía" como "Funk" han aumentado las variedades híbridas dentro del país. También existe un buen programa de mejoramiento de semillas en el Ministerio de Agricultura y Ganadería y algunas variedades buenas de maíz se obtienen ahora de esta fuente.

Tres variedades se usaron durante los tres años de investigaciones en Chile. Ellas fueron las variedades T-133 y T-90 de Tracy y Compañía y un híbrido Chileno, MA-7.

La variedad de ciclo largo T-133 dió rendimientos más altos que la variedad de ciclo corto T-90, y ambas variedades produjeron rendimientos más altos en una densidad de 90.000 plantas por hectárea que con una densidad de 60.000 plantas, durante los primeros años experimentales.

Los experimentos de 1970-71 en El Castillo y Condoroma con la variedad de maíz MA-7 resultaron en promedios más altos de rendimiento con 60.000 plantas por hectárea que con 90.000 plantas por hectárea. Estos datos se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Rendimiento Promedio de Maíz al 15% de Contenido de Humedad. Variedad MA-7

	Rendimiento en qq/ha	
Población	El Castillo	Condoroma
60.000 plantas por ha.	118,8	82,07
90.000 plantas por ha.	114,12	65,56

Las investigaciones en Condoroma en 1971-72 muestran que se obtuvieran rendimientos más altas de las variedades T-133 y MA-7 con una densidad de 65.000 plantas por hectárea, que con 50.000 ó 80.000. Esto se muestra gráficamente en la Figura 15. Los datos de tres años de investigación indican que las diferentes variedades de maíz responden en forma distinta a las densidades de población. La densidad de población actual del maíz es estimada por el SAG en un promedio de 40.000 plantas por hectárea. Esto es muy bajo, para cualquier variedad que use (ver Figura 16). Ambas variedades T-133 y MA-7 parecen responder mejor entre 60.000 y 70.000 plantas por hectárea. Tal

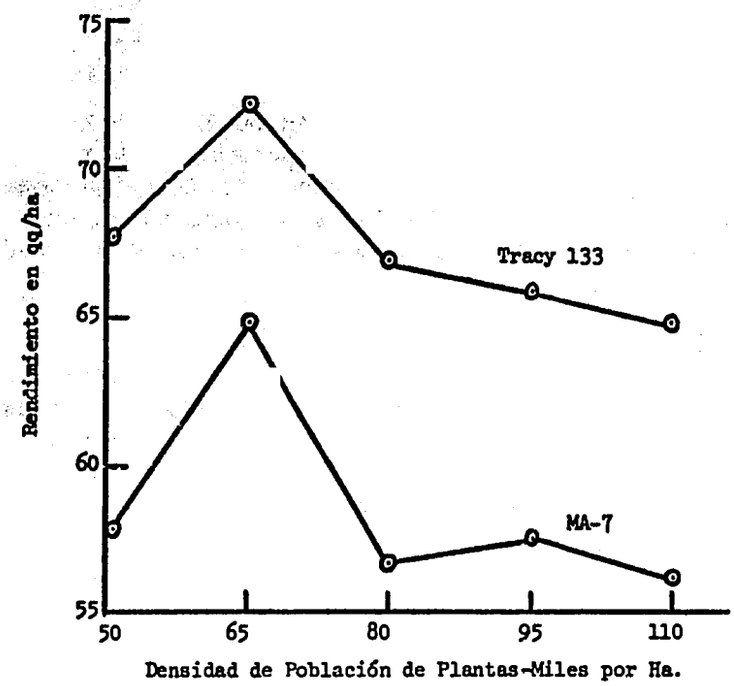


Figura 15. Rendimiento del Maíz Influenciado por Población y Variedad.

Figura 16. Parcelas Mostrando Diferencias en Densidad de Población de Plantas.

vez la T-133 debería rendir mejor con una población más cerca a las 70.000 plantas y MA-7 a las 60.000. Sin embargo, las diferencias de rendimiento no son tan grandes y las poblaciones de plantas en este intervalo para T-133 y MA-7 parecen ser una buena recomendación.

Las densidades de plantas estudiadas presentaron un distanciamiento de 86 y 100 cm. entre surcos. Se varió la distancia entre plantas para obtener la densidad de población deseada. Este distanciamiento entre surcos es común en el área y permite el uso de maquinaria para sembrar, cultivar, y cosechar.

La selección de híbridos de ciclo largo o ciclo corto generalmente se basa en dos consideraciones. La primera es la disponibilidad de agua para riego. Si la disponibilidad de agua es limitada, se puede usar un híbrido de ciclo corto con la seguridad de que el agua disponible será suficiente para el cultivo. Si el agua para riego no está limitada, entonces por supuesto, el híbrido de ciclo largo da mayores rendimientos. La segunda consideración es tiempo. Las variedades difieren en el número total de días necesarios para que el cultivo madure. Una variedad puede por lo tanto ser escogida dentro de limites razonables para aprovechar el tiempo disponible.

Por ejemplo, un cultivo temprano de hortalizas puede ser seguido por uno de maíz de ciclo corto que usaría el resto de la temporada. Otra consideración podría ser dos cultivos de maíz híbrido de ciclo corto, uno después del otro, en lugar de un solo cultivo de maíz híbrido de ciclo largo. Un híbrido de ciclo corto puede tener un lugar importante en programas de cultivos dobles o múltiples.

Costos e Ingresos

Como ejemplo de los aumentos potenciales de producción y de su significado económico para los productores de maíz, se calculó el costo promedio de producción por la Oficina del SAG de San Felipe, basándose en los datos de los ensayos demostrativos de 1970-71 (3). Estas cifras de costo de basaron en promedios de rendimiento de maíz de 45 quintales por hectárea para el período 1967-70. El costo total de producción por hectárea, excluyendo el fertilizante nitrogenado, fue de 1.251 Escudos. Los resultados de rendimiento de maíz mostrados en la Figura 13 para la cosecha del año 1970-71, fueron evaluados en términos de costos de producción. La Figura 17 muestra la relación entre el costo de producción y los ingresos. El precio promedio para maíz en 1971 fue de 100 Escudos por quintal. Así, el ingreso bruto por hectárea y el costo de producción son casi iguales a un nivel de nitrógeno 0. Con el nivel de 100 kilos de nitrógeno por hectárea, hubo un aumento de 64 por ciento en rendimiento de maíz con sólo 9 por ciento de aumento en los costos de producción. En el nivel de los 200 kilos de nitrógeno por hectárea, hubo un aumento de 96 por ciento en rendimiento de maíz con un aumento de 21 por ciento en los costos de producción.

Debería ponerse énfasis en el hecho de que los rendimientos de maíz aquí presentados fueron obtenidos no solamente bajo condiciones experimentales controladas sino también en fincas privadas y centros de reforma agraria. Si bien las actividades del programa estuvieron limitadas a maíz en la Provincia de Aconcagua, las recomendaciones pueden ser aplicadas en otras áreas productores de maíz en Chile y muchas de las técnicas de manejo pueden ser también aplicadas a otros cultivos.

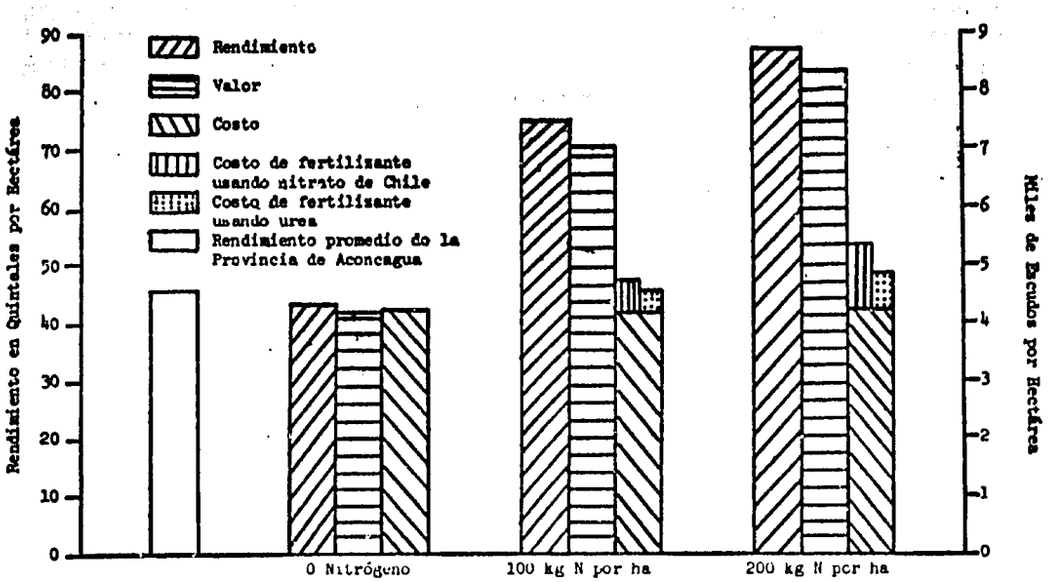


Figura 17. Rendimientos Promedios, Costos de Producción y Valor Bruto de Producción de Maíz en los Lotes de Demostración - Aconcagua.

RESUMEN Y RECOMENDACIONES

El programa de tres años involucró la investigación y demostración de los conceptos modernos del manejo de agua de riego para maíz y se llevó a cabo en la Provincia de Aconcagua. El riego, manejo del suelo fertilización, variedad y densidad de población de plantas fueron enfatizados. Los resultados prueban que los rendimientos potenciales de maíz están por encima de los niveles actuales de producción. Al adoptar las prácticas de este boletín, los productores de maíz pueden aumentar los rendimientos por lo menos en un 150% con los recursos disponibles. Si bien toda la investigación fue conducida en la Provincia de Aconcagua, la tecnología puede ser transferida a otras provincias en el área de producción de maíz con pequeñas modificaciones o adaptaciones.

En base a los resultados del proyecto, las siguientes recomendaciones pueden hacerse para logar un aumento en la producción de maíz en Chile.

Riego

Un programa de riego bien planeado, con frecuencias y cantidades adecuadas, es necesario para aumentar la producción, puesto que el maíz es muy susceptible a la falta de humedad. La falta de humedad, aún por períodos cortos, particularmente durante la época crítica de floración, reducirán drásticamente los rendimientos.

Tal vez el riego individual más importante es el anterior a la preparación de la cama de semilla y la siembra. Suficiente agua debería ser aplicada al suelo para rellenar completamente la zona de las raíces a su capacidad de campo. Parte de esta humedad será provista por la lluvia durante los meses

de invierno. El saldo debe ser provisto por riego. Si el agua para riego es limitada, éste puede ser efectuado durante el invierno cuando la demanda de agua para riego es baja. Esto tendrá el efecto de disminuir la demanda de agua durante la época de siembra. Para la mayoría de los suelos, ésto requerirá varias horas, y el sistema de surcos es el más recomendado para que el tiempo de aplicación y las cantidades puedan ser controladas. Un riego adecuado en este momento proveerá una buena humedad para la germinación de la semilla y para un rápido y temprano crecimiento del cultivo y pospondrá el primer riego después de la siembra.

En los riegos subsecuentes la profundidad del agua aplicada debería ser también adecuada para reponer completamente la humedad extraída de las reservas del suelo. Al rellenar completamente la zona de las raíces en cada riego, los períodos entre éstos pueden ser ampliados y el número de riegos puede ser reducido. Esto también reducirá las necesidades de mano de obra y los problemas de manejo asociados a riegos frecuentes y superficiales. La incorporación de residuos de cultivos (rastrojo) mejorará la infiltración del agua y por tanto aumentará los rendimientos debido a una mayor humedad disponible.

La frecuencia de los riegos, o la decisión de cuando regar, es una interrogante importante de manejo. Los agricultores con experiencia usarán la planta de maíz como un indicador de la falta de humedad; cuando las plantas empiezan a marchitarse al mediodía, la humedad del suelo ha disminuido y necesita ser repuesta. Otro método usado por los agricultores consiste en formar una bola con tierra obtenida a una profundidad de 20-30 cm. Si esa bola puede mantener su forma el suelo está húmedo; pero si la bola se seca y se deshace, el suelo necesita riego. Ambos métodos pueden ser correlacionados a fin de anticipar las tensiones de sequía antes de que éstos ocurran. Existen instrumentos, como tensiómetros para medir la humedad del suelo, que pueden colocarse en el suelo para obtener estimaciones más precisas de las condiciones de humedad existentes.

Otro método que puede ser usado para planificar el riego involucrá las tasas de evapotranspiración (evaporación del agua del suelo más el agua usada por la transpiración del cultivo). Esto equivaldría a 1 cm. por día en el área de Los Andes durante la época de mayor demanda de agua.

Manejo del Suelo

El arado deberá pasarse antes del riego a una profundidad de 25-30 cm. para incorporar adecuadamente los residuos de las cosechas anteriores. Luego, debería hacerse un riego de presiembra. La preparación de la cama de semilla debe hacerse después que el suelo está suficientemente seco para prevenir la compactación del suelo por el equipo. La rastra de discos debería ser seguida por una rastra de clavos para romper los terrones y dejar una superficie uniforme.

La semilla debería ser sembrada en suelo húmedo para que pueda germinar. La profundidad de siembra debe ser de 5-7 cms. Una calibración cuidadosa y un buen ajuste de la maquina sembradora asegurará la puesta a una profundidad uniforme de la semilla.

Las malezas pueden ser controladas con cultivadora cuando el maíz tiene entre 20-30 cm. de altura. Esta operación también preparará los surcos para los riegos subsecuentes.

Fertilización

Una recomendación de 200 kilos de nitrógeno por hectárea debería ser adecuada para la mayoría de los suelos en Aconcagua. En el caso de que la parcela o la finca tenga antecedentes de un mayor uso de fertilizante nitrogenado, aplicaciones menores serán suficientes.

Los análisis de suelos para fósforo tomados en el área de Los Andes-San Felipe indican que deberían aplicarse 60-70 kilos de P_2O_5 por hectárea para asegurar niveles adecuados de fósforo en el suelo. Si se ha aplicado fertilizante fosforado al cultivo anterior en la rotación, un análisis de suelo puede ser efectuado para determinar el nivel que sea necesario.

Variedad y Densidad de Plantas

En Chile existen buenas variedades de maíz disponibles, incluyendo híbridos de ciclo corto e híbridos de ciclo largo. Si el agua es limitada, un híbrido de ciclo corto puede usarse con mayor seguridad de que habrá suficiente agua disponible para que el cultivo madure. Si el agua no está limitada, entonces un híbrido de ciclo largo producirá rendimientos más altos. Un cultivo temprano de hortalizas puede ser efectuado y luego seguido por un cultivo de híbrido de ciclo corto que podría tomar el resto del tiempo disponible de la temporada. Un híbrido de ciclo corto podría tener importancia en un programa de cultivos doble o aún múltiple.

La densidad de plantas recomendada es de 60.000 a 70.000 plantas por hectárea. Estas se basan en los resultados de los ensayos de campo con 86 cm. entre surcos y 18 cm. entre plantas, y con 100 cm. entre surcos y 15 cm. entre plantas.

Debe señalarse que las recomendaciones hechas aquí para el cultivo maíz están basadas suponiendo de que todos los factores del cultivo están mantenidos cerca de niveles óptimos para rendimientos máximos tanto como sea posible. Si, por ejemplo, el nitrógeno no se aplica en suficiente cantidad para obtener rendimientos máximos, pero la variedad, densidad de población, riego manejo de cultivo, etc. son mantenidos a niveles apropiados, el rendimiento de maíz será más bajo que el rendimiento potencial máximo. Lo mismo ocurrirá si el riego o cualquier otro factor en el cultivo es limitado.

Las recomendaciones dadas aquí, basadas en los conceptos de agricultura bajo riego intensivo, aumentarán los niveles de producción en un 150 por ciento sobre los niveles actuales.

REFERENCIAS

1. Indicadores Agroeconómicos, Publicación No. 4, ODEPA y SAG, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile, 1970.

2. Investigations of the Water Resources of the Maipo Basin. Final Report 1970. Prepared by: Rendel, Palmer and Tritton, Chartered Civil Engineers, London, England, for: Irrigation Directorate, Chilean Ministry of Public Works.

3. Kidman, Don C. and R. Kern Stutler. Interim Report of Water - Soil - Crop Interaction Experiments in Chile, 1970-1971.

4. Kidman, Don C.; R. Kern Stutler, and David W. James. On-Farm Water Management Research in the Aconcagua Valley, Chile, Third Annual Report 1971-1972.

5. Kidman, Don C.; R. Kern Stutler, and David W. James. On the Farm Management Research in Chile: Increasing the Efficiency of Soil Moisture Use for Increased Crop Production, 1973.

6. Política Nacional de Riego; Comisión de Utilización de Recursos de Agua, Instituto de Ingenieros de Chile.

7. Reyes M., Rodrigo. Interacciones de Riego en Variedades de Cultivo, Poblaciones de Plantas y Fertilizantes. Tesis, Universidad Católica de Valparaíso, 1970.

8. Seminario sobre Uso de los Recursos de Agua en Chile, Dirección de Riego, MOPT, Junio, 1972.

9. Tosso, Juan. Analysis of Chilean Meteorological Data to Estimate Evapotranspiration and Irrigation Requirements. M.S. thesis, Utah State University, Logan, Utah, 1972.