

*Ediane*

FOL  
02466

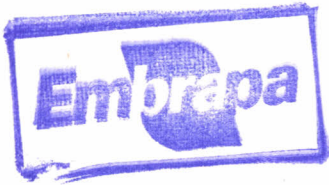
PROPOSICION PARA UN PROYECTO DE PESQUISA EN FUNCIONES DE  
PRODUCCION DEL AGUA Y EL NITROGENO PARA SISTEMAS DE PRO  
DUCCION BAJO CONDICIONES DE IRRIGACION

Dr. LUIS <sup>A.</sup> GUROVICH

Consultor en Manejo de Suelos y Agua

IICA - EMBRAPA/CPATSA

1979



~~Proposicion para un proyecto~~

~~1979~~

~~FL-02658~~



~~34361-1~~

PROPOSICION PARA UN PROYECTO DE PESQUISA EN FUNCIONES DE PRODUCCION DEL AGUA Y EL NITROGENO PARA SISTEMAS DE PRODUCCION BAJO CONDICIONES DE IRRIGACION.

Dr. Luis Gurovich

Consultor en Manejo de Suelos y Agua

IICA - EMBRAPA/CPATSA

1979

INTRODUCCION

El conocimiento de las funciones de producción del agua es un conjunto de informaciones importantes, que son necesarias tanto en decisiones privadas o sociales, en programas de políticas de optimización del uso del agua. Desgraciadamente, sin embargo, las funciones de respuesta al agua casi nunca se conocen en forma previa al inicio de grandes proyectos de irrigación, ya sean estos almacenamientos de agua superficiales, o el desarrollo de agua subterránea por medio de redes de pozos.

En la mayor parte de los proyectos de irrigación el agua total disponible es limitada, y puede ser usada en diferentes tipos de suelos o grupaciones de suelos, ubicados a distancias variables desde la fuente de origen de agua. La productividad del agua es diferente entre los diferentes suelos y también variará al ser aplicada a un mismo suelo con una tecnología de utilización distinta. Asimismo, la productividad del agua estará afectada por las adiciones de fertilizantes y otras variables de manejo, así como por las condiciones climáticas y varias características hidromecánicas del suelo.

El objetivo de incorporar variables y constantes de suelos y clima en el análisis de las funciones de producción, es permitir la predicción de la respuesta en rendimiento de los cultivos sobre una gama amplia de condiciones de suelo, clima y ubicación, de tal forma de hacer innecesario llevar a cabo experimentos en cada tipo de suelos en particular, cuya validez para condiciones de clima variable será discutible en cualquier caso.

La frecuencia de riego y su efecto sobre el rendimiento de los cultivos, interactúan sobre las características de

humedad del suelo, afectando el stress hídrico, la marchitez y el rendimiento final. Si el suelo se encuentra con máxima disponibilidad de agua en el momento de la siembra o plantación y es mantenido en esa condición a lo largo de la temporada de cultivo, probablemente se obtendrá la máxima velocidad de crecimiento. Sin embargo, si en un momento del cultivo se decide aplicar un riego, surgen tres interrogantes: cuánta agua debe aplicarse?, cuándo debe aplicarse ésta?, y en qué forma debe aplicarse?, lo que constituye en esencia, toda la tecnología del riego.

La decisión respecto a las interrogantes planteadas, lleva implícito un costo, tanto en el insumo agua, la mano de obra y la energía, así como el costo de la inversión en infraestructuras de riego necesarias para la aplicación del agua; la optimización de la operación del riego dependerá de las relaciones entre este costo y los beneficios marginales que puedan obtenerse con dicha tecnología.

La función de producción del agua de riego, es una función continua en que la variable independiente (x), que llamaremos genéricamente "tecnología de riego" y representa el valor ponderado de la carga de agua almacenada en el suelo, disponible para la transpiración y producción del cultivo, que una cierta práctica de riego crea en el tiempo y en el espacio en el campo regado, de acuerdo con las ecuaciones 1 y 2.

$$y = f(x) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$y = \int_0^t h dldt \quad \text{Ecuación 2}$$

en que:

y es el rendimiento del cultivo

x es la tecnología de riego

l es el largo del campo regado

t es el tiempo que dura la estación de crecimiento

h es la lámina o carga de agua aplicada al cultivo

Las formas de la función de producción del agua y de la función de distribución o uniformidad de aplicación han sido presentadas esquemáticamente en la literatura (Hart, 1961; Howell, 1964; y Seniger, 1979)



El diseño apropiado de sistemas de riego y la aplicación óptima de agua de riego en el campo requiere información confiable de los requerimientos de agua, o uso-consumo de cultivos específicos. Los requerimientos de agua de un cultivo pueden ser definidos como la mínima cantidad de agua, aplicada en intervalos adecuados, que permitirá obtener un rendimiento óptimo en cantidad y calidad. Existen varios métodos disponibles para estimar los requerimientos de agua de un cultivo, basados en variables meteorológicas (radiación neta, temperatura, humedad relativa, viento) y variables de suelo y del cultivo (stress hídrico integrado, stress de pre-riego, estado energético del agua en la hoja, apertura estomática). La aplicabilidad de esos métodos depende de su calibración frente a mediciones directas del rendimiento en función de la aplicación de agua de riego, deducidos de experimentos ~~diseñados~~ conducidos en forma cuidadosa en el campo.

Una mayor eficiencia en el uso del agua puede alcanzarse al aumentar los rendimientos de los cultivos mientras permanece constante la cantidad de agua aplicada (enfoque tradicional, logrado con tecnologías de producción diferentes al riego); asimismo, puede aumentarse la eficiencia al disminuir el uso de agua de riego, a través de un enfoque de optimización. Se ha considerado que esta mayor eficiencia en el uso del agua puede alcanzarse con una aplicación cuidadosa y oportuna del agua de riego, lo que ha llevado a combinar los estudios entre los aspectos económicos de la aplicación de agua y la relación entre el estado de desarrollo del cultivo, el contenido y flujo de agua en el suelo y la demanda atmosférica - o sea, entre economía y disponibilidad de agua.

En suelos regados y en condiciones de secano, el rendimiento está muy relacionado con la oportunidad (frecuencia) y la carga de agua aplicada durante el tiempo que dura un riego individual. De esta forma, puede reducirse la aplicación total de agua en una temporada de cultivo, sin producir una disminución grave de los rendimientos, cuando se ajusta la frecuencia y carga de agua, para las características físicas del suelo, la demanda evaporativa de la atmósfera y el estado de desarrollo de las plantas, esto es, cuando se consigue mantener una alta disponibilidad de agua en el suelo.

De esta forma puede optimizarse la superficie regada, para obtener un nivel de rendimientos y una rentabilidad adecuadas de la tecnología de riego, que pueden corresponder no al máximo rendimiento físico posible de alcanzarse (rendimiento potencial), sino que al rendimiento óptimo económico.

Es necesario disponer entonces, de información acerca de como es afectado el rendimiento final por aplicaciones de diversas cantidades de agua, con frecuencias de riego diferentes, para desarrollar programas y estrategias de riego diseñadas para incrementar o mantener los rendimientos, al reducir las cantidades de agua aplicadas.

#### OBJETIVOS DEL PROYECTO PROPUESTO

- 1.- Establecer funciones de producción del agua para diferentes frecuencias de irrigación, en el sistema de producción olericuas -- culturas de lluvia
- 2.- Establecer funciones de producción de nitrógeno de fertilizantes en el sistema de producción olericuas -- cultura de lluvia.
- 3.- Establecer superficies de respuesta irrigación -- fertilizante nitrogenado.

- ANDERSON, R. J., DILLON, J. L. and HARDAKER, J. B. 1976  
Agricultural Decision Analysis. Iowa State Univ. Press
- BALAAM, L. N. 1976  
Response Surface Analysis Design. In: V. J. Bofinger and J. L. Wheeler (Eds;) "Developments in Field Experiment Design and Analysis" Commonwealth Agr. Bureau.
- BAUDER, J. W., HANKS, R. J., and JAMES, D. W. 1975  
Crop production functions determinations as influenced by irrigation and nitrogen fertilization using a continuous variable design. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39:1187-1192
- BURT, O. R., and STRAUER, M. S. 1971  
Economic Analysis of Irrigation in subhumid climate Amer. Jour. Agri. Econ. 53:33-46
- CADY, F. B., and LAIRD, R. J. 1969  
Bias error in yield function as influenced by treatment design and postulated model. Soil Sci. Soc. Amer. Proc 33:282-286
- CARRUTHERS, I. D., and DONALDSON, G. F. 1971  
Estimation of effective risk reduction through irrigation of a perennial crop. Jour. Agr. Econ. 22:39-48
- DOWNEY, L. A. 1972  
Water yield relations for non-forage crop. ASCE Jour. Irrig. Drain. Div. 98(IR2):107-115
- FAWCETT, R. H. 1973  
Toward a dynamic production function. Jour. Agr. Econ. 24:543-555.
- GUROVICH, L. 1977  
El costo del riego tecnificado. El Campesino CVIII(9):40-49
- GUROVICH, L. 1977  
Los beneficios del riego tecnificado El Campesino CVIII(10-11):32-39
- GUROVICH, L. 1979  
Effects of improved field practice on crop yield, water use and profitability of irrigation. Irrigation Science 1(2):77-90



Economic Impact of irrigation technology on vegetable  
crops in developing countries. Acta Horticulturae Series  
(International Soc. for Hort. Sciences)

GUROVICH, L. 1979

Evaluación económica de la tecnificación del riego a nivel predial. I.: Funciones de producción para el agua de riego. Informe final proyecto de investigación 209/78 Universidad Católica de Chile.

GUROVICH, L. y MANRIQUEZ, I. 1980

Análisis de alternativas de inversión en tecnificación del riego en predios agrícolas. Ciencia e Inv. Agr. 7(1): --en preparación --

GUROVICH, L. y MANRIQUEZ, I. 1980

Metodología de cálculo del costo del riego tecnificado. Ciencia e Inv. Agr. 7(2): -- en preparación --

HANKS, R. J. 1974

Model for predicting plant yield as influenced by water use. Agr. J. 65:660-665

HANKS, R. J., KELLER, J., RASMUSSEN, V. P., and WILSON, G. D. 1976

Line source sprinkler for continuous variable irrigation crop production studies. Soil Sci. Soc. Amer. J.:40:426-429

HEADY, E. O., and DILLON, J. L. 1961

Agricultural production functions. Iowa State Univ. Press

HEADY, E. O., HEXEM, R. W. 1978

Water Production Functions for Irrigated Agriculture. Iowa State Univ. Press

HILLEL, D. and GURON, V. 1973

Relations between evapotranspiration rate and maize yield. Water Resour. Res.:9:743-749

MAPP, H. P., EIDMAN, V. R., STONE, J. F., and DAVIDSON, J. M. 1975

Simulated soil water and atmospheric stress-crop yield relationships for economic analysis. Tech. Bull. Agr. Exp. St. 140. Oklahoma State Univ.

MINHAS, B. S., PARIK, K. S., and SRINIVASAN, T. N. 1974

Toward the structure of a production function for wheat yields with dated inputs of irrigation water. Water Resour. Res.:10:383-393

PARKS, W. L., and KNETSCH, J. L. 1960

Utilizing drought-days in evaluating irrigation and ferti-

- lity response studies. SoilSci.Soc.Amer.Proc.24:289-293
- PARKS, W.L., and KNETSCH, J.L. 1959  
Corn yields as influenced by nitrogen level and drought intensity. Agron.J 51:363-364
- SEGINER, I. 1978  
A note on the economic significance of unifor water application. Irrigation Science 1(1):19-26
- SHALHEVET, J.MANTELL, A., BIEGORAI, H., and SHIMSHI, D. 1976  
Irrigation of field and orchard crops under semi-arid conditions. IIIC Special Publication
- STEWART, J.I., HAGAN, R.M., and PRUIT, W.O. 1974  
Functions to predict optimal irrigation programs. ASCE Jour.Irrig.Drain.Div.1 00(IR2):179-199
- STEWART, J.I., and HAGAN, R.M. 1973  
Functions to predict effects of crop water deficits ASCE Jour.Irrig.Drai.Div. 99(IR2):200-211
- WU, I., and LIANG, T. 1972  
Optimal irrigation quantity and frequency. ASCE Jour.Irri. Drain.Div.98(IR2):117-133
- YARON, D. 1973  
Wheat response to soil moisture and optimal irrigation policy under conditions of unstable rainfall. Water Resour. Res. 9:1145-1154
- YARON, D. 1972  
Estimating procedures for response functions of crops to soil water content and salinity. Water Resour. Res.8:291-300
- YARON, D. 1971  
Estimation and use of water production functions in crops. ASCE Jour.Irrig.Drain.Div.97(IR2):291-304



El sistema experimental propuesto para la pesquisa es el de "línea única de aspersores" (line source) descrito por HANKS, et alii. 1974, ya que este sistema permite obtener información eficiente y confiable para alcanzar los objetivos de la pesquisa.

Las culturas para las cuales se determinarán las funciones de producción del agua y del nitrógeno, están representadas por dos sistemas de producción

- I Melón - tomate - maíz & feijão
- II Cebolla - Melancia - sorgo

Los tratamientos propuestos son los siguientes:

- 5 frecuencias de irrigación (una línea de aspersores para cada frecuencia, sin interacción entre líneas consecutivas). En todas las líneas se aplicará la misma carga de agua, con el fin de poder comparar los resultados obtenidos, entre los tratamientos de frecuencias de irrigación. El control de frecuencias se realizará a 10 metros de la línea de aspersores, de tal forma de provocar excesos de agua en las proximidades del aspersor, para obtener la función completa.
- 5 niveles de fertilización nitrogenada, desde 0 a 400 Kg de N por hectarea (exceso), con el fin de tener la función de producción completa.

El diseño experimental se presenta en el diagrama adjunto. El trabajo será repetido por dos años consecutivos, con el fin de obtener resultados más concordantes con posibles variaciones de clima y efectos del cultivo sobre la capacidad productiva del suelo.

Las superficies que cubrirá el ensayo serán las siguientes:

Superficie total:	1,5	hectareas
Sistema de Producción I	0,75	"
Sistema de Producción II	0,75	"
Cada frecuencia de irrigación	0,3	"
Cada nivel de Nitrogeno	300	m <sup>2</sup>
Cada lámina de agua	30	m <sup>2</sup> (5 areas a cada lado de la línea 3m x 10m)
Plantas por subparcela	60	(10 hileras por 6 plantas)

Las determinaciones en terreno durante la realización del experimento de campo serán:

- 1.- Láminas de agua aplicadas, con pluviómetros, a 5 distancias, a partir de la línea de aspersión, a cada lado de la línea, con 10 repeticiones (2 en cada parcela de nivel de fertilizante)
- 2.- Uso-consumo real de agua, con sonda de neutrones y muestreo de suelos antes y después de cada riego, en los mismos puntos de evaluación de las láminas aplicadas.
- 3.- Producción (rendimiento) de las culturas.
- 4.- Variaciones de salinidad en el perfil del suelo, medidas en muestras de solución del suelo obtenidas con cápsulas de tensión (suction cups), obtenidas en los mismos puntos de evaluación de las láminas aplicadas, a tres profundidades del suelo.
- 5.- Mediciones tensiométricas en igual localización que las determinaciones de salinidad.

El análisis estadístico de los diseños experimentales sistema line - source, se realizará de acuerdo con los conceptos desarrollados por BGL/AM de amplia aceptación en la literatura científica especializada.

Los resultados que pueden obtenerse a partir del trabajo experimental propuesto, pueden resumirse así:

- 1.- Funciones de producción del agua de riego:
  - para diferentes niveles de fertilizante
  - para diferentes frecuencias de irrigación
  - por cultura
  - por sistema de producción

- función de producción en base económica (Cr de costo de irrigación vs. Cr entrada por venta de productos)
- 2.- Funciones de producción del fertilizante nitrogenado:
    - para diferentes regímenes de riego (frecuencias y láminas aplicadas)
    - por cultura
    - por sistema de producción
    - función de producción en base económica (Cr costo de fertilizante vs. Cr entrada por venta de productos)
  - 3.- Superficie de respuesta Fertilizante -- agua
    - niveles de sustitución física y económica por cultura y por sistema de producción.
  - 4.- Eficiencias en el uso del agua
    - $E_i = WET/WA$
    - $E_{u_1} = \text{Producción/Usó-consumo}$
    - $E_{uc} = WET \text{ óptimo}/WET \text{ real}$
    - $E_{u_2} = \text{Producción/Agua aplicada}$
    - $E_{otp} = \text{máx/producción:agua aplicada/}$
  - 5.- Coeficientes de evapotranspiración  $K_c$ 
    - por cultura
    - por régimen de irrigación
    - en etapas sucesivas durante todo el año para cada sistema de producción.
  - 6.- Relación entre déficit de agua y rendimiento relativo
    - por cultura
    - por nivel de fertilización
  - 7.- Días de stress hídrico y su efecto sobre el rendimiento relativo de las culturas.
  - 8.- Comprobación de los modelos de drenaje y corrección de los valores de conductividad hidráulica y gradientes de tensión por efecto de las culturas
  - 9.- Evaluación de los requerimientos de lavado para evitar la salinización del suelo.
  - 10.- Comprobación de predicciones de respuesta de las culturas obtenidas con modelos de simulación del sistema suelo- agua - planta- atmósfera.



PRESUPUESTO PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO DE PESQUISA EN  
FUNCIONES DE PRODUCCION !

1.- Equipo técnico:

- 1 Coordinador especialista en Manejo de Suelos y Agua, en tra-  
intermitente durante los dos años de realización del proyec-  
to, ocupando 6 meses en total.
- 1 Especialista en Irrigación  
12 meses durante los dos años
- 1 Especialista en Fertilidad de Suelos  
6 meses durante los dos años
- 1 Físico de Suelos  
3 meses durante los dos años
- 1 Especialista en Salinidad y Drenaje  
6 meses durante los dos años
- 2 Técnicos agrícolas o estagiarios  
24 meses cada uno
- 1 Técnico de laboratorio  
6 meses durante los dos años

2.- Gastos directos del proyecto:

Materiales y equipos	Cr 150,000
Movilización	30,000
Divulgación y extensión	100,000

---

)Cr 280,000