



# TERRA

Volumen 12

Abril-Junio de 1994

Número 2

DIVISION III

INDICE

- E**volución de la investigación en productividad de agrosistemas en México.  
R. LAIRD, A. TURRENT, V. VOLKE y J. CORTES 135
- El sistema PRONAMAT de diagnóstico-prescripción para el cultivo del maíz. I. El subsistema cartográfico.  
A. TURRENT FERNANDEZ, I.J. GONZALEZ ACUÑA, R. AVELDAÑO SALAZAR y M. ORTIZ VALDEZ 150
- El sistema PRONAMAT de diagnóstico-prescripción para el cultivo del maíz. II. El diseño de manuales de diagnóstico-prescripción.  
A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ, R. MORENO DAHME y R. AVELDAÑO SALAZAR 159
- Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz del estado de Veracruz. I. Análisis de la calidad de la tecnología recomendada.  
A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ y J. RUIZ RAMIREZ 169
- Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz del estado de Veracruz. II. La calidad de los servicios de crédito, seguro, subsidio a la asesoría y asesoría especializada.  
A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ y J. RUIZ RAMIREZ 181
- Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz dentro del estado de Veracruz: III. Análisis de la eficiencia económica.  
A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ y J. RUIZ RAMIREZ 192
- Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz dentro del estado de Veracruz: IV. Los factores de la recuperación del crédito.  
A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ y J. RUIZ RAMIREZ 203



EDITORIAL

ARTICULOS CIENTIFICOS

COMISION EDITORA

DR. JORGE D. ETCHEVERS B.,  
Editor en jefe  
DR. JAVIER Z. CASTELLANOS,  
Editor adjunto  
DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES,  
Editor técnico  
DRA. KLAUDIA OLESCHKO,  
Editor técnico  
DR. JUAN JOSE PEÑA CABRIALES,  
Editor técnico  
M.C. JORGE ALVARADO LOPEZ,  
Editor de estilo

EDITORES ASOCIADOS NACIONALES

DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO, México  
DR. NICOLAS AGUILERA HERRERA, México  
DR. JESUS CABALLERO MELLADO, México  
DR. LENOM J. CAJUSTE, México  
DR. RONALD FERRERA CERRATO, México  
M.C. MARGARITA E. GUTIERREZ RUIZ, México  
DR. REGGIE J. LAIRD, México  
DR. ANGEL MARTINEZ GARZA, México  
DR. ROBERTO NUÑEZ ESCOBAR, México  
M.C. CARLOS ORTIZ SOLORIO, México  
DR. ENRIQUE PALACIOS VELEZ, México  
DR. OSCAR PALACIOS VELEZ, México  
DR. ANTONIO TURRENT FERNANDEZ, México

EDITORES ASOCIADOS INTERNACIONALES

DR. EDUARDO BESOAIN M., Chile  
DR. ELMER BORNEMISZA, Costa Rica  
DR. LUIS ALFREDO DE LEON, Colombia  
DR. JUAN F. GALLARDO LANCHO, España  
DR. JOSE M. HERNANDEZ MORENO, España  
DR. ERIC S. JENSEN, Dinamarca  
DR. WALTER LUZIO LEIGHTON, Chile  
DR. JOHN T. MORAGHAN, USA  
DR. HECTOR J. M. MORRAS, Argentina  
DR. PARKER F. PRATT, USA  
DR. PAUL QUANTIN, Francia  
DR. KARL STARK, Alemania  
DR. RAFAEL VILLEGAS, Cuba  
DR. EDUARDO ZAFFARONI, Brasil

CUERPO EDITORIAL ADMINISTRATIVO

M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,  
Distribución  
SRA. CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR,  
Administración  
SRA. MARCELINA ESPEJEL E.,  
Producción

"TERRA", Registro en Trámite. Organó oficial de  
divulgación de la Sociedad Mexicana de la Ciencia  
del Suelo, A.C.

Volumen 12-2, abril-junio 1994.

ISSN 0187-5779

Los artículos publicados son responsabilidad  
absoluta de los autores. Se autoriza la  
reproducción parcial o total del contenido de esta  
revista, citándola como fuente de información.

Las contribuciones a esta revista deben enviarse, en  
original y dos copias, redactadas conforme a las  
Normas para Publicación en la Revista TERRA, al  
Editor de la Revista TERRA, Sociedad Mexicana de la  
Ciencia del Suelo, A.C. Apartado Postal 45, 56230  
Chapingo, Edo. de México, México.

Oficinas: Edificio del Departamento de Suelos,  
Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado  
de México.

Teléfono: (595) 4-22-00, ext. 5237.

División III: Aprovechamiento del Recurso Suelo

Evolución de la Investigación en Productividad de Agrosistemas en México. R. LAIRD, A. TURRENT, V. VOLKE y J. CORTES. . . . .	135
El sistema PRONAMAT de diagnóstico-prescripción para el cultivo del maíz. I. El subsistema cartográfico. A. TURRENT FERNANDEZ, I.J. GONZALEZ ACUÑA, R. AVELDAÑOSALAZAR y M. ORTIZ VALDEZ. . . . .	150
El sistema PRONAMAT de diagnóstico-prescripción para el cultivo del maíz. II. El diseño de manuales de diagnóstico-prescripción. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUNIGA GONZALEZ, R. MORENO DAHME y R. AVELDAÑOSALAZAR. . . . .	159
Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz del estado de Veracruz. I. Análisis de la calidad de la tecnología recomendada. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUNIGA GONZALEZ y J. RUIZ RAMIREZ. . . . .	169
Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz del estado de Veracruz. II. La calidad de los servicios de crédito, seguro, subsidio a la asesoría y asesoría especializada. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUNIGA GONZALEZ y J. RUIZ RAMIREZ. . . . .	181
Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz dentro del estado de Veracruz. III. Análisis de la eficiencia económica. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUNIGA GONZALEZ y J. RUIZ RAMIREZ. . . . .	192
Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz dentro del estado de Veracruz. IV. Los factores de la recuperación del crédito. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUNIGA GONZALEZ y J. RUIZ RAMIREZ. . . . .	203
Zonificación agroecológica para el cultivo de sorgo ( <i>Sorghum bicolor</i> [L.] Moench) en el estado de Veracruz. JOSE LUIS AGUILAR ACUÑA, RAMON ZULUETA RODRIGUEZ, DOMITILLO PEREYRA DIAZ, ISIDRO A. GALVAN TEPETLA, IVAN AGUILAR CERVANTES y JOSE LUIS RIVERA RINCON. . . . .	213
Respuesta de la nueva variedad de arroz ( <i>Oriza sativa</i> L.) Morelos A-92 a la densidad de población, a la fertilización y a la fecha de trasplante en condiciones de riego, en dos localidades del estado de Morelos. F.J. OSUNA CANIZALEZ, A. TURRENT FERNANDEZ y R. MORENO DAHME. . . . .	225
Respuesta del maíz de temporal a nitrógeno y fósforo en localidades de la zona sur de México. OCTAVIO PEREZ ZAMORA. . . . .	240
Recomendaciones de fertilización de cultivos con base en un enfoque integral. VICTOR VOLKE HALLER y AURORA GARCIA MORIN. . . . .	251
Respuesta del trigo con baja densidad de población a la fertilización nitrogenada. M. SALAZAR G., O. MORENO R. y R. SALAZAR G. . . . .	259
Evaluación económica de sistemas de cultivos tradicionales en los Valles Centrales de Oaxaca. ROSALIO HERRERA VILLARRUEL y JAIME RUIZ VEGA. . . . .	264



EDITORIAL BOARD

DR. JORGE D. ETCHEVERS B.,  
Editor-in-chief  
DR. JAVIER Z. CASTELLANOS,  
Associate editor  
DR. ANDRES AGUILAR SANTELISES,  
Technical editor  
DRA. KLAUDIA OLESCHKO,  
Technical editor  
DR. JUAN JOSE PEÑA CABRIALES,  
Technical editor  
M.C. JORGE ALVARADO LOPEZ,  
Style editor

NATIONAL ASSOCIATE EDITORS

DR. MANUEL ANAYA GARDUÑO, Mexico  
DR. NICOLAS AGUILERA HERRERA, Mexico  
DR. JESUS CABALLERO MELLADO, Mexico  
DR. LENOM J. CAJUSTE, Mexico  
DR. RONALD FERRERA CERRATO, Mexico  
M.C. MARGARITA E. GUTIERREZ RUIZ, Mexico  
DR. REGGIE J. LAIRD, Mexico  
DR. ANGEL MARTINEZ GARZA, Mexico  
DR. ROBERTO NUÑEZ ESCOBAR, Mexico  
M.C. CARLOS ORTIZ SOLORIO, Mexico  
DR. ENRIQUE PALACIOS VELEZ, Mexico  
DR. OSCAR PALACIOS VELEZ, Mexico  
DR. ANTONIO TURRENT FERNANDEZ, Mexico

INTERNATIONAL ASSOCIATE EDITORS

DR. EDUARDO BESOAIN M., Chile  
DR. ELMER BORNEMISZA, Costa Rica  
DR. LUIS ALFREDO DE LEON, Colombia  
DR. JUAN F. GALLARDO LANCHO, Spain  
DR. JOSE M. HERNANDEZ MORENO, Spain  
DR. ERIC S. JENSEN, Denmark  
DR. WALTER LUZIO LEIGHTON, Chile  
DR. JOHN T. MORAGHAN, USA  
DR. HECTOR J. M. MORRAS, Argentina  
DR. PARKER F. PRATT, USA  
DR. PAUL QUANTIN, France  
DR. KARL STARK, Germany  
DR. RAFAEL VILLEGAS, Cuba  
DR. EDUARDO ZAFFARONI, Brazil

EDITORIAL STAFF

M.C. ROBERTO QUINTERO LIZAOLA,  
Distribution  
SRA. CARELINA C. AALMERS DE AGUILAR,  
Management  
SRA. MARCELINA ESPEJEL E.,  
Production

"TERRA", Registration pending. Official publication of the Soil Science Society of Mexico.

Volume 12-2, April-June 1994.

ISSN 0187-5779

The authors take full responsibility for the articles published. Partial or total reproduction of the content of this journal is authorized, as long as this publication is cited as the information source.

When submitting articles to this journal, an original and two copies must be sent to: Editor de la Revista TERRA, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C., Apartado Postal 45, 56230 Chapingo, Edo. de México, Mexico.

Office address: Edificio del Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

Telephone: 52-595-42200, ext. 5237.

Division III: Use of the Soil Resource

The field method for determining fertilizer recommendations as it has evolved in Mexico. R. LAIRD, A. TURRENT, V. VOLKE, and J. CORTES. . . . . 135

The PRONAMAT diagnosis-prescription system for maize. I. The land cartographic subsystem. A. TURRENT FERNANDEZ, I.J. GONZALEZ ACUÑA, R. AVELDANO SALAZAR, and M. ORTIZ VALDEZ. . . . . 150

The PRONAMAT diagnosis-prescription system for maize II. The design of diagnosis-prescription manuals. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ, R. MORENO DAHME, and R. AVELDANO SALAZAR. . . . . 159

Transferring maize production technology using the PRONAMAT strategy to small farmers of Veracruz. I. Analysis of the adequacy of the recommended technology. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ, and J. RUIZ RAMIREZ. . . . . 169

Transferring maize production technology using the PRONAMAT strategy to small farmers of Veracruz. II. Analysis of the adequacy of credit, insurance, subsidy, and technical assistance, as services to farmers. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ, and J. RUIZ RAMIREZ. . . . . 181

Transferring maize production technology using the PRONAMAT strategy to small farmers of Veracruz. III. Analysis of economic efficiency. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ, and J. RUIZ RAMIREZ. . . . . 192

Transferring maize production technology using the PRONAMAT strategy to small farmers of Veracruz. IV. Factors that affect farmers' payment of short term credit. A. TURRENT FERNANDEZ, J.L. ZUÑIGA GONZALEZ, and J. RUIZ RAMIREZ. . . . . 203

Agroecological zonification to grow sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) in Veracruz state. JOSE LUIS AGUILAR ACUÑA, RAMON ZULUETA RODRIGUEZ, DOMITILO PEREYRA DIAZ, ISIDRO A. GALVAN TEPETLA, IVAN AGUILAR CERVANTES, and JOSE LUIS RIVERA RINCON. . . . . 213

Response of a New Variety of Rice (*Oryza sativa* L.) "Morelos A-92", to rates of fertilizer, population density, and transplanting dates under irrigation, in two locations of the State of Morelos. F.J. OSUNA CANIZALEZ, A. TURRENT FERNANDEZ, and R. MORENO DAHME. . . . . 225

Rainfed maize response to nitrogen and phosphorus fertilizer in southern Mexico. OCTAVIO PEREZ ZAMORA. . . . . 240

Fertilizer recommendations for crops by an integral approach. VICTOR VOLKE HALLER, and AURORA GARCIA MORIN. . . . . 251

Response of wheat with a low plant population to nitrogen fertilization. M. SALAZAR G., O. MORENO R., and R. SALAZAR G. . . . . 259

Economics evaluation of traditional cropping systems in the Valles Centrales of Oaxaca. ROSALIO HERRERA VILLARRUEL, and JAIME RUIZ VEGA. . . . . 264



## EDITORIAL

Este número de TERRA está dedicado al Dr. Antonio Turrent Fernández, destacado científico y distinguido miembro de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS), quien ha dedicado la mayor parte de su vida a la docencia e investigación en el área de productividad de suelos en México.

El Dr. Turrent ha sido, desde la época de los setentas, uno de los pioneros de esta disciplina en nuestro país y desde el Colegio de Postgraduados ha participado directamente en la formación académica de un gran número de investigadores. Sus trabajos, enfocados al desarrollo de metodologías tendientes a definir fórmulas y paquetes tecnológicos de producción en diversas regiones agroecológicas de México, han permitido identificar con precisión los factores limitantes de la producción y optimizar niveles de insumos para lograr una agricultura más tecnificada y rentable. El trabajo de este distinguido miembro de la SMCS cobra mayor relevancia debido a que dio respuesta a la demanda de desarrollo tecnológico de la agricultura de temporal, un sector formado por productores con bajos ingresos, poco atendido tecnológicamente, pero con gran potencial de desarrollo.

El Dr. Turrent fundó TERRA, revista que este año cumple su XII aniversario, cuando se desempeñó como presidente de la SMCS de 1982 a 1984. Por éstas y otras importantes contribuciones al desarrollo de la agricultura mexicana, la SMCS rinde este reconocimiento a tan distinguido científico mexicano.

Por otra parte, deseamos comunicar a los miembros de la SMCS y a la comunidad científica del ámbito agronómico, que TERRA ha sido incluida en el padrón de revistas científicas de excelencia en México, distinción que debe honrarnos a todos los que de una u otra forma hemos elevado paulatinamente el nivel

científico y editorial de la revista. Este logro es producto del esfuerzo de autores, revisores y miembros del cuerpo editorial. Sin embargo, es importante puntualizar que aún falta un largo camino por recorrer, quizás el más difícil: "Internacionalizar la revista", pues ello implica aumentar los estándares de calidad al nivel de cualquier revista internacional. Para conseguir dicha meta es necesario: un profundo compromiso del cuerpo de revisores, la uniformidad de los criterios de arbitraje, una actitud más profesional de los autores de manuscritos y un gran esfuerzo de la comisión editorial. Los primeros pasos ya se han dado. Hoy contamos con una distribución más amplia a otros países, con la edición de cuatro números al año, con los trámites para lograr un espacio en las series de abstractado internacional, con una presentación de mayor calidad y, tal vez lo más importante, contamos con la firme determinación de ocupar un destacado lugar en la literatura científica internacional. El mundo de globalización en el cual estaremos inmersos en los próximos años demandará una gran competitividad, pues cada día surgen nuevas revistas científicas en la literatura mundial, y sólo aquéllas que muestren una calidad constante a través de los años, podrán mantenerse en este ámbito. En TERRA nos hemos planteado lo siguiente: no existe en América Latina una revista en español actualizada y dedicada a la ciencia del suelo, por lo tanto, nos hemos propuesto ocupar, en un plazo relativamente breve, ese lugar. En esta empresa, los autores y revisores de artículos juegan el papel más importante, por tal razón los invitamos a que continúen apoyándonos en el logro de esta meta. No obstante que el primer idioma de la revista es el español, TERRA acepta contribuciones en inglés y francés, pues es un requisito fundamental para lograr su cabal internacionalización.

El editor.



## THE FIELD METHOD FOR DETERMINING FERTILIZER RECOMMENDATIONS ASIT HAS EVOLVED IN MEXICO

Evolución de la Investigación en Productividad de Agrosistemas en México

R. Laird, A. Turrent, V. Volke, and J. Cortés

Department of Soil Science, Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, Méx.

*Index words:* Field method, Crop recommendations, Productivity of agrosystems.

*Palabras clave:* Método de campo, Recomendaciones tecnológicas, Productividad de agrosistemas.

### SUMMARY

In México, the field method has provided the basic information for estimating fertilizer recommendations since the early fifties. As the method has evolved over the years, it has incorporated several aspects including: (a) the collection of information at experimental sites on factors affecting plant development, (b) the use of historical weather data to adjust recommendations obtained in a given year, (c) the stratification of producing conditions into agrosystems in terms of differences in uncontrollable production factors, and (d) the use of empirical equations to express the relationship between yield and the production factors.

During the seventies, knowledge about the use of the field method for developing crop

recommendations became the basis of a graduate course and a separate section in congresses of the Mexican Soil Science Society. By the mid-eighties, the activity known as "Research on the Productivity of Agrosystems" was understood to be the modern version of the use of the field method for generating crop recommendations.

The discipline of "Productivity of Agrosystems", as presently understood, is discussed briefly in terms of general concepts, scope of the research and the research methodology employed in generating technology.

### RESUMEN

Desde principios de la década de los cincuentas, en México se ha empleado el método de campo para generar la información básica necesaria para la estimación de las recomendaciones de fertilizantes. Al ir evolucionando a través de los años, el método ha incorporado nuevas dimensiones, incluyendo: (a) la recolección de información a nivel de sitio experimental sobre los factores que influyen en el crecimiento de plantas (b) el uso de los datos históricos de clima para ajustar las recomendaciones generadas con base en la información experimental obtenida en un solo año; (c) la estratificación en

Recibido 1-94.



agrosistemas de las condiciones de producción en un área determinada, con base en las diferencias en los factores incontrolables de la producción; y (d) el uso de las ecuaciones empíricas para expresar la relación entre el rendimiento y los factores de producción.

Durante la década de los setentas, el conocimiento sobre el uso del método de campo para generar recomendaciones de prácticas de producción de cultivos fue sistematizado, y constituyó la base de un curso a nivel de postgrado; además, para facilitar la presentación de contribuciones, se creó una nueva sección en los congresos de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Por mediados de la década de los ochentas, la actividad conocida como "Investigación en Productividad de Agrosistemas" fue entendida como la versión moderna del uso del método de campo para la generación de recomendaciones tecnológicas.

La disciplina de la "Productividad de Agrosistemas", como se entiende en la actualidad, está descrita en términos de los conceptos generales, el ámbito de la investigación y la metodología empleada en la generación de tecnología.

## INTRODUCCION

Many chemical and biological methods have been used over the years to measure nutrient deficiencies in soils and estimate fertilizer recommendations for crop production. One of these, the field method or the field-plot method (Tisdale and Nelson, 1966), involves measuring the crop yields obtained with different fertilizer treatments in trials carried out mainly on farmers' fields. The quantitative effects on yield of several rates and combinations of fertilizers, measured at many field sites and often over a period of years, are used to estimate fertilizer recommendations for specific crops. Although the field method is the most expensive and time consuming of all diagnostic procedures, it is generally considered to be the reliable way for estimating general fertilizer recommendations for a given area and for calibrating chemical and biological tests for use in estimating specific fertilizer recommendations.

In Mexico, the field method has provided the basic information for estimating

fertilizer recommendations since the use of chemical fertilizers began to expand rapidly in the early fifties. During most of this period, a soil testing service has been available to farmers in parts of the country through public and/or private agencies. However, the fertilizer recommendations transferred to farmers by extension agents and credit institutions have come mainly from research carried out on farmers' fields.

The characteristics of the field method as used in Mexico at the present time reflect the influence of many years of on-farm research. Mexico offers a unique opportunity for developing the field method due to: (a) great variability in soil, climate and management; (b) wide distribution of the basic food crops, maize and beans; and (c) degrees of agricultural development that vary appreciably among regions. The manner in which on-farm research is carried out varies greatly among institutions and even among researchers in the same institution.

Two prominent institutions in Mexico in the use of the field method and in the development of research methodology are the Postgraduate College at Montecillo (CP) and the National Agricultural Research Institute (INIFAP). The general characteristics of the field method, as understood by the leading scientists of these institutions that are involved in on-farm research, will be presented. To begin, the evolution of the field method in Mexico over the past 50 years will be reviewed.

### Evolution of the Field Method for Determining Fertilizer Recommendations.

One of the early reports on research conducted on farmers' fields in Mexico was published in 1954 (Laird *et al.*, 1954). It summarizes the results obtained in 177 experiments carried out with maize in 12 states of the central part of the country during the eight-year period, 1945-1952. A single general fertilizer recommendation for maize was reported for each of nine states. Three of the states were divided into two parts and a general recommendation estimated for each part. In each case, the general recommendation was estimated by averaging the results obtained in all the experiments corresponding to that entity.

Based on this report and other studies carried out during the forties and early



fifties, certain characteristics of the field method as employed in the earlier years are evident: (a) the investigator defined the fertilizer treatments and planned the field trials without taking into account the circumstances of the local farmers; (b) experimental sites were selected at random, usually along roads that were accessible during the rainy season; (c) the investigator participated in establishing the experiments and in the harvest; he visited the trials on two or three occasions during the growing season; and (d) the characterization of experimental sites was limited mainly to the determination of the physical and chemical properties of the soils.

It is evident, however, in the 1954 report that the researchers were already concerned about the theoretical framework of the field method. In the introduction to the report, the theoretical relationship between crop yield and the production factors was presented. It was emphasized that the optimum rate of fertilization did not depend solely on soil properties; it depended as well on the other characteristics of the system: climate, plant, management and time. The relationship between response to fertilizers and rainfall was explored. It was concluded that the optimum rate of fertilization for a given area would be greater under irrigation than under rainfed conditions. It was noted that the selection of the optimum plant density was complex because it depended on many factors, the most important of which were climate, soil and the variety itself.

A study of the fertilization of rainfed maize in Jalisco, carried out in 1954 and published in 1959 (Laird and Lizárraga, 1959), contributed in several ways to the evolution of the field method. The central part of the state, recognized locally as having climatic conditions favorable for maize production, was selected for study. The experimental sites were distributed among the important agricultural areas. The investigators visited the experiments frequently during the growing season and made qualitative observations on vegetative response to treatment, weed competition and damages caused by insects, diseases, animals, drought, hail and poor drainage.

In the interpretation of the field data, it was recognized that, in order to generalize

the results obtained in a given year, it was necessary to examine historical weather records and adjust experimental results to what one would expect to find in an average year. Employing a modification of the van Bavel procedure (Van Bavel, 1953), historical rainfall data were used to calculate the number of "drought days" in 1954 and in previous years. The number of drought days at each site in 1954 was compared with the numbers in previous years, and the conclusion was reached that drought damage was usually light in the area, and that rainfall in 1954 was slightly more favorable than in an average year.

Also, a procedure designed for estimating the number of days with excess soil moisture was applied to the historical rainfall data for the area. It was found that damage due to excess moisture in 1954 was greater at certain sites and less at others than in an average year. The calculated probabilities of drought and excess moisture at the experimental sites were used in the estimation of optimum fertilizer rates. Rather than a single fertilizer recommendation for the whole area, specific recommendations were made for seven different soil conditions.

The 1954 Jalisco study also included the determination of optimum plant densities. The optimum plant population was defined as "the smallest number of plants per hectare capable of producing the maximum yield". Also, for a given variety, a linear relationship between optimum plant density and productivity level was reported.

The first attempt to stratify the producing conditions in a given area, as a part of research planning, occurred in a study of wheat fertilization carried out in the Yaqui Valley, Sonora, during the winter of 1955-56 (Arvizu and Laird, 1958). Based on a reconnaissance of the area and the experiences of other researchers, eight "producing systems" (Jenny, 1941) were defined, *a priori*, in terms of differences in physical soil properties, previous crop and the number of years under cultivation. Two experiments were located in each of the eight systems. The experimental results were used to formulate specific fertilizer recommendations for seven producing systems.



A rainfed maize fertilization study, carried out in El Bajío (central Mexico) during the four-year period, 1962-65, introduced and employed new ideas about the use of the field method (Laird and Rodríguez, 1965, Laird *et al.*, 1969). At the beginning, the objectives of the study were to: (a) develop fertilizer recommendations for rainfed maize in a target area, and (b) estimate the quantitative importance of each of the factors limiting yield. While carrying out the research, a third objective was added: obtain a regional yield equation, useful in the estimation of optimum rates of fertilization for specific sites, and acquire a better understanding of the problems involved in using multiple linear regression for calculating the regional equation. Both scientific and methodological objectives were explicit in this research.

In the implementation of the study, two fundamental changes were introduced into the field method: (a) to reduce to a minimum the differences among sites in the production practices held constant (date of planting, variety, plant density, cultivations, weed control, insect control), as well as minimize the extent to which these practices limited yield, the investigator worked closely with the farmers to assure that recommended production practices were used in all trials; and (b) the most quantitative procedures available at the time were used to measure the uncontrollable productivity factors (climate, soil, previous management), as well as deficiencies in those practices supposedly maintained constant in all experiments. For example, through observations made at regular intervals, damages due to drought, excess moisture, weed competition, hail, budworm and *Helminthosporium turcicum* (Laird, 1968) were quantified at all locations.

The results obtained in 76 experiments carried out over a period of four years were used to formulate fertilizer recommendations for 16 producing systems, characterized in terms of differences in soil texture, soil depth and annual rainfall. In addition, a regional empirical equation with 23 independent variables was calculated for use in estimating specific fertilizer recommendations for individual plots in the area of study.

During the latter part of the sixties, it became quite common for fertilizer use

researchers to express their results in the form of mathematical models, particularly as quadratic polynomials. As there is no way to know which mathematical model represents most closely the true relationship between yield and the amounts of applied nutrients, this way of expressing the results of fertilizer studies necessarily introduces bias error. Moreover, it was known that the magnitude of bias error is influenced by the manner in which treatment combinations are distributed in the factor space. For this reason, toward the end of the sixties and at the beginning of the seventies, the effect of treatment design on the bias error of estimated functions was studied (Cady and Laird, 1969). Also, popular treatment designs were compared in terms of the variance of estimated parameters and bias error (Cady and Laird, 1973, Laird and Turrent, 1981).

The decade of the seventies was undoubtedly the period in Mexico with greatest activity devoted to perfecting the field method for use in developing recommendations on the use of fertilizers and other agricultural inputs. This investigation was headed-up by Antonio Turrent, research professor at the Postgraduate College. During the period, 1970-1983, Turrent directed the thesis research of 41 students at the M.S. level and two at the doctoral level (Volke, 1984). Most of this research was directed toward the improvement of the field method. In 16 theses, methodological aspects involved in the estimation and use of regional empirical equations were studied. A three-stage procedure for estimating regional empirical equations was developed, as well as criteria and methods for judging bias and precision in predicting fertilizer needs. In 14 theses, the research dealt mainly with the stratification of producing conditions into agrosystems\* and the comparison of the agrosystem approach for generating farmer recommendations with other common methods.

The development of regional empirical equations and the agrosystem approach were seen as alternative ways of evaluating crop response to production factors and estimating farmer recommendations. The former is a continuous while the latter is a discrete

\*In the mid-seventies, the term "agrosystem" began to be used in place of "producing system"



approach. During this period, it became evident that the use of regional empirical equations, even though more costly and requiring the collection of information directly from farmers' fields, showed no clear advantages over the agrosystem approach (Castañeda, 1980, Cortés, 1975, Rodríguez, 1975, Rojo, 1980, Villalpando, 1975, Volke, 1977, Zárate, 1976). As the requirements of infrastructure and technical assistance are minimal with the agrosystem approach, it was considered to be more suitable at that time for developing countries\*\*.

Also, during the seventies, the institutionalization of knowledge about the use of the field method for generating technological recommendations was accelerated. In 1971, Turrent began his course in "Soil Productivity". The VII Congress of the Mexican Soil Science Society (SMCS), held in 1974, included a section on "Soil Productivity". In both instances, it was understood that Soil Productivity brought together information and research about the use of the field method for generating recommendations for farmers. In 1976, Turrent changed the name of his course to "Methodology for the Study of the Productivity of Agrosystems"; in 1989, the XXII Congress of the SMCS changed the name of the Soil Productivity section to "Productivity of Agrosystems". By the mid-eighties, the activity known as "Research on the Productivity of Agrosystems" was widely understood to be the modern version of the use of the field method for generating technological recommendations.

During the second half of the seventies, the CP published a series of writings by Turrent on the methodology for studying the productivity of agrosystems. In one of these, Turrent (1978c) expands on the concept of agrosystems and suggests several definitions including the following: "Within an agricultural region, an agrosystem for a given crop comprises all plantings with similar producing conditions. In the process

of developing technology, differences in crop response to controllable production factors, among sites or among years within an agrosystem, are considered to be due to random variation". Other writings of Turrent present information on: (a) the Plan Puebla experimental matrix (Turrent y Laird, 1975), (b) making field observations (Turrent, 1976), (c) the need to carry out integrated, multifactorial, technological research (Turrent, 1978a), (d) the graphic-statistical method for the economic interpretation of experiments conducted using the Plan Puebla I matrix (Turrent, 1978b), (e) the use of a mixed matrix for the optimization of five to eight factors (Turrent, 1979c), and (f) the CP method for designing agrosystems (Turrent, 1979b).

#### Contributions of economists

Until the early seventies, crop research on farmers' fields was almost exclusively an activity of agronomists. This situation began to change, however, as evaluations of agricultural and rural development programs, like Plan Puebla (Anonymous, 1974), reported levels of adoption of recommended technology much lower than expected. Economists accepted the challenge to explain the causes of low rates of adoption (Gerhart, 1975, Vyas, 1975, Winkelman, 1976) and, at the same time, increased their participation in on-farm research, directing their attention to the study of factors limiting the adoption process.

A suggested cause of low adoption of recommended technology was that such technology was often not useful to farmers. The hypothesis was proposed that, on many occasions, the recommended technology was simply not appropriate to farmers' needs, particularly the needs of small farmers, and that this came about largely because agronomists planned and carried out research and interpreted the results without fully understanding farmers' circumstances.

During the last 15 years, there has been a marked increase in activities and reports focussed on defining the most effective way to collect and interpret information on farmers' circumstances and use it in agronomic research (Byerlee *et al.*, 1980, Chambers, 1980, Hildebrand, 1979). One of the first organizations to come up with a diagnostic procedure was the Agricultural Science and

\*\*Research for further development of the field method is continuing in Mexico in at least three areas: (a) inclusion of soil testing as a diagnostic tool within the agrosystem, (b) development of diagnostic-prescription manuals and agrosystem cartography for specific crops, and (c) extrapolation of fertilizer technology taking into account geographic gradients and changes in crop cultivars.



Technology Institute of Guatemala. A group of specialists in socio-economics, working directly in the field with agronomists, developed the "Sondeo" for diagnosing farmers' conditions. This procedure has received attention in many parts of the world because it is simple, low cost and fast. According to Hildebrand (1979), five agronomists and five specialists in the social sciences can diagnose farmers' circumstances in an area of 40 to 150 km<sup>2</sup> in six to 10 days.

The approach used by the Economics Program of the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) for describing farmers' circumstances (Byerlee *et al.*, 1980) has been adopted by many research agencies. This procedure includes the review of secondary sources of information, an exploratory survey (similar to the Sondeo), field observations and a formal survey to obtain detailed information on those aspects critical for planning the field trials. According to the authors, this process, including the analysis and interpretation of data, can be completed in about three months.

Also, in recent years, economists have made significant improvements in the economic interpretation of yield data from field trials. Perrin *et al.* (1976) have published simple procedures for selecting optimum treatments, taking into account risk and rates of return. The estimation of labor costs, particularly when family labor is involved, has been improved.

Economists have also made important contributions in the area of research planning. CIMMYT, for example, includes the following activities in the planning of field trials (Byerlee *et al.*, 1980): (a) the stratification of the diversity in a study area in recommendation domains, groups of farmers with similar circumstances. In contrast to agrosystems, differences in socioeconomic conditions, as well as differences in climate and soils, are taken into account in defining recommendation domains; and (b) the prescreening of potential technological components to assure that expected changes are in accord with farmer circumstances.

#### The farming system approach

Since the end of the Second World War, the systems concept has become progressively more

important in development, particularly in the industrial and other economic sectors. At the beginning of the seventies, when it became evident that rates of adoption of recommended technology by small farmers in agricultural and rural development programs were very low, the people and institutions involved in such programs, concerned about the reliability of the recommendations, turned to the systems approach as a possible option for generating appropriate technology. The Tropical Agronomic Center for Research and Teaching at Turrialba, Costa Rica, for example, began a farming systems program and promoted agricultural research using the systems approach in the Central American countries. International organizations like the International Institute of Tropical Agriculture in Nigeria and the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics in India included farming systems research (FSR), from the beginning, as a part of their programs.

During recent years, interest in FSR has continued to gain momentum, both in national and international research programs. In February, 1985, for example, the National Agricultural Research Institute of Mexico held a two-day meeting to discuss concepts employed in FSR and analyze several projects underway at that time. By 1983 (Simmonds, 1983), all the international agricultural research centers coordinated by the Consultative Group of the World Bank were involved in some degree in FSR.

In view of the rapid increase in FSR and the lack of a consensus with respect to concepts and terminology, the World Bank commissioned Norman Simmonds (Simmonds, 1983) to visit several national and international programs involved in FSR and suggest unifying terms of reference. In his report, Simmonds classified the kinds of FSR that he had observed in three categories and offered comments about each of them:

1. FSR *sensu stricto*. Research on farming systems as they exist; their description, analysis, classification and understanding. It is essentially an academic activity good for generating Ph. Ds, but not much use to agricultural research.

2. On-farm research with farming systems perspective (OFR/FSP). It uses the FSP to help define the on-farm research necessary for



practical progress. It is a "style" of doing agricultural research founded on the well-justified assumptions that changes need to be adapted to the circumstances of their users, and that on-station experiments do not always predict farm experience. It assumes that progress will be stepwise rather than revolutionary and devotes itself to a cautious, empirical evolutionary process.

3. New farming systems development. It seeks to generate revolution rather than evolution and to build radically new systems from the beginning. It is practically oriented agricultural research and must be founded on at least some FSP. It differs from OFR/FSP in degree rather than in nature, but it necessarily has a lesser OFR component.

Research on the productivity of agrosystems, as it has evolved in Mexico, corresponds to the second category of Simmonds, on-farm research with a farming systems perspective.

In recent years, scientists involved in research on the productivity of agrosystems have become concerned about accelerating the institutionalization of the discipline. During 1991, researchers at the CP, INIFAP, the Autonomous University of Chapingo and other entities held three symposia for the purpose of achieving a better understanding of how best to use the productivity of agrosystems approach for generating and transferring agricultural technology. In late 1991 and early 1992, several research professors at the Soil Science Center of the CP tried to define the content of a Master of Science program in the "Area of Productivity of Agrosystems".

#### **The Discipline of Productivity of Agrosystems in 1993**

In the discussions held during 1991 and 1992 at the Soil Science Center of the CP, the central concern has been to understand more clearly just what the productivity discipline is, and how to define its interfaces with other agricultural disciplines. The study turned out to be difficult, and it was not possible, even within a small group, to reach a consensus. In the following paragraphs, some ideas are presented with respect to general concepts, scope and research methodology of the productivity of agrosystems.

#### **General concepts**

To better understand just what is meant by productivity of agrosystems, several definitions and statements are offered below:

1. Soil fertility refers to the capacity of a soil to supply the mineral nutrients that are essential for plant growth.
2. Soil productivity refers to the capacity of a soil to produce crops. It is a broader concept than fertility and includes the effects of physical and microbiological properties. The productivity of a soil varies, depending upon the crop being grown, the climate and the management practices employed.
3. An agrosystem is a part of the universe of production of a crop, a cropping pattern or a cropping system in which the uncontrollable production factors (climate, soil, previous management) vary within arbitrarily selected limits.
4. The land that is present on a farm, in a region or in the entire world may be stratified into agrosystems in terms of macro differences in climate, soil and previous management. Macro differences are those that provoke significant differences in optimal levels of production practices.
5. To better position the concept of agrosystems within the terminology employed in systems research, the following definitions are relevant:
  - a) A farming system is a complicated interwoven mesh of soils, plants, animals, implements, workers, other inputs and environmental influences with the strands held and manipulated by the farmer who, given his preferences and aspirations, attempts to produce output from the inputs and technology available to him. It is the farmer's unique understanding of his immediate environment, both natural and socioeconomic, that results in his farming system (Dillon *et al.*, 1978).
  - b) The cropping system of a farm includes all the crop production activities. A system may be composed of a number of cropping patterns and involve the production of several crops. All components required for the production of a particular crop and



their relationships with the environment are considered within a crop system. Those components include all needed physical and biological inputs, including technology, capital, labor and management (Zandstra, 1985).

- c) A crop is any number of species growing together during the major part of the season (Turrent, 1979a).
  - d) An annual cropping pattern consists of one or more crops that occupy the land during a period of 12 months.
  - e) An agroecosystem is an ecosystem that contains at least one population of agricultural importance. A farming system consists of an agroecosystem with crops, an agroecosystem with animals and a socioeconomic system (Hart, 1979).
6. Thus, the cropping system (or agroecosystem with crops) of a farming system consists of one or more cropping patterns that are produced in one or more agrosystems.
7. The productivity of an agrosystem is expressed in terms of the yield of one or more species. Mathematically, the yield of a species produced in a given agrosystem may be expressed as follows (Jenny, 1941):
- $$\text{Yield} = f(\text{climate, plant, man, soil, time})$$
8. The purpose of research on the productivity of agrosystems is to generate and/or validate crop production technology that is appropriate to farmers' circumstances. As the uncontrollable production factors (climate, soil and previous management) vary in space and in time, research on the productivity of agrosystems must be conducted in such a way that the variation in these factors in the area of study is equitably sampled. This means that research on the productivity of agrosystems must be carried out on farmers' fields.
9. The unit of study in research on the productivity of agrosystems is a crop, a cropping pattern or a cropping system produced in a given agrosystem. A research project on the productivity of agrosystems normally comprises a crop, a cropping pattern or a cropping system that is produced in the major agrosystems in the area of study. One, several or none of the

agrosystems under study may be present in a given farming system.

- 10. Because of the residual effects of the use of production technology and changes in cultivars, crop production technology gradually becomes obsolete over time and must be updated. For this reason, research on the productivity of agrosystems in a given region is a continuing process.
- 11. Research in soil fertility consists of studies directed toward the development of farmer recommendations on the use of fertilizers and other soil amendments and toward achieving a better understanding of the functioning of nutrients in plant growth. It shares research objectives with plant nutrition.
- 12. Research on the productivity of agrosystems covers part of the objectives of soil fertility research, but is much broader. It includes the optimization of cropping practices corresponding to all the controllable production factors (fertilization, irrigation, land preparation, cultivations, seeding rate, weed control, insect control, etc.).
- 13. As the scope of research on the productivity of agrosystems is very broad, it is necessary in practice to define its limits with respect to other agricultural research programs:
  - a) Soil fertility. Research on the productivity of agrosystems should assume the responsibility for the optimization of fertilization practices; soil fertility would conduct research on soil and plant analyses, sources of fertilizers, soil amendments, etc.
  - b) Plant breeding, entomology, plant pathology, crop physiology, agricultural engineering, water science and other soil disciplines. These disciplines develop new materials and technologies at experiment stations, greenhouses and laboratories. Research on the productivity of agrosystems should receive these new materials and practices and validate them in experiments carried out on farmers' fields.

#### Scope of the research

To study many hypotheses in agricultural research, it is necessary to compare



treatments under conditions similar to those of the target farmers. This kind of research has to be carried out on experiment stations or on farmers' fields. The central problem in defining the scope of research on the productivity of agrosystems is deciding which lines of research must be studied on farmers' fields and which lines can be investigated on experiment stations (Laird, 1981).

The empirical basis for suggesting that certain lines of research can be studied efficiently on experiment stations, while others must be investigated on farmers' fields, derives from the multitude of studies carried out over the years that have demonstrated the nature of the interactions between the response to technological components and the crop production factors. Research carried out under many conditions has indicated that the interactions between certain components and the production factors are large, other are relatively small and still other are insignificant.

At this time, it seems reasonable to suggest that all technological components whose interactions with uncontrollable production factors (climate, soil, previous management) are large, should be investigated on farmers' fields. Expressed in another way, all components whose optimal levels, or best choices, are sensitive to small differences in climate, soil and previous management, should be studied on farmers' fields. Reasoning in the same manner, all technological components whose interactions with the production factors are small, can be studied efficiently on experiment stations.

An example of a technological component whose optimal level is very sensitive to small differences in climate, soil and management factors is rate of fertilization. The optimal rate of nitrogen for maize plantings under rainfed conditions in El Bajío, Mexico, was observed to vary from zero in shallow soils receiving 525-600 mm of annual rainfall to more than 120 kg ha<sup>-1</sup> in deep soils receiving 800-950 mm of precipitation yearly (Laird y Rodríguez, 1965). The recommended rate of nitrogen fertilization for maize on deep soils of Popocatepetl, Puebla, Mexico, was reported to be 130 kg ha<sup>-1</sup> for early plantings and 100 kg ha<sup>-1</sup> for late plantings (Anonymous, 1974). It has frequently been observed that the optimal rate of nitrogen is higher for fields

where weeds are controlled effectively than for fields with deficient weed control practices.

An example of a component of crop production technology whose best choice is quite insensitive to small differences in the production factors is the recommended insecticide treatment for controlling a particular insect. Generally, it has been found that information on the relative effectiveness of insecticides is readily transferable from one environment to another.

Plant breeding research combines components that may be investigated effectively on experiment stations, and others that must be studied on farmers' fields. The breeding of new varieties that combine attributes such as high-yielding ability and resistance to diseases, insects and/or drought consists in assembling a large collection of genetic materials with one or more of the desired attributes, making a large number of crosses to bring together in the same plant all the desired characteristics, observing the crosses under environmental conditions that permit the detection and the selection of plants that combine the desired traits, and evaluating the new varieties under the local conditions.

The assembling of genetic materials is an activity that corresponds to a suitable experiment station, and involves the use of information available from earlier research and that which becomes accessible during excursions into areas where useful materials are expected to exist. The outcome of a crossing program is clearly not sensitive to small differences in crop production factors and can best be carried out at an appropriate experiment station. The evaluation of early generation crosses and the selection of plants that combine the desired traits can best be done at an experiment station if the proper environment is available on can be created. The screening for maize resistance to the budworm, for example, requires the presence of a high population of that insect; an adequate population may exist naturally or can be introduced artificially. The evaluation of new varieties implies the comparison of these with existing commercial materials, including the farmers' variety, under local conditions. This final step in the crop breeding process must be effected in trials carried out on farmers' fields.



In addition to the study of technological components that are sensitive to small differences in the climatic, soil and management factors, there is a second activity that should be carried out on farmers' fields: the validation of the economic feasibility of farmer recommendations. Usually the package of recommendations developed by research consists of several technological components: variety, seeding rate, date of planting, fertilizer treatment, weed control measure, insect control practice, etc. Generally, these components are developed by separate research programs. Once the individual components have been assembled, the economic viability of the package should be determined. This validation should be made on farmers' fields.

It is suggested, therefore, that the research carried out on farmers' fields should cover two areas: (a) the determination of optimal levels of technological components sensitive to small differences in climate, soil and previous management, and (b) the economic validation of the package of farmer recommendations. The scope of research on the productivity of agrosystems corresponds to that carried out on farmers' fields in these two areas.

### Research methodology

In the following pages, the process followed in studying the productivity of agrosystems is outlined. The process is divided into the six principal activities carried out by the researcher, from the selection of the area of study to the formulation of farmer recommendations at the agrosystems level.

#### 1. Selection of the area of study.

The approximate location of the study area is decided in accordance with national agricultural policy and the research programs of the participating institutions.

The precise location of the area is made taking into account the heterogeneity of environmental factors, crop diversity, accessibility by vehicle and the resources available for research. In an easily accessible, compact area with few crops and relatively uniform climate and soils, one investigator with vehicle and assistants can cover as much as 100,000 ha of cultivated

land. In an area with little cultivated land, many crops, a heterogeneous environment and poor roads, an investigator and team might handle as little as 5,000 ha.

#### 2. Collection of information on farmer circumstances.

This activity consists of gathering data on climate, soils, production, agricultural services, etc. from secondary sources; information on soils, topography, access and crops from direct observation in the area; and information about farmer resources, cropping systems, production practices and limiting factors through interviews with producers.

The most important element in the collection of information is the farmer interviews. With severe limitations in time and resources, some investigators have selected a procedure like the sondeo (Hildebrand, 1979) which can be implemented in a couple of weeks. The economists in CIMMYT (Byerlee *et al.*, 1980) with fewer restrictions in time and resources, suggest both an exploratory survey and a formal survey, which overall require a period of ten weeks or so.

The initial collection of information in the area of study is the first step in the diagnosis of farmer circumstances, and should be sufficiently thorough to facilitate the selection of priorities and the planning of field research. The diagnosis, however, is a continuous process in which the initial perceptions are validated or modified through the understanding derived from the investigator-farm family interaction during the implementation of trials on farmers' fields.

#### 3. Stratification of producing conditions into agrosystems.

Conceptually, the stratification into agrosystems is made in terms of differences in climate, soil and previous management of the cultivated land in the area of interest that is used for producing the crops, cropping patterns or cropping systems targeted for study. It is assumed that in the collection of information from secondary sources, in the reconnaissance of the area and in the farmer interviews, well-trained agronomic researchers will recognize the main differences in climate, soil and previous crop that influence crop production. Based on these differences,



researchers propose, as a working hypothesis, a subdivision of the area into agrosystems. As experience is accumulated in the field studies, the limits of the agrosystems are adjusted and verified.

The definition *a priori* of agrosystems is quite subjective, and the successful use of this concept depends greatly on the preparation and experience of the researchers. A challenge at this time is to find a way to use cartographic methods, like the physiographic survey (Ortiz y Cuanalo, 1978) or the classification in crop provinces (González *et al.*, 1991), in the stratification in agrosystems.

#### 4. The planning of research.

The information derived from secondary sources, visits to the study area, interviews with farmers and representatives of service institutions, etc. is used in research planning. For a given area, the planning of a research program occurs at two levels.

At the first level of planning, those production practices that should receive attention in the initial research program are selected. Generally, it is a question of selecting the most important crops in the area and, in the case of each of them, the production practices that are probably deficient and can be improved through on-farm research. The Economics Program of CIMMYT (Byerlee *et al.* 1980) has proposed a systematic way to select those technological components that should be given priority at the beginning.

The agronomic research program for a given area should include both the experimentation to be carried out on farmers' fields and the studies proposed for the supporting experiment station. It is expected that the researchers in productivity of agrosystems and those at the supporting experiment station will work together as a team in the collection of information on farmer circumstances and in research planning.

In the initial stage, the selection of priority crops and technological components is the responsibility of the researchers that will carry out the trials on farmers' fields and at the supporting experiment station. After the tentative selection of priorities by

the researchers, however, it is important that they meet with farmers and representatives of the service institutions, explain the selection of priorities, receive suggestions and arrive at a consensus.

The second level of planning involves the preparation of detailed plans for the experiments that are to be carried out on farmers' fields and at the supporting experiment station. Individual treatments, treatment matrices, experimental designs, plot size, number of replications, number of experiments, etc. are decided. Every effort should be made to build orthogonality throughout the study. Procedures used in making field observations, taking and analyzing soil samples, and in describing soil profiles should be standardized. A maximum yield treatment, with the application of manure, chemical fertilizer, etc., should be included at each experimental site. Also, it is necessary to define the levels of the production practices that are to be maintained constant in the experiments. The researchers in productivity of agrosystems and at the supporting experiment station, have the responsibility for planning the field trials.

In addition to specifying the details of the experiments, the second level of planning includes making a decision as to which lines of research are to be studied on farmers' fields and which at the supporting experiment station. As mentioned earlier, it appears that a useful criterion to follow in assigning lines of research is the sensitivity of the optimal levels of the technological components to small differences in climate, soil and previous management.

#### 5. Experimentation on farmer's fields.

Experimentation on farmer's fields involves many activities, all of which need to be carried out correctly to assure the generation of useful information. In the following paragraphs, several of the steps involved in field experimentation, specifically for rainfed plantings, are commented briefly.

##### a. Preliminary activities.

Although several weeks are employed in the reconnaissance of the study area, the collection and analysis of information, the stratification in agrosystems and the planning of field research, the investigator in



productivity of agrosystems, in addition, should dedicate ample time, perhaps two months or more (Laird, 1968), to getting a more detailed picture of the area and assembling the materials and equipment needed for installing the trials at the opportune time.

Perhaps, half of this time is used in selecting collaborating farmers with land suitable for field experimentation. It is necessary to find two or more farmers, distributed uniformly within each agrosystem, with land that combines the desired climatic, soil and previous management characteristics. Moreover, it is imperative that the researcher establishes a working relationship with the farmers that assures their enthusiastic cooperation throughout the study. Often, this implies frequent interaction between the researcher and the farmers over a period of several weeks, so that the latter reach a detailed understanding of what is expected of them, and are convinced of the value of the study and the importance of their contribution.

Once the experimental plots are located, a tentative calendar for the installation of the trials is prepared, taking into account the probable date of the first rains, based on information from farmers and historic rainfall records. Rain gauges and other meteorological instruments should be installed well before the date rains are expected to begin. All materials and equipment are concentrated at a convenient location several days before the estimated date of the first planting.

#### b. Installation of experiments.

Once the rains begin, the researcher needs to be in almost daily contact with the collaborating farmers. As soon as a farmer decides that it has rained sufficiently to plant, it is necessary that the researcher responds immediately and arrives to install the experiment the same day or within the next couple of days. This implies a very heavy work load for the researcher during periods when it is raining in most of the study area. Under such conditions, it may be necessary to install as many as three trials per day and work on weekends.

Clearly, the date for installing an experiment should coincide as closely as possible to that preferred by the collaborating farmer. In this way, the

researcher assures that the planting of the experiments takes into account the knowledge of the local producers. Also, by planting at the time preferred by the farmers, the researcher avoids the possibility of farmers planting before he arrives.

#### c. Supervision of the experiments.

The supervision of the experiments by the researcher has two main purposes: (1) assure the establishment of an adequate plant population in each experimental plot, and (2) maintain the constant production practices at the levels specified in the research plan.

To assure an adequate plant population, at times it is necessary to control rodents, birds, insects, etc. and to protect the experiment from the invasion of large animals. The need for protecting the plants is particularly urgent during the first couple of weeks after emergence.

#### d. Making observations.

During most of the crop growing season, the principal activity of the researcher is the making and recording of observations on plant development and the production factors. In general, the researcher should visit each experiment every five to 10 days and register observations for each plot on size and vigor of the plants, symptoms of nutrient deficiencies, weed competition, and damages caused by insects, diseases, animals, drought, excess moisture, hail, frost, strong winds, etc. It is expected that the information collected on the production factors will be useful at the time of interpreting the experimental data, by helping to explain plant behavior in the experiments.

A description of the soil profile in each experiment should be made at a convenient time during the crop growing season. This information is useful in understanding plant behavior and is necessary for confirming that the experiment was assigned to the correct agrosystem.

#### e. Harvest.

Well before the beginning of harvest, the researcher prepares a tentative calendar of harvest dates, taking into account the state of maturity of the grain in each experiment.



Each farmer is advised of the need to harvest as soon as possible after physiological maturity to avoid grain losses. As soon as the grain in an experiment is ready for harvest, the researcher reaches an agreement with the collaborating farmer and proceeds to the harvest.

#### 6. Processing of experimental data.

Following the harvest of the experiments, the researcher proceeds to make any necessary adjustments and transformations of the experimental data and submits them to statistical analyses. In addition, an economic analysis of the data from each experiment is made to determine the best choice, in the case of discrete variables like the weed control practice, or the optimal dose, in the case of continuous variables like the rate of fertilization.

A common deficiency in economic analyses is the lack of precision in the estimation of production costs and the value of the harvest. Frequently, the researcher accepts a rough estimate of the cost of a certain practice without insisting on a more precise estimate that might involve collecting information from farmers. Many researchers continue to estimate the value of the harvest of cereals exclusively in terms of grain yield.

The estimation of the economic optimal dose of a continuous variable is commonly made using the graphic method, the partial budget analysis (Perrin *et al.*, 1976) or a mathematical function. Perhaps the graphic method continues to be the most reliable, especially when working with yield averages with a large standard deviation.

Once the economic analysis is completed, the researcher revises the stratification of farmer circumstances into agrosystems, made at the beginning. He compared the variability, expressed as differences in yield, optimal doses, etc., within agrosystems with the variability among agrosystems. The CP Method of Turrent (1979) may prove useful in this comparison. As a product of this revision, the *a priori* stratification in agrosystems is confirmed or some adjustment is made. Once the stratification in agrosystems is validated, a recommendation for each agrosystem is estimated by averaging the optimal doses, or the best choices, calculated for each trial carried out in the agrosystem.

For many researchers, the interpretation of experimental results ends with the estimation of these recommendations. At this point, however, an important source of variability, that due to differences in weather among years, has not been taken into account. It is widely accepted, for example, that technological components like the optimal rate of nitrogen fertilization, or the best crop variety, may be quite different in a year with favorable rainfall than in a year with severe drought. It is essential that researchers use existing weather data to confirm or adjust the recommendation estimated from the experimental data obtained in a given year. Although much research is needed to determine how best to use historical weather data for this purpose, studies like those of Rebolledo (1991), Mendoza (1984) and Esparza (1985) suggest possibilities.

#### LITERATURE CITED

- ANONYMOUS. 1974. El Plan Puebla: Siete Años de Experiencia: 1967-1973. CIMMYT, El Batán, México.
- ARVIZUR, Z. y R.J. LAIRD. 1958. Fertilización del trigo en el Valle del Yaqui. Folleto Técnico Núm. 26, O.E.E., S.A.G., México.
- BYERLEE, D., M. COLLINSON, et al. 1980. Planning technologies appropriate to farmers-concepts and procedures. CIMMYT, El Batán, México.
- CADY, F.B. and R.J. LAIRD. 1969. Bias error in yield functions as influenced by treatment design and postulated model. S.S.S.A. Proc. Vol. 33, No. 2: 282-286.
- CADY, F.B. y R.J. LAIRD. 1973. Diseño de tratamientos para la experimentación sobre el uso de fertilizantes. Folleto de Investigación Núm. 26, CIMMYT, El Batán, México.
- CASTANEDA P., A. 1980. Generación de tecnología en el cultivo único de maíz en hileras, en el Plan Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias, CP, Chapingo, México.
- CHAMBERS, R. 1980. Shortcut methods in information gathering for rural development projects. Institute of Development Studies, Univ. of Sussex, Brighton, UK.
- CORTES F., J.I. 1975. Diseño de recomendaciones de prácticas de fertilización y de densidad de población en maíz de temporal para varias condiciones de producción en la Sierra Tarasca. Tesis de Maestría en Ciencias, CP, Chapingo, México.
- DILLON, J.L., D.L. PLUCKNETT and G.J. VALLAEYS. 1978. Farming systems research at the International Agricultural Research Centers, TAC, CGIAR, World Bank, Washington, D.C.
- ESPARZA S., J. DEL R. 1985. Generación de tecnología de producción para el cultivo del maíz bajo condiciones de temporal en la parte Este de la Mixteca Alta Oaxaqueña. Tesis de Maestría en Ciencias, C.P., Chapingo, México.



- GERHART, J. 1975. The diffusion of hybrid maize in Western Kenya-abridged by CIMMYT, El Batán, México.
- GONZALEZ A., I.J., A. TURRENT F. y R. AVELDANO S. 1991. Las provincias agronómicas de la tierra de labor bajo temporal en México. INIFAP, México, D.F.
- HART, R.D. 1979. Agroecosistemas. Conceptos básicos. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- HILDEBRAND, P.E. 1979. Summary of the sondeo methodology used by ICTA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, Guatemala, C.A.
- JENNY, H. 1941. Factors of soil formation. MacGraw-Hill Book Company, Inc. New York.
- LAIRD, R.J. 1968. Técnicas de campo para experimentos con fertilizantes. Folleto de Investigación Núm. 9, CIMMYT, El Batán, México.
- LAIRD, R.J. 1981. Integración a nivel regional de la investigación efectuada en fincas y aquella llevada a cabo en estaciones experimentales. Centro de Edafología, CP, Chapingo, México. Mimeógrafo.
- LAIRD, R.J., J.B. PITNER, A. BARRAGAN R. y T. AMADOR A. 1954. Fertilizantes y prácticas para la producción del maíz en la parte Central de México. Folleto Técnico Núm. 13, O.E.E., S.A.G., México.
- LAIRD, R.J. y H. LIZARRAGA H. 1959. Fertilizantes y población óptima de plantas para maíz de temporal en Jalisco. Folleto Técnico Núm. 35, O.E.E., S.A.G., México.
- LAIRD, R.J. y J. H. RODRIGUEZ G. 1965. Fertilización del maíz de temporal en regiones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Folleto Técnico Número 50, INIA, S.A.G., México.
- LAIRD, R.J., A. RUIZ B., J.H. RODRIGUEZ G. y F.B. CADY. 1969. Análisis combinado de resultados de experimentos con fertilizantes y obtención de una ecuación general que permite estimar recomendaciones específicas para prácticas de fertilización. Folleto Técnico Núm. 54, INIA, S.A.G., México.
- LAIRD, R.J. and A. TURRENT. 1981. Key elements in field experimentation for generating crop production technology. In *Experimental Designs for Predicting Crop Productivity with Environmental and Economic Inputs for Agrotechnology Transfer*. Ed. James A. Silva. Departmental Paper 49, Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, Univ. of Hawaii, Oahu, Hawaii.
- MENDOZA R., J.L. 1984. Generación de recomendaciones sobre prácticas de producción para maíz de temporal en la región Centro-Sur del Estado de Morelos. Tesis Maestría en Ciencias, C.P., Chapingo, México.
- ORTIZ S., C.A. y H.E. CUANALO DE LA C. 1978. Metodología del levantamiento fisiográfico; un sistema de clasificación de tierras CP, Montecillo, México.
- PERRIN, R.K. et al. 1976. From agronomic data to farmer recommendations: An economics training manual. CIMMYT, El Batán, México.
- REBOLLEDO R., H.H. 1991. Metodología para estimar funciones generalizadas de producción, con fines de generar recomendaciones; considerando factores de suelo, clima, manejo y el riesgo climático. Tesis de Doctor en Ciencias, C.P., Montecillo, México.
- RODRIGUEZ S., T. 1975. Comparación de algunos métodos para generar ecuaciones empíricas de respuesta del maíz a varios factores ambientales bajo condiciones de temporal. Tesis de Maestría en Ciencias, C.P., Chapingo, México.
- ROJO S., J.V. 1980. Evaluación de cinco metodologías para la generación de recomendaciones sobre fertilización y densidades de población de maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias, CP, Chapingo, México.
- SIMMONDS, N.W. 1983. Farming systems research: The state of the art. World Bank, Washington, D.C. Mimeógrafo.
- TISDALE, S.L. and W.L. NELSON. 1966. Soil fertility and fertilizers. Second Edition. The Macmillan Co. Toronto.
- TURRENT F., A. 1976. El registro de observaciones durante el desarrollo de un experimento de productividad. Núm. 2. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas. CP, Chapingo, México.
- TURRENT F., A. 1978a. Evidencias sobre la necesidad de desarrollar una investigación tecnológica multifactorial-integrada para la agricultura de temporal. Núm. 4. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas. CP, Chapingo, México.
- TURRENT F., A. 1978b. El método gráfico-estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. Núm. 5. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas, CP, Chapingo, México.
- TURRENT F., A. 1978c. El agrosistema, un concepto útil dentro de la disciplina de productividad Núm. 3. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas. CP, Chapingo, México.
- TURRENT F., A. 1979a. El sistema agrícola, un marco de referencia necesario para la planeación de la investigación agrícola en México. Centro de Edafología, CP, Chapingo, México, Mimeógrafo.
- TURRENT F., A. 1979b. El método CP para el diseño de agrosistemas. Núm. 8. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas. CP, Chapingo, México.
- TURRENT F., A. 1979c. Uso de una matriz mixta para la optimización de cinco a ocho factores controlables de la producción. Núm. 6. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas, CP, Chapingo, México.
- TURRENT F., A., y R.J. LAIRD. 1975. La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. *Agrociencia* Núm. 19: 117-143.
- VAN BAVEL, C.H.M. 1953. A drought criterion and its application in evaluating drought incidence and hazard. *Agron. Jour.* 45: 167-172.
- VILLALPANDO I., J.F. 1975. Desarrollo de un método para obtener ecuaciones empíricas generalizadas del rendimiento en una región agrícola, para uso en diagnóstico. Tesis de Maestría en Ciencias, C.P., Chapingo, México.



VOLKE H., V. 1977. Generación de tecnología para agricultura de temporal y subsistencia: el caso del maíz en la región del Plan Puebla. Tesis de Doctorado, CP, Chapingo, México.

VOLKE H., V. 1984. Resúmenes de Tesis de Maestría y Doctorado Presentados en el Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados 1961-1983. Centro de Edafología, C.P., Chapingo, México.

VYAS, V.S. 1975. India's high yielding varieties programme in wheat, 1966-67 to 1971-72. CIMMYT, El Batán, México.

WINKELMAN, D. 1976. The adoption of new maize technology in Plan Puebla, México. CIMMYT, El Batán, México.

ZANDSTRA, H.G. et al. 1985. A Methodology for On-Farm Cropping Systems Research. IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines.

ZARATE R., R. 1976. Una modificación al método de tres etapas para obtener la ecuación empírica generalizada del rendimiento de maíz para la región Sur del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias, CP, Chapingo, México.



## EL SISTEMA PRONAMAT DE DIAGNOSTICO-PRESCRIPCION PARA EL CULTIVO DEL MAIZ. I. EL SUBSISTEMA CARTOGRAFICO

The PRONAMAT Diagnosis-Prescription System for Maize. I. The Land Cartographic Subsystem

A. Turrent Fernández<sup>1)</sup>, I.J. González Acuña<sup>2)</sup>,  
R. Aveldaño Salazar<sup>1)</sup> y M. Ortiz Valdez<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Campo Experimental Valle de México, CIRCE, INIFAP.  
Chapingo, Méx.

<sup>2)</sup>Campo Experimental Santiago Ixcuintla, CIRPAC, INIFAP.  
Tepic, Nay.

<sup>3)</sup>Campo Experimental Calera, Zacatecas, CIRNC, INIFAP.  
Zacatecas, Zac.

*Palabras clave:* Subsistema cartográfico, Maíz, Diagnóstico-prescripción, Factores de diagnóstico, Agrosistema, Provincia agronómica de maíz, PRONAMAT.

*Index words:* Land cartographic subsystem, Maize, Diagnosis-prescription, Diagnostic factors, Agrosystem, Maize agronomic province, PRONAMAT.

### RESUMEN

Para coadyuvar a la transferencia tecnológica para el maíz, se desarrolló en el INIFAP el Sistema PRONAMAT de Diagnóstico-Prescripción con dos subsistemas, el Cartográfico y el Manual de Diagnóstico-Prescripción. El citado sistema se apoya en el conocimiento que se tiene en el INIFAP a escala nacional, sobre la respuesta del maíz a 13 factores controlables e incontrolables de la producción. Esta herramienta permitirá al agrónomo practicante, formular el Plan de Producción indicado para una parcela-problema dada. El subsistema cartográfico se basa en la definición de 72 agrosistemas de maíz a escala nacional, usada por Turrent (1986),

reteniendo solamente a dos factores de diagnóstico: (1) el cociente precipitación/evaporación, con límites de 0.5, 0.7, 0.9 y 2.0 y (2) la profundidad del suelo, con límites de 0.1 m y 1 m. Así, los 72 agrosistemas de maíz citados, fueron agregados en cinco Provincias Agronómicas de Maíz, haciendo caso omiso de los factores temperatura y pendiente del suelo. El propósito del ejercicio de simplificación es reunir a las tierras que tienen riesgos similares de sequía para el maíz. Se describe en este artículo el procedimiento cartográfico que se empleó en los estados de México, Jalisco, Veracruz, Chiapas e Hidalgo.

### SUMMARY

The National Institute of Research on Forestry and Agriculture, INIFAP, developed the PRONAMAT Diagnosis-Prescription System, PDPS, for Maize as a tool for agronomists in transferring maize technology to farmers. It includes the land cartographic subsystem, LCS, and the diagnosis-prescription manual. The PDPS is based on the knowledge of the response of maize to at least 13 production factors. This tool should allow the practicing agronomist to objectively formulate production plans for rainfed maize at the subfarm level. The LCS was developed from the



agrosystem concept as defined by two factors: (a) the ratio of total precipitation/total evaporation with limits set at 0.5, 0.7, 0.9 and 2.0, and (b) soil depth with limits set at 0.1 m and 1 m. Seventy-two maize agrosystems were aggregated into five Maize Agronomic Provinces in an attempt to group land with similar drought risk for maize production. The procedure followed for developing the cartography of five states of Mexico is described.

## INTRODUCCION

Durante las décadas de los años 70 y los 80, la producción nacional de maíz fue insuficiente para satisfacer el consumo creciente de este alimento básico. Así, en el sexenio 1983-1988, hubo que importar 2.372 millones de toneladas anuales, en promedio, que equivalieron al 15.6% del consumo anual aparente. Anualmente, la producción nacional de maíz en el mismo periodo, provino de 959 mil ha bajo riego y de 5.961 millones de ha bajo temporal, cosechándose en promedio, 12.34 millones de toneladas anuales (SARH, 1989). Un trabajo evaluativo del potencial productivo de maíz en el país, que presuponía "no cambio en el uso de la tierra", había señalado la capacidad del país para producir más de 20 millones de toneladas del grano anualmente, (Turrent, 1986). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, INIFAP, realizó el cotejo de tal hipótesis en los años 1987 a 1990 a escala nacional, en lo que corresponde a los Agrosistemas de maíz temporal y de riego, de mayor calidad agronómica. Tal trabajo fue realizado en su Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología, PRONAMAT. Sus resultados demuestran que sería factible aumentar en más de 4.5 millones de toneladas la producción anual de maíz, si se aplicara la tecnología disponible a casi 2.8 millones de ha maiceras de riego y temporal, (Turrent *et al.*, 1992). Para coadyuvar a los esfuerzos de los sectores público, social y privado en el logro de la autosuficiencia alimentaria, el INIFAP desarrolló herramientas específicas que permitieran ubicar a las tierras de mayor calidad agronómica y a la vez transferir la tecnología disponible para el cultivo del maíz. Tales herramientas son (a) la cartografía de las tierras de labor para el cultivo del maíz y (b) el manual de diagnóstico-prescripción. Estas herramientas fueron desarrolladas para los principales

estados maiceros, como parte del sistema de diagnóstico-prescripción PRONAMAT. Su objetivo es facilitar que la tecnología desarrollada para el maíz por el INIFAP, sea transferida a los productores, a través de ingenieros agrónomos actualizados en tal tecnología. Ellos habrían de formular el plan indicado de producción-protección para cada parcela-problema.

Los esfuerzos por realizar la cartografía de las tierras de México para el cultivo del maíz son recientes, resaltando los trabajos del Colegio de Postgraduados para cuatro estados (Ortiz, 1986), del Banrural en varios estados (Barajas y Castilla, 1990), del gobierno del estado de Jalisco (Castaños y De la Mora, 1991) y del INIFAP mismo (González *et al.*, 1991). Con excepción del trabajo del INIFAP, los esfuerzos en cartografía para el maíz en México, son característicamente "a priori", y su propósito concluye en la cartografía misma. Es decir, requieren de esfuerzos específicos adicionales para desarrollar o para adaptar tecnologías para la producción del maíz.

## EL SISTEMA PRONAMAT DE DIAGNOSTICO-PRESCRIPCION

El objetivo del Sistema PRONAMAT de Diagnóstico-Prescripción para maíz, es la formulación sobre bases objetivas, del plan indicado de producción-protección para el cultivo, en una parcela-problema dada. El citado sistema es una síntesis del conocimiento detallado sobre el desarrollo del cultivo del maíz, que el INIFAP ha acumulado nacionalmente en los últimos 30 años. El sistema se apoya en la respuesta del maíz a varios factores de diagnóstico: (1) precipitación, (2) evaporación, (3) profundidad del suelo, (4) ciclo de cultivo, (5) régimen hídrico, (6) orden de suelo, (7) pendiente, (8) drenaje, (9) textura, (10) materia orgánica, (11) pH, (12) altura sobre el nivel del mar, (13) fecha de siembra y (14) contenido de nutrimentos. Factores adicionales que no serán examinados en este trabajo, son pertinentes al plan específico de protección contra hierbas e insectos. Los tres primeros factores son usados como base para definir parcialmente el riesgo de sequía y el potencial productivo de la parcela-problema, cuando se trata del régimen de temporal. Son también la base del subsistema cartográfico para el maíz. El resto de los factores forma parte del manual de



diagnóstico-prescripción, que será descrito en otra publicación. Mientras el subsistema cartográfico permite al agrónomo ubicar a la parcela-problema en una de las categorías previstas, el manual específico para esa categoría, conduce a la formulación del plan de producción indicado. A la fecha de esta publicación, el INIFAP había preparado la cartografía de los estados de Veracruz, México, Jalisco, Chiapas e Hidalgo a la escala 1:50000, así como los manuales para las tierras de mejor calidad maicera en los estados de Veracruz, México y Chiapas.

### LAS BASES DEL SUBSISTEMA CARTOGRAFICO

En otra publicación se usa el concepto de agrosistema como base para la estratificación de las condiciones de producción del cultivo de maíz en la República (Turrent, 1976). Este autor señala que por razones de simplicidad y aplicabilidad al territorio nacional, decidió incluir como factores de diagnóstico del agrosistema de maíz, solamente a los factores: (1) cociente de la precipitación y la evaporación totales en los meses de junio a septiembre, P/E; (2) la temperatura media del mismo período, T; (3) la profundidad y (4) la pendiente del suelo. La expresión factorial de seis estratos del cociente P/E, tres estratos de temperatura, dos estratos por profundidad y dos estratos por pendiente del suelo, origina 72 agrosistemas de maíz (Turrent, 1986). En el estudio que se cita,

se reúnen los resultados de 1945 experimentos de campo del ciclo primavera-verano (PV), realizados entre 1955 y 1980 en terrenos de agricultores cooperantes. Los rendimientos obtenidos en tales experimentos, que correspondían a los tratamientos óptimos de fertilizante, fueron usados por Turrent como criterio para juzgar el valor de la estratificación adoptada. En el Cuadro 1 se presenta el resumen del análisis de varianza de los rendimientos óptimos.

El análisis de varianza no refuta en lo general, la hipótesis del valor de los criterios de estratificación empleados, tanto en lo individual como en su conjunto. Es decir, la variación media en los rendimientos óptimos que se asocia con los estratos definidos, es ampliamente superior a aquella variación residual, dentro de los estratos. Sin embargo, la prueba no permite juzgar el valor del número de estratos adoptados en cada criterio de estratificación; no sería improbable que algunos de los 72 agrosistemas de maíz realmente difirieran muy poco entre sí. En el Cuadro 2 se presentan los rendimientos comerciales esperados, según Turrent (1986), para los agrosistemas de maíz de temporal en el ciclo PV. Como se aprecia en el Cuadro 2, es pequeña la diferencia entre los rendimientos comerciales esperados en agrosistemas de maíz que son contiguos según los factores temperatura media y pendiente del suelo, si se la compara con la diferencia en rendimientos asociada con los factores

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza de los rendimientos óptimos de maíz para tres criterios de estratificación de agrosistemas, a partir de 1945 experimentos de campo.

Criterios de estratificación <sup>1</sup>	Cuadrados medios		Grados de libertad		F calculada
	Agrosistema	Error	Agrosistema	Error	
Climática	72.07489	3.09706	17	1927	23.27**
Edáfica	60.07004	3.58404	3	1940	16.76**
Climática x Edáfica	23.05991	2.98783	69	1875	7.72**

<sup>1</sup> Hay 18 estratos climáticos que derivan de seis estratos del cociente P/V y tres estratos por temperatura. Hay cuatro estratos edáficos que derivan de dos estratos por profundidad y dos estratos por pendiente. El producto de 18 estratos climáticos por cuatro estratos edáficos da 72 agrosistemas; hubo sin embargo, dos agrosistemas vacíos.

\*\* = Indica que el estimador es estadísticamente significativo al 1% de probabilidades.



Cuadro 2. Rendimientos comerciales esperados<sup>1)</sup> en los agrosistemas de maíz de temporal, en el ciclo primavera-verano.

Estratificación climática P/E	T°C	Rendimientos de maíz (t ha <sup>-1</sup> ) <sup>2)</sup> asociados con cuatro estratos edáficos <sup>3)</sup>			
		Plano-profundo	Ladera profunda	Plano-delgado	Ladera-delgada
< 0.50	< 18	1.54	1.37	1.19	1.02
	18 a 23	1.36	1.24	1.02	0.98
	> 23	1.41	1.32	1.23	1.11
0.5 a 0.69	< 18	2.45	2.20	1.92	1.77
	18 a 23	2.20	2.00	1.78	1.59
	> 23	2.24	2.05	1.91	1.82
0.7 a 0.89	< 18	3.04	2.76	2.48	2.34
	18 a 23	2.80	2.53	2.31	2.21
	> 23	2.77	2.50	2.38	2.29
0.9 a 1.29	< 18	3.51	3.22	2.78	2.58
	18 a 23	3.18	2.94	2.57	2.42
	> 23	3.12	2.88	2.62	2.48
1.3 a 2.00	< 18	3.54	3.44	2.77	2.91
	18 a 23	3.15	3.02	2.51	2.48
	> 23	3.00	2.92	2.48	2.64
> 2.00	< 18	3.33	3.35	2.35	2.71
	18 a 23	2.91	2.89	2.09	2.38
	> 23	2.74	2.76	2.03	2.38

Fuente: Turrent (1986).

1) 50 % de probabilidad de un rendimiento igual o inferior.

2) Grano comercial con 14% de humedad.

3) Se usa 4% como parteaguas entre plano y ladera y 1 m de profundidad del suelo como parteaguas entre profundo y delgado; se excluye a los Litosoles de la clasificación de suelos delgados.

cociente P/E y profundidad del suelo. Esta tendencia fue usada por González (1987) en su tesis de Maestría en Ciencias, para consolidar los 72 agrosistemas de maíz en cinco Provincias Agronómicas. A partir de este ejercicio, González *et al.* (1991) publicaron sobre el tema de regionalización de las tierras de labor del país. Este trabajo aborda el tema de regionalización con el objetivo de cuantificar la superficie cubierta por una Provincia Agronómica dada, desde el nivel municipal hasta el nivel nacional. Las provincias no son, sin embargo, ubicadas geográficamente en el ámbito municipal. El procedimiento de cuantificación se apoya en información censal y en otras fuentes secundarias. La utilidad del trabajo de González *et al.* estaría limitada por la

ausencia del ejercicio cartográfico, si se deseara aprovechar para fines de planificación y de ejecución de programas de aumento en la producción de maíz. Por esta razón, los autores realizaron el ejercicio complementario de desarrollar la cartografía para el maíz, en los estados más importantes del país, según su superficie maicera.

#### DEFINICION DE LAS PROVINCIAS AGRONOMICAS DE MAIZ

Los autores de este artículo adoptaron la agregación de los agrosistemas de maíz que realizaron González *et al.* (1991). Así se pasó de 72 agrosistemas de maíz a las cinco



Provincias Agronómicas de Maíz (PAM), que se muestran en el Cuadro 2. El criterio dominante de la agregación fue el rendimiento, en tanto que un criterio complementario fue el de la sencillez para definir a las categorías o Provincias Agronómicas. Como se puede notar, no participan en la definición de la PAM los demás factores de diagnóstico del Agrosistema: distribución del cociente P/E, estación de crecimiento, vientos, granizo, textura del suelo, pendiente, estructura, contenido de materia orgánica, drenaje, etc., ni factores controlables como el pH, el nivel de fertilidad del suelo, etc. Es por lo tanto fácilmente reconocible que el tratamiento indicado para el cultivo racional del maíz habrá de variar ampliamente dentro del desarrollo geográfico de una Provincia Agronómica. El propósito del ejercicio cartográfico, es agrupar a las tierras en las que se esperarían rendimientos y riesgos similares de producción, desde el punto de vista de la disponibilidad de agua, habiéndose aplicado a cada parcela-problema, el plan de producción indicado.

**La PAM de muy buena productividad.** Se define como el grupo de agrosistemas de maíz en los que el cociente P/E fluctúa entre 0.9 y 2 y sus suelos tienen más de 1 m de profundidad. Esta definición ignora a la temperatura y la pendiente, aunque como se puede apreciar en el Cuadro 2, el incremento en ambos factores se asocia con ligeros decrecimientos en el rendimiento. El rendimiento promedio asociado con esta PAM es de  $3.16 \text{ t ha}^{-1}$ , con valores extremos de  $2.92$  y de  $3.54 \text{ t ha}^{-1}$ . Esta PAM se asocia con el mayor potencial de rendimiento y con un bajo riesgo de sequía, aunque no es el menor riesgo posible.

**La PAM de buena productividad.** Se define como el grupo de agrosistemas de maíz en los que el cociente P/E es mayor a 2 y los suelos tienen más de 10 cm de profundidad. En esta PAM se agrupan los suelos profundos y delgados, no obstante su diferente capacidad de almacenamiento de agua, debido a la frecuencia y cuantiosa oferta de agua de lluvia. El rendimiento promedio asociado con esta PAM es de  $2.66 \text{ t/ha}$ , con valores extremos de  $2.03$  y  $3.35 \text{ t/ha}$ . Es la PAM de menor riesgo de sequía.

**La PAM de mediana productividad.** Se define como el grupo de agrosistemas de maíz en los que: (1) el cociente P/E se ubica entre

$0.5$  y  $0.89$ , si los suelos tienen más de 1 m de profundidad, y (2) el cociente se ubica entre  $0.7$  y  $1.99$ , si los suelos tienen espesor entre 10 cm y 1 m. En esta PAM se agrupa a suelos profundos cuando la disponibilidad de agua de lluvia (agronómicamente aprovechable) es menor, y a suelos delgados que cuentan con mayor disponibilidad de agua de lluvia. El rendimiento promedio asociado con esta PAM es de  $2.49 \text{ t ha}^{-1}$ , con valores extremos de  $2$  y  $3.04 \text{ t ha}^{-1}$ . El riesgo por sequía es medio.

**La PAM de baja Productividad.** Se define como el grupo de agrosistemas de maíz en los que: (1) el cociente P/E es menor a  $0.5$ , si los suelos tienen más de 1 m de profundidad, y (2) el cociente P/E se ubica entre  $0.5$  y  $0.69$ , si los suelos tienen espesor entre 10 cm y 1 m. El rendimiento promedio asociado es de  $1.59 \text{ t ha}^{-1}$ , con valores extremos de  $1.24$  y  $1.92 \text{ t ha}^{-1}$ . El riesgo de pérdida por sequía es alto.

**La PAM de tierras marginales.** Se define como el grupo de agrosistemas de maíz en los que el cociente P/E es menor a  $0.5$  y los suelos tienen espesor comprendido entre 10 cm y 1 m. El rendimiento promedio asociado con esta PAM es de  $1.09$ , con valores extremos de  $0.98$  y  $1.23 \text{ t ha}^{-1}$ . El riesgo de pérdida de la cosecha por sequía es muy alto.

Como se explicó previamente, los rendimientos comerciales esperados que se presentan en el Cuadro 2 y que fueron base de la evaluación "a posteriori" de las PAM, provienen de experimentos realizados entre 1955 y 1980. Sin embargo, la tecnología de producción de maíz del INIFAP, evolucionó ampliamente entre la segunda mitad de la década de los 70 y el presente. La evolución se dio en cuanto al nivel de detalle y al rendimiento alcanzable. Así, cuando en el Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología PRONAMAT se midió el rendimiento comercial alcanzable en las PAM de Muy Buena y de Buena Productividad, se obtuvo el valor de  $4.10 \text{ t ha}^{-1}$ . Este cotejo se realizó en 15 estados de la República Mexicana en los años 1988 a 1990, involucrandose 201 módulos (Turrent *et al.*, 1992). El valor de  $4.10 \text{ t ha}^{-1}$ , promedio entre los rendimientos correspondientes a las PAM de Muy Buena y de Buena Productividad, habrá de compararse con  $2.91 \text{ t ha}^{-1}$ , promedio homólogo en el estudio anterior (Cuadro 2). Desafortunadamente, el PRONAMAT no incluyó en su cotejo a la PAM de Mediana



Cuadro 3. Definición de las provincias agronómicas de maíz cultivado bajo temporal, en el ciclo primavera-verano, en la República Mexicana.

Provincias agronómicas	Cociente P/E <sup>1)</sup>	Profundidad del suelo (m)
Muy buena productividad	0.90 a 2.00	> 1.0
Buena productividad	> 2.00	> 0.1
Mediana productividad	(1) 0.50 a 0.89	> 1.0
	(2) 0.70 a 2.00	> 0.1 a 1.0
Baja productividad	(1) < 0.50	> 1.0
	(2) 0.50 a 0.69	> 0.1 a 1.0
Tierras marginales	< 0.50	> 0.1 a 1.0

<sup>1)</sup> Cociente entre la precipitación total de los meses junio, julio, agosto y septiembre y la evaporación total del mismo período.

Productividad. Es supuesto básico del ejercicio cartográfico, que los incrementos en potencialidades de rendimiento debidos a la evolución tecnológica, retengan el orden de los rendimientos promedio asociados con las PAM. Parece probable que la citada evolución tecnológica conduciría a mayores cambios en los rendimientos asociados con las PAM de bajo riesgo de sequía que en las de mayor riesgo. Esta alternativa sería consistente con el supuesto cartográfico mencionado. En el Cuadro 3 se presenta el resumen de las definiciones de las PAM adoptadas.

Habrà que añadir a la definición presentada, que su aplicación se hará en las tierras de labor y que se excluirán en México, aquellas tierras ubicadas a más de 2800 metros sobre el nivel del mar (msnm); también habrán de excluirse las tierras sujetas a inundaciones durante el ciclo PV.

## MATERIALES Y METODOS

A continuación se describirá el procedimiento seguido para realizar el ejercicio cartográfico, a escala 1:50000 en cada estado. Se emplearon: (a) las cartas topográficas a escalas 1:50000 y 1:250000, del Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática, INEGI; (b) la carta de uso actual del suelo, a escala 1:50000, INEGI; (c) la carta edafológica, a escala 1:50000, INEGI; (d) información de precipitación y evaporación totales para los meses de junio a septiembre inclusive, de las estaciones del estado y de los estados vecinos. Se siguió el siguiente procedimiento: (1) se calcó los límites de la

superficie de labor de la carta de uso actual del suelo, sobre papel transparente; (2) se sobrepuso el mismo papel transparente en la carta edafológica, para calcar los límites de los suelos: (a) de más de 1 m de profundidad, (b) de profundidades entre 10 cm y 1 m, y (c) de menos de 10 cm (Litosoles); la calca se hizo solamente sobre las áreas delimitadas previamente como tierra de labor. Las cartas edafológicas contienen información sobre la profundidad del suelo; así, la ausencia de fases en la carta, indica que el suelo tiene más de 1 m de profundidad, en tanto que la presencia de fases (lítica, dúcica, pedregosa y gravosa) se denota con símbolos específicos cuando están ubicadas a menos de 1 m de profundidad (la fase gravosa, común en el eje neovolcánico, no se habrá de interpretar necesariamente como indicativa de profundidades de suelos inferiores a 1 m); (3) se ubicó a las estaciones climatológicas sobre una carta topográfica de escala 1:250000, anotando el valor del cociente P/E en cada sitio, y se trazaron los "isococientes": 0.5, 0.7, 0.9 y 2.0. La insuficiencia en la red nacional de estaciones climatológicas hizo necesario complementar la escasa información puntual climatológica con la ubicación de las serranías, aprovechando la bien conocida relación entre la precipitación y la orografía. De esta manera, la ubicación de las formaciones montañosas se usó como variable complementaria a la red de estaciones climatológicas. La carta topográfica suministra la información orográfica; (4) se transfirió con pantógrafo el trazo de los isococientes a la escala 1:50000, en los borradores que contienen los límites de la tierra de labor y los límites por profundidad del suelo, según se explica en los puntos (1) y (2); (5) se identificó a las áreas correspondientes a cada PAM según las definiciones del Cuadro 3; (6) se calcó en el papel transparente el trazo definitivo de las PAM, enriqueciéndolo con detalles geográficos tales como las poblaciones, ríos, vías de comunicación, etc.; se añadió el trazo de las cotas 1200, 1800, 2200, 2800 msnm, donde fue pertinente; (7) se iluminó a las áreas correspondientes a las PAM con los siguientes colores: verde para la PAM de Muy Buena Productividad, verde tierno para la PAM de Buena Productividad, amarillo para la PAM de Mediana Productividad, rosa para la PAM de Baja Productividad y rojo para la PAM de Tierras Marginales. Finalmente, para evaluar la superficie correspondiente a cada PAM, convino expresar su área, que se midió con



planímetro, como fracción de la unidad, al nivel municipal. Tal fracción se usará como ponderador de la superficie de labor de cada municipio, parámetro disponible en el Distrito de Desarrollo Rural correspondiente, DDR. Se podrá realizar la agregación de superficies para los niveles de Distrito de Desarrollo Rural, estado y país, a partir de la superficie de cada PAM al nivel de municipio.

## RESULTADOS

Se realizó la cartografía de las Provincias Agronómicas de Maíz en los estados de México, Jalisco, Veracruz, Chiapas e Hidalgo, siguiendo el procedimiento aquí descrito. Se dispone de 43 cartas para el estado de México, 112 para Jalisco, 117 para el estado de Veracruz, 25 para el estado de Chiapas y 11 para Hidalgo. En los estados de Chiapas e Hidalgo, se realizó el ejercicio cartográfico, solamente en las áreas de importancia maicera. La Figura 1 muestra el ejemplo de una de las cartas del estado de México.

Solamente en el estado de Veracruz se había realizado la cuantificación de las superficies cultivadas de maíz en el ciclo PV, a la fecha

de publicación de este documento. En el Cuadro 4 se presenta tal información, que fue desarrollada en colaboración con el MC José Luis Aguilar Acuña, investigador del Centro de Investigaciones Regionales del Golfo Centro, INIFAP. Las superficies de maíz de cada PAM se presentan agregadas al nivel de DDR.

Se aprecia que en conjunto, el 74% de la superficie cultivada con maíz en el ciclo PV 90-90 en el estado de Veracruz, se ubicó en las PAM de Muy Buena y de Buena Productividad; el 24% correspondió a la PAM de Mediana Productividad y solo el 2% correspondió a la PAM de Baja Productividad. No hay tierras marginales sembradas con maíz en el estado de Veracruz.

No se hicieron esfuerzos formales de correlación entre los sistemas cartográficos, que coinciden en los estados cubiertos por el INIFAP. Sin embargo, las comparaciones informales hechas con algunas de las cartas sugieren coincidencias en lo general entre las PAM de Muy Buena y de Buena Productividad, del subsistema cartográfico del INIFAP, con la categoría de Muy Apta y Apta, de los procedimientos basados en el Sistema Cartográfico de FAO: Colegio de Postgraduados (Ortiz, 1986) y Gobierno del Estado de Jalisco

**Cuadro 4. Superficies cultivadas con maíz en cuatro provincias agronómicas de maíz en el ciclo primavera-verano 90-90, en los doce distritos de desarrollo rural del estado de Veracruz<sup>1)</sup>.**

Distrito de Desarrollo Rural	Muy Buena Productiv.	Buena Productiv.	Mediana Productiv.	Baja Productiv.	Total <sup>2)</sup>
	ha				
Huayacocotla	2941	15515	2999	0	21385
Tuxpan	22015	0	2085	0	24100
Mtz de la Torre	12758	3615	6870	0	23343
Coatepec	18991	4121	14829	5614	43555
Fortín	8010	16310	9901	1168	35389
La Antigua	0	3856	13884	0	17740
Veracruz	18314	7738	9184	0	35236
Cd. Alemán	2676	2825	534	0	6035
S A Tuxtla	17663	19337	1253	0	38293
Jáltipan	23110	8365	7230	0	38705
Las Choapas	14894	12246	0	0	27140
Pánuco	24022	5459	16868	0	46349
Subtotales	165394	99427	85567	6782	357170
	(46.31%)	(27.84%)	(23.96%)	(1.89%)	

<sup>1)</sup>Se supone que la superficie de maíz cultivada bajo riego en el ciclo PV, no es significativa.

<sup>2)</sup>Cifras proporcionadas por la Delegación de la SARH, en el estado de Veracruz.







(Castaños y De la Mora, 1991). Será necesario en lo futuro, realizar el ejercicio formal de correlación entre los diferentes procedimientos disponibles.

### CONCLUSIONES

1. El subsistema cartográfico desarrollado en el INIFAP para el cultivo del maíz de temporal en el ciclo primavera-verano, tiene como base objetiva: (1) el concepto de agrosistema, y (2) el cotejo realizado sobre 1945 experimentos de campo conducidos en el periodo de 1950 a 1980 por 13 instituciones de investigación del país.
2. El objetivo del subsistema cartográfico es agrupar a las tierras de labor que tienen riesgos de producción de maíz similares, por concepto de sequía, en el ciclo primavera-verano.
3. Se formula la hipótesis de que las diferencias en los rendimientos promedio de maíz obtenidos experimentalmente en los años de 1987 a 1989 en las Provincias Agronómicas de Maíz de Muy Buena y Buena Productividad, reflejan el avance tecnológico en maíz, logrado en la década de los años 80, sin que tal diferencia reduzca el valor de la estratificación en Provincias Agronómicas de Maíz.
4. No se hicieron esfuerzos formales de correlacionar la cartografía desarrollada por el INIFAP, con los sistemas cartográficos ya ensayados en el país. Sin embargo, ejercicios informales y puntuales muestran razonables coincidencias en las categorías mayores.

### LITERATURA CITADA

- BARAJAS S., J.L. y O. CASTILLA P. 1990. El modelo matemático de simulación del desarrollo de una planta de maíz. Documento de circulación interna del Banco Nacional de Crédito Rural. México.
- CASTAÑOS C. M. y J. DE LA MORA. 1991. Evaluación agroecológica en Jalisco. Coordinación General de Desarrollo Rural. Gobierno del Estado de Jalisco. Guadalajara, Jalisco.
- COLEGIO DE POSTGRADUADOS. 1990. Manual de metodología para evaluar la aptitud de las tierras para la producción de cultivos básicos en condiciones de temporal. Programa de Agrometeorología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- GONZALEZ A., I.J. 1987. Evaluación del uso de fertilizantes en la producción de maíz y frijol en la República Mexicana, (Tesis de Maestría), Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- GONZALEZ A., I.J., A. TURRENT F. y R. AVELDAÑO S. 1991. Las Provincias Agronómicas de la tierra de labor bajo temporal, en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México, D.F.
- ORTIZ S., C.A. 1986. Evaluación de la aptitud de las tierras de México para la producción de maíz, frijol y sorgo de temporal. Serie de Cuadernos de Edafología. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- SARH. 1989. Serie histórica de superficie, producción y rendimiento, (1978-1987). México, D.F.
- TURRENT F., A. 1976. El agrosistema, un concepto útil dentro de la disciplina de Productividad de Agrosistemas. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas, Número 3. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- TURRENT F., A., 1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la república Mexicana. Editorial Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- TURRENT F., A., R. AVELDAÑO S., D. GONZALEZ E., J. ORTIZ C., A. CAETANO D., A. GONZALEZ E. y G. LONGORIA G. 1992. El programa nacional de maíz de alta tecnología, (PRONAMAT). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México, D.F.



## EL SISTEMA PRONAMAT DE DIAGNOSTICO-PRESCRIPCION PARA EL CULTIVO DEL MAIZ. II. EL DISEÑO DE MANUALES DE DIAGNOSTICO-PRESCRIPCION

The PRONAMAT Diagnosis-Prescription System for Maize. II. The Design of Diagnosis-Prescription Manuals

A. Turrent Fernández<sup>1)</sup>, J.L. Zúñiga González<sup>2)</sup>, R. Moreno Dahme<sup>1)</sup>  
y R. Aveldaño Salazar<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Campo Experimental Valle de México CIRCEN, INIFAP  
Chapingo, México

<sup>2)</sup>Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC, INIFAP, Veracruz, Veracruz

*Palabras clave:* Manual de Diagnóstico- Prescripción, Maíz, Extrapolación, Agrosistema, Modelo Aditivo, Método iterativo.

*Index words:* Diagnostic-Prescription manual, Maize, Extrapolation, Agrosystem, Additive model, Iterative method.

### RESUMEN

Durante las décadas de los años 60, 70 y 80, se avanzó significativamente en el conocimiento tecnológico para el cultivo del maíz en México. Se dispone ahora de una tercera generación de maíces híbridos más adaptados a las prácticas intensas de cultivo y a la cosecha mecánica. Sin embargo, el análisis a lo largo de los ejes de tiempo espacio y disciplina científica, revela que tal conocimiento es de naturaleza discreta (o puntual). Así, mientras el conocimiento de la respuesta del maíz a los factores ambientales se realizó sobre híbridos de 1a. y 2a. generación, y no pocas veces sobre materiales criollos, es ahora necesario aplicar tal conocimiento a los híbridos de 3a. generación. Se necesita extrapolar el conocimiento entre disciplinas y también sobre el espacio. Los

autores diseñaron el Sistema PRONAMAT de Diagnóstico-Prescripción para el cultivo de maíz, como una primera aproximación al ejercicio de extrapolación. Tal sistema consta de: (a) el subsistema cartográfico, y (b) del manual de diagnóstico-prescripción. Este se apoya en: (1) el concepto de agrosistema, (2) en la información empírica sobre el cultivo del maíz en tres estados, y (3) la experiencia de campo de los autores de este ensayo, en materia de extrapolación. Se presentan las bases metodológicas del procedimiento seguido en el diseño de manuales de diagnóstico-prescripción para tres estados del país que son importantes productores de maíz.

### SUMMARY

A substantial amount of detailed knowledge on the response of maize to environmental and technological factors was accumulated during the years 1960-1990 in México. A 3rd generation of hybrid varieties of maize is now widely available to farmers throughout the country. However, analysis of the information reveals the discrete nature of such knowledge. Most of the field experiments on response of maize were conducted with 1st and 2nd generation hybrid maize, and also with maize land races. It would be impractical to repeat all the research with the new hybrids. Also,

Recibido 2-93.



the flow of new genetic materials will always render existing knowledge obsolete. It is necessary to conduct an exercise in extrapolation across scientific disciplines and across geographical space. The authors designed the PRONAMAT Diagnosis Prescription System for Maize as a first approximation to such extrapolation of knowledge. Two subsystems are involved: (a) the land cartographic subsystem, and (b) the diagnosis-prescription manuals. The design of the system is based on: (1) the concept of agrosystem, (2) field information on response of maize to environmental factors, and (3) the field experience of the authors on extrapolating agronomic knowledge. The methodological bases for designing diagnosis-prescription manuals for maize are discussed.

## INTRODUCCION

Durante las tres últimas décadas, se ha avanzado significativamente en el conocimiento tecnológico de los cultivos básicos de México, sobresaliendo el caso del maíz. Mucho se ha aprendido, por ejemplo, sobre las interacciones entre los factores de manejo de este cultivo y los factores incontrolables, tales como la sequía, la profundidad del suelo, su drenaje, etc. Tal es el caso de los estudios de productividad de agrosistemas de maíz, como los de El Bajío (Laird y Rodríguez, 1965), del Plan Puebla (Cimmyt, 1972; Volke, 1977), del estado de México (Codagem, 1977) de Tlaxcala (Villalpando *et al.*, 1979) de Veracruz (González, 1984; Zepeda, 1984), y de muchos otros. De aquí se han derivado numerosas fórmulas tecnológicas para el cultivo del maíz. También estudios independientes a los anteriores, en las disciplinas de mejoramiento genético y protección contra malezas e insectos, han aportado información sobre la respuesta del cultivo. Empero, un análisis de todo este conocimiento a lo largo de los ejes del tiempo, el espacio y las disciplinas, revela una naturaleza discreta, es decir, puntual. No se ha intentado integrar todo este conocimiento para un estado o para varios estados, a lo largo de los ejes previamente mencionados.

Mientras tanto, en encuestas realizadas en 1989 a casi 5000 productores, que cultivaron casi 3 millones de hectáreas de maíz bajo riego y muy buen temporal en el país, se encontró gran brecha entre el conocimiento

tecnológico disponible y su uso cotidiano. Solamente en el 35% de las unidades de producción se emplearon semillas mejoradas de maíz, sólo en el 86% se fertilizó con nitrógeno y en el 64% con fósforo, en tanto que sólo el 42% de los productores recibió asistencia técnica (Turrent *et al.*, 1992a). Tal explica, según los autores de este estudio, los bajos rendimientos promedio nacionales de maíz: 3.63 t ha<sup>-1</sup> bajo riego y 2.88 t ha<sup>-1</sup> bajo temporal de alta calidad. Aunque no se dispone de información homóloga a la anterior para las tierras maiceras de menor calidad agronómica, se intuye que su desempeño sea aún más pobre.

Por otra parte, es lugar común que el Servicio Nacional de Extensión Agrícola ha sufrido históricamente serias carencias, siendo central la falta de formación y actualización de sus cuadros técnicos. Típicamente, el extensionista de hoy en día domina solamente la tecnología de "gran visión", es decir, la tecnología imprecisa; además, carece de los instrumentos esenciales para aplicar el conocimiento más reciente. Su condición social, su salario y su impacto sobre la producción son consecuentemente bajos.

Los autores de este artículo hicieron un primer intento de integrar el conocimiento tecnológico sobre el maíz, dentro del Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología (PRONAMAT) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP). El propósito fue facilitar la tarea de transferencia de tecnología a los productores de maíz, que manejan las mejores tierras de labor. Se diseñó el Sistema de Diagnóstico-Prescripción para Maíz, con dos subsistemas: (a) el de la cartografía de las tierras de labor para el maíz (Turrent *et al.*, 1993) y (b) el manual de diagnóstico-prescripción para el mismo cultivo, que se discute en este artículo.

## EL PROBLEMA

Integrar el conocimiento discreto sobre la respuesta del maíz a su ambiente a lo largo de los ejes del tiempo, el espacio y las disciplinas, implica lidiar con lagunas de conocimiento al practicar su imprescindible extrapolación. Mientras la mayor parte de los estudios sobre productividad de agrosistemas de maíz se realizó con la primera y segunda



generación de maíces híbridos (es decir, materiales de polinización libre, híbridos de cruce doble con progenitores de bajo nivel de endogamia, porte alto y susceptibilidad al acame) y algunas veces con germoplasma criollo, en la actualidad los programas de mejoramiento de maíz, tanto públicos como privados, disponen ya del equivalente a la tercera generación de híbridos del INIFAP. Estos nuevos materiales, típicamente provienen de progenitores de alto nivel de endogamia, resisten más el acame, son de menor porte, lo que permite su cultivo con mayores densidades de población y tienen mayores concentraciones de genes para altos rendimientos. Consecuentemente, es necesario intensificar el uso de insumos con respecto a lo que era la norma para los maíces anteriores. Esta intensificación requerirá, en gran medida, de la extrapolación de la información sobre productividad de agrosistemas y sobre su protección. Una segunda dirección en la que es necesario extrapolar es, obviamente, la del espacio. Hay regiones para las que los estudios de productividad y de protección de maíz aún no se han realizado.

La escasez de recursos financieros y de tiempo, descarta el camino de repetir los estudios previos con los nuevos híbridos. Obviamente, habrá que recurrir a procedimientos mixtos que den gran peso a la extrapolación y que usen a la discrepancia con la evidencia fresca, como criterio de validez.

Un segundo elemento del problema es que la información resultante debe de cumplir con el criterio de acceso a los ingenieros agrónomos practicantes. La típica dispersión del conocimiento a lo largo de revistas especializadas, folletos técnicos e informes no publicados, y las lagunas en el conocimiento puntual, dificultan al ingeniero agrónomo practicante el ejercicio de integración del conocimiento alrededor de "un cultivo-una región-una calidad del recurso tierra". La comunidad científica nacional habrá de asumir la responsabilidad de diseñar los instrumentos, protocolos, herramientas y utensilios que acerquen más el conocimiento tecnológico, constantemente actualizado, al ingeniero agrónomo practicante. Esta tarea es puntual de la transferencia tecnológica dinámica que requieren los tiempos modernos.

## LA EXTRAPOLACION DEL CONOCIMIENTO PARA EL CULTIVO DEL MAIZ

El Subsistema Cartográfico. Un primer recurso de tipo práctico para la extrapolación del conocimiento para condiciones de temporal, sería limitar tal ejercicio, al espacio factorial contenido dentro de una misma franja de riesgo por sequía. Tal sería la función de un ejercicio cartográfico de naturaleza agronómica (Turrent *et al.*, 1994). En este artículo se define a la Provincia Agronómica de Muy Buena Productividad de Maíz, como las tierras de labor en las que el cociente entre la precipitación total promedio para los meses de junio a septiembre y la evaporación total promedio del mismo periodo, se ubica entre 0.9 y 2.0 y que la profundidad del suelo es mayor a 1 m. La Provincia de Buena Productividad de Maíz son las tierras de labor en las que el mismo cociente P/E es mayor a 2, y la profundidad del suelo es mayor a 0.1 m. Se definen además otras Provincias Agronómicas de, progresivamente, mayores riesgos por sequía: Mediana Productividad, Baja Productividad y Tierras Marginales para el Maíz.

El Manual de Diagnóstico-Prescripción. Un segundo recurso de simplificación también es reconocer a los límites de un estado como límites de la extrapolación del conocimiento. Las razones son de operatividad en la transferencia de tecnología y de reducción de la complejidad del problema. Finalmente, parece razonable realizar el ejercicio de extrapolación dentro de los límites marcados por el ciclo de cultivo, el régimen hídrico (riego, punta de riego, temporal con humedad residual y temporal estricto) y tratar a los Andosoles como casos especiales, debido a sus particulares problemas de fertilidad.

Los autores de este artículo realizaron o participaron en los primeros intentos por integrar el conocimiento tecnológico en manuales de diagnóstico-prescripción para maíz, en los estados de Veracruz, (Turrent *et al.*, 1991), de México, (Turrent *et al.*, 1992b), y de Chiapas (López *et al.*, 1993). Los manuales son aplicables solamente a las Provincias Agronómicas de Muy Buena y de Buena Productividad de Maíz y a las de riego.

El tipo de conocimiento que se buscó integrar fue el del manejo de los fertilizantes (dosis, fuente, oportunidad y



método de aplicación) de las densidades de población, de la fecha de siembra y de la variedad, del manejo de herbicidas y de insecticidas. En este artículo no se cubrirá lo concerniente a herbicidas y a insecticidas.

El procedimiento seguido para extrapolar se basó en: (1) el concepto de "Agrosistema", según lo define Turrent (1976); (2) la información disponible a nivel estatal sobre la respuesta del maíz a varios factores del manejo; y (3) la experiencia de campo de los autores en materia de extrapolación. La fuente principal de información del estado de México fue la serie de 375 experimentos de campo conducidos entre 1971 y 1975 (Codagem, 1977), y la experimentación del INIFAP sobre variedades (híbridos, mestizos, sintéticos y criollos) y herbicidas e insecticidas de los años 70 y 80. Para Veracruz se usó la información de 165 experimentos conducidos entre 1963 y 1990 (Turrent *et al.*, 1992c). La experimentación de Chiapas se realizó entre 1976 y 1989.

En la definición del Agrosistema de Maíz se usó a los siguientes factores: (1) el cociente P/E para junio-septiembre, (2) la profundidad del suelo, (3) la pendiente del terreno, (4) el drenaje, (5) la textura y (6) el contenido de materia orgánica. Los dos primeros factores forman parte del subsistema cartográfico, en tanto que los cuatro restantes forman parte del manual. La selección de los seis factores se basa en su influencia en la captación, almacenamiento y provisionamiento de agua al cultivo de maíz y en la facilidad para su calificación. La pertinencia de los tres primeros factores fue cotejada y no rechazada "a posteriori" según Turrent *et al.* (1986). El supuesto básico es que el tratamiento óptimo de los factores de manejo (fertilizante, densidad de población, etc.) es afectado por los factores de diagnóstico del Agrosistema de Maíz (los seis seleccionados), a través de su influencia sobre el rendimiento, esto es, al afectar la demanda total del factor de manejo. Varios autores han aportado evidencias en México consistentes con este supuesto (Estrella *et al.*, 1975; López y Turrent, 1981; Turrent, 1985; Villalpando *et al.*, 1979). A la lista de los seis factores mencionados se añadió a: (7) el ciclo de cultivo, (8) el régimen hídrico, y (9) el orden de suelos, para agrupar agrosistemas similares; a dos más para dar acceso a la variedad recomendada: (10) altura sobre el nivel del mar y (11) fecha de

siembra. Para calificar la condición de acidez del suelo se introdujo al factor (12) pH del suelo, que se juzga en conjunto con los factores (5) textura y (6) materia orgánica, para definir la dosis de material encalante. Finalmente, se usa el contenido de materia orgánica en una primera aproximación, como variable "proxy" para juzgar el nivel de fertilidad del suelo.

Moreno (1990) diseñó un laboratorio portátil que permite evaluar con razonable precisión la textura, el pH y el contenido de materia orgánica de una muestra de suelo. En lo futuro, el laboratorio portátil incluirá las pruebas rápidas de fósforo y de potasio, para las que ya se dispone de sus calibraciones.

En el Cuadro I se presenta la lista de los factores de diagnóstico y la selección de sus estratos particulares, según lo requiere el concepto de agrosistema (los límites de su variación, establecidos por conveniencia). Se excluye de este cuadro a los dos factores ya involucrados en el subsistema cartográfico. El Cuadro I contiene el núcleo de factores del manual, pudiendo añadirse hasta dos factores más, según el estado en particular. Así, el manual de Veracruz incluye al factor "uso del suelo en el ciclo anterior" y el de Chiapas incluye a los factores "patrón de cultivos y calidad del temporal". Turrent *et al.*, (1993) discuten el efecto de los factores de diagnóstico que se incluyen en el Cuadro I, sobre las dosis óptimas de los fertilizantes nitrogenado y fosfórico. La combinación factorial de los factores números (3) a (11) del mismo Cuadro I y de sus números particulares de estratos generaría 4320 agrosistemas de maíz de temporal. La razón de incluir sólo a nueve factores es que los dos primeros ya están considerados en la regionalización y que el factor pH debe ignorarse por ser factor controlable. Muchos de los agrosistemas generados en el ejercicio aritmético han de ser ignorados después de un análisis agronómico. Por ejemplo, las siembras de temporal con humedad residual normalmente no tienen texturas finas ni drenaje lento.

Turrent (1985) muestra el uso del método CP para el diseño de recomendaciones de fertilizante en agrosistemas de maíz, a partir de 25 experimentos de campo. Este sería un procedimiento que partiría de una serie de



Cuadro 1. Nucleo de factores de diagnóstico y estratos particulares empleados en el manual de diagnóstico-prescripción para el cultivo de maíz.

Factores de diagnóstico	Estratos particulares	Unidades
01. Cociente P/E <sup>1</sup>	<0.5, 0.7, 0.9, 2 y >2	número
02. Espesor del suelo	0.1 a 1, y >1	m
03. Pendiente	<4, y >4	%
04. Drenaje	bueno, lento	
05. Textura	gruesa, media, fina	
06. Materia orgánica	<1, 1 a 3, >3	%
07. Ciclo de cultivo	PV <sup>2</sup> y OI	
08. Régimen hídrico	THR <sup>3</sup> , TE, RC, PR	
09. Orden de suelos	Andosol, no Andosol	
10. ASNM <sup>4</sup>	<1200, 1201 a 1800, 1801 a 2100, 2101 a 2500 y 2501 a 2800	m
11. Fecha de siembra	temprana, media tardía	
12. pH	<4, 4.01 a 4.5, 4.51 a 5, 5.01 a 5.5, 5.51 a 8.2	

1 Cociente de precipitación total media y la evaporación para el periodo de junio a septiembre, inclusive.

2 PV es ciclo primavera-verano y OI otoño-invierno

3 THR significa temporal con humedad residual, TE es temporal estricto, RC es riego completo y PR es punta de riego.

4 ASNM significa altura sobre el nivel medio del mar.

experimentos de campo con un material genético, una región, y varios otros factores agronómicos fijos. Por la razón previamente expuesta de que se trata de un ejercicio de extrapolación, hubo de seguirse un procedimiento alterno que involucra el modelaje estático del "tratamiento indicado", con base iterativa. Se entiende por tratamiento indicado, al manejo adecuado de los factores agronómicos controlables, para obtener la óptima producción en un agrosistema dado. En este proceso iterativo, se busca hacer mínima la diferencia entre lo calculado por el modelo estático y lo observado en el campo.

Las ecuaciones (1) y (2) representan modelos alternos "aditivo y no aditivo", para la realización de las iteraciones, de acuerdo con Kempthorne (1952). La dosis óptima de fertilizante nitrogenado o de algún otro factor de manejo correspondiente a cada uno de los agrosistemas, se podría calcular con una de las dos ecuaciones:

$$M + \frac{1}{2} [a_i b_j c_k d_l \pm A \pm B \pm C \pm D] \quad (1)$$

$$M + \frac{1}{2} [a_i b_j c_k d_l \pm A \pm B \pm AB \pm C \pm AC \pm BC \pm D \pm AD \pm BD \pm CD] \quad (2)$$

donde:

i representa el estrato particular del factor de diagnóstico A, pudiendo asumir los valores 0 y 1.

j representa el estrato particular del factor de diagnóstico B, pudiendo j asumir los valores 0 y 1.

k igual en referencia al factor C.

l igual en referencia al factor D.

Un agrosistema queda definido por la combinación específica de las letras ijkl.

a<sub>i</sub>b<sub>j</sub>c<sub>k</sub>d<sub>l</sub> es la dosis óptima de fertilizante nitrogenado que corresponden al agrosistema ijkl.

M es la dosis promedio óptima de fertilizante nitrogenado para el conjunto de agrosistemas.

A es el efecto principal del factor A sobre la dosis óptima de fertilizante nitrogenado. Cuando la variable i asuma el valor 0, el efecto principal asume el signo negativo y si i asume el valor de 1, el signo A será positivo.

B es el efecto principal del factor B sobre la dosis óptima de fertilizante nitrogenado. Dependiendo de que la variable j asumiera los valores 0 o 1, el signo de B sería - o +.

AB es la interacción entre los factores A y B sobre la dosis óptima de fertilizante nitrogenado. El signo de la interacción AB será positiva para las combinaciones 00 y 11 de las variables ij y negativa para las combinaciones 01 y 10.

Las ecuaciones (1) o (2) se aplican al caso particular de n factores de diagnóstico, para los que hay dos estratos particulares. Si se considera un caso hipotético en el que hubiera cinco factores de diagnóstico, con dos estratos cada uno, la combinación factorial de tales factores y estratos generaría 32 agrosistemas. A cada uno de estos agrosistemas correspondería una dosis óptima de fertilizante nitrogenado. Otra ecuación similar detallaría para los 32 agrosistemas, las dosis óptimas de fertilizante fosfórico. Un conjunto de estas ecuaciones especificaría para cada agrosistema, al "tratamiento indicado". Se examinará a continuación el procedimiento de cálculo para el caso hipotético de la dosis óptima de nitrógeno,



como ejemplo de un factor agronómico controlable.

El procedimiento consiste en calcular la dosis óptima para cada agrosistema (DO), a partir de un primer vector de coeficientes seleccionado por criterio agronómico. Si se usa la ecuación (1), se requerirá asignar valores a M, A, B, C, D y F, donde M es el primer estimador de la dosis promedio de fertilizante nitrogenado de los 32 agrosistemas; A es el "efecto principal" del primer factor de diagnóstico, B lo es del segundo, etc. El ejercicio generará 32 estimaciones de DO, una para cada agrosistema. Ha de suponerse que para una fracción de los 32 agrosistemas (para 10, por ejemplo) existe la lectura directa de campo de la DO. Enseguida se calculan la media y la desviación estándar de las discrepancias entre los 10 valores DO calculados y los 10 observados. La mejor solución sería aquella en la que la media y la desviación estándar de las discrepancias fueran iguales a 0. El proceso iterativo consiste en buscar numéricamente la solución que más se acerque a lo ideal. Para esto, se darán valores progresivamente mayores a cada uno de los seis coeficientes del ejemplo, dentro de un ámbito e incrementos previamente definidos. El proceso iterativo debe consistir de varios miles de pasos, para así explorar un hiperespacio factorial razonablemente amplio. Por lo tanto, es necesario realizar este proceso de búsqueda con medios electrónicos. El ejercicio ha de repetirse para cada uno de los factores de manejo.

El modelo "no aditivo", ecuación 2, ofrece una mayor flexibilidad para adaptarse a la realidad que el "modelo aditivo", pero su vector de coeficientes es considerablemente mayor; así, en el ejemplo de cinco factores de diagnóstico y dos estratos particulares, el vector contendría a los seis coeficientes anteriores más 30 correspondientes a 30 posibles interacciones de dos factores cada una. En la práctica, sería conveniente limitar drásticamente el número de interacciones, recurriendo para esto a una combinación entre el procedimiento numérico y el criterio agronómico.

Las ecuaciones 1 y 2 son aplicables al caso especial en que sólo hubiera dos estratos particulares para todos los factores de diagnóstico. Frecuentemente se requerirá, sin embargo, de combinaciones de factores de

diagnóstico con un subconjunto de dos y otro de tres estratos particulares. En tales casos las ecuaciones arriba citadas habrán de ser modificadas.

Como se puede apreciar, con que tan sólo una fracción de los agrosistemas tuviera las estimaciones de las dosis óptimas de fertilizante sería posible aplicar el procedimiento señalado. Unos 15 grados de libertad permitirían establecer la magnitud de las discrepancias. Este abordaje sustituiría una gran parte del trabajo experimental por trabajo de computadora, que es mucho más barato. Es necesario, sin embargo, aportar la evidencia sobre tal ventaja.

Como se señaló previamente, el ejercicio de extrapolación realizado en los estados de México, Chiapas y Veracruz no contó con los valores DO "observados", salvo por excepción. Si bien la limitada información disponible no permitió el cálculo de las discrepancias, sí sirvió como guía cualitativa para la selección de los vectores de coeficientes y para realizar "correcciones" en la matriz final de los tratamientos recomendados. Las recomendaciones han de verse como una primera aproximación sujeta a cotejo. Los autores realizan ya el trabajo experimental de campo que aportará la evidencia "fresca" contra la que se harán las iteraciones indicadas.

En los Cuadros 2 y 3 se presentan a manera de ejemplo, los tratamientos de fertilización definidos para el cultivo de maíz bajo el sistema de Punta de Riego en el estado de México (Turrent *et al.*, 1992b). Como se explicó previamente, las dosis de fertilizantes han de considerarse como una primera aproximación, sujetas a cotejo. En el documento que se cita se cubren además los agrosistemas de maíz bajo regímenes de riego completo, de temporal con humedad residual y de temporal estricto, siendo aplicables en ambos casos de temporal, solamente dentro de las Provincias Agronómicas de Maíz de Muy Buena y de Buena Productividad. En los tres manuales previamente citados, los autores presentan una serie de aseveraciones sobre la manera en que los factores de diagnóstico afectan a los tratamientos de fertilizante, que ha sido validada por la experimentación previa sobre maíz. En el Cuadro 4 se presenta un resumen de los efectos cualitativos de los factores de diagnóstico sobre las DO de los fertilizantes nitrogenado y fosfórico, y la densidad de población, que fueron usados como



guía por los autores en la formulación de los manuales de diagnóstico-prescripción para maíz (López *et al.*, 1993; Turrent *et al.*, 1991; Turrent *et al.*, 1992b).

En una primera parte del manual de diagnóstico-recomendación, se incluye un sistema de "claves" de tipo dicotómico, que guía al usuario capacitado en la selección del agrosistema particular al que pertenece la

parcela-problema bajo exploración. El manual también incluye información sobre la fuente, la oportunidad y el método de fertilización, a partir del conocimiento puntual sobre la respuesta del maíz a estos factores, previamente señalada. Los autores diseñaron una matriz de entrada triple para la dosis de material encalante, sensible al pH, a la textura y al contenido de materia orgánica del suelo. Esta matriz se apoya en el supuesto

**Cuadro 2.** Tratamientos de fertilización<sup>1</sup> recomendados para el cultivo de maíz bajo "punta de riego"<sup>2</sup> que es sembrado durante marzo y la primera quincena de abril, en función de cinco factores de diagnóstico, en el estado de México.

Pendiente %	Factores de diagnóstico			Tratamientos de fertilización <sup>4</sup> según dos profundidades del suelo	
	Drenaje	Materia orgánica %	ASN <sup>3</sup> m	0.1 a 1 m	> 1 m
				N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O
<4	bueno	<1	2101 a 2500	140-60-00	165-65-30
<4	bueno	<1	2501 a 2800	160-70-30	175-75-60
<4	bueno	1 a 3	2101 a 2500	130-50-00	150-60-30
<4	bueno	1 a 3	2501 a 2800	150-60-20	165-70-50
<4	bueno	>3	2101 a 2500	115-35-00	135-55-30
<4	bueno	>3	2501 a 2800	135-45-20	155-65-40
<4	lento	<1	2101 a 2500	145-60-00	165-65-30
<4	lento	<1	2501 a 2800	165-70-40	185-85-60
<4	lento	1 a 3	2101 a 2500	140-50-00	160-70-30
<4	lento	1 a 3	2501 a 2800	160-60-30	180-80-50
<4	lento	>3	2101 a 2500	135-45-00	155-65-30
<4	lento	>3	2501 a 2800	155-55-20	175-75-40
>4	bueno	<1	2101 a 2500	130-60-00	145-75-00
>4	bueno	<1	2101 a 2800	140-70-30	155-85-40
>4	bueno	1 a 3	2101 a 2500	120-50-00	130-70-00
>4	bueno	1 a 3	2501 a 2800	130-60-20	150-80-30
>4	bueno	>3	2101 a 2500	95-45-00	125-65-00
>4	bueno	>3	2501 a 2800	115-55-00	145-75-20
>4	lento	<1	2101 a 2500	135-65-00	145-85-00
>4	lento	<1	2501 a 2800	145-75-30	155-95-50
>4	lento	1 a 3	2101 a 2500	120-60-00	140-80-00
>4	lento	1 a 3	2501 a 2800	140-70-20	160-90-40
>4	lento	>3	2101 a 2500	115-55-00	135-75-00
>4	lento	>3	2501 a 2800	135-65-20	155-85-30

1 Se recomienda aplicar 1/3 de la dosis de N y todo el P y K en la siembra y el resto de N antes del 2o. cultivo, en banda. Como fuentes de N: urea, nitrato de amonio, fosfato diamónico o amoniaco anhidro. Se recomienda encalar cuando el pH es menor a 5.5, en dosis que dependen del pH, de la textura y del contenido de materia orgánica.

2 Punta de riego significa que se dá un riego "pesado" (>30 cm) antes de la siembra completándose el cultivo bajo régimen de temporal.

3 ASN<sup>3</sup> significa altura sobre el nivel del mar.

4 Los tratamientos se refieren a nitrógeno, fósforo y potasio, expresados como N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.



**Cuadro 3. Tratamientos de fertilización<sup>1</sup> recomendados para el cultivo de maíz bajo "punta de riego"<sup>2</sup> que es sembrado durante la segunda quincena de abril y la primera quincena de mayo, en función de cinco factores de diagnóstico, en el estado de México.**

Factores de diagnóstico				Tratamientos de fertilización <sup>4</sup> según dos profundidades del suelo	
Pendiente	Drenaje	Materia orgánica	ASN <sup>3</sup>	0.1 a 1 m	> 1 m
%		%	m	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O
<4	bueno	<1	2101 a 2500	130-50-00	160-60-00
<4	bueno	<1	2501 a 2800	140-60-30	170-70-40
<4	bueno	1 a 3	2101 a 2500	120-50-00	140-55-00
<4	bueno	1 a 3	2501 a 2800	130-60-20	160-65-40
<4	bueno	>3	2101 a 2500	110-40-00	125-45-00
<4	bueno	>3	2501 a 2800	120-50-00	145-55-30
<4	lento	<1	2101 a 2500	140-60-00	155-65-30
<4	lento	<1	2501 a 2800	160-70-40	175-75-60
<4	lento	1 a 3	2101 a 2500	130-50-00	150-60-30
<4	lento	1 a 3	2501 a 2800	150-60-30	170-70-50
<4	lento	>3	2101 a 2500	115-45-00	145-55-20
<4	lento	>3	2501 a 2800	135-55-20	165-65-40
>4	bueno	<1	2101 a 2500	120-55-00	130-65-00
>4	bueno	<1	2501 a 2800	130-65-30	140-75-30
>4	bueno	1 a 3	2101 a 2500	100-50-00	110-60-00
>4	bueno	1 a 3	2501 a 2800	120-60-20	130-70-30
>4	bueno	>3	2101 a 2500	90-45-00	105-55-00
>4	bueno	>3	2501 a 2800	110-55-00	125-65-20
>4	lento	<1	2101 a 2500	120-65-00	145-75-00
>4	lento	<1	2501 a 2800	130-75-30	155-85-50
>4	lento	1 a 3	2101 a 2500	115-60-00	130-70-30
>4	lento	1 a 3	2501 a 2800	130-70-20	150-80-40
>4	lento	>3	2101 a 2500	95-55-00	125-65-00
>4	lento	>3	2501 a 2800	115-65-00	145-75-30

1 Se recomienda aplicar 1/3 de la dosis de N y todo el P y K en la siembra y el resto de N antes del 2o. cultivo, en banda. Como fuentes de N: urea, nitrato de amonio, fosfato diamónico o amoniaco anhidro. Se recomienda encalar cuando el pH es menor a 5.5, en dosis que dependen del pH, de la textura y del contenido de materia orgánica.

2 Punta de riego significa que se dá un riego "pesado" (lámina de riego > 30 cm) antes de la siembra, completándose el cultivo bajo régimen de temporal.

3 ASN<sup>3</sup> significa altura sobre el nivel del mar.

4 Los tratamientos se refieren a los fertilizantes nitrogenado, fosfórico y potásico, en términos de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O.

tentativo de que el maíz responde rentablemente al encalado cuando el pH del suelo es inferior a 5.5. También se apoya en el trabajo de laboratorio en muestras selectas de suelos del estado de México, sobre su función de respuesta al encalado (Espinosa *et al.*, 1992). Se presupone un proceso gradual de modificación del pH para los casos de "acidez extrema", en el que la dosis recomendada no rebasa a 3 t de material

encalante con capacidad neutralizante de 100%. Con esto se intenta proteger al productor contra la posible inducción de deficiencias nutrimentales de algunos elementos secundarios y menores ("sobreenalamiento" del suelo).

El empleo de la altura sobre el nivel del mar como factor de diagnóstico, permite ajustar la selección de material mejorado de maíz, según ha sido comprobado en la práctica



Cuadro 4. Efectos cualitativos de 13 factores de diagnóstico sobre las dosis óptimas de los fertilizantes nitrogenado y fosfórico y la densidad de población, para el cultivo de maíz.

Factor de diagnóstico	Estrato particular	Efecto cualitativo sobre la DO <sup>1</sup> de:		
		Nitrógeno	Fósforo	Densidad de población
Pendiente	<4%	+	-	+
	>4%	-	+	-
Drenaje	bueno	+	-	+
	lento	-	+	-
Materia orgánica	<1%	++	++	-
	1 a 3 %	+	+	+
Ciclo de cultivo <sup>2</sup>	>3%	-	-	++
	PV	*	*	*
Régimen hídrico <sup>3</sup>	OI	*	*	*
	RC	++	++	++
	PR	+	+	+
	THR	+	+	+
Fecha de siembra	TE	-	-	-
	temprano	++	-	++
	medio	+	+	+
Variedad	tarde	-	++	-
	híbrido 3a.	++	++	+++
	híbrido 1a. y 2a.	+	+	++
	mejorado PL	-	-	-
Riesgo <sup>4</sup> sequía	criollo	--	--	--
	bajo	+	+	+
	alto	-	-	-

1 Los signos ++, +, - y --, señalan la dirección del efecto sobre la DO del factor controlable.

2 El ciclo de cultivo interacciona con el régimen hídrico; en el caso del régimen de riego OI es + y PV -, para los tres factores. En el caso de temporal es lo opuesto.

3 RC es riego completo, PR es punta de riego, THR es temporal con humedad residual y TE es temporal estricto.

4 En el caso de Chiapas se maneja un índice de riesgo por sequía aun dentro de la Provincia Agronómica de Muy Buena Productividad.

por los investigadores del programa de maíz del INIFAP. El germoplasma mejorado de maíz responde claramente a los estratos de altura sobre el nivel del mar: (1) el tropical (< 1200 m), (2) el de tipo "Bajío" (1201 a 1800 m), (3) el de "transición" (1801 a 2100 m) y (4) el de "Valles Altos" (2101 a 2800 m). También la inclusión de tal factor, que a la vez contribuye a la extrapolación en el sentido del espacio, permite el cotejo del principio agronómico putativo de que "al aumentar la altura sobre el nivel del mar, se aumenta la longitud del ciclo de crecimiento del maíz y con esto se aumenta también la capacidad de rendimiento del cultivo". Si tal principio es válido, también lo será en cuanto a los requerimientos de manejo del cultivo.

Esta hipótesis cuya veracidad no había sido explorada previamente, debido al enfoque discreto o puntual del proceso de generación de tecnología, tendrá que ser sujeto de cotejo en un futuro próximo.

## CONCLUSIONES

1. El subsistema "Manual de Diagnóstico- Prescripción para el Cultivo del Maíz" fue desarrollado en el INIFAP como parte del sistema de diagnóstico-prescripción, cuyo propósito es facilitar la transferencia de la tecnología creada en el mismo INIFAP. El citado sistema consta de 13 factores de diagnóstico.
2. Se analiza la característica discreta (puntual), de la tecnología históricamente desarrollada para el cultivo del maíz en México, según los ejes del tiempo, el espacio y la disciplina. Se resalta que no se habían hecho intentos formales en México por integrar el conocimiento puntual tecnológico y que se requiere aprender a extrapolarlo, particularmente en los sentidos de espacio y de disciplina.
3. Se sugiere un procedimiento de extrapolación tecnológica de tipo iterativo en el que se podría sustituir una parte del costoso método de campo, por trabajo de computadora. Tal procedimiento requiere, sin embargo, de evidencia fresca obtenida por el método de campo, para su cotejo.
4. Se describe el trabajo de extrapolación hecho en el INIFAP por los autores, que ha de ser considerado como una primera aproximación sujeta al cotejo experimental.

## LITERATURA CITADA

- CODAGEM. 1977. Tecnología de producción para el maíz en el estado de México. Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agrícola del Estado de México, Metepec, México.
- CIMMYT. CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO. 1974. El Plan Puebla: Siete años de experiencia. El Batán, México.
- ESTRELLA CH., N., A. TURRENT F. y R. NUÑEZ E., 1975. Relaciones empíricas entre el rendimiento del maíz de temporal y algunos factores ambientales en la región de Chalco-Amecameca. *Agrociencia* 19: 159-188.



- ESPINOSA R., M., R. MORENO D. y L.E. MENDOZA O. 1992. Método breve para evaluar la necesidad de enclado en suelos ácidos del estado de México. p. 102. In: J.L. Tovar S. y R. Quintero L. (ed.). Memorias del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México.
- GONZALEZ P., J.L. 1984. Primera aproximación tecnológica a las prácticas agrícolas de producción en el patrón anual de cultivo maíz-maíz en la Región Norte del estado de Veracruz. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de Maestría en Ciencias).
- KEMPTHORNE, O. 1952. Design and analysis of experiments. 6th ed. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- LAIRD, J.R. y J. RODRIGUEZ G. 1965. Fertilización de maíz de temporal en regiones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Folleto Técnico Num. 50, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D.F.
- LOPEZ L., F. y A. TURRENT F. 1985. Generación de tecnología agrícola para maíz de temporal en la Región Sur de Nayarit. Agrociencia 45: 5-24.
- LOPEZ L., A., V. VILLAR S., W. LOPEZ B., A. ZAMARRIPA M., E. GARRIDO R. y A. TURRENT F. 1993. Manual de diagnóstico-prescripción para la producción sustentable de maíz en el estado de Chiapas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CIRPAS, Campo Experimental del Centro de Chiapas, Ocosocuaútlá, Chiapas.
- MORENO D., R. 1990. El uso de un laboratorio portátil para la estimación en el campo de la textura, el pH y el contenido de materia orgánica de un suelo. Campo Experimental Valle de México, INIFAP.
- TURRENT F., A. 1976. El agrosistema, un concepto útil dentro de la disciplina de productividad de agrosistemas. Escritos sobre la Metodología de la Investigación en Productividad de Agrosistemas 3. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- TURRENT F., A. 1985. El método CP para el diseño de agrosistemas. Escritos sobre la Metodología de Investigación en Productividad de Agrosistemas 8. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- TURRENT F., A. 1986. Estimación del potencial productivo actual de maíz y frijol en la República Mexicana. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- TURRENT F., A., J.L. AGUILAR A., J.L. ZUÑIGA G., V. ESQUEDA E. y J. VILLANUEVA B. 1991. Manual de diagnóstico-recomendación para el cultivo del maíz en el estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CIRGO, Veracruz, Veracruz.
- TURRENT F., A., G. ESPINOSA S., R. MORENO D. y C. TURRENT F. 1992a. La Asesoría Agronómica Moderna para Maíz. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero del Gobierno del Estado de Veracruz. Jalapa de Enríquez, Veracruz.
- TURRENT F., A., LEYVA S., A. ESPINOSA, R. GARZA G., R. MORENO D. y R. AVELDAÑO S. 1992b. Manual de diagnóstico-recomendación para el cultivo de maíz en el estado de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CIRCE, Campo Agrícola Experimental del Valle de México, Chapingo, México.
- TURRENT FERNANDEZ, A., R. AVELDAÑO S., D. GONZALEZ E., J. ORTIZ C., A. CAETANO O., A. GONZALEZ E. y G. LONGORIA G. 1992c. El Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología, PRONAMAT. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México, D.F.
- TURRENT F., A., I.J. GONZALEZ A., R. AVELDAÑO S. y M. ORTIZ V. 1994. El sistema PRONAMAT de diagnóstico-prescripción para el cultivo del maíz. I. El Subsistema cartográfico TERRA: en el presente número.
- VILLALPANDO I., J.F., A. TURRENT F., y F. PUENTE F. 1979. Efecto de algunos factores ambientales sobre la respuesta del maíz de temporal al fertilizante fosfórico, en la Planicie de Huamantla, Tlaxcala. Agrociencia 36: 163-178.
- VOLKE H., V. 1977. Generación de tecnología para agricultura de temporal y subsistencia: el caso del maíz en la región del Plan Puebla. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de Maestría en Ciencias).
- ZEPEDA M., J.A. 1984. Diseño de recomendaciones de producción en los patrones anuales de cultivo maíz-maíz y maíz-frijol-maíz en la parte baja del Distrito de Temporal III, Tuxpan, Ver. . Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. (Tesis de Maestría en Ciencias, sin publicar).



**TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA CON LA ESTRATEGIA PRONAMAT A PRODUCTORES DE MAIZ DEL ESTADO DE VERACRUZ.  
I. ANALISIS DE LA CALIDAD DE LA TECNOLOGIA RECOMENDADA**

Transferring Maize Production Technology Using the PRONAMAT Strategy to Small Farmers of Veracruz.

I. Analysis of the Adequacy of the Recommended Technology

A. Turrent Fernández<sup>1</sup>, J.L. Zúñiga González<sup>2</sup> y J. Rulz Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México, CIRCEN, INIFAP, Chapingo, Méx.

<sup>2</sup>Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC, INIFAP, Veracruz, Ver.

*Palabras clave:* Asesoría agronómica especializada en maíz, Transferencia de tecnología, Calidad de la tecnología, Estado de Veracruz.

*Index words:* Transferring maize technology to small farmers, Specialized technical assistance, Testing the adequacy of technology, Veracruz state.

**RESUMEN**

Durante los años 1990 a 1992, se realizó un programa de incremento en la producción de maíz en el estado de Veracruz, bajo la estrategia PRONAMAT. Esta estrategia involucra la descentralización y modernización del servicio de asistencia técnica a los productores, en las mejores tierras dedicadas a ese cultivo. La experiencia del ciclo primavera-verano de 1991 fue claramente documentada. Un grupo de 80 ingenieros agrónomos fue actualizado en la tecnología más reciente del INIFAP para el cultivo del maíz. Se realizó la cartografía de las tierras de labor a escala de 1:50,000, y se elaboró el manual de diagnóstico-prescripción para el maíz. El cuadro profesional dio asesoría profesional a 6885 productores que colectivamente cultivaron 23962 ha de maíz, en las provincias agro-

nómicas de muy buena y de buena productividad. El financiamiento de esta superficie provino de Banrural, Banamex, Pronasol, prestamistas locales y los productores mismos. Cuando el maíz maduró fisiológicamente se realizó un muestreo estratificado con probabilidad proporcional al tamaño del predio, para medir el rendimiento y la densidad de población. Se perseguía el objetivo de rendimiento de 4 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio de la superficie asesorada fue de 2.95 t ha<sup>-1</sup>, con una densidad de población de 34649 plantas ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio por grupo de financiamiento varió desde 2.74 t ha<sup>-1</sup> en el grupo de productores no acreditados institucionalmente, hasta 3.80 t ha<sup>-1</sup>, en el grupo acreditado por Banamex. Se estimó un rendimiento de 2.23 t ha<sup>-1</sup> para los productores no asesorados, que manejaron tierras de la misma calidad que las atendidas con la estrategia PRONAMAT. La densidad de población promedio fue de 31680 plantas ha<sup>-1</sup> para este grupo de productores. El análisis de la información recabada reveló una clara asociación entre el rendimiento y (1) la oportunidad en la fertilización, (2) la suficiencia en la fertilización, (3) la fecha de siembra, (4) la densidad de población, (5) la variedad cultivada, y la protección contra malezas e insectos. También se evaluó el efecto de la sequía sobre el rendimiento. En resumen, la variación en los rendimientos medios observados pudo ser explicada en gran medida, en términos de las

Recibido 5-93.



desviaciones en el uso de la tecnología recomendada.

### SUMMARY

The government of the State of Veracruz and the Ministry of Agriculture of the federal government, sponsored a program in the State of Veracruz in the period 1990 through 1992, with the objective of increasing maize yields in the more productive farmlands. Most of the land devoted to maize is farmed by small producers. A group of 80 young agronomists was trained in the technology for maize production that the National Institute of Forestry and Agriculture, INIFAP, had developed. Land cartography at the 1:50000 scale, and a diagnosis-prescription manual for maize, as well as specific protocols, were developed as tools for professional practice. Credit, insurance, input and marketing services were provided by several governmental and private organizations. The quality of these services, as well as the amount of capital available to farmers for buying the required inputs, varied widely. The experience of the 1991 Spring-Summer growing cycle was carefully monitored, with the objective of understanding the role of institutional, technological, sociological and climatological factors in the process of transferring production technology to maize farmers. The experience is summarized in a series of four papers. The quality of technology as a factor of agronomic performance is analyzed in this paper. The area treated with this strategy was 23 962 ha, farmed by 6885 farmers. A sample of 578 farms was selected by a procedure that involved stratifying and using probabilities proportional to farm size. Yields and plant densities were estimated by objective measurement, and farmers were interviewed. Results showed that yields and plant densities averaged 2.95 t ha<sup>-1</sup> and 34 649 plants per hectare. These figures represented only 74 percent of the expected average yield, and 69 percent of the expected average plant density. Yields were disaggregated by source of credit, to figures that varied from 2.74 t ha<sup>-1</sup> for self-financed and locally financed farmers, to 3.80 t ha<sup>-1</sup>, for farmers financed by a private bank. The analysis of the information provided evidence that most of the observed variation in yields was explained by the observed variation in: (1) timing and sufficiency of the fertilizer application, (2) planting date, (3) plant density, (4) the use of local

land races of maize, versus improved varieties, (5) the plant protection treatment, and (6) intensity of drought.

### INTRODUCCION

Investigaciones sobre el incremento en la producción de maíz bajo temporal en el Plan Puebla, y posteriormente en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, INIFAP, en su programa nacional de maíz de alta tecnología, PRONAMAT, sugieren la factibilidad técnica de alcanzar la autosuficiencia nacional en ese grano básico, sin cambio en el uso de la tierra (CIMMYT, 1974, y Turrent *et al.*, 1992). El C. titular de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SARH, ordenó en 1990 la ejecución del PRONAMAT OPERATIVO posteriormente conocido como PROMAP, que duraría cinco años. Mediante este programa, se habría de transferir la tecnología desarrollada en el INIFAP a las mejores 2.5 millones de hectáreas ya dedicadas al cultivo del maíz. Tales tierras habrían de pertenecer a las provincias agronómicas de muy buena y de buena productividad, si se manejaran bajo temporal (Turrent *et al.*, 1994), o bien, a las tierras de riego. El citado programa se enfocaría de manera prioritaria a los principales estados productores de maíz, mediante convenios entre el C. Titular de la SARH y el C. gobernador de cada estado.

Dos elementos novedosos de este programa serían (1) la modernización del servicio de asistencia técnica a los productores, y (2) la actualización de los ingenieros agrónomos en la tecnología del INIFAP. El primer elemento implicaría la privatización del servicio de asistencia técnica. Se daría a los productores participantes un subsidio progresivamente decreciente por el costo de la asistencia, y se crearían las condiciones necesarias para la formación de despachos de asesoría profesional a productores. Por su parte, la SARH habría de reducir su participación en materia de asistencia técnica sobre maíz. Para actualizar a los ingenieros agrónomos en la tecnología del INIFAP, se diseñarían herramientas y protocolos que facilitarían la práctica profesional. Obviamente que la ejecución de tal programa demandaría de la estrecha coordinación con las instituciones federales y estatales responsables de proporcionar los servicios de crédito, seguro, abasto de insumos, de



administración del subsidio a la asesoría y de comercialización. Tales serían los elementos centrales de la estrategia PRONAMAT.

Este programa se inició en el estado de Veracruz a partir de 1990, y se formalizó para la operación del ciclo de cultivo primavera-verano de 1991 (Ciclo PV 91-91). Participaron en el programa estatal: (1) la delegación SARH del estado de Veracruz, (2) la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero, del estado, SEDAP, (3) el Centro de Investigación Regional del Golfo Centro, CIRGOC, (4) el Fideicomiso de Riesgo Compartido, FIRCO, (5) el Banco Nacional de Crédito Rural, BANRURAL, y (6) la empresa AGROASEMEX.

Como puede intuirse, el desempeño de programas como el descrito, tiene factores tales como (1) la calidad de la tecnología, (2) la calidad del servicio de asesoría profesional, (3) la disponibilidad y oportunidad en el acceso a los insumos de la producción, que son función directa de la calidad de los servicios de crédito y de abasto de insumos, (4) las condiciones climatológicas del ciclo de cultivo, y de otros. Entender los efectos de tales factores es de importancia total, porque tal conocimiento haría evidentes las correcciones necesarias al programa original, en materia de lo que es planificable.

Los autores analizan en una serie de cuatro artículos, otros tantos temas pertinentes al proceso de transferencia de tecnología, a partir de la experiencia documentada del estado de Veracruz, tales temas son: (1) la calidad de la tecnología como factor del desempeño técnico; (2) la calidad de los servicios de crédito, seguro, subsidio a la asesoría, y la asesoría misma como factores del desempeño técnico; (3) la eficiencia financiera del proceso productivo y (4) los factores de la recuperación del crédito.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizó la cartografía de las tierras de labor del estado de Veracruz, de acuerdo con Turrent *et al.* (1993), y se diseñó el manual de diagnóstico-prescripción para el maíz (Turrent *et al.*, 1991). Se contrató y actualizó en la tecnología del INIFAP a 80 ingenieros agrónomos, que asesoraron a 6885 productores en el cultivo de 23962 ha de maíz, durante el Ciclo PV 91-91. Tales tierras

pertenecían a las provincias agronómicas de muy buena y de buena productividad (Turrent *et al.*, 1993). Los productores fueron asesorados con base en la tecnología más reciente del INIFAP, según las herramientas mencionadas previamente. Los productores recibieron financiamiento de tres fuentes posibles institucionales: Banrural (banca de desarrollo), Banamex (banca comercial), y el Programa Nacional de Solidaridad, Pronasol; además, como fuentes no institucionales de financiamiento se tuvo a los prestamistas locales y a los productores mismos. El gobierno del estado de Veracruz avaló a un Programa Especial de Crédito, PEC, que fue administrado por el Banrural, y que habría de dirigirse a aquellos productores que, aun disponiendo de tierras de buena calidad y sujetándose a la estrategia PRONAMAT, no podían ser sujetos de crédito del Banrural, debido a su situación de "cartera vencida", (adeudo ilegal).

Los productores participantes en la estrategia PRONAMAT recibieron un subsidio de 80% del costo de la asesoría profesional, que procedería por partes iguales, de la SARH y del gobierno del estado. El productor pagó sólo 20% de tal costo, en el primer año. En el segundo año el subsidio sería de 60%, en el tercero de 40% y así sucesivamente hasta agotarse en el quinto año. El Firco administró el subsidio por parte de la SARH, según las normas dictadas por su consejo directivo.

Los asesores profesionales, AP, atendieron a sus clientes tanto en actividades "sustantivas" de asesoría (diagnóstico, prescripción y seguimiento de campo), como en las "adjetivas" (gestoría ante las instituciones de servicio). A partir del manual de diagnóstico-recomendación y de la cartografía de las tierras de labor, se formuló un plan de producción-protección para cada predio-problema, que se presentó por escrito al productor. El plan de producción involucró al tratamiento indicado de fertilización (dosis, oportunidad, y fuente de N, P, y K), la variedad de maíz, la fecha de siembra y la densidad de población. El plan de protección previó el control de las plagas insectiles y de las malezas. Las actividades "adjetivas" de la asesoría fueron las de gestión del crédito, del seguro, del subsidio a la asesoría y de coordinación del abastecimiento de insumos.

Cuando el maíz maduró fisiológicamente, se recabó información sobre el desempeño



agronómico y económico de los productores participantes. El ejercicio de colección de información fue programado según un muestreo al azar con probabilidad proporcional al tamaño del predio. Se midieron directamente los rendimientos en dos a cinco sitios de muestreo en cada predio, según que su tamaño fuera: (1) de menos de 1 ha, (2) de 1 a 3 ha, (3) de 3 a 5 ha, o (4) de más de 5 ha. El sitio de muestreo fue de 10 metros cuadrados. Esta muestra incluyó a 633 predios, de los que 578 fueron atendidos con la estrategia PRONAMAT, y 55 no lo fueron. Se evaluaron variables pertinentes al rendimiento y a la densidad de población a la cosecha. Además se entrevistó al productor para obtener información pertinente al desempeño agronómico, a los servicios de crédito, seguro y asesoría agronómica recibida, así como de su percepción de las variables climáticas, en relación con el desempeño técnico de la unidad de producción. Desafortunadamente, no se entrevistó a todos los productores en cuyos predios se hicieron evaluaciones de rendimiento. Solamente en 373 predios atendidos con la estrategia PRONAMAT, se dispuso de las estimaciones de rendimiento y de la entrevista al productor.

Se cotejó la siguiente hipótesis: "bajo condiciones climatológicas no extraordinarias, el uso estricto de la tecnología de producción de maíz, recomendada por el INIFAP, se asocia con un rendimiento promedio, económicamente rentable, de por lo menos cuatro toneladas por hectárea, en las (PAM) de muy buena y de buena productividad". Esta hipótesis se expresa sobre la base de un rendimiento promedio de maíz para una PAM, en virtud de que la definición de la misma PAM, previó variación residual en el rendimiento, asociada a otros factores incontrolables (Turrent *et al.*, 1994). Tal hipótesis implica que los rendimientos promedio inferiores a  $4 \text{ t ha}^{-1}$  habrían de explicarse en términos de las desviaciones en el uso de la tecnología recomendada y/o por la ocurrencia de fenómenos climatológicos extraordinarios. Las desviaciones en el uso de la tecnología recomendada podrían a su vez ser explicadas por la calidad de los servicios de crédito, del seguro, de la asesoría profesional, y por el incumplimiento del productor mismo. A continuación se describen los procedimientos del cotejo.

(1) Se calcularon las medias y frecuencias relativas acumuladas, FRA, de los rendimientos

y de las densidades de población, para cada una de las fuentes de financiamiento. (2) Se agrupó a todos los predios atendidos con la estrategia PRONAMAT, según dos estratos de cada uno de tres factores de aplicación de la tecnología: (a) la oportunidad en la fertilización, (b) la suficiencia en la fertilización, y (c) la oportunidad en la fecha de siembra. Se consideró como oportuna aquella fertilización en la que el P y el K se aplicaron a más tardar durante la primera labor de cultivo, y el N se aplicó a más tardar a los 45 días de la siembra. Se consideró como suficiente aquella fertilización que rebasó simultáneamente en N y P al tratamiento 80-30-0. Se consideró como siembras oportunas a aquellas que se realizaron antes del 30 de junio. Tal es un arreglo factorial  $2^3$ , equivalente a ocho tratamientos; el primero, integrado por los predios que se fertilizaron insuficiente e inoportunamente, y se sembraron tarde. El último tratamiento involucra a los predios fertilizados suficiente y oportunamente, y que fueron sembrados antes del 30 de junio. Se realizó el análisis de varianza del arreglo factorial  $2^3$ , y se calcularon los siete efectos factoriales correspondientes, según Cochran y Cox (1964). Se estimaron los rendimientos medios asociados con cada uno de los ocho tratamientos, según Kempthorne (1952).

Para evaluar los efectos de otros factores tecnológicos además de la fertilización y la fecha de siembra, se hicieron varias subagrupaciones del grupo de predios fertilizado suficiente y oportunamente, y sembrado temprano. Así se evaluaron los factores tecnológicos variedad y protección contra plagas y enfermedades, y el factor incontrolable sequía.

Las agrupaciones descritas fueron comparadas en términos del rendimiento de maíz.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presenta información pertinente al desempeño técnico de seis grupos de productores, según la fuente de financiamiento, atendidos dentro de la estrategia PRONAMAT. También se incluyen los números de observaciones recabadas en los seis grupos de financiamiento y del grupo externo al PRONAMAT. Se atendieron 23962 ha de maíz, con la



**Cuadro 1. Comportamiento productivo de seis grupos de productores según su financiamiento, que fueron atendidos con la estrategia PRONAMAT, y de un grupo externo al PRONAMAT, en el ciclo primavera-verano de 1991 en Veracruz.**

Grupos financiados	Superficie involucrada	Densidad de población	Rendimiento promedio	Número <sup>4</sup> de observaciones
	ha	plantas ha <sup>-1</sup>	ton ha <sup>-1</sup>	
PEC <sup>1</sup>	8,598	35,100	2.93	357
Banrural	1,573	32,740	2.94	27
Banamex	1,236	36,950	3.80	13
Pronasol	335	36,120	3.30	4
INI <sup>2</sup>	1,569	36,510	3.38	47
NAI <sup>2</sup>	10,651	33,850	2.74	134
Subtotal PRONAMAT	23,962	34,649	2.95	578
No PRONAMAT <sup>3</sup>	179,0003	31,680	2.23	55

<sup>1</sup>PEC significa programa especial de crédito, avalado por el gobierno del estado, y ministrado por el Banrural.

<sup>2</sup>NAI significa productores no acreditados institucionalmente. Este grupo incluye a los productores que se autofinancian y a los que reciben crédito de prestamistas locales.

<sup>3</sup>Se estima que los productores no atendidos con la estrategia PRONAMAT cosecharon 179 mil ha de maíz dentro de las provincias agronómicas de muy buena y de buena productividad, en el estado de Veracruz.

<sup>4</sup>Número de predios en los que se realizaron estimaciones directas del rendimiento y la densidad de población, mediante técnicas de muestreo al azar.

estrategia PRONAMAT, de las que (1) 8598 ha fueron financiadas con el programa especial de crédito, PEC, avalado por el gobierno del estado de Veracruz, y ministrado por el Banrural, (2) 1573 ha fueron de clientes regulares del Banrural, (3) 1236 ha fueron de clientes del Banamex, (4) 335 ha fueron habilitadas por el Pronasol, (5) 1569 ha fueron habilitadas por el Instituto Nacional Indigenista, INI, y (6) 10651 ha fueron de productores no acreditados institucionalmente. El rendimiento promedio bajo la estrategia PRONAMAT fue de 2.95 t ha<sup>-1</sup>, y la densidad de población observada "a la cosecha", fue de 34649 plantas por hectárea. Tales estimadores han de compararse con los correspondientes al grupo externo al PRONAMAT, que son de 2.23 t ha<sup>-1</sup> y 31 680 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En total, la estrategia PRONAMAT asociada con varias estrategias de financiamiento, se asoció con un aumento de 3969 plantas ha<sup>-1</sup>, en la densidad de población de maíz, y con un aumento de 0.72 t ha<sup>-1</sup>, en el rendimiento de maíz.

Se aprecia también que hubo diferencias sustanciales en cuanto al desempeño agronómico de los productores, según la fuente del financiamiento. Los productores habilitados por Banamex alcanzaron el rendimiento promedio de 3.80 t ha<sup>-1</sup>, y la densidad de población de 36 950 plantas ha<sup>-1</sup>, mientras que los productores no acreditados institucionalmente (NAI) lograron el rendimiento promedio de 2.74 t ha<sup>-1</sup> y la densidad de población de 33 850 plantas ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento promedio alcanzado con la estrategia PRONAMAT, 2.95 t ha<sup>-1</sup>, equivale apenas a 74% del objetivo de 4 t ha<sup>-1</sup>. Para evaluar los efectos de varios factores de tal desempeño, se separaron ocho grupos de predios según los factores oportunidad y suficiencia en la fertilización, y oportunidad en la siembra. Esta agrupación aparece en el Cuadro 2. Como se aprecia, el número de predios incluidos en estos grupos varía entre ocho y 113; es decir, que no hay ortogonalidad. También se aprecia que la composición



**Cuadro 2. Comportamiento agronómico de ocho grupos de predios atendidos con la estrategia PRONAMAT, según las características de la fertilización y la fecha de siembra, en el ciclo primavera-verano 1991. PRONAMAT Veracruz.**

Concepto	Comportamiento de ocho grupos de predios <sup>1</sup>								Total
	111	112	121	122	211	12	221	222	
Número de predios	8	20	9	27	56	49	91	113	373
Procedencia <sup>2</sup>									
ZS 10 (%)	0	0	89	7	32	4	18	10	100
Rendim. t ha <sup>-1</sup>	2.43	2.96	1.04	2.69	2.38	2.80	3.05	3.26	2.87
Densidad de población, mil plantas ha <sup>-1</sup>	33.6	32.4	35.6	32.8	36.9	32.1	38.1	34.1	34.9
Dosis en kg/ha de:									
N	13	43	135	121	60	74	124	134	104
P2O5	0	20	69	64	51	32	58	67	53
K2O	0	0	0	9	1	3	3	7	4
Uso de variedad mejorada %	75	19	100	33	80	47	84	64	59
Proporción que no fertilizó:									
N, ni P	75	33	0	0	0	2	0	0	4
P	100	52	0	0	9	41	0	0	12

1 El primer dígito corresponde a la oportunidad en la fertilización, 1 es inoportuno, y 2 oportuno. El segundo dígito corresponde a la suficiencia en la fertilización, 1 es insuficiente y 2 suficiente. El 3 dígito señala la oportunidad en la fecha de siembra, 1 es tarde, después del 30 de junio, y 2 es temprano, antes del 30 de junio. Como se explica previamente, solamente en 373 predios atendidos con la estrategia PRONAMAT, se dispuso de las estimaciones del rendimiento y de la información aportada por el productor.

2 Procedencia ZS 10, se refiere a la proporción del grupo que proviene de la zona de supervisión 10, o centro de Veracruz, en la que ocurrió sequía inusual severa en el ciclo primavera-verano de 1991.

relativa de los grupos es variable en cuanto a la procedencia de la zona de supervisión (ZS) 10, en la que se presentó un período inusual de sequía severa, cuyo efecto fue obviamente depresivo sobre el rendimiento. Es de esperarse, obviamente, que la varianza en el rendimiento, introducida por este factor no ortogonalizado, sesga más a los grupos de pocas observaciones, tal sería el caso de los grupos 111 y 121 por contar con sólo ocho y nueve predios, respectivamente. Es de interés hacer notar los mayores (a) densidad de población y (b) porcentaje de uso de materiales mejorados de maíz, en los grupos 211 y 221, en relación con los grupos 212 y 222. Esto refleja el tardío inicio del PEC: se tuvo mayor influencia sobre la densidad de población y la selección de la variedad de maíz en las siembras tardías bajo crédito, que en las siembras tempranas.

En el Cuadro 3 se presenta el análisis del arreglo factorial de los ocho grupos de predios, en cuanto a su rendimiento. El análisis se hizo a partir de los rendimientos observados, sin corregir por el concepto de composición ZS 10, (según se explicó previamente), ni por el de la falta de ortogonalidad en el número de predios. Por lo tanto, el análisis ha de considerarse como una aproximación a la realidad. La evidencia no refuta la hipótesis de la causalidad de los tres factores: oportunidad y suficiencia en la fertilización y la fecha de siembra. Estos factores afectaron los rendimientos del maíz directamente o bien, a manera de interacción. Las fechas de siembra anteriores al 30 de junio se asociaron con rendimientos superiores en 0.70 t ha<sup>-1</sup> a las siembras posteriores a esa fecha. La aplicación oportuna de fertilizante se asoció con incrementos promedio de



**Cuadro 3.** Efectos factoriales de la oportunidad y la suficiencia en la fertilización, y de la oportunidad en la fecha de siembra, en relación con el rendimiento de maíz, en el ciclo primavera-verano 1991. PRONAMAT Veracruz.

O	S	F	Rendimiento	Efecto factorial <sup>1</sup>		Significancia estadística a 5%	Rendimiento
			promedio	Nombre	Magnitud		ajustado <sup>2</sup>
			t ha <sup>-1</sup>				t ha <sup>-1</sup>
1	1	1	2.43	M	2.576		2.08
1	1	2	2.96	F	+0.7025	*	3.17
1	2	1	1.04	S	-0.1325	NS	1.39
1	2	2	2.69	FXS	+0.2275	NS	2.48
2	1	1	2.38	O	+0.5925	*	2.37
2	1	2	2.80	FXO	-0.3875	*	2.68
2	2	1	3.05	SXO	+0.6975	*	3.06
2	2	2	3.26	FXSXO	-0.3325	*	3.38
				EMS5%	0.30		

1M es la media, F es el efecto principal de la fecha de siembra, S es el efecto principal de la suficiencia de fertilizante, FXS es la interacción entre la fecha de siembra y la suficiencia en la fertilización. O es la oportunidad en la fertilización, FXO y SXO son las interacciones de dos factores, y FXSXO es la interacción de los tres factores.

2Se siguió el procedimiento de Kempthorne para calcular los rendimientos, a partir de los efectos factoriales significativos.

0.59 t ha<sup>-1</sup>, en relación a las aplicaciones inoportunas. La suficiencia en la dosis de fertilizante tuvo su efecto a través de la fuerte interacción con la oportunidad en la fertilización y de la interacción de los tres factores. El valor de la interacción S X O, +0.6975, sugiere que cuando el fertilizante se aplicó oportunamente, el efecto de la suficiencia en fertilización fue de casi 0.70 t ha<sup>-1</sup>. El valor negativo de la interacción triple F X S X O, indica que cuando la fecha de siembra fue tardía, el valor de la interacción S X O, superó en 0.3325 t ha<sup>-1</sup> al valor de la misma interacción, cuando la fecha de siembra fue temprana.

Para apreciar mejor los efectos de las interacciones referidas, se calcularon los rendimientos a partir de los efectos factoriales significativos, según Kempthorne (1952) y se dibujaron las curvas de la Figura 1. En la Figura 1a se muestra la interacción S X O para las fechas de siembra tardías, en tanto que la Figura 1b corresponde a la misma interacción, para la siembra temprana. Se aprecia en la Figura 1a que aun cuando la fertilización fue insuficiente, su aplicación

oportuna se asoció con el aumento de 0.3 t ha<sup>-1</sup>, (grupos 111 y 211, Cuadro 2). Parte de este aumento se debió al tratamiento promedio de fertilizante, que fue 13-0-0, para el grupo 111, y 60-51-0, para el grupo 211. En cambio, cuando la fertilización fue suficiente, el incremento en el rendimiento fue de 1.67 t ha<sup>-1</sup>, (grupos 121 y 221, con tratamientos promedio de fertilización, de 135-65-0 y 124-58-03, respectivamente, Cuadro 2). En la Figura 1b se aprecia que para las fechas de siembra tempranas, el efecto de la oportunidad fue depresivo en casi 0.5 t ha<sup>-1</sup>, cuando la fertilización fue insuficiente (grupos 112 y 212, a pesar de que sus tratamientos promedio de fertilización fueron respectivamente de 43-20-0 y 74-32-0). En cambio, cuando la fertilización fue suficiente, el efecto de la oportunidad aumentó a +0.90 t ha<sup>-1</sup>, (grupos 122 y 222, con tratamientos promedio de 121-64-0 y 134-67-07, respectivamente). El fenómeno de la dilución del fertilizante dentro del follaje del cultivo, (Tisdale y Nelson, 1966) es un mecanismo posiblemente involucrado en el efecto depresivo de la oportunidad en la fertilización en las siembras tempranas sobre el rendimiento, cuando la fertilización fue insuficiente:



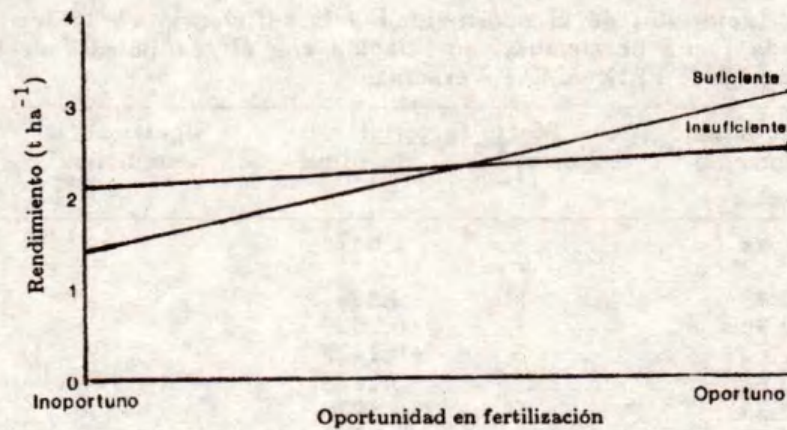


Figura 1a. Fecha de siembra tardía.

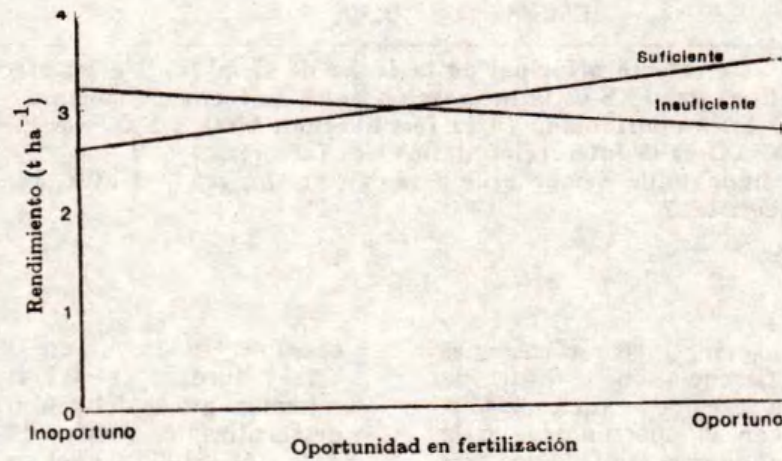


Figura 1b. Fecha de siembra temprana.

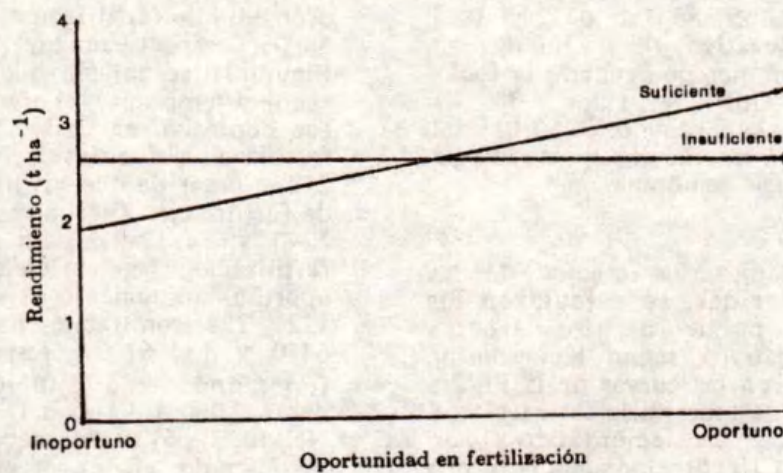


Figura 1c.

Figura 1. Interacciones entre la oportunidad y suficiencia en la fertilización y la fecha de siembra, en 375 predios, en relación al rendimiento observado. Ciclo PV 91-91.



"plantas de porte alto y muy deficientes en nitrógeno, rendirían menos que plantas de menor porte, con deficiencia moderada de nitrógeno".

La fertilización oportuna e insuficiente ocurrió en el PEC, debido a la omisión de la segunda ministración de insumos a una fracción de los productores, por parte del Banrural. En tal caso, se fertilizó en la siembra con una parte de la dosis de nitrógeno, y con todo el fósforo y el potasio. En el Cuadro 2 se aprecia que el grupo 212 (fertilización oportuna e insuficiente, y siembra oportuna), recibió en promedio el tratamiento de fertilización 74-32-03. Este plan de fertilización produciría plantas grandes que sufrieron deficiencia de nitrógeno, por el efecto de "dilución", en su etapa reproductiva. También es posible que, habiendo sido aplicado en la siembra, el nitrógeno fuera aprovechado por malezas, o bien, perdido por desnitrificación biológica. En cambio, la fertilización juzgada como insuficiente e inoportuna, grupo 112, que recibió el tratamiento promedio 43-20-0, conduciría a plantas menos foliadas, (debido a que fueron fertilizadas tarde), que no sufrirían deficiencia severa de nitrógeno, en su etapa reproductiva. (Turrent 1985).

En la Figura 1c se muestra a la interacción S X O, que es por definición, el promedio entre las interacciones S X O en la fecha de siembra temprana y en la tardía. Cuando la fertilización es insuficiente, el efecto de la oportunidad en la fertilización es nulo. En cambio, cuando la fertilización es suficiente, el efecto de la oportunidad es de casi  $1.3 \text{ t ha}^{-1}$ . Se aprecia, sin embargo, que con la fertilización suficiente e inoportuna (grupos 121 y 122) el rendimiento de  $1.93 \text{ t ha}^{-1}$  es inferior al que corresponde a la fertilización insuficiente e inoportuna (grupos 111 y 112) que fue de  $2.62 \text{ t ha}^{-1}$ . Es probable que esta diferencia refleje el sesgo que se asocia con la procedencia extraordinariamente alta de la predios afectados por sequía severa (zona de supervisión 10) en el grupo 121, Cuadro 2.

En la Figura 2 se presentan las funciones de las frecuencias relativas acumuladas de los rendimientos asociados con los grupos 211, 212, 221, y 222, además de "la función objetivo". Esta última tiene una media de  $4 \text{ t ha}^{-1}$  y una varianza similar a las varianzas observadas en el PEC. Las áreas comprendidas entre las funciones 222 y 221, así como entre las funciones 212 y 211, dan la medida del efecto depresivo que sobre el rendimiento de maíz, tuvo el atraso en la fecha de siembra,

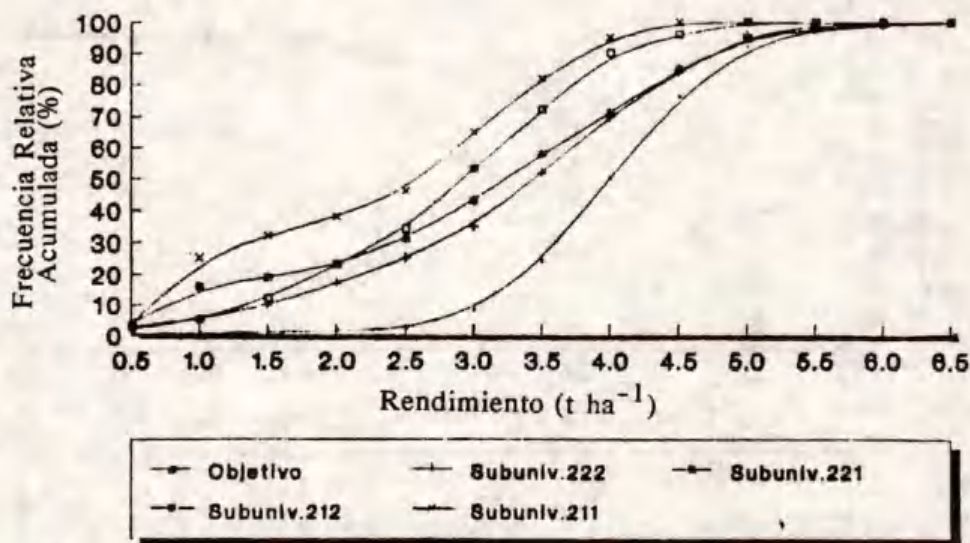


Figura 2. Funciones de las frecuencias relativas acumuladas de cuatro grupos de predios, de acuerdo a trece categorías del rendimiento de maíz. Ciclo PV 91-91. PRONAMAT Veracruz.



cuando el fertilizante se aplicó oportunamente. A la vez, las áreas comprendidas entre las funciones 222 y 212, así como entre 221 y 211, dan la medida del efecto depresivo que sobre el rendimiento tuvo el haberse limitado la fertilización, según ocurrió a un número apreciable de productores participantes del PEC, que no recibió la segunda ministración de crédito. Finalmente, el área delimitada por las funciones 222 y la función objetivo, mediría, de acuerdo con la hipótesis en cotejo, el efecto depresivo global de aquellos factores tecnológicos adicionales a la fertilización y a la fecha de siembra, que no fueron manejados de manera adecuada, así como de la sequía observada, y de su interacción global.

La densidad de población a la cosecha también fue claro factor del rendimiento. En el Cuadro 1 se muestran las densidades de población, medias observadas en los seis grupos de financiamiento, atendidos con la estrategia PRONAMAT. Mientras la densidad de población objetivo habría de promediar 50 mil plantas  $ha^{-1}$ , la máxima densidad promedio observada fue de 36,950 plantas  $ha^{-1}$ , y correspondió al grupo cuyo crédito fue minis-

trado por Banamex. La densidad promedio observada para los seis grupos atendidos con la estrategia PRONAMAT fue de 34,649 plantas  $ha^{-1}$ ; tan solo 69% de lo previsto en el manual de diagnóstico-recomendación para el cultivo del maíz. En la Figura 3 se presentan relaciones de carácter general entre la densidad de población al tiempo de la cosecha y el rendimiento. Todos los predios fueron agrupados en cuatro categorías según su rendimiento: (a)  $< 2$ , (b) 2 a 3, (c) 3.01 a 4, y (d)  $> 4 t ha^{-1}$ . Mientras las funciones de las frecuencias relativas acumuladas, FRA, se confunden para los grupos  $< 2$  y 2 a 3  $t ha^{-1}$ , se aprecia una clara y sistemática diferenciación de las citadas funciones de las FRA, a partir del grupo de rendimiento de 3 a 4  $t ha^{-1}$ . Esta evidencia es consistente con un efecto de la densidad de población sobre los rendimientos observados.

Como se aprecia en el Cuadro 2, el grupo 222 involucra a 113 predios. Además de lo que respecta a su fertilización y fecha de siembra, esos predios fueron manejados de manera no especificada en cuanto a la variedad sembrada, a la densidad de población, al

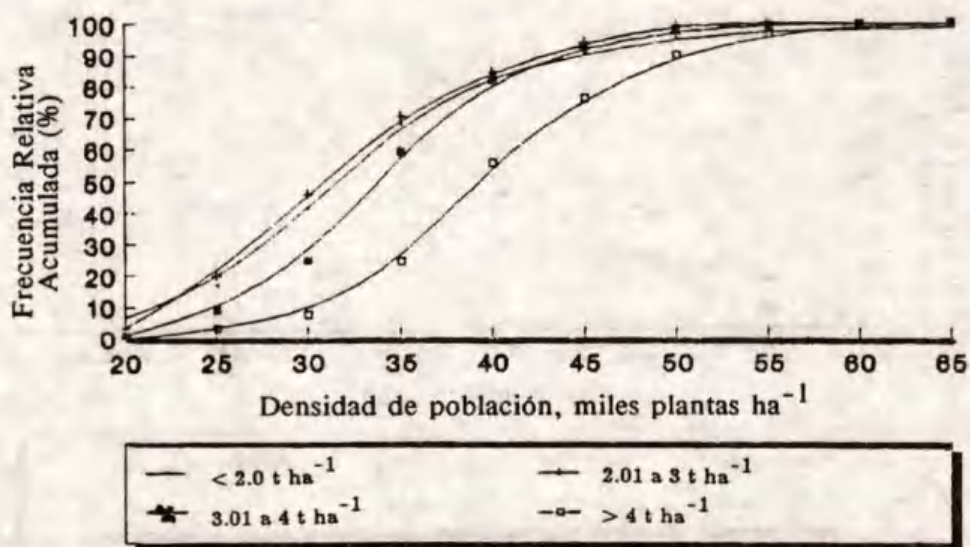


Figura 3. Funciones de las frecuencias relativas acumuladas de cuatro grupos de predios según su rendimiento, en relación a once estratos de densidad de población. Ciclo PV 91-91.



combate de malezas e insectos, y a la vez, sufrieron diferentes grados de daño por sequía. Se adoptó la suposición, para fines de análisis, de que la segregación de subgrupos del grupo 222, según la especificación de factores tecnológicos y de la sequía, daría una medida confiable de los efectos de tales factores. Para evaluar el efecto de la variedad sembrada, se separaron los subgrupos 222(C) sembrado con maíz criollo y 222(V530) sembrado con la variedad mejorada V530; también se separó el subgrupo 222(MI), en el que los productores indicaron que la protección contra malezas y contra insectos fue "muy buena" o "excelente". El subgrupo 222(MISSV530) seleccionó a los predios de excelente o muy buen control de malezas e insectos, que se sembraron con la variedad recomendada V530 y que no sufrieron daño por sequía, de acuerdo con los productores. De manera similar, el grupo 221, que consta de 91 predios, permitiría obtener estimadores de los mismos efectos.

En el Cuadro 4 se presentan varios subgrupos de los grupos 222 y 221. La comparación entre los subgrupos 222(C) y 222(V530) permite evaluar el efecto del germoplasma de maíz, bajo las condiciones de fertilización y fecha de siembra constantes, si bien con otros factores tecnológicos y la intensidad de la sequía, no especificados. Se aprecia que el

efecto global de la variedad es de  $0.71 \text{ t ha}^{-1}$ , si bien, con una diferencia de 8200 plantas por hectárea, también a favor de la variedad V530; esto es, que la comparación no hace justicia al germoplasma criollo. No hay diferencia en los rendimientos medios entre el subgrupo 222(MI) y el 222, lo que sugiere que en la mayoría de los predios del grupo 222, el plan de protección funcionó adecuadamente.

La comparación entre los rendimientos medios de los subgrupos 222(MISSV530) y 222(V530), que son respectivamente de 4.29 y  $3.59 \text{ t ha}^{-1}$ , sugiere que el efecto global de la sequía y de sus interacciones con los factores tecnológicos, fue alrededor de  $1.40 \text{ t ha}^{-1}$ . Esta cifra es del orden de magnitud del doble de la diferencia entre 4.29 y  $3.59 \text{ t ha}^{-1}$  en razón de que el primer grupo es un subconjunto del segundo. El rendimiento logrado con la aplicación estricta de la tecnología recomendada, excepto por la falta de especificación de la densidad de población (subgrupo 222, MISSV530), supera al objetivo de  $4 \text{ t ha}^{-1}$ , si bien, en ausencia de sequía. En el grupo 221 se aprecia que si hubo diferencia por concepto de los diversos grados de éxito en la aplicación del plan de protección contra malezas e insectos:  $3.6 \text{ t ha}^{-1}$  para el subgrupo 221(MI) y  $3.05 \text{ t ha}^{-1}$  para el grupo 221. Tal resultado sugiere que el efecto total del plan de protección y de su interacción con la fertilización y fecha de siembra, fue de  $1.12 \text{ t ha}^{-1}$ . El rendimiento aumentó a  $3.96 \text{ t ha}^{-1}$ , en el subgrupo 221(MISSV530).

Un intento de cuantificar los efectos de los factores tecnológicos sobre el rendimiento, resaltaría que: (1) el efecto combinado de la oportunidad y suficiencia de la fertilización y de la fecha de siembra fue del orden de magnitud de  $1.30 \text{ t ha}^{-1}$ , según se aprecia en el Cuadro 3 (rendimientos ajustados  $3.38 - 2.08 \text{ t ha}^{-1}$ ); (2) el efecto combinado del uso de la variedad recomendada por el INIFAP y de sus interacciones con los factores oportunidad y suficiencia en la fertilización, y fecha de siembra, se aprecia al comparar a los subgrupos 222(V530) y 222(C), con rendimientos medios de  $3.59$  y  $2.88 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente; esta diferencia es de  $0.71 \text{ t ha}^{-1}$ ; (3) el efecto de la sequía fue del orden de magnitud de  $1.40 \text{ t ha}^{-1}$ , como lo sugieren los datos del Cuadro 4 [rendimientos de  $2x(4.29 - 3.59) \text{ t ha}^{-1}$ ]. La suma de estos efectos es de  $3.41 \text{ t ha}^{-1}$  que como es de esperarse, debido a la

Cuadro 4. Comportamiento agronómico de varios grupos de predios, según sus características tecnológicas. Ciclo primavera-verano de 1991.

Agrupación <sup>1</sup>	Número de predios	Rendimiento	Densidad de
		promedio	población
		$\text{t ha}^{-1}$	$\text{plantas ha}^{-1}$
222	118	3.26	34,100
222(C)	28	2.88	28,420
222(V530)	43	3.59	36,700
222(MI)	51	3.27	34,610
222(MISSV530)	13	4.29	38,080
221	91	3.05	38,090
221(MI)	47	3.61	38,950
221(MISSV530)	24	3.96	40,180

<sup>1</sup> El grupo 222 fue fertilizado oportuna y suficientemente, y sembrado antes del 30 de junio. El subgrupo 222(C) involucra solamente a los predios del 222 que fueron sembrados con maíz criollo. El subgrupo 222(MI) sólo incluye a los predios del 222 en los que el control de las plagas fue considerado como muy bueno o excelente, por los productores. El subgrupo 222(MISSV530) es aquel que cumpliendo con las especificaciones del 222(MI), no sufrió sequía, y fue sembrado con la variedad mejorada V530.



inaditividad de los factores, sobreestima a la diferencia observada de  $2.07 \text{ t ha}^{-1}$  entre el grupo No PRONAMAT y el grupo de productores que, habiéndose ajustado estrictamente o casi estrictamente a la tecnología recomendada, no sufrió daños por sequía: cuyos rendimientos fueron de  $2.22 \text{ t ha}^{-1}$  (Cuadro 1) y  $4.29 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente (Cuadro 4).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se encontraron evidencias de que la variación de los rendimientos de maíz bajo la estrategia PRONAMAT en el ciclo PV 91-91, se asoció con la variación en los factores tecnológicos: (a) la oportunidad y la suficiencia en la fertilización, (b) la fecha de siembra, (c) la variedad empleada, (d) la densidad de población, y (e) el nivel de protección contra malezas e insectos. También se encontró evidencia del efecto depresivo de la sequía sobre el rendimiento.
2. La evidencia examinada no contradice la hipótesis de que la variación en los rendimientos asociados con varios grupos de financiamiento, atendidos con la estrategia PRONAMAT, se explica en gran medida por las desviaciones respecto al uso de la tecnología recomendada a los productores y por la incidencia de la sequía.
3. La evidencia encontrada no refuta la hipótesis de que en ausencia de sequía, el uso estricto de la tecnología de producción

de maíz, recomendada por el INIFAP a través de su manual de diagnóstico-prescripción, se asocia con rendimientos promedio, de  $4 \text{ t ha}^{-1}$  por lo menos, en las Provincias Agronómicas de Muy Buena y de Buena Productividad del Estado de Veracruz.

## LITERATURA CITADA

- CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO. 1974. El Plan Puebla: Siete años de experiencia: 1967 a 1973. El Batán, México.
- COCHRAN, W.G., and G.M. COX. 1957. *Experimental designs*. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- KEMPTHORNE, O. 1952. *The Design and analysis of experiments*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- TISDALE, S.L. and W.L. NELSON. 1966. *Soil fertility and fertilizers*. 2nd ed. MacMillan Publishing Co., Inc. New York.
- TURRENT F., A. 1985. Evidencias sobre la necesidad de desarrollar una investigación multifactorial-integrada para la agricultura de temporal. Num. 4. Escritos sobre la metodología de la investigación en Productividad de Agrosistemas. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- TURRENT F., A., J.L. AGUILAR A., J.L. ZUÑIGA G., V. ESQUEDA E. y J. VILLANUEVA B. 1991. Manual de diagnóstico-recomendación para el cultivo del maíz en el estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, CIRGO, Veracruz, Veracruz.
- TURRENT F., A., R. AVELDAÑO S., D. GONZALEZ E., J. ORTIZ C., A. CAETANO DE O., A. GONZALEZ E. y G. LONGORIA G. 1992. El programa nacional de maíz de alta tecnología, PRONAMAT. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México, D.F.
- TURRENT F., A., I.J. GONZALEZ A., R. AVELDAÑO S. y M. ORTIZ V. 1994. El sistema PRONAMAT de diagnóstico-prescripción para el cultivo de maíz. I. El subsistema cartográfico. Terra 12: (en prensa).



**TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA CON LA ESTRATEGIA PRONAMAT A PRODUCTORES DE MAIZ DEL ESTADO DE VERACRUZ.  
II. LA CALIDAD DE LOS SERVICIOS DE CREDITO, SEGURO, SUBSIDIO A LA ASESORIA Y ASESORIA ESPECIALIZADA**

Transferring Maize Production Technology Using the PRONAMAT Strategy to Small Farmers of Veracruz.

II. Analysis of the Adequacy of Credit, Insurance, Subsidy, and Technical Assistance, as Services to Farmers.

A. Turrent Fernández<sup>1</sup>, J.L. Zúñiga González<sup>2</sup> y J. Ruiz Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México, CIRCEN, INIFAP, Chapingo, México

<sup>2</sup>Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC, INIFAP, Veracruz, Veracruz

*Palabras clave:* Calidad de los servicios, Oportunidad y suficiencia en la fertilización, Asesoría agronómica especializada en maíz.

*Index words:* Adequacy of production services, Timing and sufficiency of fertilizer application, Specialized agronomic assistance.

### RESUMEN

Durante el ciclo primavera-verano de 1991 (PV 91-91) se realizó en el estado de Veracruz un programa para incrementar la producción de maíz, aplicando la estrategia PRONAMAT en 23 962 ha. El crédito fue suministrado por Banrural Banamex, Pronasol, prestamistas locales, y por los productores mismos. La empresa Agroasemex proporcionó el seguro y el Firco administró el subsidio federal por el costo de la asistencia técnica. El rendimiento promedio fue de 2.95 t ha<sup>-1</sup>, mientras que el objetivo de rendimiento era de 4 t ha<sup>-1</sup>. La diferencia en el rendimiento se explica por las desviaciones en el uso de la tecnología recomendada, que se debió a la insuficiencia y a la inoportunidad de una parte del crédito. Se analiza en este artículo a las fuentes de crédito como factor de la calidad de la fertilización, de sus

productores servidos. El orden de eficiencia fué Banamex > Pronasol > prestamistas locales > Banrural. Un definitivo factor de demérito del Banrural fue su complicada burocracia, que es agravada por las burocracias respectivas de Agroasemex y de Firco. En ausencia de crédito institucional, es decir, con crédito de prestamistas locales, la aplicación de la estrategia PRONAMAT se asoció con una clara mejoría en la calidad de la fertilización, con un mayor uso de variedades mejoradas y con un incremento en el rendimiento de 0.5 t ha<sup>-1</sup>. Con la presencia del crédito institucional, sólo 47 % de los productores calificó como bueno al servicio de asesoría profesional, asociándose con rendimientos mayores en 0.5 t ha<sup>-1</sup>, que el resto de productores, quienes lo juzgaron como malo.

### SUMMARY

A project to increase maize yields in the more productive soils of Veracruz was conducted in the Summer of 1991 using the PRONAMAT strategy. A team of 87 young agronomists was trained in the more recent INIFAP production technology for maize. Credit was provided by the National Bank of Rural Credit, Banrural, by a private bank Banamex, by the National Solidarity Program, Pronasol, and by local private lenders. Insurance was provided by Agroasemex, and a subsidy of 40 percent of the cost of technical assistance to

Recibido 5-93.



farmers was administered by Firco. The average maize yield was  $2.95 \text{ t ha}^{-1}$ , well below the objective of  $4 \text{ t ha}^{-1}$ .

The lower than expected yield was explained by the failure of farmers to apply the recommended maize technology. That failure, in turn, was explained by the failure of the financial system to provide farmers with sufficient and opportune credit. The efficiency of the sources of credit was measured in terms of their impact on the adequacy of the fertilizer treatment that their clients were able to apply. The fertilizer treatment was judged in terms of timing and sufficiency.

The order of credit efficiency was: Banamex > Pronasol > local lenders > Banrural. The poor performance of Banrural was due to its set of bureaucratic rules, and compounded by additional rules of Agrosemex and Firco. The PRONAMAT strategy applied in the absence of institutional credit (credit provided by local lenders), was associated with a better use of fertilizers, with a more extensive use of improved seeds, and with an increase of  $0.5 \text{ t ha}^{-1}$  in the average yield.

## INTRODUCCION

Se realiza en la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SARH, desde 1990, un programa de corte nacional para estimular el incremento en la producción de maíz. Se persigue transferir la tecnología de producción desarrollada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, INIFAP, a los productores que manejan las 2.5 millones de hectáreas de las mejores tierras ya comprometidas a dicho cultivo básico. Se ejecuta, como acción clave, un subprograma de modernización del servicio de asistencia técnica que persigue la "profesionalización" y la privatización de dicho servicio. Empero, el éxito de este esfuerzo depende de la convergencia de servicios clave a la producción, tales como el crédito, la administración del subsidio al costo de la asistencia técnica, el seguro, la comercialización del grano, en suma, de la participación coordinada de varias instituciones de servicio, cuyas prioridades no coinciden necesariamente, en cuanto a su oportunidad, con las de la SARH. Los detalles de este programa, en lo que compete al Estado de Veracruz, han sido examinados por Turrent

*et al.* (1992). En este artículo se evalúa la eficiencia de los servicios mencionados, incluyendo el de la asistencia técnica, como factores del desempeño agronómico de los productores de maíz en el estado de Veracruz, durante el ciclo PV 91-91. Los autores consideramos a este conocimiento como clave para entender algunas de las causas del atraso acumulado en el campo mexicano, por lo menos en lo que compete al maíz, cultivo básico por excelencia.

El presente artículo es parte de una serie de cuatro, en los que se examina la aprendido en Veracruz, en torno al PRONAMAT, en 1991.

## MATERIALES Y METODOS

El personal científico del INIFAP realizó la cartografía de la tierra de labor del estado de Veracruz a escala 1:50 000 y diseñó el manual de diagnóstico-recomendación para maíz en este estado (Turrent *et al.*, 1991). Este manual va acompañado por un laboratorio portátil para evaluar el pH, el contenido de materia orgánica y la textura del suelo. También se diseñaron los protocolos de la asesoría agronómica especializada para maíz (Turrent *et al.*, 1992). Se diseñaron módulos de asesoría profesional, MAP, en el territorio estatal; cada MAP reunía al menos 1000 ha de tierras de alta calidad, dedicadas al maíz. Por cada 10 MAP se organizó una zona de supervisión, ZS. Con el material preparado se actualizó a 350 jóvenes ingenieros agrónomos, en la tecnología del INIFAP. Estos profesionistas estaban interesados en participar en el programa convocado por la delegación SARH del estado y por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y de Pesca del estado, SEDAP. El programa tuvo como objetivo el aumento rentable de los rendimientos de maíz, en las tierras del estado de Veracruz que cumplieron con los requisitos de tener: (1) un cociente de precipitación y evaporación para junio-septiembre, P/E, comprendido entre 0.9 y 2, y una profundidad del suelo igual o mayor a 1 m, o (2) un cociente P/E mayor a 2 y una profundidad del suelo mayor a 0.1 m. Tales condiciones correspondieron a la definición de las provincias agronómicas de muy buena y de buena productividad (Turrent *et al.*, 1994a). Los honorarios de los asesores profesionales fueron pagados por los productores, quienes a su vez recibieron un subsidio de 80% de este costo. Tal subsidio



fue aportado por la SARH y por la SEDAP a partes iguales. El Fideicomiso de riesgo compartido, Firco, administró el subsidio de la SARH. En este programa, que se conoció como el PRONAMAT Veracruz, se contrató a 87 de aquellos profesionistas, que fueron ubicados en 80 MAP, y en siete ZS. Sólo 15 de estos profesionistas contaba con vehículo.

El gobierno del estado actuó como aval de un programa especial de crédito, PEC, del Banrural, dirigido a aquellos productores de maíz que cubrieron los criterios de calidad de su tierra de labor, pero que estaban en situación de "cartera vencida". Este crédito se dio exclusivamente para la compra de los insumos requeridos por la tecnología del INIFAP. Su monto máximo fue de \$ 700 mil  $ha^{-1}$ , que incluyeron hasta \$ 600 mil para la compra de insumos, \$ 16 mil para pago de asesoría y \$ 84 mil para pago del seguro. El productor autorizó al Banrural para que pagara a los proveedores de insumos que el productor escogió. Los productores aseguraron sus siembras según un programa presentado por el director estatal de Agroasemex, al grupo operativo estatal. Por su parte, el Firco cubrió la mitad del subsidio al costo de la asesoría profesional, mientras que la SEDAP cubrió la otra mitad.

Las tres instituciones federales: Banrural, Agroasemex y Firco, operaron de acuerdo con normas dictadas centralmente por sus consejos directivos. En otra publicación se describe la experiencia del PRONAMAT Veracruz en cuanto a la operación del PEC, dentro de los procedimientos obviamente "sobreregulados" de estas instituciones (Turrent *et al.*, 1994b).

Otras fuentes de financiamiento fueron (1) el mismo Banrural a través de su programa normal de crédito, (2) el banco privado Banamex, a través de su clientela normal, (3) el Programa Nacional de Solidaridad, Pronasol, tanto con créditos "a la palabra", como a través del Instituto Nacional Indigenista, INI; en ambos casos el crédito fue por \$ 300 mil  $ha^{-1}$ , (4) los prestamistas locales, y (5) los productores mismos. Los dos últimos casos fueron agrupados en el grupo de no acreditados institucionalmente, NAI.

Se siguieron tres caminos complementarios para evaluar la calidad de los servicios proporcionados: (1) el de encuestas a los asesores profesionales y a los productores,

para estimar, tanto el tiempo dedicado a los procedimientos institucionales, como la calidad de los servicios de crédito, seguro y asesoría profesional, según la percepción de los productores; (2) el seguimiento quincenal del avance del programa, a los niveles de MAP, de ZS y del estado; (3) el análisis comparativo de la tecnología usada por los productores, según la fuente de financiamiento. El procedimiento seguido para la recolección de información pertinente a los dos primeros puntos, se describe en otra publicación (Turrent *et al.*, 1992). En el primero de esta serie de cuatro artículos, se describe el procedimiento de muestreo que involucró a 633 predios, de una población total de 6886 (Turrent *et al.*, 1994b). La probabilidad de selección fue directamente proporcional al tamaño del predio. Se hizo la estimación objetiva del rendimiento y de la densidad de población, y se entrevistó al productor para recabar información sobre variables tecnológicas, climatológicas, sobre la calidad de los servicios de crédito, de seguro, de asesoría, y de la tecnología misma. Para juzgar la calidad del servicio de crédito, se analizaron las desviaciones en el uso de la tecnología por parte de los grupos de financiamiento. Tal actividad se hizo con el supuesto de que el comportamiento tecnológico de los productores reflejaría directamente la oportunidad en la ministración del crédito.

Para juzgar la calidad del servicio de seguro, se buscó evidencia objetiva sobre la relación densidad de población-rendimiento, y también se evaluó objetivamente el "riesgo" motivo de la protección del seguro. Se integraron cuatro grupos de rendimiento a partir de los 633 predios de la muestra, según que sus rendimientos estuvieran comprendidos en las siguientes categorías: (1) menos de 2 t  $ha^{-1}$ , (2) de 2.01 a 3 t  $ha^{-1}$ , (3) de 3.01 a 4 t  $ha^{-1}$ , y (4) más de 4 t  $ha^{-1}$ . Se obtuvo la frecuencia relativa acumulada del rendimiento, FRA, en función de once categorías de la densidad de población, para cada uno de los cuatro grupos. Para evaluar el riesgo de producción, se obtuvo la FRA del rendimiento, para el grupo PEC, (programa especial de crédito). De aquí se derivó el posible costo de la prima del seguro, que se comparó con el costo observado.

El juicio sobre la calidad del servicio de asesoría profesional, se desarrolló a partir de la relación entre la calificación subjetiva



del productor y los rendimientos observados. Para tal fin se integraron dos grupos de predios: (1) el de buena asesoría reunió a los predios en los que el productor calificó al servicio como "excelente" o como "muy bueno"; (2) el de mala asesoría reunió al resto de los predios, en los que se recibió la calificación de "bueno", "malo" y "muy malo". Se obtuvieron las FRA del rendimiento y de la densidad de población, en relación con ambos grupos de predios.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Desempeño Institucional

Se atendieron 23 962 ha con la estrategia PRONAMAT, de las que, 8568 ha fueron acreditadas dentro del PEC, 1573 ha fueron de clientes tradicionales del Banrural, 1236 ha de clientes de Banamex, 1904 del sistema Pronasol-INI, y 10 651 ha de productores NAI. El PEC fue iniciado con un mes de atraso en relación con el inicio de la temporada de lluvias, debido a problemas de coordinación entre el gobierno del estado y el Banrural. A continuación se analiza lo referente al PEC.

El MAP promedio tuvo las siguientes características: (1) involucró a cuatro ejidos, a 64 productores PEC con 300 ha, y a tres distribuidores de insumos; (2) estuvo ubicado a 30 km de la sucursal del Banrural, (3) la distancia extrema interior fue de 15 km.

En un primer año de interacción entre el asesor profesional, AP, el productor y el Banrural, en relación con el PEC, y dado el apremio por el atraso respecto al inicio de las lluvias, resultó tarea casi imposible lograr la coparticipación efectiva del productor en el proceso de su conformación como sujeto de crédito. Lo mismo ocurrió en relación con los procedimientos del Firco para ministrar el subsidio a los productores por la asesoría. También los procedimientos de Agroasemex reclamaron atención, que hubo de ser cubierta por el AP. Además, los requisitos de las instituciones fueron paralelos, reclamando las tres su observación desde el inicio. De aquí derivó un claro desbalance obligado, entre las actividades sustantivas y las adjetivas de asesoría, a favor de las actividades adjetivas, ya que el crédito era pre-requisito para que el Firco entregara el subsidio, y sin seguro no habría crédito. El AP hubo de completar 390

documentos o trámites ante Banrural, para operar su MAP, dentro del PEC. Por su parte, el Firco demandó 68, y Agroasemex 329 documentos o trámites. Tan solo la documentación demandada por el Firco implicó que el AP recabara 794 firmas para atender su MAP promedio. Colectivamente, los 60 AP que participaron directamente en el PEC, hubieron de recabar 90 mil firmas para operar el componente PEC de la estrategia PRONAMAT.

El estudio de la distribución del tiempo del AP, en el periodo de 35 días, comprendido entre el 26 de junio y el 31 de julio de 1991, (periodo de siembra y primera fertilización) reveló que 55% fue dedicado a aspectos de trámite del crédito, 8% al seguro, 7% a apoyar a los ejidatarios en aspectos de transporte y distribución de insumos. Sólo 30% del tiempo, fue dedicado a las actividades sustantivas de campo.

De todos modos, la operación del crédito fue lenta en relación con los ritmos que impuso el campo. El 19 de septiembre, cuando se había rebasado prácticamente el periodo de utilización eficiente del fertilizante, solamente se habían recibido las dos ministraciones programadas, en 4524 ha de las 8568 ha acreditadas en el PEC. En otras 1938 ha se había recibido la primera ministración para los insumos, más una parte de la segunda y en 2136 ha, sólo la primera ministración. Por su parte, los AP lograron convencer a los productores de 1992 ha, para que adquirieran con recursos propios, los insumos de la segunda ministración programada.

Los productores del PEC solicitaron el aseguramiento de 8024 ha, protegiendo inversiones que no superarían a \$ 616 mil ha<sup>-1</sup>. Sólo si el rendimiento promedio del predio asegurado fuera inferior a 0,9 t ha<sup>-1</sup> habría la empresa de indemnizar proporcionalmente al productor, dado el precio de garantía de \$ 715 mil t<sup>-1</sup>. Sólo 565 ha de las 8024 ha inscritas fueron aceptadas en el programa de aseguramiento. Las principales razones del rechazo por la empresa fueron: (1) se encontraron densidades de población inferiores al mínimo definido en las normas; (2) se venció el periodo de cinco días hábiles entre el aviso de "aceptación de riesgo" por parte de la empresa, y el pago de la prima por parte del Banrural; (3) la empresa ofreció sin éxito a los productores, aceptar sus predios de baja densidad de población, si



ellos aceptaban pagar una prima 50% mayor a la convenida previamente; (4) los productores rechazaron el seguro cuando el inspector se presentó por primera vez, estando el cultivo en etapa de "elote" o bien estando ya "doblado", y (5) atraso en la fecha de siembra.

Resultó infructuoso, a plazo corto, tratar de convencer a los funcionarios directivos estatales de Agroasemex, de que el límite mínimo de densidad de población, (35 mil plantas  $ha^{-1}$ ), era impropio, ya que aun con 20 mil plantas  $ha^{-1}$ , una parcela bien fertilizada y protegida podría fácilmente rendir 2.5 t  $ha^{-1}$ , en ausencia de sequía, valor casi tres veces superior al límite superior de rendimiento (0.9 t  $ha^{-1}$ ), y de indemnización. De ocurrir la sequía, de poco ayudaría al rendimiento la mayor densidad de población. Con este argumento, la decisión de rechazo sólo podría tomarse después de juzgar a las calidades de los tratamientos de fertilización y de protección.

Como resultado de la impropia regla de decisión citada, el Banrural suspendió temporalmente la segunda ministración de insumos, añadiendo mayor apremio a la de por sí, lenta ministración del crédito.

La participación del Firco en el subsidio a la asesoría agronómica del PRONAMAT, se limitó a \$ 287 millones, de los \$ 2542 millones convenidos con el gobierno del estado. Parte de esta discrepancia se debió a que las normas del Firco les impidieron asignar el subsidio para predios que aun cumpliendo con el criterio de calidad agronómica, no se manejaron con el nivel de capital previsto por la tecnología del INIFAP. En tales condiciones quedaron 10 651 ha de productores que no dispusieron de crédito institucional, y 1904 ha de productores habilitados por el Pronasol.

Al sesgo motivado por la demanda de actividades adjetivas administrativas por parte de Banrural y de Agroasemex, en los meses de junio a agosto, hubo que añadir el mismo tipo de sesgo, ahora del Firco en los meses de septiembre a noviembre. Sólo cumpliendo estrictamente con las normas administrativas institucionales, podría el productor recibir el subsidio federal por el servicio de asesoría, y a su vez, cubrir los honorarios del AP.

A la demanda de actividades adjetivas, hubo que añadir dos factores más del detrimento del servicio de la asesoría profesional: (1) el pago de sus honorarios, de los que habrían de derivarse sus gastos de operación, fue en esencia inestable; y (2) el no disponer de vehículo propio, estando el servicio de transporte público subdesarrollado hacia el interior del MAP. Todos estos factores limitaron la presencia del AP en los predios, en detrimento de la calidad de su asesoría.

Lo hasta aquí referido en cuanto al crédito, seguro y subsidio a la asesoría, compete sólo al PEC. En contraste, las superficies atendidas con las clientelas tradicionales de la banca, la del Pronasol y las no acreditadas institucionalmente, no fueron factor de desbalance entre las actividades sustantivas y adjetivas de la asesoría, pero desafortunadamente, en la práctica fueron descartadas selectivamente por el Firco, del programa de subsidio al costo de la asesoría. En estos casos, tuvo el gobierno del estado que asumir también la fracción del costo de la asesoría, originalmente pactada con el gobierno federal.

#### Impacto sobre el Desempeño Técnico de los Productores

La precipitación observada en el mes de julio y en la primera quincena de agosto fue desusualmente baja, en la mayor del estado, pero particularmente en su región central. El daño por sequía a las siembras atrasadas de maíz fue particularmente severo en la región central del estado (Distritos de Desarrollo Veracruz y La Antigua). Las siembras realizadas en junio, y particularmente las hechas en suelos profundos, sufrieron daños mínimos por sequía. Paradójicamente, también se presentaron pérdidas de cosecha por inundación en las márgenes del río Tesechoacán, después de estar el cultivo "doblado" (mes de septiembre).

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos, las superficies atendidas y las densidades de población observadas en promedio, en seis grupos de financiamiento de productores, tratados con la estrategia PRONAMAT. El rendimiento promedio asociado con la estrategia PRONAMAT fue de 2.95 t  $ha^{-1}$ , con una densidad de población a la cosecha, de 34 649 plantas  $ha^{-1}$ . El rendimiento más alto



**Cuadro 1. Superficies, densidades de población y rendimientos asociados con seis grupos de financiamiento PRONAMAT y el grupo testigo.**

Grupos financiados	Superficie atendida		Densidad de población	Rendimiento promedio
	total	por productor		
	- - - - ha - - - -		plantas ha <sup>-1</sup>	ton ha <sup>-1</sup>
PEC <sup>1</sup>	8568	3.27	35,100	2.93
Banrural	1573	3.74	32,740	2.94
Banamex	1236	13.08	36,950	3.80
Pronasol	335	2.00	36,120	3.30
INI <sup>2</sup>	1569	3.04	36,510	3.38
NAI <sup>3</sup>	10651	2.60	33,850	2.74
Subtotal PRONAMAT	23962	3.48	34,649	2.95
Testigo <sup>4</sup>		1.75	31,680	2.23

1 Programa especial de crédito, ministrado por el Banrural. Los demás grupos de financiamiento: Banrural, Banamex, Pronasol, INI, y NAI, fueron también tratados con la estrategia PRONAMAT.

2 Instituto Nacional Indigenista.

3 NAI significa no acreditados institucionalmente.

4 Como testigo se incluyó a los productores no atendidos con la estrategia PRONAMAT, que manejaron tierras ubicadas en las provincias agronómicas de muy buena y de buena productividad.

por grupo de financiamiento correspondió al grupo del Banamex, que promedió 3.80 t ha<sup>-1</sup>, valor cercano al objetivo de 4 t ha<sup>-1</sup>. La densidad de población asociada, 36 950 plantas ha<sup>-1</sup> fue también la más alta observada; los predios promediaron 13.08 ha de superficie. El segundo lugar corresponde al grupo Pronasol-INI, el tercero a los grupos del Banrural (clientela normal y PEC). Los productores también atendidos con la estrategia PRONAMAT, pero que no fueron acreditados institucionalmente, NAI, promediaron el rendimiento de 2.74 t ha<sup>-1</sup>, en tanto que los productores externos al PRONAMAT (testigos), promediaron 2.23 t ha<sup>-1</sup>.

El rendimiento promedio logrado con la estrategia PRONAMAT, equivalió a 74% del rendimiento meta de 4 t ha<sup>-1</sup>. En otra ponencia, los autores de este artículo analizan la calidad de la tecnología recomendada por el INIFAP, como factor de aquel rendimiento. Las conclusiones de este estudio son que, la variación observada en los rendimientos medios de los grupos de financiamiento, es explicada en alto grado por las desviaciones en el uso de la tecnología recomendada, y por el efecto de la sequía (Turrent *et al.*, 1994b). Las

desviaciones tecnológicas son en torno a: (1) la oportunidad y suficiencia en la fertilización, (2) la fecha de siembra, (3) la densidad de población, (4) el material genético con el que se sembró y (5) la protección contra insectos y malezas.

En el Cuadro 2 se presentan las frecuencias absolutas y relativas de cinco grupos de financiamiento del crédito, en relación con cuatro grupos de predios, según la oportunidad y la suficiencia con que fueron fertilizados. Tales grupos son: (1) inoportuno e insuficiente, I-I, (2) inoportuno y suficiente, I-S, (3) oportuno e insuficiente, O-I, y (4) oportuno y suficiente, O-S. Los autores de este artículo a portan evidencia, en el primer artículo de esta serie, sobre la pertinencia de este tipo de agrupación, como factores del rendimiento medio. Se encontró que el efecto promedio de la oportunidad en la fertilización fue de 0.6 t ha<sup>-1</sup> y que la interacción entre la oportunidad y la suficiencia en la fertilización fue de casi +0.7 t ha<sup>-1</sup>, indicando con esto que cuando la aplicación fue oportuna, la fertilización insuficiente se asoció con rendimientos 0.7 t ha<sup>-1</sup> menores que cuando se fertilizó suficientemente (Turrent *et al.*, 1994b).



**Cuadro 2. Frecuencias absolutas y relativas de predios de cinco grupos de financiamiento, en relación con cuatro categorías según la oportunidad y la suficiencia en la fertilización, en el ciclo primavera-verano de 1991.**

Grupos de financiamiento	Frecuencias absolutas y relativas de 4 tratamientos <sup>1</sup>			
	Inoportuno e insuficiente I-I	Inoportuno y suficiente I-S	Oportuno e insuficiente O-I	Oportuno y suficiente O-S
<b>PEC<sup>2</sup></b>				
Absoluto	9	33	61	157
Relativo, %	3.5	12.7	23.4	60.4
<b>Banrural</b>				
Absoluto	1	1	7	7
Relativo, %	6.3	6.3	43.8	43.8
<b>Banamex</b>				
Absoluto	0	0	0	9
Relativo, %	0	0	0	100
<b>Pronasol-INI</b>				
Absoluto	0	1	10	15
Relativo, %	0	3.8	38.5	57.7
<b>NAI<sup>3</sup></b>				
Absoluto	23	1	23	27
Relativo, %	31.1	1.4	31.1	36.5
<b>Subtotales</b>				
Absoluto	27	35	103	200
Relativo, %	7.4	9.6	28.3	54.8

1 Se consideró como oportuna a la fertilización cuando simultáneamente, las aplicaciones de fósforo y de potasio se realizaron a más tardar en la 1a. labor de cultivo y la de nitrógeno a más tardar a los 45 días después de la siembra. Lo demás se consideró inoportuno. Como parteaguas entre la suficiencia e insuficiencia en la fertilización se seleccionó al tratamiento 80-30-0.

2 PEC significa programa especial de crédito.

3 NAI significa que no fueron acreditados institucionalmente. Esto involucra a los productores que se autofinanciaron y a los que recibieron crédito de origen local.

La frecuencia en que los productores de una fuente de crédito quedaron ubicados en cada uno de los cuatro grupos, según la oportunidad y a la suficiencia en la fertilización, es una medida de la calidad del crédito, por lo menos en cuanto a la oportunidad en su ministración. Lo ideal sería que todos los predios habilitados por una fuente financiera dada, se ubicaran en el grupo O-S, es decir, que hubieran sido fertilizados oportuna y suficientemente. No sería consistente con un buen servicio de

crédito proporcionado por la banca, el nivel insuficiente de crédito. En cambio, en los casos de los grupos de Pronasol y los NAI, si sería de esperarse, por definición o bien como regla, la insuficiencia en el nivel de capital disponible, y por lo tanto, insuficiencia en la fertilización. El segundo lugar en cuanto a la calidad del crédito, correspondería al grupo O-I, es decir, fertilización oportuna aunque insuficiente, sin demérito de calidad, en los casos de Pronasol y NAI, pero con demérito para ambas bancas, Banrural y



Banamex. Los casos I-I y I-S, son obviamente de demérito para todos los grupos. La categoría I-S sería particularmente "infame", en términos de su eficiencia económica, por razones obvias.

Se aprecia en el Cuadro 2 que el grupo de Banamex manejó sin tacha su fertilización, lo que explica el alto rendimiento promedio de sus clientes (Cuadro 1). Después de corregir por concepto de los predios en los que los productores hubieron de adquirir con recursos propios su segunda dotación de fertilizante, según se detalla previamente en este artículo, resulta que el PEC sólo tuvo 42 % de sus predios en la categoría O-S, en vez de 60.4 %. Este desempeño del Banrural es similar al logrado con su clientela tradicional, 43.8 %. En el grupo "infame" I-S, se ubicó 12.7 % de los predios del PEC. De los productores clientes tradicionales del Banrural, 6.3 % también se ubicó en el grupo "infame".

Resulta sobresaliente el desempeño de los productores habilitados por el Pronasol con crédito limitado (\$ 300 mil ha<sup>-1</sup>); 57.7 % de ellos estuvo en el grupo O-S, y 38.5 % en el grupo O-I; en suma, 96.2 % de los productores habilitados por el Pronasol funcionó eficientemente, bajo la estrategia PRONAMAT. Evidentemente, aunque limitado, el crédito del Pronasol actuó como "detonador de inversión", en más de la mitad de los productores atendidos con la estrategia PRONAMAT, para que aplicara la tecnología recomendada.

También resulta sobresaliente el desempeño del grupo no acreditado institucionalmente, NAI, ya que 36.5 % de sus predios se ubicó en el grupo O-S, y 31.1 % en el grupo O-I; en total, y dentro de sus restricciones, 67.6 % de sus predios fue bien fertilizado.

En suma, el orden de la eficiencia crediticia para afectar la calidad de la fertilización del cultivo del maíz bajo la estrategia PRONAMAT fue: Banamex > Pronasol > NAI (crédito local) > Banrural.

En el Cuadro 3 se muestran algunas variables del desempeño tecnológico de los grupos NAI y testigo. Las comparaciones de este cuadro surgieron un claro impacto de la estrategia PRONAMAT sobre el desempeño tecnológico de los productores, aun con la ausencia del crédito institucional: (1) se triplicó la frecuencia de predios fertilizados oportuna y suficientemente, a expensas del

grupos I-I; (2) la dosis total de fertilizante se aumentó en 63 %, y se mejoró la relación N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, al pasar de 6.1:1 en el testigo, a 2.1:1 en PRONAMAT NAI, y (3) se aumentó en 74 % el uso de variedades mejoradas. Con esto se explica el incremento de 0.5 t ha<sup>-1</sup> en el rendimiento promedio observado en el grupo NAI, respecto al testigo (Cuadro 1).

En la Figura 1 se muestran las FRA de cuatro grupos de predios, según once categorías de la densidad de población. Esta información es pertinente al argumento de que el límite en la densidad de población invocado por la empresa Agroasemex como criterio de rechazo, fue impropio. Según se aprecia en dicha figura, las funciones de las FRA según la densidad de población, para los grupos de rendimiento: < 2 t ha<sup>-1</sup> y 2.01 a 3 t ha<sup>-1</sup>, son prácticamente la misma. En cambio, los grupos de rendimiento: 3.01 a 4 t ha<sup>-1</sup> y > 4 t ha<sup>-1</sup>, muestran clara diferenciación en cuanto a su dependencia de la densidad de población.

Como se advierte previamente, la empresa habría de indemnizar a los productores, solamente si los rendimientos fueran inferiores a 0.9 t ha<sup>-1</sup>. La evidencia sugiere que aun si el límite máximo de indemnización fuera 3 t ha<sup>-1</sup>, la densidad de población observada, (ámbito de 20 mil a 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>), no fue factor necesario para permanecer en un grupo de rendimiento, porque los demás factores (tratamientos de fertilización y de protección) actuaron como sustitutos técnicos de la densidad de población (Heady, 1952). Aquí habrá de recordar que el seguro protege a la inversión y no a la ganancia.

En el Cuadro 4 se presenta información pertinente a la asociación entre la calidad de la asesoría profesional a juicio del productor y el desempeño técnico de los productores. El grupo de "buena asesoría profesional" reúne a los casos calificados por el productor como de asesoría "excelente" o "muy buena". El de "mala asesoría profesional" reúne a las categorías de "regular, mala y muy mala". Estas comparaciones se hacen exclusivamente para los productores que fertilizaron oportuna y suficientemente, separándose a la vez a los que sembraron después del 30 de junio, de los que sembraron antes de esa fecha. Se aprecia que sólo 95 de los 204 productores (47%) calificaron el servicio de asesoría como "excelente o muy bueno" (buena asesoría). El examen de los rendimientos



Cuadro 3. Comportamiento tecnológico del grupo de productores del PRONAMAT que no recibió crédito institucional, y del grupo testigo, en relación con cuatro agrupaciones según la oportunidad y la suficiencia en el uso de fertilizante.

Grupo y concepto	Comportamiento de cuatro grupos por fertilización <sup>1</sup>				Subtotales
	I-I	I-S	O-I	O-S	
<b>PRONAMAT NAI<sup>2</sup></b>					
a. Número absoluto	23	1	23	27	74
b. Número relativo, %	31	1	31	37	100
c. Dosis en kg/ha de:					
N	30	161	78	117	79
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6	46	31	69	37
d. Uso de VM <sup>3</sup> , %	52	100	57	71	61
e. Uso de fertilizante:					
ni N ni P, %	65	0	0	0	20
sin P, %	91	0	35	0	39
<b>Testigo</b>					
a. Número absoluto	21	0	20	5	46
b. Número relativo, %	46	0	44	10	100
c. Dosis en kg/ha de:					
N	15	-	95	120	61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	-	7	65	10
d. Uso de VM, %	19	-	45	60	35
e. Uso de fertilizante:					
ni N ni P	95	-	0	0	44
sin P	100	-	83	0	82

1 I-I significa fertilización inoportuna e insuficiente; I-S significa inoportuna y suficiente; O-I oportuna e insuficiente, y O-S significa oportuna y suficiente.

2 PRONAMAT NAI significa no acreditado institucionalmente, pero atendido con la estrategia PRONAMAT. Testigo es el grupo de productores no atendidos con la estrategia PRONAMAT, en tierras que cumplen el requisito de calidad que demanda el PRONAMAT.

3 VM significa variedad mejorada, tanto con semilla certificada, como con semilla cosechada en el mismo predio.

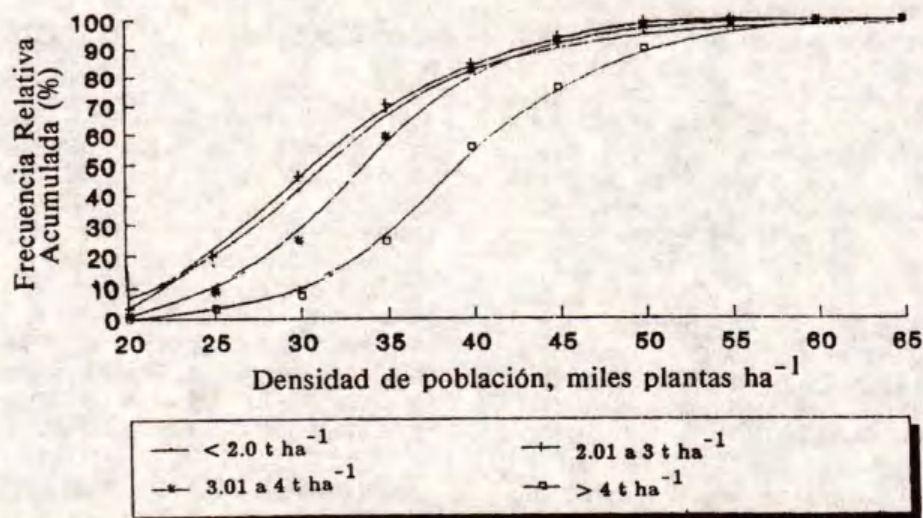


Figura 1. Funciones de las frecuencias relativas acumuladas de cuatro grupos de producción de maíz atendidos con la estrategia PRONAMAT. Ciclo PV 91-91.



**Cuadro 4. Desempeño agronómico de cuatro grupos de productores, según el período de siembra y la calidad del servicio de asesoría profesional a juicio de los productores atendidos. Ciclo PV 91-91. PRONAMAT Veracruz.**

Concepto	Desempeño agronómico de cuatro grupos <sup>1</sup>				Subtotales
	Siembra tardía		Siembra temprana		
	+buena AP <sup>2</sup>	+mala AP	+buena AP	+mala AP	
Número de observaciones					
a. absoluto	44	47	51	62	204
b. relativo, %	22	23	25	30	100
Rendimiento, t ha <sup>-1</sup>					
a. promedio	3.33	2.78	3.50	3.06	
b. valor mínimo	0.44	0.14	0.33	0	
c. valor máximo	6.03	5.01	5.42	6.26	
Densidad de Población, plantas ha <sup>-1</sup>					
a. promedio	39,250	37,010	36,080	32,460	
b. valor mínimo	21,000	18,000	19,000	19,000	
c. valor máximo	59,000	58,000	47,000	53,700	

1 Los cuatro grupos de productores fertilizaron oportuna y suficientemente. Los dos grupos que sembraron después del 30 de junio se identifican como de siembra tardía, y los que sembraron antes del 30 de junio, se identifican como de siembra temprana.

2 AP significa asesoría profesional.

medios y de las densidades de población, muestra consistencia con el juicio promedio de los productores. Los productores que calificaron al servicio de asesoría como buena, obtuvieron en promedio mayores rendimientos y densidad de población que aquellos que lo calificaron como malo. La pérdida en el rendimiento promedio al comparar la buena y la mala asesoría fue cercana a media tonelada por hectárea. Se aprecia también, que el juicio de los productores se apoyó en más factores que en el rendimiento y en la densidad de población lograda. Tal sería así porque en el grupo de buena asesoría hubo rendimientos mínimos de 0.44 y 0.33 t ha<sup>-1</sup>, y densidades de población de 21 mil y 19 mil plantas ha<sup>-1</sup>, mientras que en el grupo de mala asesoría, hubo rendimientos máximos de 5.01 y de 6.26 t ha<sup>-1</sup>, y densidades máximas de población de 58 mil y de 53.7 mil plantas ha<sup>-1</sup>. Es razonable suponer que el juicio se apoyó también en la frecuencia con la que el asesor visitó al productor y al predio. Como se explicó previamente, las actividades sustantivas de la asesoría estuvieron supeditadas a las actividades adjetivas, debido a las demandas admi-

nistrativas de las instituciones Banrural, Firco y Agroasemex.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las normas en las que se basó la operación del Banrural, Agroasemex y Firco, respecto a la aplicación de la estrategia PRONAMAT en el estado de Veracruz en 1991, demandaron casi las 2/3 del tiempo útil de los asesores profesionales, en detrimento de la calidad del servicio de asesoría y de los rendimientos de maíz. Una forma de reducir la carga burocrática para el usuario, sin afectar las normas de las tres instituciones, sería su coordinación, otorgando validez común al cumplimiento de los trámites comunes. Un paso adicional sería el de su simplificación.

El orden de eficiencia crediticia para mejorar la calidad de la fertilización del cultivo del maíz, con la estrategia PRONAMAT, fue: Banamex > Pronasol > prestamistas locales > Banrural. La pesada



carga burocrática del conjunto de instituciones Banrural-Agroasemex-Firco, actuó más como precursor de "cartera vencida", al conllevar inoportunidad en sus servicios, que como su guardián.

En ausencia de crédito institucional, la aplicación de la estrategia PRONAMAT se asoció con una clara mejoría en el desempeño agronómico de los productores de maíz, que a su vez se asoció con el aumento de  $0.5 \text{ t ha}^{-1}$ , en el rendimiento.

El servicio de asesoría profesional proporcionado con la estrategia PRONAMAT en el programa especial de crédito, PEC, fue calificado como "excelente" o "muy bueno" por sólo el 47 % de los productores atendidos. En el referido programa, el Banrural proporcionó el crédito, bajo el aval del gobierno del estado de Veracruz. La diferencia en la calidad de la asesoría, de acuerdo con el juicio de los productores, se asoció con una merma en el rendimiento de casi  $0.5 \text{ t ha}^{-1}$ .

Se encontró evidencia de que la norma de densidad de población usada por Agroasemex como criterio de rechazo de solicitudes de seguro, fue impropia, al menos en su aplicación en el PEC, en el que la cobertura

podía ser cubierta con un rendimiento de  $0.9 \text{ t ha}^{-1}$ . Se encontraron evidencias de que los factores fertilización y protección contra plagas, actuaron como sustitutos técnicos de la densidad de población hasta rendimientos de  $3 \text{ t ha}^{-1}$ , dentro del ámbito de las densidades observadas: 20 mil a 60 mil plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

## LITERATURA CITADA

- HEADY, E.O. 1952. Economics of agricultural production and resource use. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- TURRENT F., A., J.L. AGUILAR A., J.L. ZUÑIGA G., V.A. ESQUEDA E., y J. VILLANUEVA B. 1991. Manual de diagnóstico-recomendación para el cultivo de maíz en el estado de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigaciones Regionales del Golfo Centro. Veracruz, Veracruz.
- TURRENT F., A., G. ESPINOSA S., R. MORENO D. y C. TURRENT F. 1992. La asesoría agronómica moderna para maíz. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero del Gobierno del Estado de Veracruz. Jalapa de Enríquez, Veracruz.
- TURRENT F., A., I.J. GONZALEZ A., R. AVELDAÑO S. y M. ORTIZ V. 1994a. El sistema PRONAMAT de diagnóstico-recomendación para el cultivo de maíz. I. El subsistema cartográfico. Terra 12: (en prensa).
- TURRENT F., A., J.L. ZUÑIGA G., y J. RUIZ R. 1994b. Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz del estado de Veracruz. I. Análisis de la calidad de la tecnología recomendada. Terra 12: (en prensa).



**TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA CON LA ESTRATEGIA PRONAMAT A PRODUCTORES DE MAIZ DENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ: III. ANALISIS DE LA EFICIENCIA ECONOMICA**

Transferring Maize Production Technology Using the PRONAMAT Strategy to Small Farmers of Veracruz. III. Analysis of Economic Efficiency

A. Turrent Fernández<sup>1</sup>, J.L. Zúñiga González<sup>2</sup> y J. Ruiz Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México, CIRCEN, INIFAP, Chapingo, México

<sup>2</sup>Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC, INIFAP, Veracruz, Veracruz.

*Palabras clave:* Transferencia de tecnología para maíz, Estrategia PRONAMAT, Costo por tonelada, Competitividad económica, Componentes del costo de producción.

*Index words:* Transferring maize technology to small farmers,; PRONAMAT strategy, Cost per ton of maize, Economic competitiveness, Components of production costs of maize.

**RESUMEN**

En una serie de cuatro artículos, los autores analizamos el desempeño técnico de los productores de maíz del estado de Veracruz, dentro de un programa de incrementos en la producción bajo la estrategia PRONAMAT. Se atendió a 6886 productores que manejaron 23 962 ha de maíz, en el ciclo primavera-verano de 1991 (ciclo PV 91-91). Los productores recibieron financiamiento del Banrural, de Banamex, del Pronasol, y de prestamistas locales. Como producto de la variable oportunidad en la ministración y en el monto del crédito recibido, los productores aplicaron la tecnología recomendada con diferentes grados de desviación. Esto condujo a diferencias acusadas en el desempeño económico logrado. Se evaluó el desempeño económico a través del costo por hectárea y por tonelada cosechada,

del ingreso neto y de la relación beneficio/costo. Se calcularon estos estimadores para cada uno de 357 predios de una muestra al azar. Se obtuvieron las frecuencias relativas acumuladas de los mismos estimadores. También se evaluó la competitividad de producción de maíz, dada la situación hipotética de que el mercado de grano de maíz estuviera ya desregulado en 1991. Se encontró que, en la medida en que los productores pudieron aplicar la tecnología recomendada con mayor fidelidad, se redujeron los costos de producción por tonelada, se incrementó su ingreso neto y se mejoró la relación beneficio/costo. Los productores que aplicaron la tecnología recomendada obtuvieron (1) ingresos netos iguales o mayores a \$ 0.5 millones ha<sup>-1</sup> en el 54.3 % de los casos, (2) relaciones beneficio/costo iguales o mayores a 1.20 en el 65.2 % de los casos, y costos de producción de maíz iguales o menores a \$ 0.5 millones t<sup>-1</sup> en el 56.5 % de los casos. Aunque el producir maíz fue rentable, dadas las relaciones de precios actuales, la rentabilidad estuvo limitada por el alto costo de la cosecha manual, y por la magnitud de los rendimientos logrados.

**SUMMARY**

Costs per hectare and per ton of corn, net income per hectare and cost:benefit ratio were computed for 357 farm units that were managed using the PRONAMAT strategy for

Recibido 5-93.



increasing maize yields, in the State of Veracruz in the Summer of 1991. A cost equation that considered fertilizer treatment, type of seed, and harvest costs as variable costs, and other costs as fixed, was applied at the farm level. As expected, economic performance varied widely, in response to differences in the amount and timing of loans provided to farmers by four sources of credit: (1) the National Bank of Rural Credit, Banrural, (2) the National Bank of Mexico, Banamex, (3) the National Solidarity Program, Pronasol, and (4) private, local lenders. It was found that farmers who were able to follow closely the recommended maize technology in response to better quality credit, had a better economic performance than those receiving poor quality credit. Cumulative relative frequencies of the estimators of economic performance showed the following results for farmers that applied the recommended maize technology: (a) 65.1 percent had maize yields higher than 3.5 tons per hectare, (b) 54.3 percent had net incomes higher than \$ 0.5 million per hectare, and (c) 65.2 percent had cost benefit ratios higher than 1.2. Profitability was limited by high harvest costs, and by low yields due to drought.

## INTRODUCCION

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SARH, patrocina desde 1990 a su Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología, PRONAMAT, también conocido como PROMAP. Se persigue el incremento rentable de la producción de este alimento básico, en 2.5 millones de hectáreas de las mejores tierras ya dedicadas a este grano en el país. El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, INIFAP, proporcionó parte de las bases objetivas de aquel programa, a través de su esfuerzo de investigación de corte nacional realizado entre 1987 y 1990, en el PRONAMAT Científico. Estas investigaciones sugieren que es rentable aumentar la producción de maíz en más de 4.5 millones de toneladas anuales, en casi 2.8 millones de hectáreas de tierras ya cultivadas con maíz bajo riego (959 mil ha) y bajo temporal benigno (917 mil ha en la provincia agronómica de maíz, PAM, de muy buena productividad y 915 mil ha en la PAM de buena Productividad). El requisito sería la transferencia de la tecnología ya disponible.

Los rendimientos promedio nacionales en esas tierras serían de 6 t ha<sup>-1</sup> con riego y de 4 t ha<sup>-1</sup> en temporal (Turrent *et al.*, 1992).

En 1991 se realizó un programa derivado del PRONAMAT, en 23 962 ha de las mejores tierras maiceras de Veracruz, que no logró alcanzar la meta de rendimiento de 4 t ha<sup>-1</sup>, debido a restricciones institucionales y climatológicas extraordinarias. Las mermas en el rendimiento se debieron a la imperfecta transferencia de tecnología a los productores de maíz y a la sequía. El rendimiento promedio fue de 2.95 t ha<sup>-1</sup>, el cual fluctuó desde 3.80 t ha<sup>-1</sup> para los productores acreditados por Banamex hasta 2.73 t ha<sup>-1</sup>, en el caso de los productores autofinanciados o acreditados por prestamistas locales. El desempeño de este programa en términos tecnológicos e institucionales, es analizado en dos artículos previos (Turrent *et al.*, 1994a y 1994b). En el presente artículo se examina el desempeño financiero de los productores participantes del PRONAMAT Veracruz, en el ciclo de cultivo PV 91-91. Se aplican criterios de rentabilidad para las condiciones actuales de estímulo a la producción, como las que habrán de prevalecer con las nuevas reglas de globalización del mercado, derivadas del Tratado Trilateral de Libre Comercio.

## MATERIALES Y METODOS

Se estimaron, al nivel de cada predio, los siguientes parámetros del comportamiento financiero: (1) el costo total por hectárea, C; (2) el ingreso neto por hectárea, I; (3) el costo total por tonelada de maíz, T, y (4) la relación beneficio/costo, R. En el Cuadro 1 se muestran las bases de la estimación de los costos de producción. Se manejan como factores variables entre predios, a los tratamientos de fertilizante (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), al tipo de semilla sembrada y a la operación de cosecha-acarreo-desgranado. Se reconoce como una limitación de este ejercicio el haber excluido de los costos variables a otros factores, también típicamente variables entre predios, que fueron considerados como costos fijos. Ejemplo de tales factores sería la inversión en protección contra insectos y malezas. Tal simplificación fue forzada por limitaciones en la disponibilidad de información.



Cuadro 1. Costos considerados como fijos y variables en la producción de maíz, en el PRONAMAT Veracruz, ciclo primavera-verano de 1991.

Concepto	Costo	Período	Interés <sup>1</sup>	Subtotales
	\$ millones ha <sup>-1</sup>	meses	- - \$ millones ha <sup>-1</sup>	- -
1. Costos fijos	0.690		0.05327	0.74327
1.1. Labranza	0.360		0.03373	0.39373
a. Primaria	0.300	8	0.03004	0.33004
b. Secundaria	0.060	5	0.00369	0.06369
1.2. Mano de obra <sup>2</sup>	0.240		0.01401	0.25401
a. Siembra	0.060	6	0.00445	0.06445
b. Fertilización	0.040	5	0.00246	0.04246
c. Herbicida	0.040	5	0.00246	0.04246
d. Insecticida	0.040	5	0.00246	0.04246
e. Doble	0.060	3	0.00219	0.06219
1.3. Insumos	0.090		0.00553	0.09553
a. Insecticida	0.045	5	0.00277	0.04277
b. Herbicida	0.045	5	0.00277	0.04277
2. Costos variables				
2.1. Semilla				
a. Criolla	0.020	7		
b. VMPL <sup>3</sup>	0.125	7		
c. Híbrido	0.175	7		
2.2. Fertilizante <sup>4</sup>				
a. Nitrógeno, kg ha <sup>-1</sup>	0.001213	8		
b. Fósforo, kg ha <sup>-1</sup>	0.001370	8		
c. Potasio, kg ha <sup>-1</sup>	0.001478	8		
2.3. Cosecha-acarreo -desgranado <sup>5</sup> .	0.206 + 0.179 (Y - 1) - 0.0045 (Y - 1) <sup>2</sup>			

1 Se calculó a partir de una tasa anual de 15 %, equivalente a 1.2 % mensual.

2 En este concepto sólo se incluye lo anterior a la cosecha.

3 VMPL significa variedad mejorada de polinización libre.

4 Se enlistan los costos por unidad de nutrimento, en la parcela.

5 Ecuación empírica cortesía del MC Sergio Uribe Gómez, Brigada de investigación de los Tuxtla. INIFAP.

A continuación se incluyen las expresiones usadas en la estimación de los parámetros del análisis financiero:

$$C = 0.74327 + 1.0871 S_j + 1.1001 (0.001213 N + 0.00137 P + 0.001478 K) + 0.206 + 0.179 (Y - 1) - 0.0045 (Y - 1)^2 \quad (1)$$

donde:

C es el costo por hectárea, en \$ millones.  
0.74327 es el costo fijo en \$ millones ha, según el Cuadro 1.  
1.0871 es el factor del interés compuesto de 7 meses, (15% anual).

$S_j$  es el costo de la semilla usada en el predio, en \$ millones ha<sup>-1</sup>.

1.1001 es el factor del interés compuesto de 8 meses (15% anual).

0.001213 es el costo en \$ millones de un kg de N.

0.001370 es el costo en \$ millones de un kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

0.001478 es el costo en \$ millones de un kg de K<sub>2</sub>O.

0.206 + 0.179 (Y - 1) - 0.0045 (Y - 1)<sup>2</sup> es una ecuación empírica cuadrática que estima el costo total, en \$ millones ha<sup>-1</sup>, por concepto de cosecha, acarreo y desgranado, de Y t de maíz ha<sup>-1</sup>.

N es la unidad de nitrógeno, en kg ha<sup>-1</sup>.



P es la unidad de fósforo, en kg de  $P_2O_5$   
 $ha^{-1}$ .  
 K es la unidad de potasio, en kg de  $K_2O$   
 $ha^{-1}$ .

$$I = Z \times Y - C \quad (2)$$

donde:

I es el ingreso neto en \$ millones  $ha^{-1}$ .  
 Z es el precio de venta observado del grano de maíz. Este precio fue de \$ 0.7 millones  $t^{-1}$  en la región centro-sur de Veracruz, en el periodo de diciembre de 1991 al 15 de enero de 1992; en la región norte del estado el precio medio de venta fue \$ 0.6 millones  $t^{-1}$ , en el mismo periodo.

$$T = C / Y \quad (3)$$

donde:

T es el costo de producción de una tonelada de grano de maíz, en \$ millones.

$$R = Z \times Y / C \quad (4)$$

donde:

R es la relación beneficio/costo.

Se calcularon los parámetros C, I, T, y R para cada uno de 357 predios incluidos en la base de datos PRONAMAT. Se obtuvieron las frecuencias relativas acumuladas, FRA, de los mismos parámetros, según categorías arbitrarias específicas. Como se explica en las dos publicaciones previas de esta serie, la citada base de datos incluye toda la variación de PRONAMAT en cuanto a la tecnología usada: desde los que fertilizaron inoportuna e insuficientemente, y sembraron después del 30 de junio, hasta los que fertilizaron oportuna y suficientemente, y sembraron antes del 30 de junio. Hay también varianza en cuanto al uso de variedades de maíz, a la densidad de población, a su protección contra insectos y malezas, y por la intensidad de la sequía sufrida.

Para cotejar la hipótesis del avance en rentabilidad del cultivo del maíz, asociado con el uso apropiado de la tecnología recomendada, se separaron los siguientes grupos y subgrupos de avance tecnológico, a partir de la base de datos de 357 predios: "todos", 222, 222(V530), y 222(SSV530). El subgrupo 222 es la fracción del total que

cumple con los requisitos de haber sido fertilizado oportuna y suficientemente, y haber sido sembrado antes del 30 de junio. Se consideró como oportunos aquellos tratamientos en los que el P y el K fueron aplicados a más tardar durante la primera labor de cultivo, y el N a más tardar, a los 45 días después de la siembra. Se consideró como suficiente, aquella fertilización que rebasó simultáneamente en N y en P al tratamiento 80-30-0 (N- $P_2O_5$ - $K_2O$ ).

El subgrupo 222(V530) se extrajo del 222, y cumple, además con la restricción de haberse sembrado con la variedad V530. El subgrupo 222(SSV530) es la fracción del 222(V530) que no sufrió sequía.

Para evaluar el grado de competitividad del maíz producido dentro del PRONAMAT, se usó la escala arbitraria que se presenta en el Cuadro 2. En este ejercicio se supone que el mercado nacional de maíz estuviera ya desregulado en 1991, como lo prevé el Tratado de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá (SARH 1992). La suposición es que en tal caso, el maíz blanco se vendería en Veracruz a razón de \$ 0.550 millones  $t^{-1}$ . Los rendimientos de capital a los niveles mensual y anual, fueron calculados con la fórmula del interés compuesto, sobre la base simplista de que el ciclo de producción-venta del maíz es de ocho meses, en Veracruz.

Se calcularon los componentes del costo de producción por tonelada, para las fracciones labranza, mano de obra, insumos y cosecha-acarreo-desgranado. Se usó como base de

Cuadro 2. Escala arbitraria de competitividad del maíz producido en México, en relación con un supuesto mercado nacional ya desregulado en 1992.

Costo de producción de maíz \$ millones $t^{-1}$	Calificación por competitividad en el mercado nacional	Rendimiento del capital <sup>1</sup>	
		mensual	anual
Menor a 0.3	muy buena	> 7.9	> 149
0.30 a 0.40	buena	7.9 a 4.1	149 a 62
0.41 a 0.50	baja	3.8 a 1.4	56 a 18
Mayor a 0.5	no competitiva	< 1.4	< 18

<sup>1</sup> Bajo la suposición que el ciclo de producción-venta es de ocho meses: se inicia a mediados de mayo y concluye con la venta a mediados de enero.



**Cuadro 3. Frecuencias relativas acumuladas del rendimiento, de los costos de producción por hectárea y por tonelada, del ingreso neto y de la relación beneficio/costo, de 357 predios tratados con la estrategia PRONAMAT, en el ciclo primavera-verano de 1991, en el estado de Veracruz.**

Rendimiento de maíz		Costos por hectárea		Costos por tonelada	
Estratos	FRA	Estratos	FRA	Estratos	FRA
t ha <sup>-1</sup>	%	\$ millones	%	\$ millones	%
> a 0.2	98.74	> a 1.0	99.7	< a 1.4	88.9
> a 0.5	95.50	> a 1.1	99.7	< a 1.3	88.4
> a 1.0	88.00	> a 1.2	96.5	< a 1.2	87.6
> a 1.5	82.50	> a 1.3	87.8	< a 1.1	85.9
> a 2.0	75.90	> a 1.4	76.5	< a 1.0	85.1
> a 2.5	66.30	> a 1.5	62.7	< a 0.9	82.7
> a 3.0	52.70	> a 1.6	46.8	< a 0.8	80.5
> a 3.5	38.50	> a 1.7	34.1	< a 0.7	76.2
> a 4.0	23.20	> a 1.8	21.4	< a 0.6	66.5
> a 4.5	13.90	> a 1.9	13.2	< a 0.5	42.7
> a 5.0	5.70	> a 2.0	4.3	< a 0.4	5.4
> a 5.5	2.20	> a 2.2	0	< a 0.3	0
> a 6.0	1.00				
> a 6.5	0				
2.95	media <sup>1</sup>	1.59	media	0.76	media
1.27	s <sup>2</sup>	0.24	s	0.69	s

Ingreso neto		Relación beneficio/costo	
Estratos	FRA	Estratos	FRA
\$ millones ha <sup>-1</sup>	%		%
> -1.5	100.0	> 0.45	88.9
> -1.0	97.8	> 0.60	85.4
> -0.5	84.1	> 0.75	80.8
> 0	68.1	> 1.00	74.9
> +0.5	31.1	> 1.05	62.7
> +1.0	6.5	> 1.20	45.1
> +1.5	1.6	> 1.35	23.2
> +2.0	0.3	> 1.50	8.6
> +2.5	0	> 1.65	3.8
		> 1.80	1.9
		> 1.95	0.3
		> 2.10	0
0.19	media	1.08	media
0.60	s	0.39	s

1 media de la población, 357 predios.

2 s significa desviación estándar, para la misma población, 357 predios.

FRA = Frecuencia relativa acumulada.

cálculo el tratamiento medio de insumos, en cada grupo de predios en consideración. De la misma manera, se calculó el costo medio de cosecha, según el rendimiento promedio del grupo en consideración.

Se estimó el costo de la cosecha manual del maíz a partir del procedimiento tradicional de la región de Los Tuxtlas, que consiste en lo siguiente:

- (1) "doblar" las plantas por debajo de la mazorca, una vez alcanzada la madurez fisiológica.
- (2) "Pizar y quitar el totomoxtle" a mano.
- (3) Encostar las mazorcas y acarrearlas a "lomo de bestia".
- (4) Desgranar con desgranadora motorizada estática.



A los costos observados en la región de "Los Tuxtlas", Veracruz, se ajustó la ecuación empírica siguiente:

$$\text{Costo} = 0.206 + 0.179 (Y-1) - 0.0045 (Y-1)^2$$

donde:

Y representa el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$ .

El costo se expresa en \$ millones  $ha^{-1}$  y el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$ . Esta ecuación fue adoptada para estimar el costo de la cosecha manual, en el Estado de Veracruz.

### RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan las frecuencias relativas acumuladas, FRA, del rendimiento de 357 predios que representan al universo de predios atendidos con la estrategia PRONAMAT. Como se explicó previamente, se dio una sensible variación en cuanto a la disponibilidad y a la oportunidad en el acceso al capital para la adquisición de los insumos tecnológicos, según las diferentes

fuentes de crédito. Los dominios de variación de estos factores se asociaron con un amplio ámbito de la variación del rendimiento. El impacto en tal variación también se refleja en los estimadores de los parámetros del desempeño financiero.

Una manera de describir este desempeño financiero de manera global sería la siguiente: (1) 75.9% tuvo rendimientos mayores a  $2\ t\ ha^{-1}$ , (2) 76.5% tuvo costos mayores a \$ 1.4 millones  $ha^{-1}$ , (3) 76.2% tuvo costos menores a \$ 0.7 millones  $t^{-1}$ , (4) 68.1 % de los predios funcionó con un ingreso neto mayor a cero y (5) 74.9 % funcionó con relación beneficio/costo mayor a la unidad. En el otro extremo, 23.3% de los predios tuvo rendimientos superiores a  $4\ t\ ha^{-1}$ , el 31.1% tuvo ingresos netos superiores a \$ 0.5 millones  $ha^{-1}$ , y 23.2% obtuvo relaciones beneficio/costo mayores a 1.35.

En los Cuadros 4, 5, y 6, se muestra información pertinente al desempeño financiero de los predios atendidos con la estrategia PRONAMAT, dentro de un proceso de dos pasos hacia el uso cada vez más estricto

Cuadro 4. Frecuencias relativas acumuladas del rendimiento de maíz, de cuatro grupos atendidos con la estrategia PRONAMAT. Veracruz, Ciclo PV 91-91.

Estratos del rendimiento	Frecuencias relativas acumuladas de 4 grupos <sup>1</sup>			
	Todos	222	222(V530)	222(SSV530)
$t\ ha^{-1}$	----- % -----			
> 0.2	98.7	96.5	95.3	100.0
> 0.5	95.5	96.5	95.3	100.0
> 1.0	88.0	93.8	90.7	100.0
> 1.5	82.5	88.5	88.4	100.0
> 2.0	75.9	83.2	83.7	100.0
> 2.5	66.3	75.2	81.4	100.0
> 3.0	52.7	64.6	76.7	100.0
> 3.5	38.5	46.9	65.1	84.6
> 4.0	23.2	30.1	46.5	61.5
> 4.5	13.9	15.9	20.9	38.5
> 5.0	5.7	4.4	9.3	7.7
> 5.5	2.2	0.9	2.3	0
> 6.0	1.0	0	0	0
Rendimiento promedio	2.95	3.26	3.59	4.29
Número de predios	357	113	46	13

<sup>1</sup> "Todos" representa al total de predios atendidos con la estrategia PRONAMAT; 222 es el subgrupo que fue fertilizado oportuna y suficientemente, y sembrado antes del 30 de junio; 222(V530) además fue sembrado con la variedad recomendada, V530; 222SSV530) además de las restricciones anteriores, no sufrió sequía.



**Cuadro 5. Frecuencias relativas acumuladas del ingreso neto por hectárea, de cuatro grupos atendidos con la estrategia PRONAMAT. Veracruz, Ciclo primavera-verano de 1991.**

Estratos del ingreso neto	Frecuencias relativas acumuladas de 4 grupos			
	Todos <sup>1</sup>	222	222(V530)	222(SSV530)
\$ millones ha <sup>-1</sup>	----- % -----			
> -1.5	100.0	100.0	100.0	100.0
> -1.0	97.8	98.2	97.8	100.0
> -0.5	84.1	91.0	91.3	100.0
> 0	68.1	75.7	84.8	100.0
> +0.5	31.1	36.9	54.3	69.2
> +1.0	6.5	7.2	13.0	7.7
> +1.5	1.6	3.6	6.5	0
> +2.0	0.3	0	0	0
IN medio <sup>2</sup>	0.19	0.30	0.45	0.66

1 Como se explicó previamente,

2 Ingreso neto medio, en \$ millones ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 6. Frecuencias relativas acumuladas de la relación beneficio/costo, de cuatro grupos de predios atendidos con la estrategia PRONAMAT. Ciclo primavera-verano de 1991.**

Estratos de la relación B/C <sup>2</sup>	Frecuencias relativas acumuladas de 4 grupos			
	Todos <sup>1</sup>	222	222(V530)	222(SSV530)
	----- % -----			
> 0.45	88.9	98.2	93.5	100.0
> 0.60	85.4	95.5	91.3	100.0
> 0.75	80.8	90.1	87.0	100.0
> 0.90	74.9	84.7	84.8	100.0
> 1.05	62.7	76.6	78.3	100.0
> 1.20	45.1	65.8	65.2	84.6
> 1.35	23.2	47.7	34.8	46.2
> 1.50	8.6	30.6	13.0	7.7
> 1.65	3.8	16.2	6.5	0
> 1.80	1.9	4.5	4.3	0
Relación B/C(8 meses)	1.08	1.14	1.21	1.33
Relación B/C anual <sup>3</sup>	1.12	1.21	1.34	1.53

1 Todos significa el total de predios atendidos con la estrategia PRONAMAT, (357 predios).

2 B/C significa relación beneficio/costo sobre un período de 8 meses.

3 Expresada sobre la base de 12 meses. La relación B/C ha de considerarse "por arriba de la inflación", ya que en su cálculo se incluye el concepto costo financiero del capital.



de la tecnología recomendada. Tal proceso es equivalente al de discriminar contra las malas operaciones de crédito, por su insuficiencia y por su inoportunidad. Tal sería el caso de aquellas operaciones crediticias del Banrural en las que no se logró dar a tiempo una segunda ministración. También se discriminaría contra aquellos casos de crédito Pronasol, o de productores no acreditados institucionalmente, que funcionaron con capital insuficiente. En otro artículo de esta serie, se evalúa el funcionamiento de las instituciones involucradas en el PRONAMAT (Turrent *et al.*, 1994b).

En el Cuadro 4 se aprecia que sólo en 113 predios de 357 (32%) se fertilizó oportuna y suficientemente, y se sembró temprano, (subgrupo 222); sólo hubo 46 predios (12.9%) en los que además de cumplir con el requisito de fertilización y de fecha de siembra, se usó la variedad recomendada y se realizó un control adecuado de malezas e insectos (subgrupo 222V530). Finalmente, solamente en 13 predios de 357 (3.6%) además de cumplirse con los requisitos mencionados, no hubo daño por sequía.

En el Cuadro 4 se aprecia el avance asociado con los pasos hacia el uso más estricto de la tecnología recomendada, en términos del rendimiento: la fracción de predios que rindió más de  $3.5 \text{ t ha}^{-1}$  pasó de 38.5% en el grupo "todos" a 46.9% en el grupo 222, (es decir, el grupo que fertilizó bien y sembró a tiempo), y a 65.1% cuando además se usó la variedad de maíz recomendada. Cuando no hubo daño por sequía, la misma fracción alcanzó el valor de 84.6%. El avance en términos del rendimiento medio fue de  $2.95 \text{ t ha}^{-1}$  para "todos",  $3.26 \text{ t ha}^{-1}$  para el grupo 222, de  $3.59 \text{ t ha}^{-1}$  para el grupo 222(V530), y de  $4.29 \text{ t ha}^{-1}$  en el grupo 222(SSV530).

Como se explicó previamente, el cálculo del ingreso neto y de la relación beneficio/costo se basó en los precios de venta observados, que promediaron \$ 600 mil  $\text{t}^{-1}$  en la región norte del estado de Veracruz, y \$ 700 mil  $\text{t}^{-1}$  en las regiones sur y centro del estado. Los avances en cuanto al ingreso neto y a la relación beneficio/costo fueron también claros, como se aprecia en los Cuadros 5 y 6. En el Cuadro 6 se aprecia que la relación beneficio/costo expresada sobre la base de 12 meses, pasa del valor medio de 1.12 en el

grupo "todos", a 1.21 en el grupo 222, y a 1.34 para el grupo 222(V530). Cuando además no hubo sequía, la misma relación es de 1.53. Las fracciones de predios que alcanzan relaciones B/C mayores a 1.20, (equivalente a 1.31 anual), son del 45.1% en el grupo "todos", pasando a 65.8% en los grupos 222 y 222(V530), y de 84.6% en el grupo 222(SSV530).

En suma, la evidencia hasta aquí revisada sugiere que el programa de estimular el aumento en la producción de maíz con la estrategia PRONAMAT en Veracruz, es rentable para el productor mientras se sostenga la política de subsidios a la producción, en los términos actuales "pretratado de libre comercio". Esto es, con una política de precios de garantía. Es también prerequisite de tal rentabilidad, que los servicios de crédito y de seguro funcionen con oportunidad y eficiencia, para que los productores puedan fertilizar oportuna y suficientemente, y sembrar las variedades mejoradas recomendadas.

El análisis anterior presupone que el Estado subsidia al productor con 80% del costo de la asesoría, por lo que tal costo no repercute en los estimadores del desempeño financiero del productor atendido con la estrategia PRONAMAT. Se hizo el ejercicio de estimar la relación beneficio/costo, B/C, del PRONAMAT añadiendo a los costos directos de producción, los costos de la asesoría profesional. Solamente se consideraron los efectos directos del programa en el ciclo PV 91-91, como se resume en el Cuadro 7. El resultado de este ejercicio es la relación beneficio/costo de 1.339, para un periodo de 7 meses. Tal valor equivale al rendimiento mensual de 4.2% para el capital directamente invertido en el programa, habiéndose descontado la inflación del periodo. El equivalente anual de este rendimiento del capital es de 63.8%.

En el Cuadro 8 se muestra el ejercicio de examinar el avance en cuanto a la competitividad de la producción de maíz con la estrategia PRONAMAT, de acuerdo con los pasos previamente discutidos, suponiendo una desregulación ya consumada del mercado nacional del maíz, como lo prevé el TLC. El mayor avance con relación al grupo "todos", se logra en cuanto al paso de predios de la categoría calificada como "no competitiva", a



**Cuadro 7. Inversiones, producciones de maíz, valores de la producción y relaciones beneficio/costo, asociados con la presencia y ausencia del PRONAMAT.**

Concepto	Con PRONAMAT	Sin PRONAMAT	Diferencia
Inversión total <sup>1</sup> , \$ millones	43,161	34,859	8,302
Producción <sup>2</sup> , t	70,107	54,564	15,543
Valor de la producción <sup>3</sup> , \$ millones	50,127	39,014	11,113
Relación B/C <sup>4</sup>	1.161	1.119	1.339

1 Los costos de producción incluyen el costo de la asesoría profesional a razón de \$108 160 ha<sup>-1</sup>, también incluye el costo financiero del capital, a razón de 1.4% mensual. Superficie de 23 962 ha.

2 Sobre la base de 23 962 ha atendidas con la estrategia PRONAMAT, reconociendo los grupos de atención y rendimientos según Turrent *et al.*, 1993a).

3 Se usan los precios de venta del maíz observados, como se explica en este artículo.

4 Relación beneficio/costo por encima del costo financiero del capital. Se obtiene dividiendo al valor total de la producción entre la inversión total.

**Cuadro 8. Competitividad de varios grupos de predios en los que se aplicó la estrategia PRONAMAT, de acuerdo a sus costos de producción por tonelada. Ciclo primavera-verano de 1991.**

Costos de producción	Calificación de competitividad en mercado nacional <sup>1</sup>	Frecuencias observadas			
		Todos	222	222(V530)	222(SSV530)
\$ millones t <sup>-1</sup>		- - - - - % - - - - -			
Menor a 0.3	muy buena	0	0	0	0
0.30 a 0.40	buena	5.4	5.4	8.7	7.7
0.40 a 0.50	baja	37.3	44.1	56.5	76.9
Mayor a 0.5	no competitiva	57.3	50.5	34.8	15.4

1 Ver Cuadro 2 para la explicación de los criterios.

la categoría de "baja competitividad". El grupo "todos" tiene 37.3% dentro de la categoría de baja productividad, y 57.3% en la categoría de "no competitiva". El grupo 222 muestra un avance al 44.1% en la categoría de baja competitividad, mientras que los grupos 222(V530) y 222(SSV530) tienen 56.5% y 76.9% en esa categoría de baja competitividad, a la vez que se reducen sus proporciones de predios que se ubican en la categoría de "no competitiva". Poco avance se logra en la categoría de "buena competitividad", en tanto que no hay avance hacia la categoría de "muy buena competitividad".

Se calcularon los componentes del costo de producción por tonelada de grano, para exa-

minar las causas del pobre desempeño hipotético en competitividad del maíz producido con la estrategia PRONAMAT; tal desempeño se dio aún con la aplicación estricta de la tecnología recomendada, esta información se muestra en el Cuadro 9. Para evaluar el proceso de avance en cuanto al más estricto uso de la tecnología recomendada, se añaden dos predios extraídos del grupo 222(SSV530). Estos predios rindieron 5.20 y 6.26 t ha<sup>-1</sup>.

Se aprecia en el Cuadro 9 que el costo de producción por tonelada de maíz se abate desde \$ 0.547 millones t<sup>-1</sup> en el grupo "todos", a \$ 0.518 millones t<sup>-1</sup> en el grupo 222, a \$ 0.492 millones t<sup>-1</sup> en el grupo 222(V530), y a \$ 0.448 millones t<sup>-1</sup> en el grupo



**Cuadro 9. Componentes de los costos de producción por tonelada de maíz, de varios grupos de predios que difieren en su desempeño agronómico. Ciclo primavera-verano de 1991. PRONAMAT Veracruz.**

Grupos de predios	Costos	Componentes de los costos de producción <sup>1</sup>				
		Labranza	Mano de obra <sup>2</sup>	Insumos	Cosecha <sup>3</sup>	Subtotales
"todos"	absoluto	0.135	0.087	0.142	0.183	0.547
	relativo	24.7	15.9	25.9	33.5	100.0
222	absoluto	0.119	0.077	0.143	0.180	0.518
	relativo	22.9	14.8	27.7	34.7	100.0
222 (V530)	absoluto	0.106	0.068	0.141	0.177	0.492
	relativo	21.5	13.9	28.6	36.0	100.0
222 (SSV530)	absoluto	0.092	0.059	0.123	0.174	0.448
	relativo	20.5	13.2	27.4	38.8	100.0
Predio 5.20	absoluto	0.076	0.049	0.106	0.169	0.399
Predio 6.26	relativo	19.0	12.3	26.6	42.4	100.0
Predio 5.20	absoluto	0.063	0.041	0.081	0.163	0.348
Predio 6.26	relativo	18.1	11.6	23.4	46.9	100.0

1 Los costos se expresan en \$ millones por tonelada de grano de maíz. Los costos relativos se expresan respecto del costo de la tonelada, de cada grupo.

2 El componente de mano de obra cubre arbitrariamente desde la siembra hasta la "doble". Excluye a la fracción de la mano de obra que se usa en la cosecha.

3 El proceso de cosecha involucra también al acarreo y al desgranado.

4 Los predios identificados con los rendimientos de 5.2 y 6.26 t ha<sup>-1</sup> pertenecen al grupo 222(SSV530).

222(SSV530). La importancia del componente "labranza" se abate consistentemente en este proceso desde 24.7% hasta 20.5 %. Lo mismo ocurre con el componente "mano de obra". En cambio, los componentes "cosecha e insumos" incrementan desde 33.5 hasta 38.8 %, en el caso del componente cosecha, y de 25.9% hasta 27.4 % en el caso del componente "insumos". Estas tendencias se deben a la característica de costo fijo de ambos componentes "labranza y mano de obra", y de costo variable de los componentes "cosecha e insumos". Como se aprecia en el Cuadro 4, los rendimientos promedio por grupo de predios evolucionan desde 2.95 t ha<sup>-1</sup> en el grupo "todos" a 3.26 t ha<sup>-1</sup> en el grupo 222, a 3.59 t ha<sup>-1</sup> en el grupo 222(V530), y a 4.29 t ha<sup>-1</sup>, en el grupo 222(SSV530). El examen de los predios que rindieron 5.26 y 6.26 t ha<sup>-1</sup> ayuda a aquilatar el efecto que tiene el rendimiento sobre los componentes del costo de producir una tonelada de maíz. En el caso extremo, cuando el rendimiento fue de 6.26 t ha<sup>-1</sup> el peso del componente labranza se abate hasta 18.1 %, el de mano de obra hasta 11.6 %, y el de insumos

hasta 23.4 %. En cambio el componente "cosecha" aumenta hasta 46.9 %. Lo examinado hasta aquí señala la importancia estratégica que para mejorar la competitividad de la producción de maíz en Veracruz tendría (1) reducir los costos de la cosecha, y (2) el desarrollo de tecnologías que se asociaran con mayores rendimientos.

Cuando la cosecha del maíz se hace de manera totalmente mecanizada, el costo se reduce sustancialmente, pudiendo ser hasta la mitad del costo de la cosecha manual. Un ejercicio aritmético sugiere que si se cosechara el grano con combinada, el costo de producción sería de \$ 0.403 (grupo de baja competitividad) en vez de \$ 0.492 millones t<sup>-1</sup>, (mismo grupo de competitividad) para el grupo 222(V530), y de \$ 0.361 (buena competitividad) en vez de \$ 0.448 (baja competitividad) en el grupo 222(SSV530). En el caso de los predios de 5.2 y de 6.26 t ha<sup>-1</sup>, los costos serían de \$ 0.315 (buena competitividad) y de \$ 0.266 millones t<sup>-1</sup> (muy buena competitividad), respectivamente.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontraron evidencias de que los productores de maíz de Veracruz que lograron aplicar la tecnología recomendada por el INIFAP en el ciclo PV 91-91, tuvieron un mejor desempeño económico que los productores que no la aplicaron. El desempeño económico fue medido en términos de los costos de producción por hectárea y por tonelada, y en términos del ingreso neto y de la relación beneficio/costo. El daño a la producción asociado con la sequía, fue también factor del desempeño económico.

No se logró, sin embargo, que la eficiencia económica en la producción de maíz alcanzara el nivel de competitividad requerido si el mercado nacional estuviera ya desregulado en 1991, de acuerdo a lo convenido en el TLC. Los factores clave de este desempeño fueron (1) el alto costo de la cosecha manual, y (2) los rendimientos insuficientemente altos.

## LITERATURA CITADA

- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. 1992. Estrategias sectoriales para el Tratado de Libre Comercio. Documento de circulación interna. México, DF.
- TURRENT F., A., R. AVELDAÑO S., D. GONZALEZ E., J. ORTIZ C., A. CAETANO DE O., A. GONZALEZ E., y G. LONGORIA G.. 1992. El Programa Nacional de Maíz de Alta Tecnología, PRONAMAT. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México, D.F.
- TURRENT F., A., J.L. ZUNIGA G., y J. RUIZ R. 1994a. Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz del estado de Veracruz. I. Análisis de la calidad de la tecnología empleada. Terra 12: (en prensa).
- TURRENT F., A., J.L. ZUNIGA G., y J. RUIZ R. 1994b. Transferencia de tecnología con la estrategia PRONAMAT a productores de maíz del Estado de Veracruz. II. La calidad de los servicios de crédito, seguro, subsidio a la asesoría, y asesoría especializada. Terra 12: (en prensa).



**TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA CON LA ESTRATEGIA PRONAMAT A PRODUCTORES DE MAIZ DENTRO DEL ESTADO DE VERACRUZ:  
IV. LOS FACTORES DE LA RECUPERACION DEL CREDITO**

Transferring Maize Production Technology Using the PRONAMAT Strategy to Small Farmers of Veracruz.

IV. Factors that Affect Farmers' Payment of Short Term Credit

A Turrent Fernández<sup>1)</sup>, J.L. Zúñiga González<sup>2)</sup> y J. Ruiz Ramírez<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Campo Experimental Valle de México, CIRCEN, INIFAP, Chapingo, México

<sup>2)</sup>Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC, INIFAP, Veracruz, Veracruz.

*Palabras clave:* Cartera vencida, Calidad de los servicios, Ecuación de regresión, Coeficiente de regresión.

*Index words:* Delinquent debt, Quality of services to production, Regression equation, Regression coefficient.

**RESUMEN**

La última crisis de financiamiento oficial al cultivo del maíz en Veracruz, ocurrió en el ciclo Primavera-Verano de 1991, cuando la cartera vencida alcanzó el nivel de \$ 71 mil millones, tan solo por concepto de capital, dedicado al cultivo del maíz (Anónimo, 1991). En el Banco Nacional de Crédito Rural, Banrural, se realiza un vigoroso esfuerzo por erradicar las causas de la cartera vencida, el cual considera: (a) la eliminación de las tierras de alto riesgo en el proceso de producción, y (b) la selección de los productores clientes, en función de su comportamiento crediticio. Poca información existe sobre los efectos que sobre la acumulación de la cartera vencida tiene la calidad de los servicios ofrecidos al productor, tales como el crédito, el seguro,

la asesoría profesional, etc. Se cotejó la hipótesis de que el comportamiento crediticio de los productores de maíz, atendidos en el Programa Especial de Crédito-PRONAMAT, con el crédito ministrado por el Banrural, dependía de la calidad de los servicios de seguro, crédito, y asesoría profesional. Se ministraron \$ 3542.4 millones para 8598 ha. Se recuperaron \$ 1920.1 millones hasta el 30 de abril de 1992. Se encontró que 55% de la variación en el monto de crédito recuperado por hectárea, MCRH, se asoció con tres variables que reflejaron la calidad de los servicios prestados. La extrapolación de la ecuación de regresión al área total atendida explicó la falta de pago de \$ 1923.6 millones, en tanto que la cantidad observada fue de \$ 1920.1 millones.

**SUMMARY**

A nationwide program is being pursued by the National Bank of Rural Credit, Banrural, to prevent the recurrence of delinquent debts of maize growers. The debt of Veracruz maize growers reached \$ 71,000 million at the end of 1990. The bank's program aims at eliminating from the credit program any farmland that has a high production risk. It also tries to select its clientele from those farmers that have paid their debts in the past. Yet, little is being done in the area

Recibido 5-93.



of improving the quality of the banking service. There is limited knowledge of the relationship between delays in the delivery of credit and the accumulation of delinquent debts. The hypothesis that a relationship exists between the accumulation of delinquent debt and the quality of services, such as credit, insurance, and technical advice was tested. A project that involved 8598 ha of maize and credit for \$ 3542.4 million, was conducted in Veracruz in the Spring-Summer growing cycle of 1991. A random sample of 182 farms was taken along with pertinent information on production and the quality of several production services. A regression equation involving three independent variables explained 55% of the observed variation of the credit recovered. The equation predicted a delinquent debt of \$ 800 million at the project level, while the observed debt was \$ 1622 million.

### INTRODUCCION

El fenómeno conocido en México como "la cartera vencida" del crédito rural, ha afectado recurrentemente al proceso de financiamiento oficial para la producción de cultivos básicos. El citado fenómeno conlleva la reducción de productores con derecho a recibir crédito oficial y el abatimiento de la producción, o bien, la proliferación de prestamistas locales. Este último factor produce el efecto neto de incrementar ostensiblemente el componente financiero de los costos de producción, presionando a su vez, hacia el aumento del precio de los granos básicos. La solución oficial, también recurrente, ha consistido en la condonación de la cartera vencida. La última crisis de cartera vencida se evidenció en el ciclo de primavera verano de 1991, ciclo PV 91-91, en que el financiamiento oficial experimentó enorme contracción. Hacia fines de 1990, la cartera vencida del Banco Nacional de Crédito Rural, Banrural, había alcanzado en Veracruz, la cifra de \$71 mil millones de pesos, tan solo por concepto de maíz, (SEDAGRO, 1991). El Banrural, ha realizado un vigoroso esfuerzo por eliminar a los factores objetivos de la cartera vencida, que en su vertiente exógena involucra (1) la reducción del riesgo de producción mediante la eliminación de las tierras de bajo potencial productivo, de los planes de acreditación, y (2) la selección rigurosa de los productores, con base en su comportamiento crediticio. Poco se ha

indicado sin embargo, en materia de aplicar correctivos en la esfera endógena, que no es irrelevante como factor de la cartera vencida. La obsoleta infraestructura y los procedimientos de la institución, añaden por su cuenta presión pro-cartera vencida, de lo que desafortunadamente hay poca evidencia (Turrent *et al.*, 1992). Durante el ciclo PV 91-91, se realizó un esfuerzo por parte del gobierno del estado de Veracruz y de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, SARH, por incrementar los rendimientos de maíz, en las tierras de mejor calidad agronómica. Este esfuerzo aplicó la estrategia patrocinada por la SARH, que se conoce como PRONAMAT (Turrent *et al.*, 1994a). Este esfuerzo fue atemperado por la severa escasez de sujetos viables de crédito, según la definición del Banrural. El gobierno de estado de Veracruz hubo de avalar formalmente a la operación crediticia, como requisito para que el Banrural pudiera acreditar a productores "técnicamente en cartera vencida". De esta manera se dió crédito a 2630 productores "en cartera vencida", que manejaron 8,598 ha de maíz, en el ciclo PV 91-91. El seguimiento detallado de la operación crediticia y del proceso productivo, aportó información pertinente a los factores de la recuperación del crédito, que se analizan en este artículo.

### MATERIALES Y METODOS

En dos artículos anteriores a éste, los autores analizamos la calidad de la tecnología recomendada y las características de los servicios institucionales suministrados a los productores de maíz del estado de Veracruz, en el ciclo PV 91-91 (Turrent *et al.*, 1994b y 1994c). En particular, se examina a la operación crediticia del Banrural en lo que se llamó el Programa Especial de Crédito, PEC. En este programa participaron el Banrural, Agroasemex, Firco, la delegación SARH en Veracruz y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero del gobierno del estado de Veracruz.

Lo convenido entre el gobierno del estado de Veracruz y el Banrural con relación al PEC, estipuló que de haber alguna cantidad no liquidada por los productores, el Banrural haría válida la firma como aval del gobierno del estado, a partir del primero de mayo de 1992.



Cuadro 1. Lista de variables incluidas en el cálculo de la regresión para el cotejo de la hipótesis de la existencia de factores objetivos en la recuperación del crédito. PRONAMAT Veracruz

Factores objetivos	Identificación	Valores observados		Unidades
		mínimo	máximo	
<b>Crédito</b>				
a. Monto recuperado por ha	MCRH	0	0.700	\$ millones/ha
b. Monto ministrado por ha	MCMH	0.045	0.700	\$ millones/ha
c. Número de ministraciones	MIN	1	2	número
d. Complemento voluntario <sup>1</sup>	CVOL	0	1	número
<b>Agronómicas</b>				
a. Rendimiento	REND	0	6.03	t/ha
b. Régimen de sequía <sup>2</sup>	RSEQ	0	4	número
c. Fecha de siembra <sup>3</sup>	FSIE	0	60	número
d. Area del predio	AREA	0.5	29.5	ha
<b>Del Productor</b>				
a. Edad	EDAD	19	78	años
b. Trabaja o no personalmente	TRAB	0	1	número
<b>Del seguro</b>				
a. Oportunidad de inspección <sup>4</sup>	INSP	0	1	número
<b>De la asesoría</b>				
a. Calidad <sup>5</sup>	CALAP	0	4	número
b. Número de visitas	NVIS	1	30	número
<b>De la Tecnología</b>				
a. Calidad <sup>5</sup>	CALT	0	4	número
<b>Zonas de supervisión</b>				
a. San Rafael	M1	-1	+1	número
b. Jalapa	M2	-1	+1	número
c. Veracruz	M3	-1	+1	número
d. Piedras Negras	M4	-1	+1	número
e. San Andrés Tuxtla	M5	-1	+1	número
f. Rodríguez Clara	M6	-1	+1	número
g. Minatitlán	M7	-1	+1	número
h. Poza Rica	M8	-1	+1	número

<sup>1</sup> Cuando el Banrural ministró incompletamente, algunos productores adquirieron con recursos propios los insumos: valor 1, o no: valor 0.

<sup>2</sup> Calificación del productor: 0 es crítica, 1 severa, ..., 4 inexistente

<sup>3</sup> El 1 de junio es 0, y al 31 de julio se asignó el valor 60.

<sup>4</sup> Si visita de inspección arraigo oportuna, valor 1; si inoportuna, 0

<sup>5</sup> Calificación del productor: muy mala 0, mala 1, media 2, buena 3 y muy buena 4.

Se decidió cotejar la hipótesis de que hay factores objetivos que explican el comportamiento crediticio del productor, en cuanto al pago del crédito recibido. Entre estos factores objetivos podrían figurar (a) el rendimiento de maíz, (b) la oportunidad y el

precio logrado en la venta del producto, (c) la calidad de los servicios recibidos, especialmente en la medida en que afectan al rendimiento, (d) otros de naturaleza también objetiva, que dependen del productor mismo y del entorno institucional. La hipótesis



alterna es que la "moralidad-inmoralidad" del productor es el factor central de su comportamiento crediticio.

Se dispuso de una base de datos de 182 productores seleccionados al azar, de los 2630 productores que cultivaron 8598 ha acreditadas dentro del PEC. Los procedimientos de obtención de esta muestra se detallan en otro artículo (Turrent *et al.*, 1994b). En el Cuadro 1 se presenta la lista de variables incluidas en el ajuste de la regresión, sobre el monto de crédito recuperado por hectárea, MCRH, (variable de pendiente). Para evaluar posibles tendencias regionales en la recuperación del crédito, se usaron 8 variables mudas (Draper and Smith 1966), introduciendo la restricción de suma cero de sus efectos sobre la variable dependiente, es decir, la suma algebraica de sus coeficientes de regresión ser cero. Sólomente se incluyó a ocho de las diez zonas de supervisión, porque no se realizaron observaciones en dos de aquellas. Obviamente, las citadas "variables mudas" habrían de interaccionar con las variables discretas y continuas que representaron a los demás factores objetivos de la variación en la variable dependiente MCRH.

Se usó el procedimiento de la regresión progresiva modificada o "stepwise", con probabilidad de 30% de entrada y de 15% de permanencia (Draper y Smith, 1966). La asociación de la variable MCRH aun con uno solo de los factores objetivos, habría de interpretarse como evidencia que no refutaría la hipótesis en cotejo. En cambio, la ausencia de asociación de la variable dependiente y las independientes, (factores objetivos), podría interpretarse como apoyo a la hipótesis alterna, de "moralidad-inmoralidad del productor".

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2 se presentan los montos de crédito ejercido y recuperado hasta el 30 de abril de 1992, en 10 zonas de supervisión. El crédito ejercido en el PEC, fue de \$ 3542.4 millones. El monto ejercido a nivel de zona de supervisión dependió de (1) la superficie atendida, (2) la eficiencia de la sucursal del Banrural en cuanto a procesar las dos ministraciones programadas, dentro del ciclo de cultivo, y (3) la superficie aceptada por Agrosemex, ya que el contrato de

Cuadro 2. Crédito ejercido y recuperado hasta el 30 de abril de 1992 en 10 zonas de supervisión del PRONAMAT.

Zona de supervisión	Crédito ejercido \$ millones	Crédito recuperado absoluto \$ millones	Crédito recuperado relativo %
Tantoyuca	7.4	4.5	61.1
Alamo	51.3	27.7	54.0
Posa Rica	217.7	88.3	40.6
San Rafael	560.2	176.5	31.5
Veracruz	498.3	306.2	61.4
Piedras Negras	227.3	192.1	84.6
S A Tuxtla	306.7	206.4	67.3
Rodríguez Clara	772.3	447.9	58.0
Villa Iala	412.3	167.4	40.6
Minatitlán	488.9	303.1	62.0
Subtotales <sup>1</sup>	3542.4	1920.1	54.2
Crédito promedio por hectárea	0.4120	0.22332	

<sup>1</sup>Corresponden a 8598 ha atendidas en el PEC, en el ciclo PV 91-91.

<sup>2</sup>Crédito recuperado por hectárea, en promedio.  
\$ millones/ha.

aseguramiento fue prerequisite inicial para la ministración del crédito, aun con el aval del gobierno del Estado. Posteriormente, al observarse un rechazo generalizado del aseguramiento, se tomó la decisión de eliminar este prerequisite.

Como se aprecia en el mismo cuadro, se recuperó 54% del capital prestado, directamente de los productores, aun cuando todos los productores habían sido descartados de la lista de clientes del Banrural debido a su cartera vencida, como se explica previamente.

En el Cuadro 3 se presenta la ecuación de regresión entre el monto de crédito recuperado por hectárea, MCRH, y ocho variables independientes. Cincuenta y cinco por ciento de la variación del monto de crédito recuperado por hectárea, MCRH, es explicado por la variación en las ocho variables dependientes. El valor de F calculada es de 26.53, significativo al 1 por diez mil. Hay abundante número de grados de libertad del error, lo que garantiza la adecuada estimación de sus parámetros. En el Cuadro 4 se muestra la matriz de intercorrelaciones de las ocho variables independientes. El coeficiente de correlación más alto (+0.684) corresponde a las variables M1 X MCMH y M2 X MCMH; es decir, que 46.8% de la variación de una de



aquellas es explicada por la variación de la otra. Por su tamaño, el siguiente coeficiente de correlación es de +0.535, entre las variables M5 x MCMH, y M2 X MCMH. Las seis variables independientes restantes muestran bajos coeficientes de correlación entre si, y con las tres primeras variables. En el

**Cuadro 3.** Ecuación de regresión, prueba de normalidad, análisis de regresión, y coeficiente de determinación, en relación con la variable dependiente "monto de crédito recuperado por hectárea", y doce variables independientes.

#### I. Regresión

Variable <sup>1</sup>	Estimador	Valor de F	Probabilidad de F mayor
Ordenada	-0.178636	9.43	0.0025
MCMH	+0.579090	44.74	0.0001
M1 X MCMH	-0.576777	49.21	0.0001
M2 X MCMH	+0.358863	7.10	0.0084
M5 X MCMH	+0.364353	35.75	0.0001
REND	+0.020858	3.57	0.0604
NSP	-0.096745	5.90	0.0162
TRAB	+0.094905	7.89	0.0055
CALT	+0.025871	2.70	0.1023

<sup>1</sup> como se indican en el Cuadro 1.

#### II. Análisis de regresión

Factor	GL	Suma de cuadrados (t/ha) <sup>2</sup>	Cuadrados medios (t/ha) <sup>2</sup>	Valor F	Probabilidad de F mayor
Regresión	8	6.428267	0.803533	26.53	0.0001
Error	173	5.240676	0.030293		
Total	181	11.668943			

<sup>1</sup> La suma de cuadrados de regresión es 55% de la suma de cuadrados total, de donde el coeficiente de determinación múltiple vale 0.55.

**Cuadro 4.** Matriz de intercorrelación de las variables independientes.

Variable	MCMH	M1 X MCMH	M2 X MCMH	M5 X MCMH	REND	INSP	TRAB	CALT
MCMH	+1.000	+0.089	-0.166	+0.329	-0.034	0.000	-0.145	-0.134
M1XMCMH		+1.000	+0.684	+0.390	-0.080	-0.127	+0.095	-0.161
M2XMCMH			+1.000	+0.535	-0.157	-0.155	+0.049	-0.055
M5XMCMH				+1.000	+0.041	+0.037	-0.390	+0.023
REND					+1.000	+0.158	-0.035	+0.432
INSP						+1.000	-0.082	+0.192
TRAB							+1.000	-0.119
CALT								+1.000

<sup>1</sup> Como se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 5 se muestra el orden de entrada de cada una de las variables independientes, en el procedimiento de ajustado de regresión por el método de la regresión progresiva modificada.

El origen en el que están expresados los coeficientes de la ecuación de regresión del Cuadro 3 no es conveniente para la interpretación del fenómeno de la recuperación del crédito. Así, la ordenada al origen - 0.178636 equivale a la estimación del crédito recuperado por hectárea, cuando el crédito ministrado por hectárea es de cero, y los demás factores como el rendimiento y la calidad de la tecnología valen cero. La ecuación (2) tiene como origen aquél en el que, los valores de las variables independientes pertinentes, MCMH, REND, y CALT asumen su valor medio observado.

$$\begin{aligned}
 \text{MCRH} = & + 0.163366 - 0.237632 \text{ M1} + 0.147852 \text{ M2} + \\
 & + 0.150113 \text{ M5} + 0.060333 \text{ M8} + (+0.579090 - \\
 & - 0.576777 \text{ M1} + 0.358863 \text{ M2} + + 0.364353 \text{ M5} + \\
 & + 0.146439 \text{ M8}) (\text{MCMH} - 0.412) + 0.020858 \\
 & (\text{REND} - 2.79) - 0.096745 \text{ INSP} + 0.094905 \text{ TRAB} + \\
 & + 0.025871 (\text{CALT} - 1.748) \quad \text{-----}(2)
 \end{aligned}$$

Al realizar la traslación del origen, se recupera necesariamente a las variables mudas M1, M2, y M5, que ahora no aparecen en forma de interacción con la variable MCMH. Además, en la ecuación (2) se reintroduce a la variable muda M8 que, como se explicó previamente, asume el valor de la suma algebraica de los coeficientes de regresión asociados a las variables mudas M1, M2 y M5, pero con el signo opuesto. Nótese que los coeficientes de regresión de las variables



Cuadro 5. Algunas características del proceso de cálculo de la ecuación de regresión para la variable MCRH, según el método de la regresión progresiva modificada.

Etapa	Orden de ingreso	Coeficiente de determinación	
		parcial	general
1	MCMH X M5	0.2595	0.2595
2	M1	0.1226	0.3823
3	MCMH	0.0764	0.4586
4	TRAB	0.0318	0.4904
5	MCMH X M2	0.0156	0.5059
6	CALT	0.0119	0.5178
7	INSP	0.0133	0.5311
8	MCMH X M1	0.0130	0.5441
9	Se ale la variable M1	0.0025	0.5416
10	REND	0.0093	0.5509

mudas M3, M4, M6 y M7, asumen el valor de cero, al no aparecer en la ecuación.

Como queda expresada la ecuación (2), el valor de +0.163366 millones de pesos, es el crédito recuperado por hectárea para las siguientes condiciones, que se deducen de la misma ecuación (2): (a) las variables mudas asumen el valor cero, lo que corresponde a las condiciones promedio de las ocho zonas de supervisión, (b) el crédito de \$ 0.412 millones/ha, (c) el rendimiento de 2.79 t/ha, (d) la visita inoportuna del inspector del seguro, (d) para un productor que no atendió personalmente su parcela, y (e) la calificación otorgada por el productor a la calidad

de la tecnología, fue de 1.748, (escala 0 como "muy mala" hasta 4 como "muy buena").

En el Cuadro 6 se muestra una medida del grado de ajuste entre los créditos recuperados MCRH promedio observados en las ocho zonas de supervisión, y los valores promedio calculados para las mismas zonas. Se aprecia un razonable ajuste entre el crédito recuperado por hectárea "observado" y el "calculado". La diferencia se debe tanto a la variación no explicada, como al hecho de que los valores calculados están expresados en condiciones específicas para las variables adicionales a las mudas: REND = 2.79 t/ha, INSP = 0, etc. en tanto que no hay restricciones en las mismas variables, para los valores "observados".

Las variables mudas de la ecuación (2), y sus interacciones con la variable MCMH, muestran que hubo tendencias regionales en cuanto al patrón de recuperación del crédito. Lo observado durante la ejecución del programa especial del crédito sugiere que sus factores fueron por lo menos: (a) discrepancias en la eficiencia operativa crediticia entre las sucursales estatales del Banrural, que se asociaron con diferencias en los rendimientos de maíz, al nivel de zona de supervisión; (b) diferencias en el precio rural del grano, debido a que la Comisión Nacional de Subsistencias Populares, Conasupo, no operó en la sección norte del estado, en tanto que

Cuadro 6. Valores promedio para ocho zonas de supervisión, de los créditos ministrados por hectárea, MCMH, los créditos recuperados por hectárea, MCRH, tanto "observados", como "calculados" a partir de la ecuación (2), y los números de observaciones realizadas en cada zona de supervisión.

Zona de supervisión	V. M. <sup>1)</sup>	Número de observaciones	MCMH2/ \$mill/ha	MCRH observado \$mill/ha	MCRH calculado \$mill/ha
San Rafael	M1	12	0.56	0	-0.074
Jalapa	M2	11	0.26	0.25	0.169
Veracruz	M3	33	0.52	0.24	0.228
P. Negras	M4	18	0.38	0.25	0.145
S. A. Tuxtla	M5	54	0.55	0.46	0.444
R. Clara	M6	28	0.40	0.27	0.156
Minatitlán	M7	6	0.33	0.19	0.116
Poza Rica	M8	20	0.50	0.22	0.288

1) V.M. significa variable muda. Ver Cuadro 1.

2) MCMH significa crédito ministrado por hectárea; MCRH significa crédito recuperado por hectárea.



si operó en su sección centro-sur; (c) el anuncio presidencial de 1991 sobre la derivación de las carteras vencidas del Banrural hacia el Pronasol o hacia el fideicomiso de cartera vencida, fue interpretado erróneamente, o bien, manipulado políticamente, en las zonas de supervisión Poza Rica y Rodríguez Clara, como si tal disposición habría de hacerse extensiva al adeudo asociado con el PEC-1991; (d) se presentó conflicto de intereses entre los productores de varios ejidos de la zona de supervisión San Rafael y Agroasemex, alrededor del rechazo de la fecha de siembra extemporánea, según el criterio de la citada empresa, con el resultado de que los productores se negaron a pagar el crédito.

El coeficiente +0.020858 asociado a la variable REND - 2.78, es significativo a 10%. Por cada tonelada adicional en el rendimiento, los productores abonaron a su crédito \$ 20,858 por hectárea. Como el rendimiento meta era de 4 t/ha y sólo se obtuvieron 2.79 t/ha en promedio, el factor rendimiento explicaría un déficit en el pago del crédito, que es del orden de magnitud de \$ 217 millones.

En los artículos I y II de esta serie (Turrent *et al.* 1994b y 1994c), queda establecido que los rendimientos de maíz del programa especial de crédito, PEC, estuvieron afectados por los factores oportunidad y suficiencia de la fertilización. Tan solo en 42% de los predios del PEC, cuyo crédito provino del Banrural, se fertilizó suficiente y oportunamente; el rendimiento promedió 2.93 t/ha. En contraste, todos los predios atendidos dentro de la misma estrategia PRONAMAT, y con crédito ministrado por el Banamex, se fertilizaron oportuna y suficientemente, y alcanzaron el rendimiento promedio de 3.80 t/ha (Turrent *et al.*, 1994b).

El coeficiente -0.096745 asociado con la variable INSP es significativo a 5%. Esta variable asume el valor de 0 cuando el inspector de Agroasemex llegó inoportunamente a verificar el aviso de arraigo, y de 1, cuando llegó oportunamente. La implicación del coeficiente negativo sería que, cuando el inspector del seguro llegó oportunamente a hacer su verificación de arraigo del cultivo, el productor abonó \$ 96745 por hectárea menos, que cuando el inspector llegó inoportunamente. Una hipótesis consistente con este comportamiento deriva de que, los inspectores

de Agroasemex, sólo aceptaron 565 ha de las 8024 ha, para las que los productores solicitaron el seguro. El resto fue rechazado por diferentes razones, prevaleciendo la de la baja densidad de población de las milpas. Este proceder, que ignoró a otros factores tecnológicos bien logrados por los productores, tales como la fertilización y la protección del cultivo, desalentó al productor. En cambio, cuando el inspector llegó inoportunamente, fue el productor quien rechazó el seguro, esta decisión eventualmente la apoyó el Grupo Operativo Estatal. Puede verificarse que la fertilización y la protección del cultivo, actuaron como sustitutos técnicos de la densidad de población, en el ámbito de rendimientos inferiores a 3 t/ha (Turrent *et al.*, 1994c), en tanto que el rendimiento de 0.9 t/ha, equivalía a la cobertura total del seguro. Es decir, que la empresa sólo indemnizaría al productor cuando el rendimiento fuera inferior a 0.9 t/ha.

Los inspectores de Agroasemex llegaron oportunamente a 24 de 184 predios (13.2%). Su equivalente en las 8024 ha solicitadas es de 1058 ha visitadas oportunamente. La extrapolación de la ecuación (2) al área en que se solicitó el seguro, explicaría un monto de crédito no pagado, de \$ 102 millones.

El coeficiente +0.094905 asociado con la variable TRAB, es significativo a 1%. Cuando el productor con el que se contrató el crédito, trabajó personalmente la parcela, la variable TRAB asumió el valor de 1, y de 0 cuando no fue así. Los productores que atendieron directamente su predio, abonaron en promedio casi \$ 90 mil/ha más a su deuda, que aquellos que no lo atendieron directamente. No es difícil entender que la influencia de la asesoría profesional y que la responsabilidad asumida con el crédito, se perciben de manera diferente por el productor directamente acreditado, y el indirectamente acreditado. Hubo 131 productores del total de 182, (72%), que atendieron directamente sus predios, cuya superficie fue en promedio de 3.84 ha. Otros 51 productores, (28%), no atendieron directamente sus predios, que promediaron 3.11 ha. De aquí se estima que de las 8598 ha atendidas en el PEC, 6535 ha fueron trabajadas directamente por los productores clientes, y 2063 ha fueron "subcontratadas". La extrapolación de la variable TRAB explicaría la falta de abono al crédito, de \$ 205 millones.



Finalmente, el coeficiente de regresión asociado con la variable CALT, tiene el valor de +0.025871, significativo a 11% de probabilidad. Aquella variable asume el valor de 0 cuando el productor calificó como mala, a a calidad de la tecnología recibida; de 1, si regular, de 2, si buena, de 3, si muy buena, y de 4, si excelente. Las frecuencias observadas de tales valores fueron de: 10.3% para mala, 27.4% para regular, 41.7% para buena, 18.4% para muy buena, y 2.2% para excelente. La extrapolación del coeficiente de regresión a la población, sugiere que por este concepto, se dejó de abonar \$ 285 millones, si se usa como meta de calidad, a la categoría de muy buena.

En el Cuadro 7 se presenta el resultado del ejercicio aritmético de aplicar los coeficientes de regresión de la ecuación (2), a los ámbitos observados de las variables MCMH, REND, INSP, TRAB, y CALT. El impacto de cada factor sobre el crédito recuperado, se calculó para su valor medio observado, a partir de la ecuación de regresión que aparece en el Cuadro 3. El origen de esta ecuación está donde todas las variables independientes asumen su valor 0. Para evaluar el impacto de cada variable, sobre el monto total de crédito no pagado, se usó como referencia el valor óptimo de cada variable: REND = 4 t/ha, INSP = 0, TRAB = 1, y CALT = 3. Esta ejercicio es pertinente a las zonas de supervisión para las que las variables mudas no quedaron incluidas en la ecuación de regresión (2), es decir, aquellas zonas de supervisión que no difieren significativamente de la condición regional promedio.

Se aprecia en el Cuadro 7 que la estimación del crédito total recuperado es de \$ 1923.55 millones, en tanto que de acuerdo al Cuadro 2, la recuperación observada fue de \$ 1920.1 millones. La estimación de lo no recuperado es de \$ 799.91 millones, mientras que el crédito no recuperado observado fue de \$ 1622.3 millones.

El mayor contribuidor al crédito recuperado fue el monto del crédito ministrado, MCMH, que explica la recuperación de \$ 2051.50 millones. Una operación crediticia sin tacha, (por parte del Banrural y de los productores), habría generado un coeficiente de regresión de +1, para la variable MCMH, y de 0, para las demás variables independientes (Cuadro 3).

En cambio, la operación crediticia, menos que perfecta de las partes, incluso de los factores que condujeron a un rendimiento subóptimo, condujo al coeficiente de +0.579090 de la variable MCMH, y a los coeficientes diferentes de 0 de la ecuación de regresión. El segundo contribuidor al monto del crédito recuperado fue la variable TRAB, es decir, la condición de que el productor trabajara o no directamente su parcela; esta variable explica la recuperación de \$ 620.2 millones. De las 8598 ha atendidas, 6535 ha fueron trabajadas directamente por los productores contratantes del crédito. El tercer contribuidor del crédito recuperado fue el rendimiento logrado, REND, que explica \$ 500.35 millones del monto recuperado. El cuarto contribuidor al crédito recuperado fue la percepción del productor sobre la calidad de la tecnología recomendada, con el monto de \$ 389.77 millones. Finalmente, el servicio del seguro tuvo un efecto negativo de \$ 102.36 millones, sobre el crédito recuperado.

Cuadro 7. Impacto de cinco factores de la recuperación del crédito sobre el monto global recuperado, y sobre el monto global no recuperado en ocho zonas de supervisión. Ciclo Primavera-Verano de 1991.

Factor	Impacto sobre el crédito global <sup>1)</sup>	
	Recuperado <sup>2)</sup> \$ millones	No recuperado <sup>3)</sup> \$ millones
Ordenada	- 1535.91	
MCMH	+ 2051.50	
REND	+ 500.35	+ 217.00
INSP	- 102.36	+ 102.36
TRAB	+ 620.20	+ 195.79
CALT	+ 389.77	+ 284.76
Subtotales	1923.55	799.91

1) El impacto resulta de aplicar al coeficiente de regresión a los valores de la variable observados, y extrapolarlos al ámbito de las 8598 ha atendidas en el PEC.

2) +\$ 2051.50 mill = (\$0.412003 mill/ha X 0.579090) 8598 ha.  
 +\$ 500.35 mill = (2.79 t/ha X \$0.020858 mill/t) 8598 ha.  
 -\$ 102.36 mill = (1X(-\$0.096745 mill/ha) 1058 ha.  
 +\$ 620.20 mill = (1X\$0.094905 mill/ha) 6535 ha.  
 +\$ 389.77 mill = (0X0.025871X897.60 ha + 1X0.025871X  
 2361.87ha + 2X0.025871X3590.5 ha + 3X0.025871X  
 X 1588.82 + 4X0.025871X189.16 ha).

3) +\$ 217.00 mill = [(4.0 t/ha - 2.79) X 0.020858] X 8598 ha  
 +\$ 195.79 mill = (1X0.094905) X 2083 ha  
 +\$ 284.76 mill = 3X0.025871X897.6 ha + 2X0.025871X  
 2361.87ha + 1X0.025871 X 3590.52ha + 0X0.025871X  
 X 1588.82ha

4) Como se indica en el Cuadro 1.



La ecuación subestima ampliamente al monto del crédito no recuperado, como se aprecia en el mismo Cuadro 7. El primer factor de lo no recuperado fue el cómo percibió el productor la calidad de la tecnología recomendada por su asesor profesional, que explica \$ 284.76 millones. El segundo factor es el rendimiento obtenido, que explica la falta de pago de \$ 217 millones. La condición de trabajar o no directamente el predio explica el déficit de \$ 195.79 millones. Finalmente la defectuosa operación del seguro, por parte de Agroasemex, explica el déficit de pago de \$ 102.36 millones.

En suma, se aprecian discrepancias entre los montos de crédito "observados" y "calculados" para lo que se recuperó: \$ 1920.1 millones, y \$ 1923.55 millones, respectivamente, y lo que no se recuperó: \$ 1622.3 millones y \$ 799.91 millones. Estas diferencias se deben a que la ecuación de regresión deja sin explicar al 45 % de la variación observada en el crédito recuperado (Cuadro 3). Esto es, que otros factores de la recuperación del crédito no fueron incluidos en dicha ecuación.

En suma, hay evidencias de asociación entre el comportamiento crediticio del productor maicero de Veracruz, y varios factores vinculados directa e indirectamente con el proceso de crédito. Tal comportamiento es más consistente con una visión unitaria del programa especial de crédito con la estrategia PRONAMAT, por parte del productor. Tal visión contrasta con la visión "compartimentalizada" de los servicios prestados, en la que operan formalmente las instituciones federales de servicios. Aparentemente, el productor de maíz respondió tal y como si hubiera "comprado" un conjunto de servicios, y que los hubiera "pagado" en función de la calidad neta del mismo conjunto de servicios. En otras palabras, que los servicios de crédito, seguro, asesoría profesional, (calidad de la tecnología incluida) y de subsidio al pago de la asesoría, funcionaron en un sistema de vasos comunicantes, y no de estancos independientes. También fue factor depresivo de la recuperación del crédito, su "subcontratación" a terceros.

Como se explica en la introducción de este mismo documento, el productor maicero de Veracruz acumuló una cartera vencida de \$ 71 mil millones con el Banrural, hasta fines

de 1990. La evidencia hasta aquí examinada sugiere que el comportamiento crediticio del productor maicero de Veracruz, podría rebasar al contexto de moralidad-inmoralidad, en que se ubica oficialmente, para también ubicarse en el ámbito de la calidad de los servicios ofrecidos por las instituciones federales, dentro de los que destaca el crédito mismo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontraron evidencias que no refutan la asociación entre (a) el comportamiento crediticio de los productores de maíz de Veracruz, que participaron en el programa especial de crédito en el ciclo PV 91-91, y (b) varios factores objetivos del proceso de producción. Estos factores fueron: (1) diferencias regionales en la operación del PEC, por parte de las instituciones involucradas, que se asociaron con tendencias también regionales en los montos de recuperación, (2) el monto del crédito ministrado, (3) el rendimiento alcanzado, que a su vez estuvo asociado con la calidad del servicio de crédito, (4) la oportunidad en la inspección de arraigo del cultivo, por parte del inspector de Agroasemex, (5) la subcontratación del crédito, por parte del productor, y (6) la calidad percibida de la tecnología transferida. Tales factores explicaron 55 % de la variación en el monto del crédito recuperado.

## LITERATURA CITADA

- ANONIMO. 1991. Minutas de las reuniones del Grupo Operativo Estatal. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero, del Gobierno del Estado de Veracruz. Jalapa, Veracruz.
- DRAPER, N.R., and H. SMITH. 1966. Applied regression analysis. John Wiley and Sons Inc. New York.
- LOPEZ A., G. 1991. Análisis de la producción de maíz en el Estado de Veracruz. Copia mimeográfica. Delegación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, del Estado de Veracruz. Jalapa, Veracruz.
- SHAPIRO, S.S., and M.B. WILK. 1985. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52:591-611.
- TURRENT F., A., G. ESPINOZA S., R. MORENO D. y C. TURRENT F. 1992. La asesoría moderna para maíz. Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Pesquero del Gobierno del Estado de Veracruz. Jalapa, Veracruz.
- TURRENT F., A., I.J. GONZALEZ A., R. AVELDAÑO S., y M. ORTIZ V. 1994a. El Sistema PRONAMAT de diagnóstico-prescripción para el cultivo de maíz. I. El subsistema cartográfico Terra 12: (en prensa).



TURRENT F., A., J.L. ZUÑIGA G., y J. RUIZ R. 1994b.  
Transferencia de tecnología con la estrategia  
PRONAMAT a productores de maíz del Estado  
de Veracruz. I. Análisis de la calidad de la tecnología  
empleada. Terra 12: (en prensa).

TURRENT F., A., J.L. ZUÑIGA G., y J. RUIZ R. 1994c.  
Transferencia de tecnología con la estrategia  
PRONAMAT a productores de maíz del Estado  
de Veracruz. II. La calidad de los servicios de  
crédito, seguro, subsidio a la asesoría, y asesoría  
especializada. Terra 12: (en prensa).

TURRENT F., A., J.L. ZUÑIGA G., y J. RUIZ R. 1994d.  
Transferencia de tecnología con la estrategia  
PRONAMAT a productores de maíz del Estado  
de Veracruz. III. Análisis de la eficiencia económica.  
Terra 12: (en prensa).



## ZONIFICACION AGROECOLOGICA PARA EL CULTIVO DE SORGO (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Agroecological zonification to grow sorghum  
(*Sorghum bicolor* [L.] Moench) in Veracruz state.

José Luis Aguilar Acuña<sup>1</sup>, Ramón Zulueta Rodríguez,<sup>2</sup>  
Domitilo Pereyra Díaz<sup>3</sup>, Isidro A. Galván Tepetla,<sup>4</sup>  
Iván Aguilar Cervantes<sup>4</sup> y José Luis Rivera Rincón<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Investigador del INIFAP, Apartado Postal 540, Xalapa, Ver.

<sup>2</sup> Catedrático de la Facultad de Ciencias Agrícolas, U.V.

Apartado Postal Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver.

<sup>3</sup> Investigador del Centro de Investigaciones Meteorológicas, U.V.

<sup>4</sup> Egresados de la Facultad de Ciencias Agrícolas, U.V.

**Palabras clave:** Regionalización, Zonificación agroecológica, Aptitud agrícola, Productividad, Sorgo.

**Index words:** Regionalization, Agroecological zonification, Agricultural aptitude lands, Productivity, Sorghum.

de 12,500 ha con el NIB; para la zona centro estas fueron: MA con 48 750 ha, A con 134 375 y Ma con 168 750 ha, y la zona sur sólo presentó la categoría de mA en 108 750 ha. Esto significa que la zona norte presentó la mayor aptitud agroproductiva para la siembra de sorgo en el estado de Veracruz, y que la zona sur puede considerarse como la menos eficiente.

### RESUMEN

Mediante una adaptación a la metodología propuesta por la FAO (1978) se identificaron y cartografiaron las áreas agroecológicas con potencialidad Muy Apta (MA), Apta (A), Marginalmente Apta (mA) y No Apta (NA) para cultivar sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en el estado de Veracruz bajo Niveles de Inversión Alto (NIA), en general, y Nivel de Inversión Bajo (NIB) sólo en una región (Pachuca). De acuerdo con los resultados obtenidos las categorías de aptitud de las tierras potenciales de labor cuantificadas para la zona norte con un NIA fueron 628 750 ha para la clase MA, 559 375 ha para la clase A y 496 500 ha para la clase Ma; para la carta de Pachuca la de A fue de 7 500 ha y la de Ma

### SUMMARY

Agroproductive potential [Very Apt (MA), Apt (A), Marginally Apt (mA) and Non Apt (NA)] of sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) were determined for high (NIA) and low (NIB) levels of investment in Veracruz, Mexico. In the northern part of the State when NIA levels are considered the areas corresponding to MA, A, and mA classes were 628 750, 559 375, and 496 500 hectares respectively, whereas in the Pachuca region where NIB are common A and MA classes had areas corresponding to 7 500 and 12 500 ha, respectively. In the central zone MA, A and Ma categories covered 48 750; 134 375 and 168 750 hectares, respectively, and the south zone only the mA category was observed with 108 750 hectares. This mean that the northern zone of the State of Veracruz is the most appropriate to grow sorghum.

Recibido 2-93.



## INTRODUCCION

El sorgo ha sido, a través de todos los tiempos, una fuente de alimento vital para millones de personas y animales domésticos en todo el mundo. Sin embargo, en años recientes la población en crecimiento ha originado demandas cada vez mayores respecto a este cereal.

La superficie cultivada de sorgo para grano en México crece cada año durante 1989 se sembraron 1 524 232 ha con este cereal (INEGI, 1991), cifra que le permitió ocupar el segundo lugar en importancia, después del maíz. No obstante, el país es deficitario con relación a su consumo anual. Anualmente se importan alrededor de 2 500 000 toneladas (Martín del Campo *et al.*, 1987).

Aunque la demanda industrial del sorgo en el estado de Veracruz se estima en aproximadamente 120 000 toneladas anuales, la superficie sembrada en 1988 fue de apenas 3 958 ha (Dirección General de Agricultura y Fitosanitaria [DGAF], 1989), lo cual satisfizo tan sólo 11% de lo demandado. Por otro lado, las condiciones climáticas y edáficas donde se practica la agricultura en la entidad veracruzana, ocasionan variación en la productividad y sustentabilidad definida en la calidad de los recursos. Esta situación crea la necesidad de conocer y clasificar las condiciones de producción existentes, con la finalidad de regionalizar y permitir tanto la planificación como la operatividad de la transferencia tecnológica, la instrumentación de planes de producción y la investigación.

Por lo anteriormente citado y, al considerar que el estado de Veracruz cuenta con áreas potencialmente agrícolas con diferentes clases de aptitud o productividad para producir sorgo, en el presente trabajo de investigación se presentan las bases sobre su zonificación agroecológico-cartográfica que, realizado en función de las condiciones ambientales (suelo y clima) predominantes en el territorio veracruzano, pretende proteger al ambiente y demás componentes naturales mediante la planificación y reordenación de su siembra en sitios apropiados para su buen crecimiento y desarrollo.

## MATERIALES Y METODOS

La zona de estudio comprende al estado de Veracruz y está constituida por una superficie

de 7 242 007 ha, repartidas en 207 municipios, se encuentra en la parte oriente del territorio nacional y se localiza entre los paralelos 17°03'56" - 22°27'18" de latitud norte y entre los meridianos 93°36'13"-98°36'00" de longitud oeste (INEGI, 1991). De acuerdo con el INEGI (1988), se dedican 1 875 000 ha del territorio veracruzano a la agricultura, de las cuales 1 825 800 de temporal y 49 200 ha de riego.

Las fuentes de información para la cartografía fueron: 1) El Instituto de Ecología, A.C., a través del Departamento de Investigación y Diagnóstico Regional, Proyecto Bioclimas, que proporcionó un banco de datos mensuales computarizado sobre precipitación, evaporación y temperatura de 49 estaciones meteorológicas y 2) INEGI, con sus cartas edafológicas (INEGI, 1983a), topográficas (INEGI, 1983b), de efectos climáticos (INEGI, 1983c) y de uso potencial agrícola (INEGI, 1983), a escala 1:250 000. La razón de usar la última carta, en lugar de la de uso actual del suelo se debió a que la información de ésta actualmente es obsoleta, de manera que se reconociera la superficie con potencialidad agrícola para la siembra de sorgo.

Este trabajo se basó en la metodología propuesta por la FAO (1978) para la zonificación agroecológica de los cultivos en condiciones de temporal, cuyo diagrama simplificado se aprecia en la Figura 1. La definición de las divisiones climáticas mayores y la obtención de los periodos de crecimiento se hicieron de acuerdo con los lineamientos establecidos por la FAO (1978, 1981), estimando algunos de los parámetros no disponibles. Sin embargo, se hicieron modificaciones a la metodología original para facilitar el trazo cartográfico del inventario climático.

a) La primera modificación consistió en que para las divisiones climáticas mayores se obtuvieron las temperaturas medias mensuales reducidas al nivel del mar, multiplicando el gradiente 0.00496 por la altitud, y sumando el resultado a cada una de las temperaturas medias mensuales. Como todas las estaciones no presentaron temperaturas mensuales reducidas a nivel del mar, menores a 18 °C (Ortiz y Pájaro, 1988), entonces se ubicaron en la División Climática Tropical.

La metodología original clasifica como: zonas del trópico caliente, cuando las temperaturas medias son mayores de 20 °C;



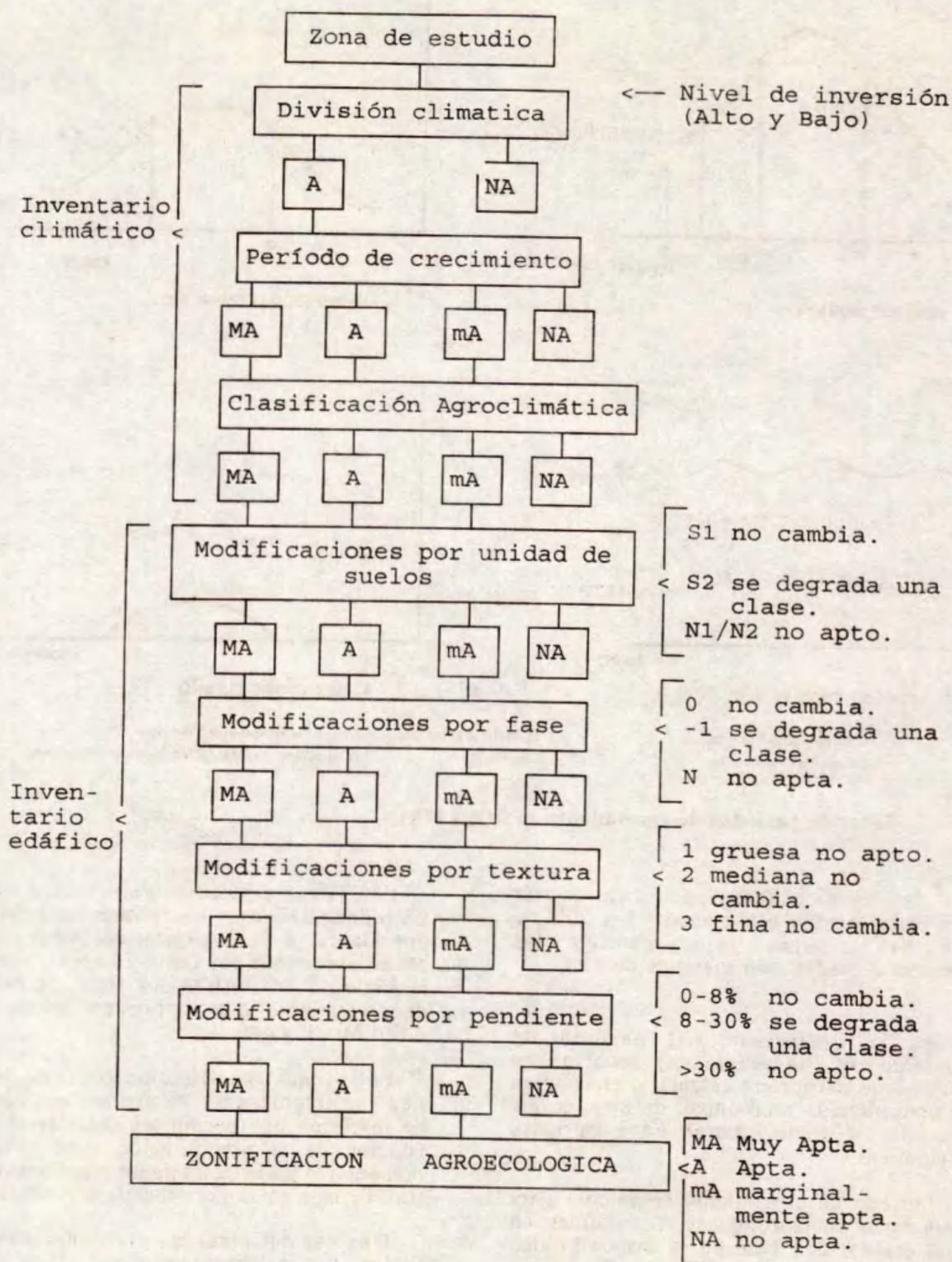


Figura 1. Diagrama simplificado de la metodología de zonificación agroecológica de la FAO (1978) para el cultivo de sorgo en el estado de Veracruz, en condiciones de temporal.



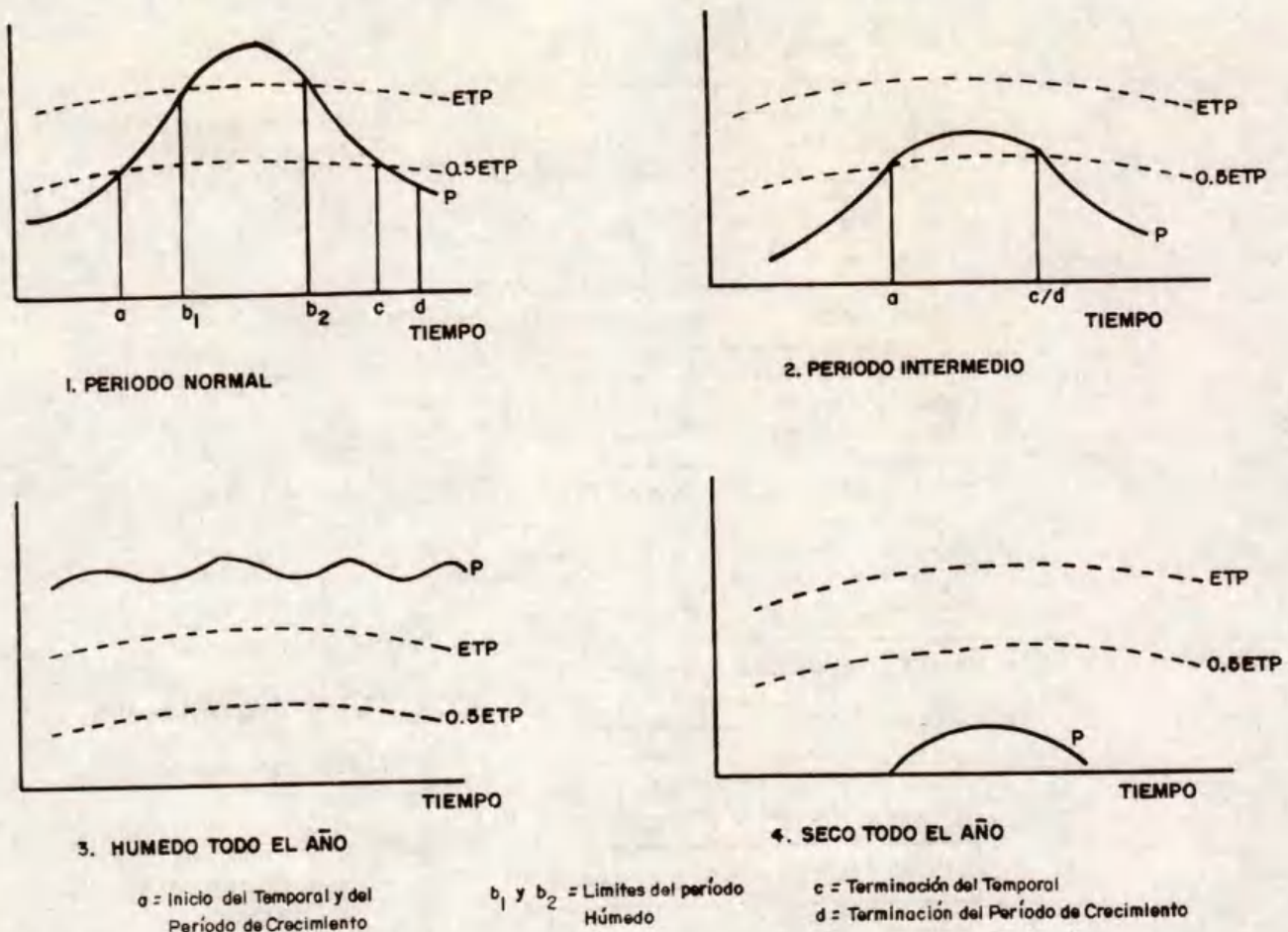


Figura 2. Tipos de períodos de crecimiento (FAO, 1978).

zonas del trópico templado, cuando las temperaturas medias están entre 15 y 20°C; y zonas del trópico frío, cuando las temperaturas medias son menores de 15°C.

b) Para la definición del período de crecimiento (PC) se estimó una ecuación de regresión que permitiera calcularlo en función de la precipitación total anual, de manera que las isoyetas se transformaran en isoperíodos de crecimiento.

El período de crecimiento se calculó para 49 estaciones meteorológicas distribuidas en todo el estado, con base en la disponibilidad de agua y temperaturas existentes, de manera que el balance de humedad comparara los datos mensuales de la precipitación (P) con la evapotranspiración potencial (ETP) (FAO, 1981).

La ETP se calculó mediante la ecuación  $ETP = 0.8 EV$  [donde EV = evaporación mensual], estimada por García y la Organización Meteorológica Mundial (citados por Ortiz y Pájaro, 1988). En la Figura 2 se ilustran los tipos de períodos de crecimiento que se pueden presentar en diferentes lugares.

La segunda modificación consistió en, que una vez obtenidos los PC se estimó una ecuación de regresión que permitiera calcular el PC en función de la precipitación total anual, de manera que las isoyetas de un mapa se pudieran transformar en isoperíodos de crecimiento.

Una vez definidas las divisiones climáticas y los PC se aplicaron la clasificación agroclimática de la FAO (1981) para el cultivo de sorgo y por nivel de inversión (Cuadro 1), con lo cual se definieron las zonas agroclimáticas.



Cuadro 1. Clasificación agroclimática del sorgo en periodos de crecimiento.

DC <sup>a</sup>	NI <sup>b</sup>	Clase de aptitud						
		NA	mA	A	MA	A	mA	NA
----- días -----								
Trop.	Alto	<82	83-104	105-149	150-209	210-239	240-269	>269
Calid	Bajo	<90	90-119	120-149	150-209	210-239	240-269	>269
Trop.	Alto	<150	150-164	165-209	210-254	255-284	285-314	>314
Temp.	Bajo	<150	150-164	165-209	210-254	255-284	285-314	>314

<sup>a</sup> División climática; <sup>b</sup> Nivel de inversión  
 Na = No apta; mA = Marginalmente apta; A = Apta; MA = Muy apta.  
 Fuente: FAO, 1981.

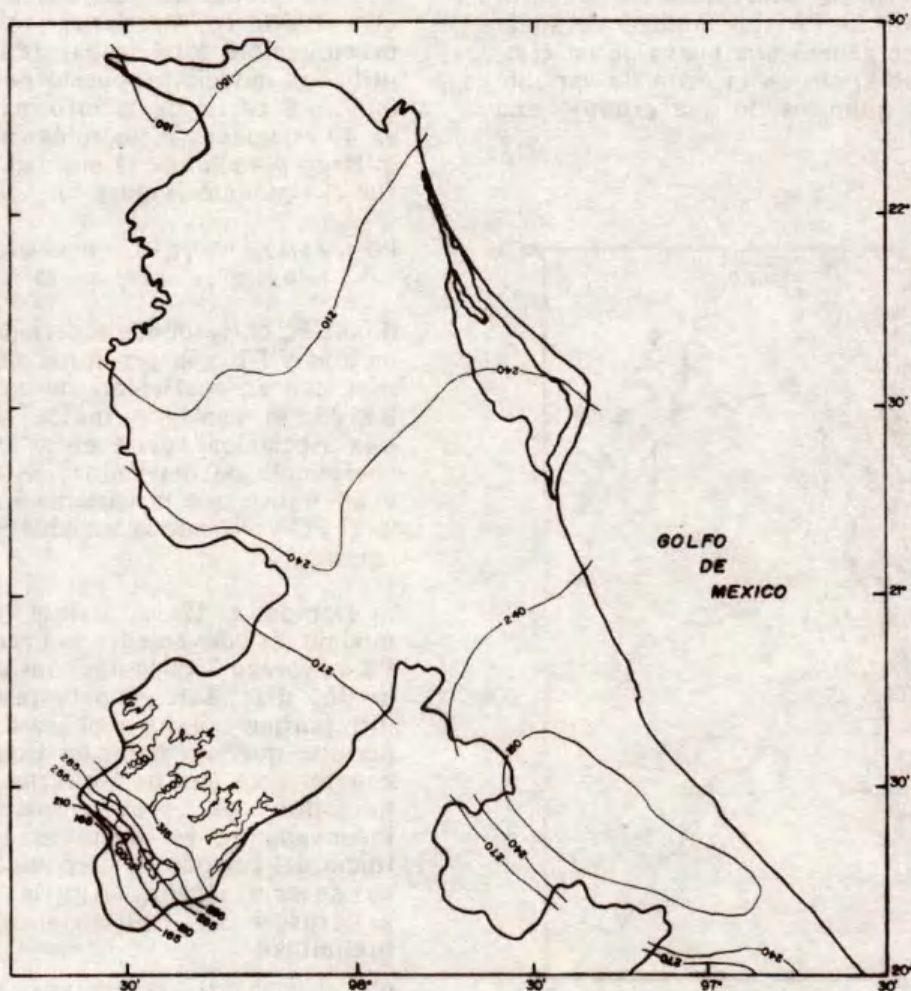


Figura 3. Isolíneas de periodo de crecimiento de la zona norte de Veracruz.



La metodología de la FAO (1978, 1981 y 1985) indica que la diferencia del rendimiento de un cultivo, entre niveles de inversión, genera los límites de las clases de aptitud.

Una vez determinada la zonificación agroclimática del cultivo de sorgo en condiciones de secano con niveles de inversión alto y bajo en el estado de Veracruz, se efectuó un análisis cartográfico paramétrico.

El procedimiento seguido fue el siguiente: 1) se trazaron las isolíneas de los períodos de crecimiento en función de la precipitación, usando la carta de efectos climáticos y se generaron las cartas de zonas agroclimáticas (Figuras. 3, 4 y 5). Se sobrepuso en papel albanene la carta agroclimática sobre la carta de uso potencial agrícola, lo que generó una nueva carta; ésta se sobrepuso en la carta edafológica, con la variable unidad de suelo dominante, y se generó una nueva carta; ésta, a su vez, se sobrepuso en la carta de variable fases físicas y químicas, lo que produjo una

nueva carta y ésta, a su vez, se sobrepuso con la variable textura y se obtuvo otra carta. 3) Por último, la carta anteriormente señalada se sobrepuso en la carta topográfica en la que destacaba la variable pendiente. En cada una de las cartas generadas resultaron cartas con cuatro clases de aptitud, Muy Apta (MA), Apta (A), marginalmente Apta (mA) y No Apta (NA). 4) La carta final obtenida muestra la clasificación de la aptitud de las tierras y por ende, la zonificación agroecológica del cultivo de sorgo en cada una de las áreas donde puede prosperar, en condiciones de temporal en la entidad veracruzana. Para la cuantificación de la superficie se usó la técnica de la malla de puntos.

## RESULTADOS

Para estimar los períodos de crecimiento en el estado de Veracruz con base en la precipitación total anual (PT) en mm, se utilizó el modelo propuesto por Aguilar *et al.* (1992), a partir de la información disponible en 49 estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo y ancho de la entidad. Dicho modelo fue el siguiente (Figura 6):

$$PC = 9.5789 + 0.2075(PT) - 0.0000268(PT)^2 \quad (1)$$

$$r = 0.8123; r^2 = 0.66; n = 49$$

donde PC corresponde al período de crecimiento en días y PT a la precipitación total anual en mm; con un coeficiente de correlación ( $r$ ) de 0.8123, el cual nos indica la existencia de una asociación fuerte entre PT<sub>2</sub> y PC, y un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.66, el cual indica que la variable PT explica en 66 % al PC y 34% de la variable es debida a otras causas.

Debido a la naturaleza matemática del modelo, es conveniente indicar que valores de PT mayores a 2600 mm se consideraron como PC de 365 días. Este modelo resulta sumamente útil porque evita el dato de la ETP y permite que un mapa de isoyetas anuales se convierta en uno de isolíneas de duración de períodos de crecimiento, aunque su inconveniente es el no saber la fecha del inicio del período de crecimiento (IPC). Para su determinación, Aguilar *et al.* (1992) generaron el siguiente modelo simple preliminar:

$$IPC = -1730.1529 + 44.8223(PC) - 0.407135(PC)^2 +$$

$$+ 0.001774(PC)^3 - 0.000003727(PC)^4 +$$

$$+ 0.0000000030250894(PC)^5 \quad (2)$$

$$r^2 = 0.9017$$



Figura 4. Isolíneas de período de crecimiento de la zona centro de Veracruz.



donde IPC corresponde al inicio y PC a la duración del periodo de crecimiento en días, con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) de 0.9017, el cual indica que la variable PC explica en 90.17% al IPC y 9.83% es explicado por factores desconocidos (Figura 7).

Para el cálculo del PC se estimó la precipitación total en función de la precipitación de mayo a octubre (P M-O), debido a que no se encontraron isoyetas anuales a escala 1:250 000, mediante el siguiente modelo (Aguilar *et al.*, 1992):

$$PT = 198.6269 + 1.4057 (P M-O) \quad (3)$$

$$r = 0.959; r^2 = 0.92; n = 69$$

Dicho modelo se aplicó para cada valor de las isoyetas de P M-O, y una vez obtenidos los valores de PT se calculó la duración del PC para cada una de las isoyetas correspondientes mediante el Modelo 1 generado por dichos autores (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores de las isoyetas P M-O, valores resultantes del cálculo de PT y valores del PC calculado.

P M-O	PT	PC
----- mm -----		
550	575	120
625	680	138
700	785	156
800	926	179
900	1067	200
1000	1207	221
1200	1488	259
1400	1769	293
1700	2191	335
2000	2613	369
2300	3035	393
2600	3655	410
3000	4019	411

P M-O = precipitación de mayo a octubre.

PT = precipitación total.

PC = período de crecimiento.

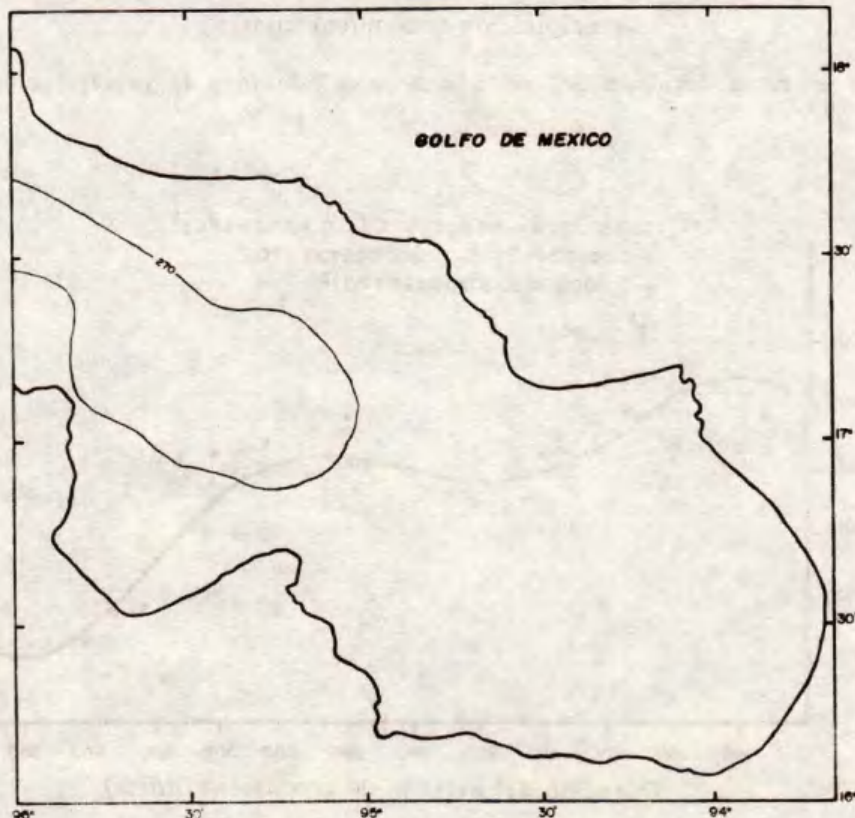


Figura 5. Isolíneas de período de crecimiento de la zona sur de Veracruz.



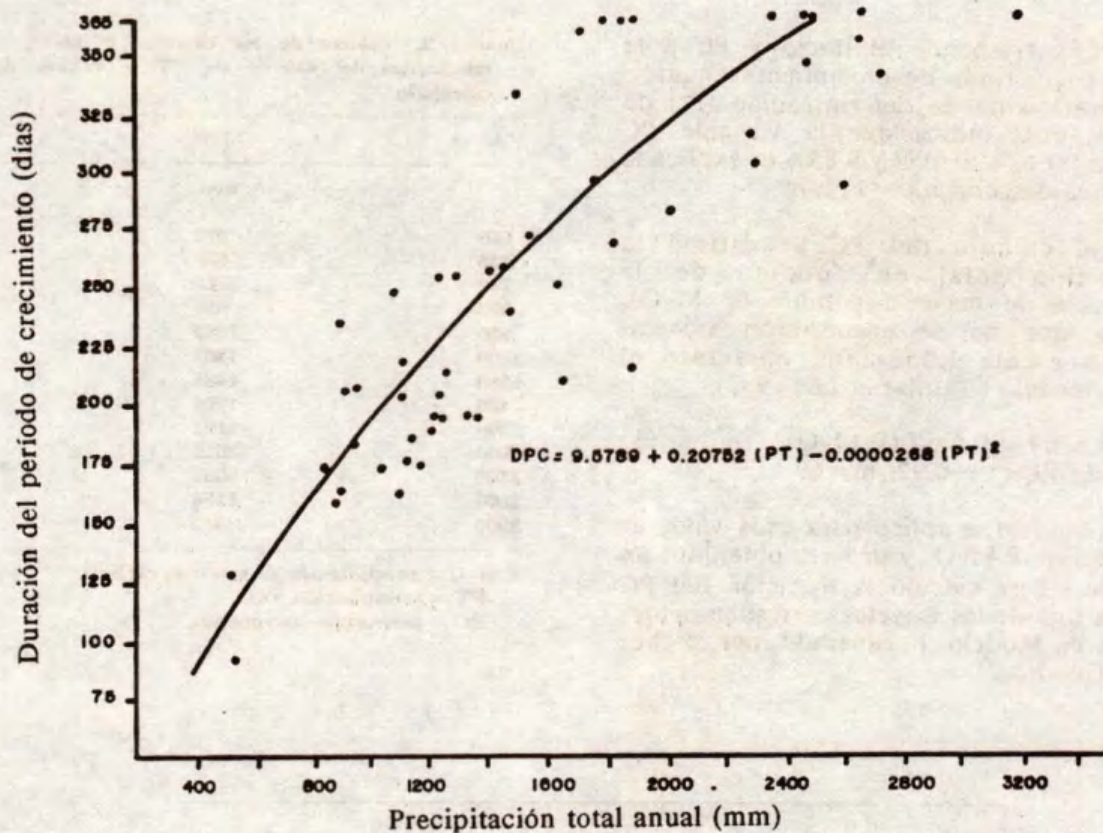


Figura 6. Relación entre la duración del periodo de crecimiento y la precipitación total anual (Aguilar *et al.*, 1992).

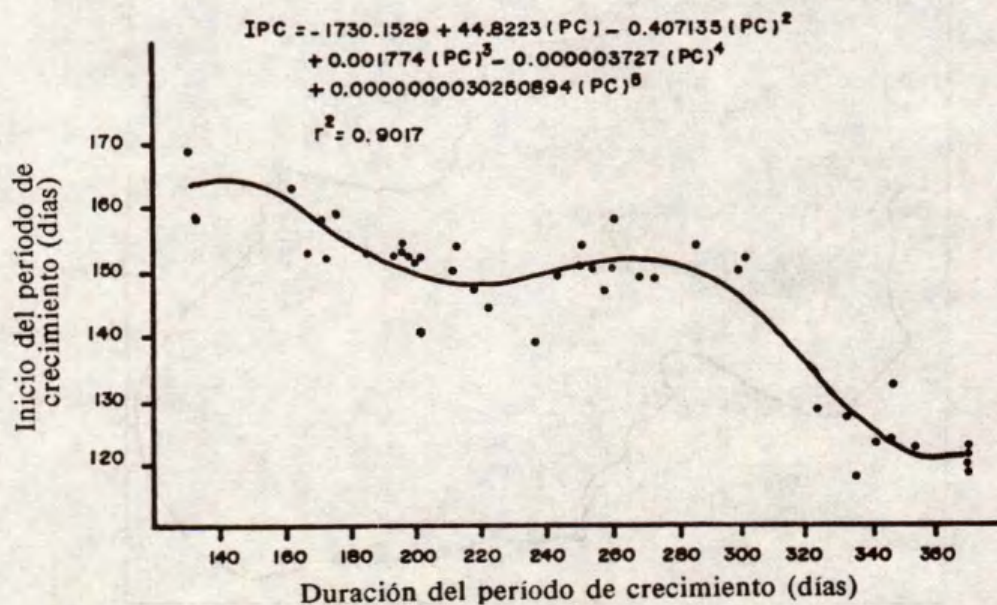


Figura 7. Relación entre el inicio y la duración del periodo de crecimiento.



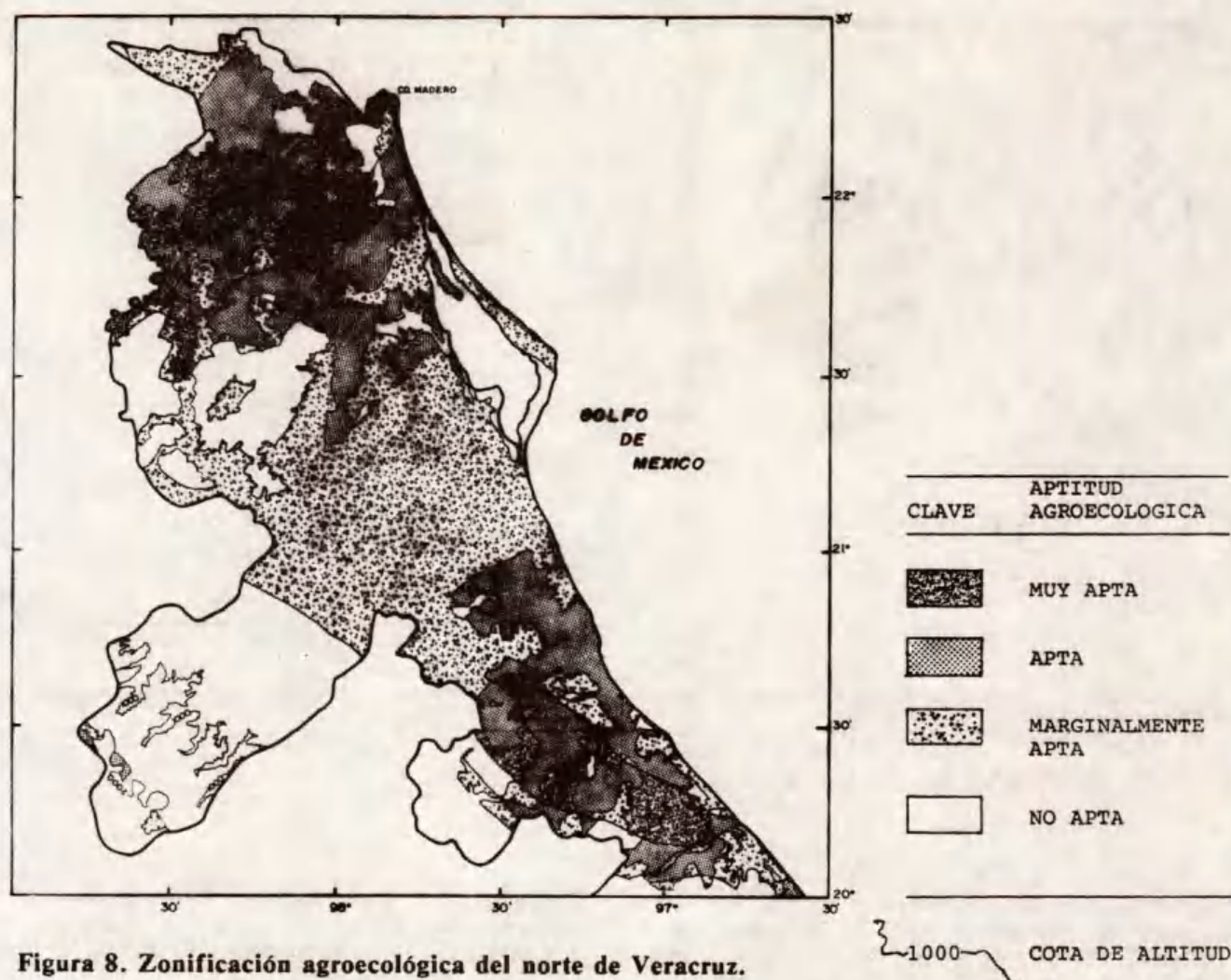


Figura 8. Zonificación agroecológica del norte de Veracruz.

Una vez obtenido el PC fue posible darle valor a las isoyetas y transformarlas en isolíneas básicas con las cuales se pudieron delimitar zonas MA, A, mA y NA para el cultivo de sorgo en el estado de Veracruz, de acuerdo con su aptitud agroclimática. El criterio utilizado para su trazo fue el siguiente: cuando se buscó la zona MA para sorgo con clima tropical caliente y con nivel de inversión alto, que se encuentra entre los valores de período de crecimiento 150 a 209 (Cuadro 2) y, en la cartografía las isolíneas básicas más cercanas eran 138-156 y 200-221, la isolínea de 150 fue trazada en torno al valor de la isolínea básica más cercana (que en este caso fue 156) sin dejar de tomar como punto de referencia el valor de 138; de igual manera el trazo de 209 se hizo más cerca al

valor 200. En las Figuras 3, 4 y 5 se aprecia la zonificación agroclimática de acuerdo con las clases de aptitud por nivel de inversión.

En el Cuadro 3 se presenta la información concentrada sobre la superficie que, por clase de aptitud agroecológica, fue determinada para las tierras de uso potencial en el estado de Veracruz, para los niveles de inversión alto y bajo. En las Figuras 8, 9 y 10 se presenta la zonificación agroecológica de las tierras potenciales para el cultivo de sorgo. De acuerdo con esta información, las tierras de la zona norte se clasificaron en las siguientes categorías: Muy Apta (MA), con 628 750 ha; Apta (A), con 559 375 ha y marginalmente Apta (mA), con 496 500 ha, con nivel de inversión alto. Para la carta de la



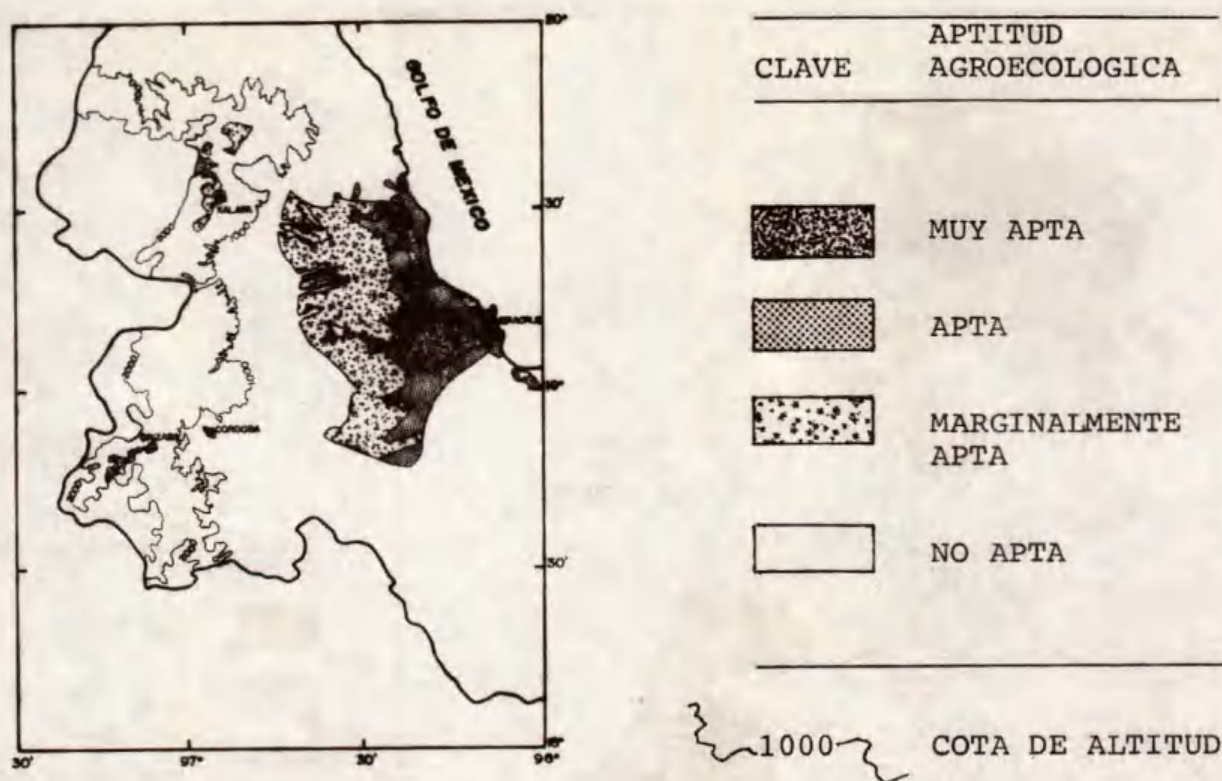


Figura 9. Zonificación agroecológica del centro de Veracruz.

región de Pachuca (única en la que se utilizó el nivel de inversión bajo) la categoría A fue de 7 500 ha y la mA de 12 500 ha, lo que dio un total de 20 000 ha a nivel estatal. La zona norte fue la que presentó mayor aptitud con potencial agroecológico para el cultivo de sorgo en el estado de Veracruz; mientras que para el centro del estado, las categorías de aptitud fueron: MA con 48 7850 ha, A con 134 375 y mA con, 168 750 ha, en la cual la carta de la región de Veracruz se consideró con buen potencial agroecológico para el sorgo. Finalmente, la zona sur sólo presentó la categoría de aptitud mA con 108 750 ha, la cual se considera con bajo potencial agroecológico para dicho cultivo. Se determinó que a las zonas norte, centro y sur les corresponde 79, 16 y 5%, respectivamente, del total de la aptitud agroecológica de las tierras potenciales de labor para el sorgo en el estado.

En general, la superficie que se estimó para la clasificación de la aptitud

agroecológica en el estado de Veracruz fue la siguiente: MA 677 500 ha, A 693 750 ha y mA 774 000 ha, con un total de 2 145 250 ha, con potencial agroecológico para el cultivo de sorgo. De esta superficie se tiene estimado que MA representan 9.3 %, A 9.6 % y mA 10.7 %, con respecto a la superficie total del estado (7 242 007 ha). De esta manera, podemos decir que las tierras con potencial agroecológico para el cultivo del sorgo en condiciones de temporal y con nivel de inversión alto representan 29.6 % de la superficie total del territorio veracruzano.

Los principales factores limitantes de las tierras no aptas para el cultivo de sorgo se relacionan con períodos prolongados de precipitación (PC mayores a 269 días) para un nivel de inversión alto, especialmente en la zona sur y parte de la zona centro, aunado a las regiones con clima tropical templado (bajas temperaturas), así como a características específicas de los suelos, como son unidades de suelos inapropiados,





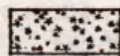
CLAVE	APTITUD AGROECOLOGICA
-------	-----------------------



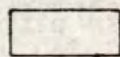
MUY APTA



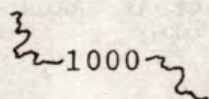
APTA



MARGINALMENTE APTA



NO APTA



1000

COTA DE ALTITUD

Figura 10. Zonificación agroecológica del sur de Veracruz.



**Cuadro 3. Superficie por clase de aptitud agroecológica de las tierras de uso potencial por zona para el cultivo de sorgo con dos niveles de inversión en el estado de Veracruz.**

Carta	Superficie por clases de aptitud agroecológica		
	Nivel de inversión alto		
	MA	A	mA
----- ha -----			
Zona norte			
Cd. Mante	48,125	87,500	31,250
Tampico	393,750	27,500	8,125
Cd. Valles	105,625	71,250	150,625
Tamiahua	2,500	110,000	106,500
Posa Rica	78,750	263,125	200,000
<b>Total</b>	<b>628,750</b>	<b>559,375</b>	<b>496,500</b>
Zona Centro			
Veracruz	46,875	94,375	133,750
Orisaba	1,875	40,000	35,000
<b>Total</b>	<b>48,750</b>	<b>134,375</b>	<b>168,750</b>
Zona sur			
Coatzacoalcos			96,250
Minatitlán			12,500
V. Hermosa			---
<b>Total</b>			<b>108,750</b>
<b>Total por clase de aptitud</b>	<b>677,500</b>	<b>693,750</b>	<b>774,000</b>
<b>Total estatal 2'145,250</b>			
Zona norte	Nivel de inversión bajo (NIB)		
Pachuca		7,500	12,500
<b>Total estatal 20,000</b>			

MA = Muy apta; A = apta; mA = Marginal apta

fases físicas y químicas, texturas gruesas y pendientes pronunciadas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con la metodología de la FAO y con los ajustes hechos para la zonificación agroecológica del cultivo de sorgo en condiciones de temporal para el nivel de inversión alta y baja en el estado de Veracruz, se concluye que en dicha entidad se cuenta con tierras potencialmente agrícolas que tienen diferentes clases de aptitud o productividad para el cultivo de sorgo y, además, se presentan las bases de la zonificación agroecológica-cartográfica del

cultivo de sorgo en función de las condiciones ambientales de clima y suelo. Algunas de las recomendaciones que emanan del presente estudio son: 1) validar las tierras de acuerdo con las clases de aptitud para conocer su potencial productivo en condiciones de campo, 2) la cartografía de la zonificación agroecológica generada en este estudio, puede ser utilizada tanto por el agrónomo investigador como por el extensionista para establecer experimentos en las clases de aptitud de interés y para dar asistencia técnica en áreas potencialmente agrícolas que permitan planificar programas operativos de producción, así como para fines didácticos.

## LITERATURA CITADA

- AGUILAR A., J.L., D. PEREYRA D., y R. ZULUETA R. 1992. Zonificación agroecológica de cultivos en el estado de Veracruz. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, Zona Xalapa. (Curso-Taller).
- DIRECCION GENERAL DE AGRICULTURA Y FITOSANITARIA (DGAF). 1989. Informe del cultivo de sorgo en Veracruz. SEDAP - Gobierno del estado de Veracruz.
- FAO. 1978. Report on the agro-ecological zones project; methodology and results for Africa. World Soil Resources, Rome. Vol. 1 (Report 48).
- FAO. 1981. Report on the agro-ecological zones project; methodology and results for South and Central America. World Soil Resources, Rome. Vol. 3. (Report 48/3).
- FAO. 1985. FAO-UNESCO soil map of the world 1:5 000 000. Rome. (Revised Legend).
- HOUSE L., R. 1982. El sorgo; guía para su mejoramiento genético. UACH, México.
- INEGI. 1983. Cartas de uso potencial agrícola: F14-5, F 14-6, F 14-8, F 14-9, F 14-11, F 14-12, E 14-3, E-14-6, E 15-4, E 15-7, E 15-8, escalas 1:250 000. SPP, México.
- INEGI. 1983a. Cartas edafológicas: F14-5, F 14-6, F 14-8, F 14-9, F 14-11, F 14-12, E 14-3, E-14-6, E 15-4, E 15-7, E 15-8, escalas 1:250 000. SPP, México.
- INEGI. 1983b. Cartas topográficas: F14-5, F 14-6, F 14-8, F 14-9, F 14-11, F 14-12, E 14-3, E-14-6, E 15-4, E 15-7, E 15-8, escalas 1:250 000. SPP, México.
- INEGI. 1983c. Cartas de efectos climáticos: F14-5, F 14-6, F 14-8, F 14-9, F 14-11, F 14-12, E 14-3, E-14-6, E 15-4, E 15-7, E 15-8, escalas 1:250 000. SPP, México.
- INEGI. 1988. Síntesis cartográfica, nomenclator y anexo cartográfico. INEGI, México.
- INEGI. 1991. Anuario estadístico del estado de Veracruz. INEGI, México.
- MARTIN DEL CAMPO V., S., A. PEÑA R., y R.J. ZAPATA A. 1987. La adaptación del sorgo para grano en Aguascalientes. Campo Experimental Pabellón, CIFAP (Ag)-SARH, México. (Folleto técnico 7).
- ORTIZ S., C.A. y D. PAJARO H. 1988. Zonificación agroecológica de cultivos. Colegio de Postgraduados. CEDAF, CRECIDATH. Tepetates, Veracruz. (Curso-taller).



**RESPUESTA DE LA NUEVA VARIEDAD DE ARROZ (*Oryza sativa* L.)  
MORELOS A-92 A LA DENSIDAD DE POBLACION, A LA FERTILIZACION,  
Y A LA FECHA DE TRANSPLANTE EN CONDICIONES DE RIEGO,  
EN DOS LOCALIDADES DEL ESTADO DE MORELOS**

Response of a New Variety of Rice (*Oryza sativa* L.) "Morelos A-92",  
to Rates of Fertilizer, Population Density, and Transplanting Dates  
Under Irrigation, in Two Locations of the State of Morelos.

F.J. Osuna Canizález<sup>1</sup>, A. Turrent Fernández<sup>2</sup>, y R. Moreno Dahme<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental de Zacatepec, CIRCEN, INIFAP,  
Zacatepec, Morelos.

<sup>2</sup>Campo Experimental Valle de México, CIRCEN, INIFAP,  
Chapingo, México.

*Palabras clave:* Respuesta a seis factores de producción, Arroz bajo riego intermitente con entables no estáticos, Diseño factorial en bloques incompletos, Análisis económico.

*Index words:* Response of rice to six experimental factors, irrigated rice, factorial design in incomplete blocks, economic analysis.

#### RESUMEN

El Campo Experimental de Zacatepec liberó en 1992 una nueva variedad de arroz: Morelos A-92, para cultivarse bajo riego, que supera ampliamente en rendimiento y en varias características agronómicas a la variedad previamente recomendada (Morelos A-70). Se condujeron dos experimentos de campo durante el ciclo PV 92-92 con el sistema de transplante en "riego intermitente con entables no estáticos", para cotejar la hipótesis de que el manejo agronómico de la nueva variedad habría de ser más intenso. Los experimentos se realizaron en un Vertisol pélico en Jojutla (900 msnm) y en un Feozem háplico de Cuautla, (1300 msnm). Se estudió

la dosis y el fraccionamiento de N, la dosis de P y de K, la fecha de transplante y la densidad de población. El diseño experimental fue una media repetición de un factorial 2<sup>6</sup>, en cuatro lotes de ocho tratamientos, con dos repeticiones. Se encontró respuesta a la dosis y al fraccionamiento de N, a K, a la fecha de transplante, y a la densidad de población. Los rendimientos medios fueron de 9.35 y de 9.03 t ha<sup>-1</sup> en las localidades de Jojutla y Cuautla. Se encontró respuesta económica a la dosis de 180 kg de N ha<sup>-1</sup> en Jojutla, con el fraccionamiento 2/3 a los 30 días del transplante y 1/3 al inicio del primordio panicular. En Cuautla, la respuesta fue a 150 kg de N ha<sup>-1</sup>, con el fraccionamiento 1/2-1/2, aplicado en iguales oportunidades que en Jojutla. La mejor fecha de transplante fue fines de mayo en Jojutla y fines de abril en Cuautla. La comparación entre lo aprendido en el proyecto y lo previamente conocido en cuanto al manejo agronómico, sugiere la posibilidad de lograr avances significativos en cuanto al rendimiento, el ingreso neto, y el costo de producción por tonelada.

#### SUMMARY

Two field experiments were conducted in a Pelic Vertisol and a Haplic Phaeozem in the State of Morelos (Mexico) under the

Recibido 7-93.



transplanting-irrigation system, in the 1992 Spring-Summer growing cycle. The former field experiment was located at 900 m over the sea level, whereas the latter was at 1300 m over the sea level. These experiments were used to test the hypothesis that a more intensive agronomic management was required for the new rice variety Morelos A-92, which was known to significantly outyield the older Morelos A-70 variety. Two levels of six factors: rates of N, P, and K, timing of N application, transplanting date, and population density, were studied in a half replicate of a  $2^6$  factorial design. The treatments were blocked in four incomplete blocks of eight treatments. Yields averaged  $9.35 \text{ t ha}^{-1}$  in the Vertisol, with response to N, K, O (timing of N), D (population density) and to interactions FD (transplanting date X population density), and ND. Yields averaged  $9.03 \text{ t ha}^{-1}$  in the Phaeozem, with response to N, F, and D, and to interactions KF, and FD. The best treatment combination of factors in the Vertisol was 180-40-00 ( $\text{kg ha}^{-1}$  of  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ), with 2/3 of N being applied 30 days after the transplanting date, and 1/3 of N during panicle initiation, population density of 333 thousand plants  $\text{ha}^{-1}$ , and transplanted by the end of May. The estimated yield was 10.50 ton  $\text{ha}^{-1}$ . The best treatment combination for the Phaeozem was 150-30-00 ( $\text{kg ha}^{-1}$  of  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ), with 1/2-1/2 split application of N, 160 thousand plants  $\text{ha}^{-1}$ , and transplanting date in the third week of April. The associated yield was  $9.8 \text{ t ha}^{-1}$ .

## INTRODUCCION

A partir de la liberación de la variedad mejorada de arroz IR8 por el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz, IIRI, en 1966, se inició en el mundo la sustitución de las variedades tradicionales de arroz por las variedades de alto rendimiento o "modernas", que se caracterizan por tener una relación grano/paja más elevada que las primeras, como producto de su porte bajo o intermedio, y una alta respuesta al uso de insumos, especialmente al nitrógeno (Chandler, 1979; De Datta, 1985). La primera variedad de tipo moderno liberada en México fue la variedad Sinaloa A-68, por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, INIFAP, en 1968. La variedad mejorada de arroz Morelos A-70 liberada por el INIFAP, desplazó a las variedades tradicionales en el Estado de Morelos,

principalmente por su mayor rendimiento y resistencia a las enfermedades prevalentes, además por retener la alta calidad de grano de las variedades tradicionales. Como es sabido, el arroz se cultiva en Morelos bajo el sistema de transplante con riego por inundación. Sin embargo, aquella variedad mejorada ha desarrollado susceptibilidad creciente a la enfermedad conocida como "quemadura o avanamiento", que es causada por el hongo *Pyricularia oryzae*. La nueva variedad Morelos A-92 retiene la alta calidad de grano de la A-70, y a la vez tiene un mayor potencial productivo, y es resistente a las enfermedades prevalentes. El rendimiento promedio de tres localidades del Estado de Morelos, de la variedad Morelos A-92 fue  $9.4 \text{ t ha}^{-1}$  en 1990 y  $11.8 \text{ t ha}^{-1}$  en 1991, en tanto que la variedad A-70 rindió  $5.2$  y  $7.0 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente. La superioridad en el rendimiento promedio fue del 81% en 1990 y de 69% en 1992 (Salcedo, 1992). Se decidió cotejar la hipótesis de que el uso de la nueva variedad mejorada demandaría una fertilización y densidad de población más intensa que la requerida por la variedad Morelos A-70, en virtud de la amplia diferencia en el rendimiento de grano, a favor de la variedad Morelos A-92. Esta diferencia habría de evidenciarse particularmente, en el requerimiento de N (Patnaik y Rao, 1979). También se planteó la hipótesis de una posible interacción entre la altura sobre el nivel del mar de la tierra de labor, y los factores fertilización (dosis de N, P, y K, y oportunidad de la aplicación de N), densidad de población, y fecha de transplante. La experiencia previa indicaba que la variedad A-70 respondía al tratamiento 120-40-0 ( $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ), con 160,000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , en el área arrocerá de Zacatepec (a 900 msnm), y al tratamiento 60-30-0 ( $\text{kg ha}^{-1}$   $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$ ) con la misma densidad de siembra, en el área de Cuautla (a 1300 msnm) (CEZACA, 1988).

## MATERIALES Y METODOS

Se condujeron dos experimentos exploratorios, uno en el Ejido de Cuautla, sobre un Feozem háplico, que es típico de la región arrocerá más alta del Estado de Morelos (1300 msnm), y otro en el Ejido Jojutla sobre un Vertisol pélico, representativo de la zona arrocerá baja del Estado (900 msnm). En el Cuadro 1 se presentan las temperaturas medias, máximas y mínimas de los meses abril a septiembre en Cuautla y en Jojutla. En el



Cuadro 2 se presentan los seis factores estudiados en sus dos niveles en ambos experimentos de tipo exploratorio.

Como fuentes de los fertilizantes se usaron el sulfato de amonio (20% de N), el superfosfato de calcio triple (46% de  $P_2O_5$ ) y el cloruro de potasio (60% de  $K_2O$ ). Se

Cuadro 1. Temperaturas máximas y mínimas de los meses de abril a septiembre de dos localidades del Estado de Morelos.

Meses	Temperaturas mensuales <sup>1</sup>			
	Jojutla		Cuautla	
	Máxima media	Mínima media	Máxima media	Mínima media
	°C			
Abril	36.1	16.4	30.5	13.5
Mayo	35.8	18.5	30.1	15.0
Junio	32.9	19.4	26.9	15.6
Julio	31.4	18.3	25.9	14.9
Agosto	31.4	18.1	24.8	14.5
Septiembre	30.6	18.1	24.6	14.4
Octubre	30.7	16.0	25.1	13.2

<sup>1</sup>La máxima media es el promedio de las temperaturas máximas diarias del mes; la mínima media es el promedio de las temperaturas mínimas diarias del mes.

estudiaron dos niveles de cada uno de los seis factores; en el caso de los fertilizantes, la dosis baja correspondió a la dosis actualmente recomendada por el Campo Experimental de Zacatepec, para la variedad Morelos A-70, y la alta, a la planteada en la hipótesis como la mínima suficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales de la nueva variedad. Los fertilizantes fueron aplicados al voleo, de acuerdo al tratamiento de fraccionamiento de N, en dos ocasiones: el inicio del amacollamiento (30 días después del trasplante) y el inicio del primordio panicular. Las dos fechas de trasplante estudiadas en cada localidad, cubren los períodos de trasplante empleados en ambas zonas arroceras, Jojutla y Cuautla. Se establecieron los almácigos de arroz y se manejaron de acuerdo con las recomendaciones del Campo Experimental de Zacatepec, (CEZACA 1988).

El diseño experimental consistió en una media repetición de un factorial 2<sup>6</sup> lotificado en cuatro lotes de ocho tratamientos cada uno, y repetido dos veces (Cochran y Cox, 1964). El diseño experimental es en realidad de parcelas divididas. El contraste de definición (para fraccionar a la mitad) fue la interacción de mayor orden: NPKFOD, seleccionándose a la mitad de la lista de

Cuadro 2. Factores de la producción y niveles estudiados en dos experimentos con arroz de trasplante, en dos localidades del Estado de Morelos. Ciclo PV 92-92.

Factor	Unidades	Niveles estudiados			
		Cuautla		Jojutla	
		Bajo	Alto	Bajo	Alto
Nitrógeno, N	kg de N ha <sup>-1</sup>	60	150	120	180
Fósforo, P	kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>	30	60	40	80
Potasio, K	kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup>	0	60	0	60
Fecha de trasplante <sup>1)</sup> , F		24-04	19-05	29-04	27-05
Oportunidad de aplicación de N <sup>2)</sup> , O		1/2-1/2	2/3-1/3	1/2-1/2	2/3-1/3
Densidad de población <sup>3)</sup> , D	miles plantas ha <sup>-1</sup>	160	333	160	333

<sup>1)</sup>24-04 es el 24 de abril, etc

<sup>2)</sup>1/2-1/2 significa que se aplicó la mitad de N 30 días después del trasplante, y el resto de N al inicio del primordio panicular. Todo el P y el K se aplicó 30 días después del trasplante.

<sup>3)</sup>Se establecieron las 160 mil plantas por ha, espaciándolas a 25x 25cm, y 333,333 espaciándolas a 20x15cm.



tratamientos que contenía a los tratamientos pares:  $(X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 0 \text{ módulo } 2)$ , según Kempthorne (1952). Los 32 tratamientos de la media repetición, fueron organizados en cuatro lotes de ocho tratamientos cada uno, de acuerdo a un plan de lotificación que tuvo los siguientes contrastes y alias:  $F = \text{NPKOD}$ ,  $\text{KO} = \text{NPF D}$ , y  $\text{FKO} = \text{NPD}$ . Se usó a la fecha de siembra como uno de los tres contrastes de lotificación, para facilitar el trabajo de campo. La información de estos tres contrastes de lotificación sería cotejada como de "parcela grande", en el análisis de varianza. Los ocho tratamientos de cada lote fueron distribuidos al azar, como también se distribuyeron al azar los cuatro lotes de cada repetición. La parcela experimental fue de 4m X 4m, cosechándose como parcela útil 3m X 3m. Antes del establecimiento de los experimentos se tomaron dos muestras compuestas de 15 submuestras, del estrato de 0-30 cm, en cada localidad, para así evaluar algunas propiedades físicas, químicas y de fertilidad, del suelo.

Las plántulas de arroz fueron transplantadas de acuerdo al plan experimental de ambas localidades (Cuadro 2). El plan de protección contra malezas consistió en una aplicación total del herbicida Oxadiazon a razón de  $3 \text{ l ha}^{-1}$ , tres o cinco días después del trasplante, pre-emergente a las malezas. No se hicieron aplicaciones de agroquímicos en contra de insectos o de enfermedades. El manejo del agua de riego consistió en doce riegos intermitentes con dos entables no estáticos de una semana de duración cada uno; el primero a los 5 días del inicio del primordio panicular, y el segundo, durante el período temprano de llenado del grano. La lámina total de riego fue de 200 cm en ambas localidades.

La cosecha se hizo manualmente, cuando el grano tenía un contenido de humedad cercano a 24%. Los rendimientos de grano fueron expresados en toneladas por hectárea ( $\text{t ha}^{-1}$ ), con 14% de humedad. Se realizó el análisis de varianza convencional. Se calcularon los efectos factoriales por el Método Automático de Yates (Cochran y Cox, 1966). Una vez seleccionados los efectos estadísticamente significativos, se recalcularon los rendimientos a partir de tales efectos, usando el procedimiento sugerido por Kempthorne (1952). Se calcularon los ingresos netos asociados con los rendimientos

calculados, y se seleccionó el tratamiento asociado con el máximo ingreso neto.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan algunas características de los suelos en los que se condujeron ambos experimentos. El suelo de la localidad Jojutla posee textura arcilla en su horizonte superficial, con pH ligeramente alcalino, extremadamente rico en calcio y en magnesio aprovechables, medianamente pobre en potasio y pobre en fósforo aprovechables. En contraste, el suelo de la localidad Cuautla es de textura franca, con pH ligeramente ácido, rico en materia orgánica, mediano en calcio y extremadamente rico en magnesio aprovechables, y rico en fósforo y en potasio aprovechables.

Cuadro 3. Algunas características químicas, físicas y de fertilidad de los suelos experimentales del Estado de Morelos (México).

Característica	Jojutla	Cuautla
Gran grupo	Vertisol pélico	Feosem háptico
pH <sup>a)</sup>	7.4	6.6
Materia orgánica, % <sup>b)</sup>	2.3 (mediano)	4.0 (rico)
CE, mjlmbos cm	1.09	0.98
Nt, % <sup>d)</sup>	0.07	0.17
P, ppm <sup>e)</sup>	8 (pobre)	22 (rico)
K, ppm <sup>f)</sup>	106 (med. pobre)	121 (mediano)
Ca, ppm <sup>g)</sup>	10100 (extrem rico)	1372 (mediano)
Mg, ppm <sup>h)</sup>	2230 (extrem rico)	1594 (ext rico)
Grupo textural <sup>i)</sup>	arcilla	franco
a. Arena, %	13.5	49.3
b. Limo, %	19.0	29.0
c. Arcilla, %	67.7	21.7

a) Relación suelo:agua 1:2; determinación con potenciómetro.

b) Método Walkley-Black.

c) Determinado en pasta de saturación, con puente de conductividad.

d) Método Kjeldahl.

e) Método Olsen en Jojutla y Bray P1 en Cuautla.

f), g), h) Extraídos con acetato de amonio 1N, a pH 7.

i) Método de Bouyoucos.

En el Cuadro 4 se presentan los análisis de varianza de los rendimientos de arroz palay observados en las localidades Jojutla y Cuautla. El análisis de varianza de Jojutla muestra efectos principales e interacciones de dos factores, que son estadísticamente significativos. El coeficiente de variación



Cuadro 4. Análisis de Varianza de los rendimientos de arroz palay de dos localidades del Estado de Morelos (México). Ciclo PV 92-92.

Factor	GL <sup>a)</sup>	Localidad Jojutla			Localidad Cuautla		
		SC	CM <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> (t ha <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	FC	SC	CM <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup> (t ha <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	FC
F=NPKOD <sup>b)</sup>	1	0.0083	0.0083	0.01	0.6585	0.6585	9.80
KO=NPF	1	3.4322	3.4322	4.94	0.1899	0.1899	2.83
KFO=NPD	1	0.0046	0.0046	0.01	1.0858	1.0858	16.16*
Repetición	1	4.5002	4.5002	6.47	1.2617	1.2617	18.78*
Error "a"	3	2.0859	0.6953		0.2016	0.0672	
EfecPrin <sup>c)</sup>	5	11.4327	2.2865	6.02*	4.4637	0.8927	1.61
Int2fact <sup>d)</sup>	14	11.5166	0.8226	2.17*	5.8676	0.4191	0.76
Int3fact <sup>e)</sup>	9	6.4450	0.7161	1.89	6.9760	0.7751	1.40
Error "b"	28	10.6306	0.3797		15.4917	0.5533	
Totales	63	50.0567			36.1966		
Coeficiente de variación, %			7.6			7.9	

a) GL significa grados de libertad, SC es suma de cuadrados, Fc es la "F" calculada. El valor de F tabulada para 5% y 1 GL numerador y 3 GL en el denominador es de 10.128. Para 5 y 28 GL es 2.558; para 14 y 28 GL es 2.100, y para 9 y 28 GL es 2.236.

b) F=NPKOD son los dos alias que surgen de haber utilizado sólo media repetición del factorial completo.

c) EfecPrin significa efecto principal. Los cinco efectos principales estimados al nivel intrabloque, tienen como alias a interacciones de 5 factores.

d) Int2fact significa interacciones de dos factores, los cuales tienen como alias a interacciones de cuatro factores.

e) Int3fact significa interacciones de tres factores, que tienen como alias a otras interacciones de tres factores.

fue de 7.6%. El mismo análisis de varianza para Cuautla muestra la inconsistencia de que el cuadrado medio del error "a" es menor al cuadrado medio del error "b", y lo es por casi un orden de magnitud. Se encuentra significancia estadística sólo para una interacción de tres factores. El coeficiente de variación es de 7.9%.

En los Cuadros 5 y 6 se presentan los rendimientos de grano de arroz palay con 14 % de humedad, para las dos localidades, así como los efectos factoriales de seis factores experimentales y sus significancias estadísticas individuales. Hay algunas inconsistencias aparentes entre las pruebas de significancia a nivel global e individual entre los Cuadros 4, 5 y 6. Muchas de esas inconsistencias son explicables por el fenómeno de dilución de las sumas de cuadrados de los pocos grados de libertad, que si son significantes, con las sumas de cuadrados del

resto. El Cuadro 5 muestra significancia estadística a cuatro efectos principales, a dos interacciones de dos factores, y a dos interacciones de tres factores, en la localidad Jojutla. El Cuadro 6 muestra significancia estadística a tres efectos principales, a dos interacciones de dos factores y a dos interacciones de tres factores.

Cabe hacer notar la invalidez del desafortunado supuesto de que no habría interacciones significativas de tres factores o de más, sobre el que se apoyó el fraccionamiento del diseño experimental a su mitad. En ambas localidades hubo dos interacciones significativas de tres factores, quedando totalmente confundidas con sus "alias" (Cochran y Cox, 1964). Una de tales interacciones: NKO = PFD aparece consistentemente en ambas localidades, por lo que se la analizará, a pesar de la limitación señalada. Tal equivaldrá a suponer



**Cuadro 5. Rendimientos experimentales de arroz en dos repeticiones, y efectos factoriales asociados con seis factores en el Ejido Jojutla, Morelos (México).**

Tratamientos experimentales <sup>1)</sup>						Rendimientos(t ha <sup>-1</sup> ) <sup>2)</sup>			Efectos-alias
N	P	K	F	O	D	R I	R II	EFM	
120	40	0	1	1	160	8.807	9.244	9.351	M = NPKFOD
180	40	0	1	1	333	8.712	8.890	+0.605*	N = PKFOD
120	80	0	1	1	333	7.062	7.741	+0.189	P = NKFOD
180	80	0	1	1	160	10.736	9.068	-0.099	NP = KFOD
120	40	60	1	1	333	9.643	8.713	+0.336*	K = NPFOD
180	40	60	1	1	160	10.280	8.733	-0.131	NK = PFOD
120	80	60	1	1	160	10.423	8.915	+0.137	PK = NFOD
180	80	60	1	1	333	10.077	9.497	-0.195	NPK = OFD
120	40	0	2	1	333	8.949	8.320	+0.023	F = NPKOD
180	40	0	2	1	160	9.080	8.448	-0.189	NF = PKOD
120	80	0	2	1	160	8.542	8.123	+0.166	PF = NKOD
180	80	0	2	1	333	10.028	8.750	-0.424*	NPF = KOD
120	40	60	2	1	160	8.598	9.469	+0.029	KF = NPOD
180	40	60	2	1	333	10.115	10.194	+0.126	NKF = POD
120	80	60	2	1	333	11.183	9.849	+0.102	PKF = NOD
180	80	60	2	1	160	9.251	8.342	+0.186	NPKF = OD
120	40	0	1	2	333	8.473	9.557	+0.341*	O = NPKFD
180	40	0	1	2	160	9.673	10.182	+0.191	NO = PKFD
120	80	0	1	2	160	10.296	8.111	+0.102	PO = NKFD
180	80	0	1	2	333	10.913	9.520	-0.174	NPO = KFD
120	40	60	1	2	160	9.661	8.655	-0.463	KO = NPFOD
180	40	60	1	2	333	9.799	10.225	+0.320*	NKO = PFD
120	80	60	1	2	333	9.466	8.324	+0.000	PKO = NFD
180	80	60	1	2	160	9.392	10.084	+0.643*	NPKO = FD
120	40	0	2	2	160	8.945	8.402	-0.021	FO = NPKD
180	40	0	2	2	333	10.260	10.573	+0.078	NFO = PKD
120	80	0	2	2	333	10.068	10.405	+0.141	PFO = NKD
180	80	0	2	2	160	9.080	8.908	+0.129	NPFO = KD
120	40	60	2	2	333	9.020	8.023	-0.017	KFO = NPD
180	40	60	2	2	160	9.452	9.116	+0.120	NKFO = PD
120	80	60	2	2	160	10.423	8.154	+0.289*	PKFO = ND
180	80	60	2	2	333	11.316	10.217	+0.290*	NPKFO = D
Efecto mínimo significativo de parcela grande								0.491 <sup>3)</sup>	
Efecto mínimo significativo de parcela chica								0.262	

1) N es nitrógeno, P es fósforo, K es potasio, F es fecha de transplante, O es oportunidad en la aplicación de N, y D es densidad de población. Ver Cuadro 1.

2) R I y R II sin primera y segunda repetición, EFM significa efecto factorial al nivel medio.

3) Los tres efectos factoriales de parcela grande aparecen subrayados. El nivel de significancia es 5 % para las parcelas grande y chica.

gratuitamente, que el valor de la interacción alias correspondiente: PFD, es cero.

El rendimiento promedio fue de 9.35 t ha<sup>-1</sup> en Jojutla, y de 9.03 t ha<sup>-1</sup> en Cuautla (Cuadros 5 y 6). Esta diferencia puede deberse a que la segunda fecha de siembra realizada en Cuautla tuvo el efecto depresivo de temperaturas nocturnas bajas durante y a

partir del período de espigamiento (IRRI 1976), como se discutirá más adelante. Los resultados que constan en los Cuadros 5 y 6 indican respuesta a cinco de los seis factores experimentales en ambas localidades, si bien, solamente en los casos de los factores nitrógeno y densidad de población, la respuesta se manifestó como efecto principal (positivo). La dosis alta de N, 180 kg ha<sup>-1</sup>,



se asoció con un incremento de  $0.61 \text{ t ha}^{-1}$  de arroz en Jojutla, respecto a la dosis baja de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ). El incremento en el rendimiento en Cuautla fue de  $0.34 \text{ t ha}^{-1}$ ; ( $60$  y  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de N). También fue significativo y positivo el efecto principal del fertilizante potásico, en la localidad Jojutla, donde el contenido de potasio aprovechable del suelo es medianamente pobre. El

incremento medio en el rendimiento fue de  $0.34 \text{ t ha}^{-1}$ . El factor fecha de transplante se asoció con una reducción del rendimiento, en forma de efecto principal, en Cuautla: se obtuvieron  $0.20 \text{ t ha}^{-1}$  menos, en las siembras tardías.

El factor oportunidad de aplicación de nitrógeno aparece como efecto principal

Cuadro 6. Rendimientos experimentales de arroz en dos repeticiones, y efectos factoriales asociados con seis factores en el Ejido Cuautla, Morelos (Morelos).

Tratamientos experimentales <sup>1)</sup>						Rendimientos( $\text{t ha}^{-1}$ ) <sup>2)</sup>			Efectos-alias	
N	P	K	F	O	D	RI	RII	EFM		
60	40	0	1	1	160	8.804	7.902	9.027	M = NPKFOD	
150	40	0	1	1	333	10.397	9.733	+0.338*	N = PKFOD	
60	80	0	1	1	333	9.354	10.274	-0.174	P = NKFOD	
150	80	0	1	1	160	9.595	9.101	+0.124	NP = KFOD	
60	40	60	1	1	333	9.149	9.698	+0.018	K = NPFOD	
150	40	60	1	1	160	8.679	7.483	-0.071	NK = PFOD	
60	80	60	1	1	160	7.915	8.670	-0.064	PK = NFOD	
150	80	60	1	1	333	9.237	8.986	+0.200	NPK = FOD	
60	40	0	2	1	333	8.192	8.652	-0.203*	F = NPKOD	
150	40	0	2	1	160	9.207	9.245	-0.062	NF = PKOD	
60	80	0	2	1	160	8.297	8.016	-0.083	PF = NKOD	
150	80	0	2	1	333	9.166	9.687	+0.296	NPF = KOD	
60	40	60	2	1	160	8.682	10.896	+0.317*	KF = NPOD	
150	40	60	2	1	333	9.453	9.504	+0.010	NKF = POD	
60	80	60	2	1	333	8.779	8.809	-0.122	PKF = NOD	
150	80	60	2	1	160	9.045	9.183	-0.160	NPKF = OD	
60	40	0	1	2	333	9.394	9.279	-0.059	O = NPKFD	
150	40	0	1	2	160	9.668	9.638	-0.013	NO = PKFD	
60	80	0	1	2	160	7.662	9.666	-0.076	PO = NKDF	
150	80	0	1	2	333	8.604	9.406	-0.011	NPO = KFD	
60	40	60	1	2	160	7.895	8.976	+0.109	KO = NPFOD	
150	40	60	1	2	333	9.535	10.544	+0.409*	NKO = PFD	
60	80	60	1	2	333	8.455	9.798	+0.204	PKO = NFD	
150	80	60	1	2	160	10.082	8.560	-0.363*	NPKO = FD	
60	40	0	2	2	160	7.709	10.706	-0.193	FO = NPKD	
150	40	0	2	2	333	8.960	7.675	-0.232	NFO = PKD	
60	80	0	2	2	333	9.094	8.051	+0.175	PFO = NKD	
150	80	0	2	2	160	8.687	8.783	+0.157	NPFO = KD	
60	40	60	2	2	333	8.894	9.271	-0.261*	KFO = NPD	
150	40	60	2	2	160	8.675	9.137	+0.047	NKFO = PD	
60	80	60	2	2	160	7.942	8.602	-0.066	PKFO = ND	
150	80	60	2	2	333	9.193	9.415	+0.362*	NPKFO = D	
Efecto mínimo significativo de parcela grande								0.153 <sup>3)</sup>		
Efecto mínimo significativo de parcela chica								0.316		

1) N es nitrógeno, P fósforo, K potasio, F fecha de transplante, O es oportunidad de fertilización con N, y D es densidad de población. Ver Cuadro 1.

2) RI, II sin primera y segunda repetición, EFM significa efecto factorial al nivel medio.

3) Los tres efectos factoriales de parcela grande aparecen subrayados. El nivel de significancia es de 5 % para las parcelas grande y chica.



positivo en Jojutla. La aplicación de 2/3 de la dosis de N 30 días después del transplante, y el resto al inicio del primordio floral, se asoció con un incremento medio de  $0.34 \text{ t ha}^{-1}$ , respecto del fraccionamiento 1/2-1/2 en las mismas dos ocasiones. No hubo respuesta a este factor en Cuautla. Tampoco hubo respuesta en ambas localidades, a la dosis de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  adicional a la dosis recomendada de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Los factores: fecha de transplante y densidad de población, se comportaron como "no-aditivos", al ser su interacción significativamente diferente a cero en ambas localidades, si bien con signos opuestos. Para analizar objetivamente esta interacción se promediaron los ocho rendimientos observados que se asociaron con la densidad de población baja en la primera fecha de transplante, en ambas repeticiones, ignorando a los demás factores: 16 observaciones. Hay además, 16 observaciones de rendimiento para los tres grupos restantes de densidad de población y de fecha de siembra, que completan el factorial  $2^2$ .

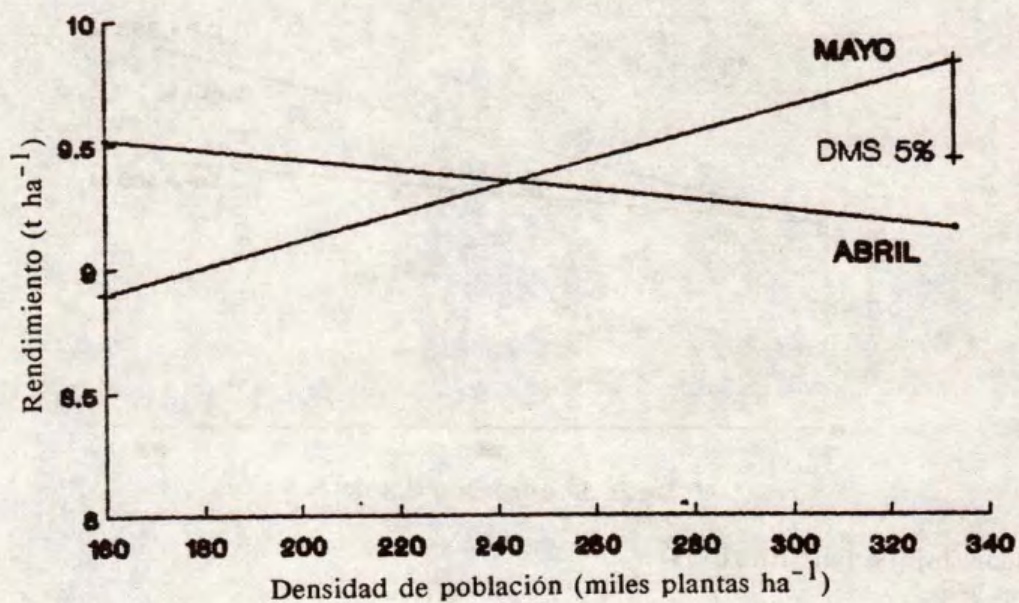
En la Figura 1a se muestra la interacción FD, que fue positiva en Jojutla: la respuesta a la densidad de siembra es negativa o nula cuando el transplante se realizó en abril; es en cambio positiva y claramente significativa, cuando se transplantó en mayo. En Cuautla (Figura 1b), ocurrió casi lo opuesto. La respuesta fue positiva y significativa a la densidad de población, cuando se transplantó en abril, en tanto que no la hubo para el transplante hecho en mayo. Además, el efecto principal de la fecha de transplante fue depresivo. Una hipótesis plausible para entender este comportamiento de la variedad Morelos A-92, es que ésta no posee los genes específicos de tolerancia a las temperaturas bajas durante su floración. Según lo señalado por los investigadores del Instituto Internacional de Investigaciones en Arroz, IRRI, tan sólo cinco días durante el inicio de los primordios florales, en los que las temperaturas diurnas alcanzan  $20^\circ\text{C}$  o menos, y las nocturnas  $15^\circ\text{C}$  o menos, provocarían la esterilidad de gran parte de las espiguillas de las variedades susceptibles al frío (IRRI, 1976). Las variedades tolerantes al frío incluidas en el mismo estudio del IRRI, mostraron menores proporciones de esterilidad en sus espiguillas. La floración del experimento realizado en Jojutla, a 900 msnm, ocurrió el 11 de agosto y el 28 de agosto para las fechas de transplante: 29 de abril y 27 de mayo, respectivamente.

Las medias de las temperaturas mínimas del mes de agosto son de  $18.1^\circ\text{C}$  en Jojutla. En el experimento realizado en Cuautla, a 1300 msnm, la floración de lo transplantado el 24 de abril fue el 19 de agosto, y el 5 de septiembre de lo transplantado el 19 de mayo. Las medias de las temperaturas mínimas diarias son  $14.5$  y  $14.4^\circ\text{C}$  en los meses de agosto y septiembre, respectivamente, en Cuautla. Esto sería consistente con un posible efecto de esterilidad, si la variedad Morelos A-92 no fuera tolerante al frío. El efecto de esterilidad debida al frío, sería mayor claramente, en las siembras atrasadas.

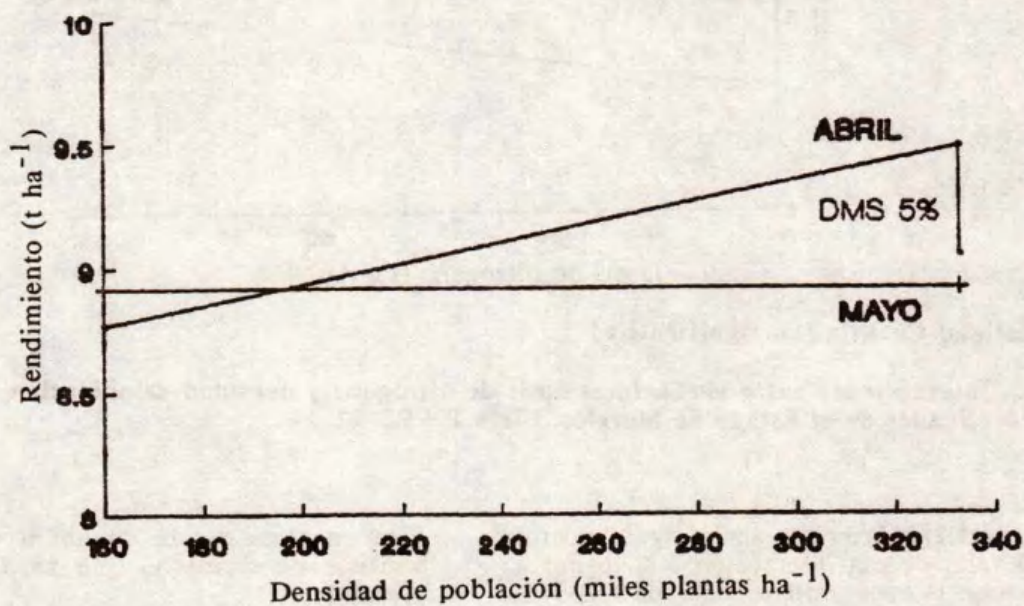
En ambas localidades hay respuesta a la dosis adicional de N en forma de "efecto principal", siendo menor en el Feozem de Cuautla, que tiene 4% de materia orgánica, que en el Vertisol de Jojutla, que tiene menos materia orgánica (2.3%). La respuesta a N también se manifiesta como una interacción positiva con la densidad de población en Jojutla (Figura 2a) la respuesta a N es mayor en presencia de 333 mil plantas por hectárea, que en presencia de 160 mil plantas por hectárea. No se detecta esta interacción en Cuautla (Cuadros 5 y 6, y Figura 2b), donde la respuesta a la dosis adicional de N es del mismo orden de magnitud para ambas densidades de población.

En ambas localidades Jojutla y Cuautla, hubo respuesta a la fertilización con K. La diferencia entre no aplicar K y aplicar  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  fue de un tercio de tonelada de arroz palay por hectárea, en el Vertisol de Jojutla. También la respuesta al K se manifestó como una interacción positiva de tres factores: NKO = PFD (Cuadro 5 y Figuras 3a y 3b). Como se advierte previamente, la interacción NKO sólo sería estimable bajo la suposición gratuita de que, el valor de la interacción PFD, alias de NKO fuera cero. Bajo esta advertencia, se aprecia en la Figura 3a que, cuando el N se aplicó a razón de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ , y con la oportunidad de 1/2-1/2, (la primera mitad a los 30 días del transplante, y la segunda mitad al inicio del primordio panicular), hubo una amplia y significativa respuesta al K:  $+1.25 \text{ t ha}^{-1}$ . En cambio, la respuesta fue de sólo  $+0.35 \text{ t ha}^{-1}$ , (y no significativa), cuando la dosis de N fue de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$ , bajo el mismo tratamiento de oportunidad en la aplicación de N. Cuando la oportunidad de aplicación de N fue de 2/3-1/3 (Figura 3b), no hubo respuesta a la aplicación de K. El diferente patrón de la interacción





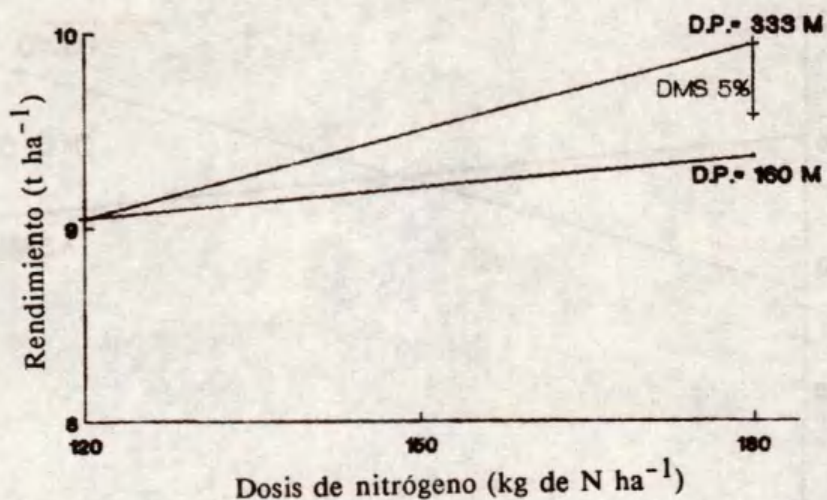
1a. Localidad Jojutla (Interacción significativa).



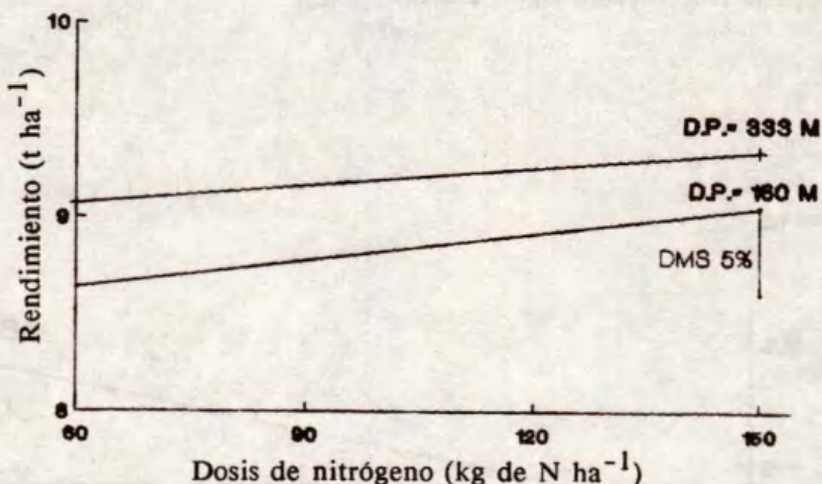
1b. Localidad Cuautla (Interacción significativa).

Figura 1. Interacción entre los factores fecha de transplante y densidad de población del arroz, en dos localidades del Estado de Morelos. Ciclo PV 92-92.





### 2a. Localidad Jojutla (significativa)



### 2b. Localidad Cuautla (no significativa)

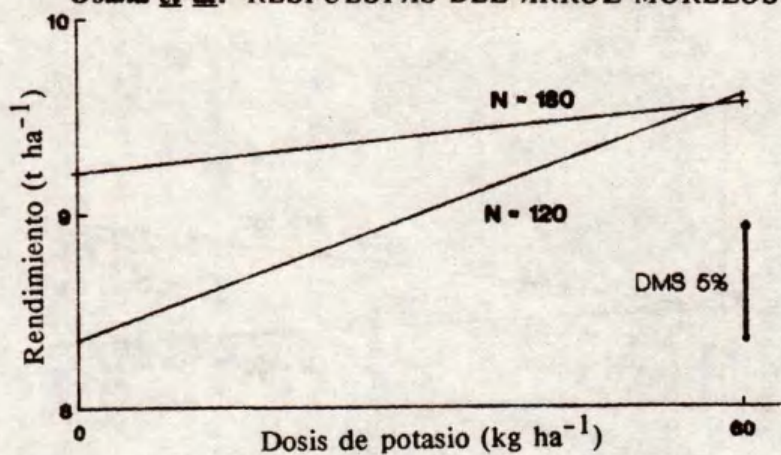
Figura 2. Interacciones entre los factores dosis de nitrógeno y densidad de población de arroz, en dos localidades de el Estado de Morelos. Ciclo PV 92-92.

NK al nivel 2/3-1/3 (interacción igual a cero) y el del valor de esa interacción NK menor a cero cuando la oportunidad de N fue 1/2-1/2, se refleja como una interacción NKO positiva, según se observa en el Cuadro 5. En resumen, las Figuras 3a y 3b sugieren que lo más apropiado para Jojutla sería la dosis de N de 180 kg ha<sup>-1</sup>, aplicada en la oportunidad 2/3 a los 30 días del transplante y 1/3 al inicio del primordio panicular, sin aplicación de K.

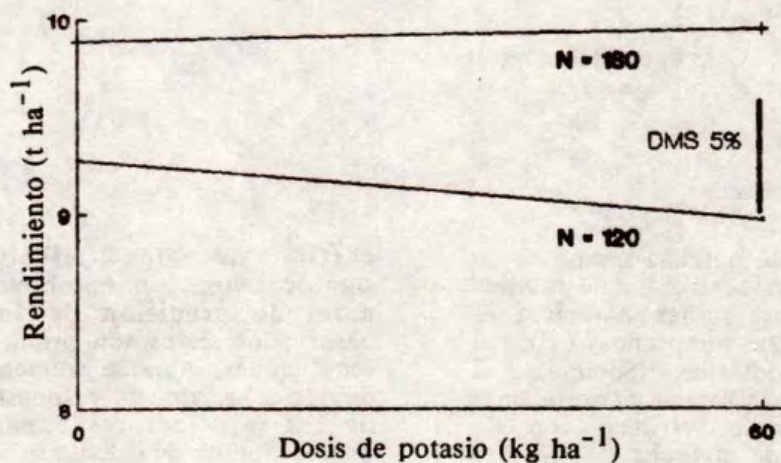
Esta conclusión está sujeta al resultado del análisis económico, que será hecho más adelante.

En el Feozem de Cuautla, la respuesta al K se manifestó como las interacciones +KF, +NKO (Cuadro 6). La primera refleja que en ausencia de fertilización con K, la fecha tardía de transplante se asoció con una reducción significativa de 0.5 t ha<sup>-1</sup> en el

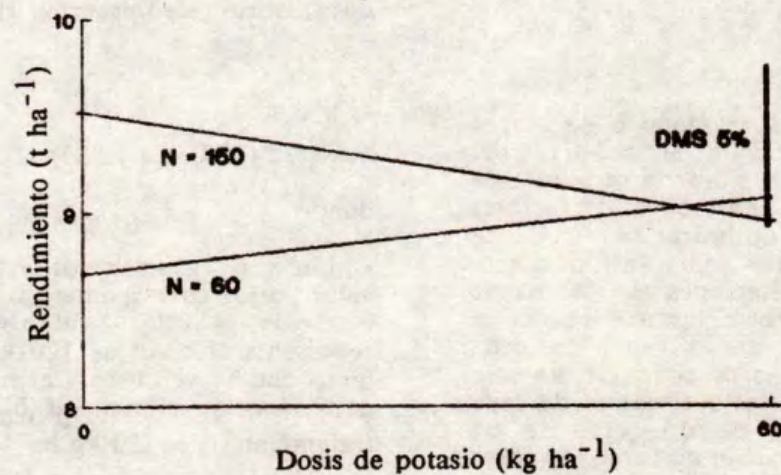




3a. Oportunidad N 1/2-1/2. Localidad Jojutla



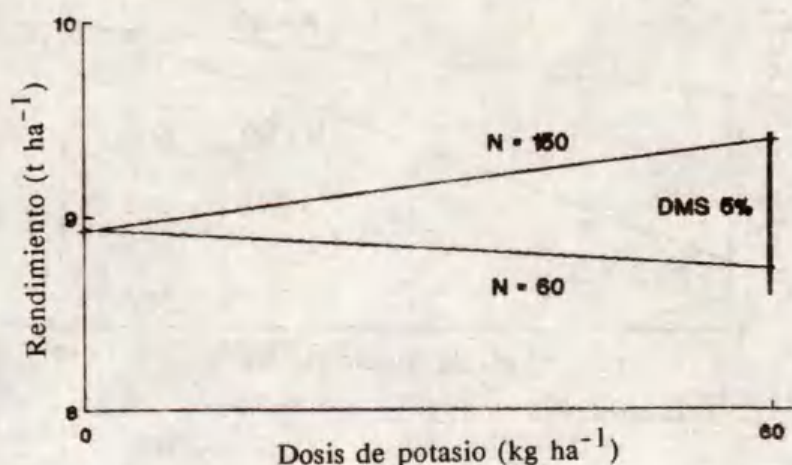
3b. Oportunidad N 1/2-1/2. Localidad Jojutla



3c. Oportunidad N 1/2-1/2. Localidad Cuautla

Figura 3. Interacciones entre los factores dosis de nitrógeno y de potasio, y la oportunidad en la aplicación de nitrógeno en dos localidades del Estado de Morelos. Ciclo PV 92-92.





### 3d. Oportunidad N 1/2-1/2. Localidad Cuautla

Figura 3. Continuación.

rendimiento, respecto a la fecha temprana de ésta, en tanto que la fertilización potásica anuló tal reducción. En resumen, pareciera ser más rentable transplantar temprano y evitar el gasto en fertilizante potásico. Sólomente si la siembra hubiera de atrasarse, por razones exógenas, sería necesario fertilizar con K, para reducir el daño de la fecha de siembra tardía. En las Figuras 3c y 3d se muestran los patrones de respuesta al K dentro de la interacción NKO, en el mismo Feozem de Cuautla.

#### Análisis económico.

Se realizó el análisis económico de ambos experimentos, aún cuando el objetivo del proyecto era tan sólo explorar la respuesta de la nueva variedad de arroz a varios factores tecnológicos, y no de optimizar su uso. Este ejercicio ha de tomarse como introductorio, dadas las obvias limitaciones de la matriz experimental usada, entre las que resalta la de incluir tan sólo dos niveles de cada factor. Este ejercicio ha de conducir tan sólo a seleccionar a uno de los dos niveles de cada factor experimental, de un total de 64 combinaciones posibles. Sin embargo, lo hasta aquí analizado sugiere cambios drásticos a lo previamente recomendado. Será necesario desde luego, realizar el trabajo de optimización de los factores experimentales clave. Se hizo el ejercicio de recalculer los rendimientos a

partir de los efectos factoriales significativos, con el objeto de mejorar el nivel de precisión de los rendimientos observados. Estos son promedios de sólo dos repeticiones, aunque aumentables a cuatro, debido a la falta de respuesta a fósforo, uno de los seis factores experimentales. El procedimiento de cálculo se basó en ecuaciones como la que sigue, que corresponde al caso particular de Jojutla. Se consideran sólomente los efectos principales y las interacciones de dos factores (Kempthorne, 1952):

$$n_i k_j l_m^o d_q =$$

$$M + 1/2 [\pm(N) \pm(K) \pm(O) \pm(D) \pm(FD) \pm(ND)]$$

donde:

$i, j, l, m$  y  $q$  asumen los valores 0 y 1. El valor cero corresponde al nivel bajo del factor, y el valor 1 al nivel altp. Así,  $n_0$  representa al nivel de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N,  $e_1$  tanto que  $n_1$  representa al nivel 180 kg ha<sup>-1</sup> de N. La expresión  $n_0 k_0 f_0 o_0 d_0$  corresponde al tratamiento N = 120 kg ha<sup>-1</sup>, K = 0 kg ha<sup>-1</sup>, F = 20-04, O = 1/2-1/2, y D = 160 mil pt ha<sup>-1</sup>. Todos son los niveles bajos estudiados. Finalmente, se deja constante el nivel de P en 40 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, por no haber habido respuesta a este factor.



Cuando la variable  $i$  asume el valor cero, el signo que precede al paréntesis del efecto principal  $N$ , se asocia con el signo negativo, en tanto que cuando  $i$  asume el valor de 1, el signo seleccionado es el positivo. De la misma manera las variables  $j$ ,  $l$ ,  $m$ , y  $q$ , afectan al signo que precede a los efectos principales correspondientes.

$M$  es el rendimiento medio observado.

$N$  es el efecto principal del factor dosis de fertilizante  $N$ .

$K$  es el efecto principal del factor dosis de fertilizante  $K$ .

$O$  es el efecto principal del factor oportunidad en la aplicación de  $N$ .

$D$  es el efecto principal del factor densidad de población.

$FD$  es la interacción entre los factores fecha de transplante y  $D$ .

$ND$  es la interacción entre los factores  $N$  y  $D$ .

La ecuación para Jojutla es específicamente:

$$n_j k_l f_m o_q =$$

$$9.351 + 1/2 [\pm(+0.605) \pm(+0.336) \pm(+0.341) \pm(+0.290) \pm(+0.643) \pm(+0.289)].$$

Los coeficientes y valores de esta ecuación provienen del Cuadro 5. De la ecuación anterior se generan los 32 rendimientos calculados para los 32 tratamientos enlistados en el Cuadro 7. También se presentan los rendimientos correspondientes a la localidad Cuautla, en la que por sólo haber habido respuesta a los factores experimentales  $N$ ,  $K$ ,  $F$ , y  $D$ , la lista de tratamientos calculados es de 16. Por razones de economía de espacio no se presenta la lista de tratamientos correspondiente a la localidad Cuautla, que difiere tan sólo en las dosis de  $N$  y de  $P$ , respecto a la localidad Jojutla, como se explica previamente. Para calcular el ingreso neto por hectárea y el costo de producción de la tonelada de arroz palay, se usó el precio de venta de  $N\$ 1030 \text{ ton}^{-1}$ , los costos de  $N\$ 2.62 \text{ kg}^{-1}$  para la unidad de  $N$ , de  $\$ 2.27$  para el fertilizante  $K$ , de  $N\$ 550 \text{ ha}^{-1}$  para el costo del transplante de la densidad de población baja, y  $N\$ 616 \text{ ha}^{-1}$  para la densidad de población alta. Se supuso un costo financiero del capital de 19.5 % anual. El costo fijo directo fue de  $N\$ 4547.5 \text{ ha}^{-1}$  (Osuna, 1992).

El tratamiento que se asoció con el mayor ingreso neto por hectárea y con el menor costo de producción por tonelada de arroz palay para Jojutla, fue: 180-40-0 ( $\text{kg ha}^{-1}$  de  $N-P_2O_5-K_2O$ ), aplicando 2/3 de  $N$  y todo el  $P$  30 días después del transplante, y el resto del fertilizante nitrogenado, al inicio del primordio panicular; el transplante se realizó a fines de mayo, a razón de 333 mil plantas por hectárea. El costo de producción por tonelada fue, como era de esperarse, el valor más bajo observado:  $N\$ 559$ . La relación beneficio/costo para este tratamiento fue de 1.843, equivalente al rendimiento mensual del 7 % durante 9 meses.

Si por razones exógenas, el transplante hubiera de ser realizado a fines de abril, y no a fines de mayo en Jojutla, el mejor tratamiento en cuanto al máximo ingreso neto y mínimo costo por tonelada de arroz, sería 180-40-0  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $N-P_2O_5-K_2O$ , aplicado según la oportunidad 2/3-1/3, y con 160 mil plantas por hectárea. El ingreso neto sería de  $N\$ 4414 \text{ ha}^{-1}$  y el costo por tonelada  $N\$ 584$ .

El mejor tratamiento para la localidad Cuautla fue el 150-30-00  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $N-P_2O_5-K_2O$ , aplicando la mitad de la dosis de  $N$  y todo el  $P$  a los 30 días del transplante, y el resto de  $N$  al inicio del primordio panicular; la fecha de transplante fue el 24 de abril, con 333 mil plantas por hectárea. El ingreso neto fue de  $N\$ 4331 \text{ ha}^{-1}$ , y el costo por tonelada de  $N\$ 589$ . Si por razones exógenas hubiera de transplantarse en la tercera semana de mayo, el mejor tratamiento sería el 150-30-60  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $N-P_2O_5-K_2O$  aplicado según el tratamiento 1/2-1/2, y transplantando 160 mil plantas por hectárea. El ingreso neto asociado fue de  $N\$ 3680 \text{ ha}^{-1}$ , y el costo por tonelada de  $N\$ 633$ .

En el mismo Cuadro 7 hay información que permite evaluar la contribución práctica de lo aprendido en el proyecto que se analiza, respecto a la tecnología previamente disponible para la producción de arroz en Morelos. Esta tecnología recomienda el tratamiento 120-40-00  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $N-P_2O_5-K_2O$  1/2-1/2, con 160 mil plantas por hectárea, para Jojutla, y el tratamiento 60-30-00, 1/2-1/2, con 160 mil plantas por hectárea, para Cuautla. Esta tecnología es insensible al periodo de transplante, que es el acostumbrado por los productores: abril y mayo en ambas regiones.



Cuadro 7. Tratamientos experimentales, rendimientos calculados, ingresos netos, y costos de producción por tonelada de arroz palay en dos localidades del Estado de Morelos (México).

Tratamientos <sup>a)</sup>						Localidad Jojutla			Localidad Cuautla		
N	P	K	F	O	D	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	Ingreso neto N\$ ha <sup>-1</sup>	Costo <sup>b)</sup> por ton N\$	Rendimiento t ha <sup>-1</sup>	Ingreso neto N\$ ha <sup>-1</sup>	Costo por ton N\$
120	40	00	1	1	160	8.80	3425	640	8.76	3553	624
120	40	00	1	1	333	8.16	2698	699	9.48	4226	584
120	40	00	2	1	160	8.16	2766	690	8.60	3388	636
120	40	00	2	1	333	8.80	3357	648	8.60	3320	644
120	40	00	1	2	160	9.60	4249	587			
120	40	00	1	2	333	8.96	3522	636			
120	40	00	2	2	160	8.96	3590	629			
120	40	00	2	2	333	9.60	4181	594			
120	40	60	1	1	160	9.60	4107	602	8.44	3081	665
120	40	60	1	1	333	8.96	3380	652	9.16	3755	620
120	40	60	2	1	160	8.96	3448	645	8.92	3508	637
120	40	60	2	1	333	9.60	4039	609	8.92	3508	637
120	40	60	1	2	160	9.48	3983	609			
120	40	60	1	2	333	8.84	3256	661			
120	40	60	2	2	160	8.84	3324	653			
120	40	60	2	2	333	9.48	3915	616			
180	40	00	1	1	160	9.12	3590	636	9.10	3657	628
180	40	00	1	1	333	9.06	3461	647	9.82	4331	589
180	40	00	2	1	160	8.48	2931	684	8.94	3492	639
180	40	00	2	1	333	9.70	4120	605	8.94	3424	647
180	40	00	1	2	160	9.92	4414	584			
180	40	00	1	2	333	9.86	4285	595			
180	40	00	2	2	160	9.28	3755	625			
180	40	00	2	2	333	10.50	4944	559			
180	40	60	1	1	160	9.92	4272	599	8.78	3185	667
180	40	60	1	1	333	9.86	4143	609	9.50	3859	624
180	40	60	2	1	160	9.28	3613	640	9.26	3680	633
180	40	60	2	1	333	10.50	4802	572	9.26	3612	640
180	40	60	1	2	160	9.80	4149	606			
180	40	60	1	2	333	9.74	4019	617			
180	40	60	2	2	160	9.16	3490	648			
180	40	60	2	2	333	10.38	4678	579			

a) Las dosis de N son 60 y 150 kg ha<sup>-1</sup> en la localidad Cuautla. La dosis fija de P es 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> también en la localidad Cuautla.

b) El costo fijo directo fue de N\$ 4547.5 ha<sup>-1</sup>. Esto incluye la labranza primaria, el manejo del almácigo, el acondicionamiento del terreno para el riego, la protección con herbicida, el riego, pajareo, cosecha, cosido de bultos, y acarreo. El costo financiero del capital fue de 4.1% para el período.

Puede verificarse que en el caso de Jojutla, lo aprendido permite ingresos netos superiores en N\$ 2178 ha<sup>-1</sup>, reducciones de N\$ 131 por tonelada producida, y rendimientos superiores en 2.34 t ha<sup>-1</sup>, en las siembras de mayo. Las diferencias por los mismos conceptos serían de N\$ 989 ha<sup>-1</sup>, N\$ 56 ton<sup>-1</sup>, y de 1.12 t ha<sup>-1</sup>, para las siembras de abril.

Claramente, las diferencias son producto de la interacción entre la nueva variedad y las prácticas agronómicas.

La contribución potencial de lo aprendido para Cuautla es menos impresionante, pero también contundente. En las siembras de abril



se amplía el ingreso neto en N\$ 778 ha<sup>-1</sup>, se reduce en N\$ 35 el costo de la tonelada de arroz palay, y se aumenta el rendimiento en 1.06 t ha<sup>-1</sup>. Para las siembras de mayo, se amplía el ingreso neto en N\$ 292 ha<sup>-1</sup>, se reduce el costo de producción en N\$ 3 por tonelada y se aumenta el rendimiento en 0.66 t ha<sup>-1</sup>.

Las evidencias encontradas son claras en cuanto a que las prácticas agronómicas requeridas para el aprovechamiento óptimo de la nueva variedad de arroz Morelos A-92, pueden diferir significativamente de las prácticas previamente recomendadas para la variedad Morelos A-70. Es por tanto necesario realizar el trabajo de optimización de los factores controlables de la producción, con énfasis en la fertilización, en la fecha de siembra y en la densidad de población.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se encontraron evidencias de que la nueva variedad Morelos A-92 podría requerir un manejo agronómico sustancialmente diferente del que se recomienda actualmente para la variedad Morelos A-70. Aparentemente se requeriría intensificar el uso de fertilizante nitrogenado, y cambiar su fraccionamiento. Se requeriría también intensificar la densidad de población. Se encontró que la mejor fecha de siembra fue la de finales de mayo para el área de Jojutla (900 msnm), en tanto que para el área de Cuautla (1300 msnm), la mejor fecha fue la de finales de abril. También se encontraron evidencias de respuesta económica al fertilizante K, si bien, sólo para las siembras obligadamente tardías del área de Cuautla.

Se encontraron evidencias de que algunas de las interacciones de tres factores, de los seis factores estudiados, pueden ser estadis-

ticamente significativas, lo que debe de ser tomado en cuenta en futuros estudios de respuesta múltiple del arroz. Se encontraron evidencias de que en los Vertisoles de Jojutla es más eficiente fraccionar el fertilizante nitrogenado a razón de 2/3 a los 30 días del transplante, y el resto, al inicio del primordio panicular. En cambio en los Feozem de Cuautla, es mejor el fraccionamiento 1/2-1/2. También se encontró que los transplantes de mayo en la región alta de Morelos, pueden sufrir tensión por temperaturas bajas.

#### LITERATURA CITADA

- CAMPO EXPERIMENTAL ZACATEPEC. 1988. Guía para la asistencia técnica Agrícola. CIFAP Morelos, INIFAP. Zacatepec, Morelos.
- CHANDLER, R. F., Jr. 1979. Rice in the tropics: a guide to the development of national programs. Westview Press, Boulder, Colorado.
- COCHRAN, W.G. and G.M. COX. 1964. Experimental designs. 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y.
- DE DATTA, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1976. Annual report for 1976. IRRI, Los Baños, Philippines.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1977. Annual Report for 1976. Los Baños, Philippines.
- KEMPTHORNE, O. 1952. The design and analysis of experiments. John Wiley & Sons, Inc., New York, N.Y.
- OSUNA C., F.J. 1991. Informe de actividades del área de Agronomía del programa de arroz. Campo Experimental de Zacatepec CIRCE, INIFAP. Zacatepec, Morelos.
- OSUNA C., F.J. 1992. Informe de actividades del área de Agronomía del programa de arroz. Campo Experimental de Zacatepec CIRCE, INIFAP. Zacatepec, Morelos.
- PATNAIK, S. and M.V. RAO. 1979. Sources of nitrogen for rice production. In: Nitrogen in Rice. IRRI. Los Baños, Philippines.
- SALCEDO, A.J. 1992. Informe técnico del área de mejoramiento genético del programa de arroz. Campo Experimental de Zacatepec. CIRCE INIFAP. Zacatepec Morelos.



## RESPUESTA DEL MAIZ DE TEMPORAL A NITROGENO Y FOSFORO EN LOCALIDADES DE LA ZONA SUR DE MEXICO

Rainfed maize response to nitrogen and phosphorus fertilizer in Southern Mexico

Octavio Pérez Zamora

Investigador del Programa de Agroclimatología,  
Campo Experimental Tecomán, Apartado postal # 88,  
28100 Tecomán, Colima

*Palabras clave:* Clima, Dosis óptimas económicas, Respuesta a fertilización, Acidez.

*Index words:* Economical fertilizer response, Climate, Retrospective, Acidity.

### RESUMEN

Durante los años de 1954 a 1988 se condujeron 1500 experimentos en la zona sur de México, para estudiar la respuesta del maíz de temporal a la aplicación de N y P. Con base en los resultados obtenidos se calcularon las dosis recomendables para ambos insumos. El objetivo del presente trabajo fue dar a conocer y poner a disposición de la comunidad científica información sobre experimentos conducidos en dicho período. En los estudios no se encontró relación entre los tipos de suelo y climas utilizados con las recomendaciones; esto se debió a falta de información de soporte que acompañara a los experimentos. Por esta situación, sólo se seleccionaron 374 ensayos que contenían información adicional sobre suelo y clima, los cuales reportaban un coeficiente de variación menor a 20%. La respuesta a la aplicación de N se observó en 70% de las localidades y a P en 40%. La relación N/P ( $74.5 \text{ kg de N ha}^{-1}$  y  $39.7 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ) fue de 1.95 en promedio para todos los tipos de clima. En general, se observó respuesta (de  $1.00 \text{ t ha}^{-1}$  o más)

positiva a la aplicación de N y P con respecto al testigo sin fertilizar ( $2.34 \text{ t ha}^{-1}$ ). El mayor incremento ( $2.20 \text{ t}$ ) se obtuvo en clima Am, donde las dosis óptimas económicas fueron  $91 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $46 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ; le siguió Aw<sub>0</sub>, en el cual el incremento con respecto al testigo fue de  $1.66 \text{ t}$ , mediante la aplicación de  $88.7 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $34 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ; en Aw<sub>1</sub>, el incremento fue de  $1.51 \text{ t}$ , y se requirió una aplicación de  $85 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $39 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ . Aunque se logró agrupar buena parte de la información, mediante el ordenamiento y revisión retrospectivo, la falta de rigor metodológico en el pasado no permitió detectar otra clase de problemas relacionados con la producción de maíz de temporal, tales como: sequía, acidez, altas tasas de oxidación de la materia orgánica, erosión y riesgos de ésta, y deficiencia de P (más extendida de lo que originalmente se supuso).

### SUMMARY

Rainfed maize fertilization experimental data of 1500 trials carried out in the south zone of Mexico were collected for the 1954 to 1988 period; the studies were related with application of N and P rates at planting time. The objective of this study was to interpretate the response to fertilizers, climate and management, in order to stablish a soil research work to follow. However, findings showed lack of methodological rigor (not in all the cases) in planning and conducting the trials, so there was not found

Recibido 6-93.



relationship between fertilization rates and the kind of soil used. Lack of soil and climate information, as well as analysis of them was a common factor for most of the trials. Only 374 studies were selected, based on additional information on soils and climate, and having a C.V. lower than 20%. It was observed a positive response to N application in 70% of cases, while the response to P was in 40% of trials. For all types of climate ( $Aw_0$ ,  $Aw_1$ ,  $Aw_2$ , y Am) the N/P was 1.95, and was 74.5 kg N and 39.7 kg P, respectively. A more favorable response to application of N and P was obtained in the Aw climate type; with the application of fertilizers, the increment in grain yield was 1.0 t ha<sup>-1</sup> higher than in the control (no application of N-P) for the whole south zone; the average yield for the control was 2.34 t ha<sup>-1</sup>. The largest (2.30 t ha<sup>-1</sup>) increment was obtained in climate Am (91 kg N ha<sup>-1</sup> and 46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), followed by Aw<sub>1</sub> (1.66 t ha<sup>-1</sup>) with 88.7 kg N ha<sup>-1</sup> and 34 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, Aw<sub>2</sub> (1.51 t ha<sup>-1</sup>) with 85 kg N ha<sup>-1</sup> and 39 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. Although, was possible to group part of data collected, the lack of primary and secondary information on soil and climate, and the lack of methodological rigor in conducting the trials did not permit to detect other kind of problems associated with maize production in the south zone; dry spell, soil acidity, poor levels of organic matter, soil erosion, and P deficiency (more extended than expected). From the experience obtained two important recommendation are to observe in the future: 1) to establish a coordinated research system associating specialized projects with those of technical assistance and 2) to establish the soil research requirements with an institutional character.

## INTRODUCCION

La importancia que ha tenido el cultivo del maíz en México, como alimento básico de la población, y los bajos rendimientos que se obtenían durante las décadas de los años 40 y 50, dieron origen, a partir de 1954 a una serie de estudios de fertilización. Corresponde a la Oficina de Estudios Especiales comenzar este tipo de trabajos, en el Campo Agrícola Experimental de Cotaxtla, Ver. (Pérez, 1971; Puente, 1963).

Durante aproximadamente 15 años la investigación conducida en Cotaxtla constituyó

un punto de avanzada para la zona sur (ZS) de México y se logró notables resultados sobre el incremento de la producción de maíz de temporal (Alarcón, 1974; Coronel y Moreno 1967; Ordaz y Moreno, 1967; Pérez, 1971). En corroboración de lo anterior, incrementos en la producción de maíz del orden de 2.0 a 3.0 t ha<sup>-1</sup> fueron informados por Puente (1963), en suelos de Vega (Fluvisoles) localizados en climas con buena precipitación ( $Aw_1$ ), tanto en cantidad como en probabilidad de ocurrencia. La mejor respuesta en producción de grano de maíz fue a la aplicación de 150 kg de N ha<sup>-1</sup>, en contraste, la respuesta a P fue de menor consideración (33% de los casos) que para el N, ya que a este elemento se encontró respuesta en más de 70% de las localidades. Por su parte Turrent (1961), en suelos de los Llanos de Rodríguez Clara, Ver., encontró respuesta a ambos, N y P; esto fue en suelos ácidos (Acrisoles) de textura franco arenosa, ubicados también en clima con buena precipitación, tanto en cantidad como en distribución.

La aplicación de algunos elementos nutritivos al suelo es uno de los factores controlables de la producción que permite, con más frecuencia y facilidad, percibir, visual y económicamente, la respuesta del cultivo de maíz de temporal (Hanson *et al.*, 1976; Pérez, 1979); de esta manera, los reportes de Pérez (1985a, 1985b, 1986, 1986b y 1990a), Ordaz y Moreno (1967), Coronel y Moreno (1967) y Alarcón (1974) fueron congruentes con los resultados obtenidos por los investigadores pioneros de la ZS. Esta clase de estudios tenían como prerrequisito que las condiciones ecológicas fueran favorables para la producción de maíz de temporal. Los factores claves que se consideraron fueron edáficos (profundidad, textura y pendiente del suelo) y climáticos (precipitación adecuada en cantidad y oportunidad, así como temperatura favorable). En este sentido Laird (1992) es más explícito, y especifica que "la cantidad total y distribución de la precipitación de las lluvias deben ser tales que el maíz sufra daños severos por sequía en menos de 10% de los años, y daños moderados en no más de 30% de los años".

Los estudios de fertilización de N y P para maíz de temporal se continuaron en la ZS; en Papaloapan (203 experimentos) se iniciaron en 1963, en la Costa de Jalisco (60 experimentos) en 1974, en la Montaña de Guerrero (57 experimentos) en 1981, y en la Península de



Yucatán (150 experimentos) en 1975. En la implementación de estos trabajos se concedió menos importancia al prerrequisito de ubicarlos en localidades con condiciones ecológicas favorables para obtener rendimientos de maíz redituables. De esta manera ambientes menos favorables como suelos poco profundos, ácidos, pedregosos y/o combinación de estos con precipitaciones escasas y erráticas, condujeron a obtener resultados poco satisfactorios (De la Piedra *et al.*, 1988a, 1988b, Hibon, 1986a, Hibon, 1986b, Pérez, 1988a, Pérez, 1988c, Pérez, 1988d, Pérez y Ramírez, 1983).

El estudio de la respuesta del maíz de temporal a la aplicación de N y P en la zona, está publicado en numerosos trabajos (Nava y Pérez, 1986, Pérez, 1985b, 1990b, 1990c, Ramírez y Pérez, 1988, 1992, Pérez, Soto y Pérez, 1985a, 1985b), en los cuales se incluyen reportes, presentaciones en congresos, tesis de licenciatura y maestría. La mayoría son estudios puntuales de estados, localidades y áreas de influencia de campos experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP); sin embargo, son pocos los trabajos que incorporan y comparan información de regiones similares. Esta situación ha limitado en gran medida la transferencia de tecnología y el uso de las recomendaciones generadas por los campos experimentales del INIFAP.

Pérez (1985b) colectó la información de más de 1500 experimentos conducidos en la zona sur durante el periodo de 1954 a 1988, con el objetivo de utilizar la información en programas de validación tecnológica, utilizando el concepto de áreas homogéneas. Sin embargo, encontró gran variabilidad en la información, así como carencia de información base del suelo y clima que acompañara a los estudios de fertilización. Esta situación dificultó y no permitió hacer agrupaciones de áreas de respuesta homogéneas; por ejemplo, áreas que eran consideradas homogéneas y en las cuales se condujeron los trabajos, resultaron, al realizar estudios más detallados de descripción de perfiles de suelo, con gran variación entre y dentro de regiones. También otros factores que limitaban la respuesta del maíz no fueron detectados en los trabajos previos de fertilización conducidos en el pasado, como ejemplo, destaca el caso de la acidez del suelo observado en La Fraylesca, Chiapas

(Hibon, 1986a, Pérez, 1990b, 1990c). En dicha área, los reportes (SARH, 1979, 1980) de análisis de suelos indicaban que dichos suelos eran de pH ligeramente alcalino, sin embargo, las investigaciones de Pérez (1990a, 1990c) demostró que los mismos suelos tenían un pH de 4.0 o menor. Casos similares estudiados por dicho investigador (Pérez, 1990a y 1990b) mostraron falta de homogeneidad de área en regiones como La Costa de Jalisco, Valles Centrales y Costa de Oaxaca, Quintana Roo y Montaña de Guerrero, las cuales fueron consideradas, en estudios previos como áreas de respuesta homogénea.

Una de las características de la información colectada (1500 experimentos) por Pérez (1985b) fue la gran variabilidad observada en la respuesta a la fertilización que no fue posible explicar. De esta manera, las diferencias para una misma variedad y localidad, con frecuencia excedieron la variación esperada. En estas circunstancias resultó más fácil promediar los efectos de tratamientos que tratar de explicar dicha variación. En muchas ocasiones, los experimentos fueron terminados después de un año, y en muchos otros casos no se registró información relevante de suelo y clima en los sitios donde se establecieron y condujeron los trabajos experimentales.

En conclusión, la baja relación observada entre los experimentos conducidos y la información de apoyo que permitiera hacer recomendaciones apropiadas se atribuye a varias causas: 1) evolución histórica de las sociedades e instituciones de educación, asistencia técnica e investigación; 2) métodos inapropiados de colecta e interpretación de información de apoyo; 3) falta de continuidad en los estudios de fertilización; 4) en la mayoría de los sitios experimentales no se tomó información acerca de los factores incontrolables de suelo, clima y manejo; y 5) falta de capacitación. Sin embargo, es conveniente dejar asentado que buena parte de los datos son confiables y han permitido hacer la planeación, conducción e interpretación de futuras investigaciones. Por otra parte, también es menester señalar que los datos colectados y de los cuales el autor no encontró o no pudo hacer más inferencias, están almacenados electrónicamente y se encuentran disponibles para uso de instituciones de educación e investigación con el propósito de que les sirva de material de trabajo.



El objetivo de este trabajo fue dar a conocer la existencia de información sobre estudios de fertilización conducidos en el pasado y que pueda ser de utilidad al resto de la comunidad científica que trabaja en la ciencia del suelo.

## MATERIALES Y METODOS

### La zona sur de México

La superficie que se denomina zona sur, comprende 52 millones de ha, y operativamente correspondía a la estructura del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en 1987. En la Figura 1 se muestra la localización de las regiones que comprendían la zona sur.

La zona sur agrupó los estados, en su totalidad de Veracruz, Tabasco, Quintana Roo, Campeche, Yucatán, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Colima, así como las costas de Jalisco y Michoacán, y la región denominada Las Huastecas.

### Climas de la zona sur de México

El clima de la zona es variado y se encuentran dentro de ella los climas  $Aw_0$ ,  $Aw_1$ ,

$Aw_2$ , Am, Bs y A(C); la temperatura media mensual anual varía de 20.0 °C a 26.0 °C. En el subtipo  $Aw_1$  se establecieron 371 experimentos de fertilización; le siguió el A(C) con 245, el  $Aw_0$  con 222 y el  $Aw_2$  con 211 experimentos. En términos de porcentaje, 3.9% de los experimentos se establecieron en clima Bs, 6.0% en Cw, 7.0% en Am, 11.6% en A(C), 22.6% en  $Aw_0$ , 12.6% en  $Aw_2$  y en  $Aw_1$  26.1%. En la Figura 2 se muestra como ejemplo la pluviometría de cuatro localidades seleccionadas de la zona sur para el subtipo  $Aw_0$  (Soto y Pérez, 1985b).

### Suelos de la zona sur de México

En general, aunque no se registraron las características de la mayoría de los sitios donde se condujeron los trabajos experimentales, al efectuar la revisión retrospectiva y recorridos de campo se detectaron 12 unidades principales de suelos donde se establecieron los trabajos, éstas son: 1) Vertisoles, 2) Fluvisoles, 3) Luvisoles, 4) Gleysoles, 5) Cambisoles, 6) Acrisoles, 7) Feozems, 8) Rendzinas, 9) Litosoles, 10) Regosoles, 11) Planosoles y 12) Andosoles. En contraste con otras localidades, en Valles Centrales de Oaxaca se caracterizaron intensamente los sitios experimentales, en esta región se describieron



Figura 1. Localización de la zona sur de México.



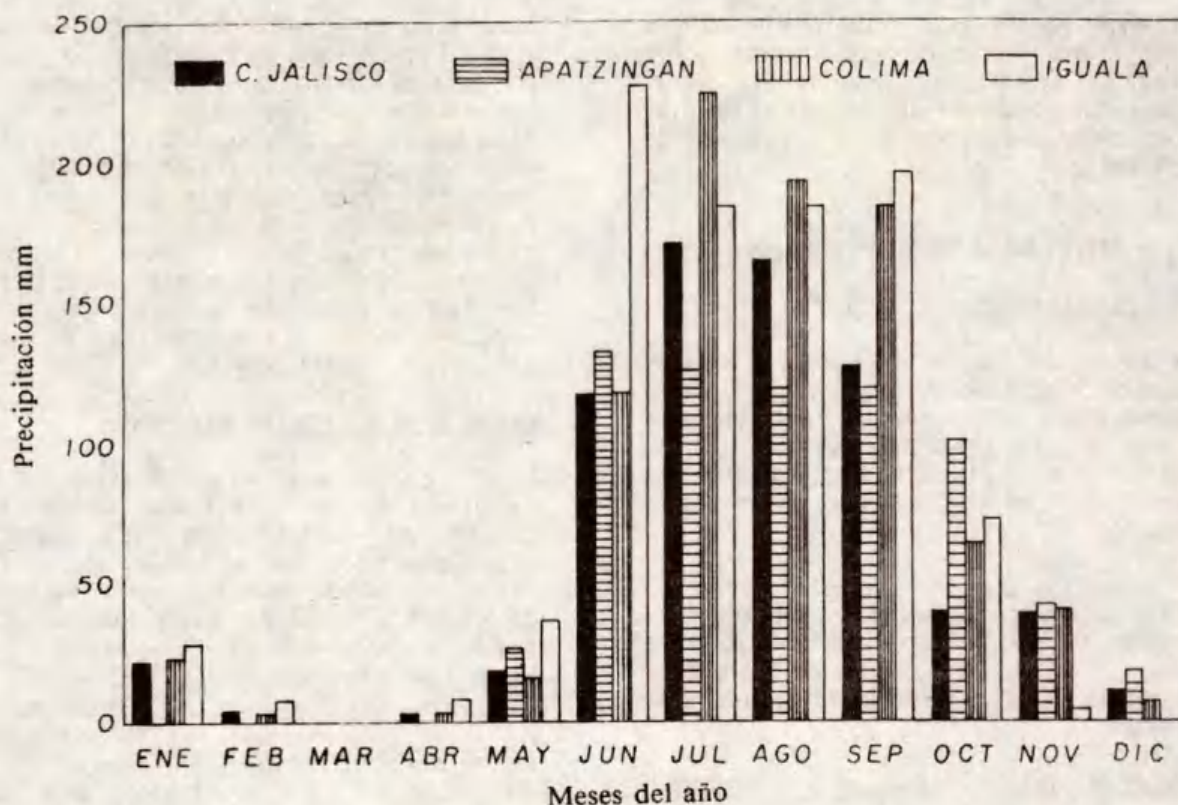


Figura 2. Precipitación en localidades con clima Awo

145 perfiles, de los cuales el 46% estuvieron ubicados en clima A(C) y 54% restante en Bs<sub>1</sub>. Aunque los suelos de la zona sur son variados, existen áreas edáficamente homogéneas en la Península de Yucatán (Pérez, 1985a, 1988c). En contraste con esta región, hay zonas que fueron consideradas como homogéneas en estudios previos, sin embargo, estudios posteriores demostraron lo contrario (Pérez, 1986, 1990a). Los principales suelos de la zona sur son, en cuanto a superficie, Cambisoles, Regosoles, Luvisoles y Vertisoles.

#### Diseños experimentales y espacios de exploración

El diseño experimental más utilizado fue el de bloques al azar; el arreglo de tratamientos en 60% de los casos fue la matriz Plan Puebla I y II, cuadrado doble en 15% y en el resto se emplearon arreglos baconianos y ensayos exploratorios del tipo factorial 2<sup>0</sup>. Los espacios de exploración para N fueron de 0 a

100,0 a 120,0 a 150 y 0 a 160, con intervalos entre niveles de 20, 30, 40 y 60 kg ha<sup>-1</sup>. Para el P los espacios de exploración fueron de 0 a 60,0 a 80, 0 a 90, 0 a 100 y 0 a 150; mientras que los intervalos entre niveles variaron de 15, 20, 25 y 30 kg ha<sup>-1</sup>. El K fue incluido en 126 ensayos como tratamiento adicional y no como un factor de estudio, los niveles aplicados fueron 0, 30, 40, 50, 60, 80 y 150 kg de potasio ha<sup>-1</sup>.

Como tercer factor en estudio en los ensayos de NP también se incluyó la densidad de plantas de maíz, tanto en parcelas divididas como en matrices mixtas. Las densidades empleadas variaron entre 20 mil y 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>.

#### Métodos y épocas de aplicación de fertilizante

En cuanto al método y época de aplicación de los fertilizantes, pocos fueron los estudios que los incluyeron, y en general fueron incorporados como tratamientos adicionales.



### Variedades utilizadas

En los trabajos de fertilización se emplearon tanto híbridos como variedades. Los híbridos H-507, H-509 y la variedad V-524 fueron ampliamente utilizados. También se incluyeron un sin número de criollos, entre los que destacan, Pozolero Blanco, Montaña de Guerrero, Xnuknal, Xmejnal y otros.

### Tamaño de parcela y número de repeticiones

El tamaño de la parcela total fue de cuatro, seis y ocho surcos; las parcelas útiles consistieron de dos, tres y seis hileras centrales. Las longitudes de las parcelas de tratamientos de fertilización fueron de 6, 8 y 16 m de largo. El número de repeticiones más comunes fue de cuatro, pero fueron frecuentes también de dos y en menor número de seis.

### Selección de trabajos

La selección de éstos se hizo con base en revisión de información disponible, por ejemplo, localización (identificable) retrospectiva de los sitios (en cartas edafológicas, escala 1:50 000; recorridos de campo, análisis de suelos y transectos edafológicos), determinación del subtipo de clima, (que tuvieran un coeficiente de variación menor al 20.0%), respuesta a la aplicación de fertilizante y recomendaciones de técnicos de la localidad.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Respuesta del maíz de temporal a la aplicación de N y P, en la zona sur de México

En términos generales, en la mayoría de las localidades y tipos de climas se observó un efecto favorable a la aplicación de N y P sobre el rendimiento de maíz en grano, como se puede apreciar en la Figura 3.1. La dosis óptima económica (DOE) mínima fue de 51.87 kg N ha<sup>-1</sup> y la DOE máxima fue de 91.7 kg N ha<sup>-1</sup>. Por lo que respecta a P, la DOE mínima fue de 29 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, mientras que la DOE máxima fue de 58 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. La magnitud de respuesta global (374 localidades) fue a 74.53 y 30.71 kg de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, con la cual se obtuvo un rendimiento medio del orden 3.34 t ha<sup>-1</sup> de maíz en grano (12.0% de humedad), lo que permitió un incremento de aproximadamente 1.0 t ha<sup>-1</sup> con respecto al testigo sin fertilizar (2.34 t ha<sup>-1</sup>).

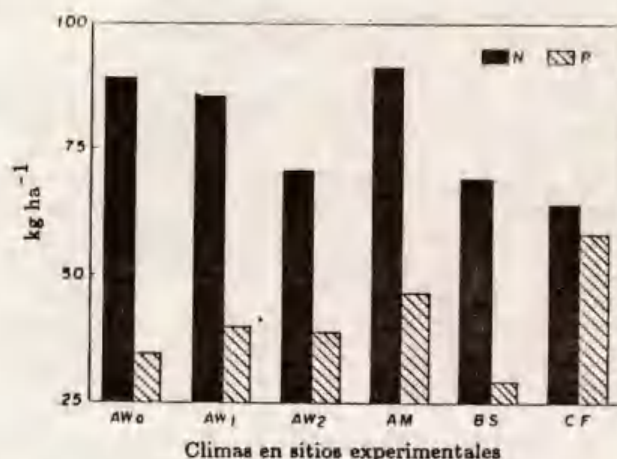


Figura 3.1. Dosis de fertilización y climas de la zona sur.

La dosis óptima económica reportada en los estudios de fertilización conducidos en el periodo en estudio, se encuentran por debajo de lo recomendado y utilizado por los productores de maíz de la zona; por otra parte, los rendimientos de los ensayos experimentales están por arriba de lo señalando en estadísticas oficiales de las instituciones del sector agropecuario (Pérez, 1988d). Por consiguiente, el uso de fertilizantes es una opción que puede contribuir substancialmente a incrementar el rendimiento global de la zona sur, siempre y cuando el resto de los factores controlables de la producción no se conviertan en factores limitantes de dicha producción.

Las dosis óptimas económicas de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en clima Aw<sub>0</sub> fue de 89 kg N ha<sup>-1</sup> y 34 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> con la cual se obtuvieron 4.03 t ha<sup>-1</sup> de maíz en grano. Por lo que respecta al subtipo de clima Am, se obtuvo 5.53 t ha<sup>-1</sup> con la DOE de 91 kg N ha<sup>-1</sup> y 46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. La DOE fue de 85 kg N ha<sup>-1</sup> y 39 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> en clima Aw<sub>1</sub>, en donde se obtuvo 4.39 t ha<sup>-1</sup>; en tanto que en el subtipo de clima Aw<sub>2</sub>, la DOE fue de 71 y 39 kg ha<sup>-1</sup> de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente, con la cual se obtuvieron 4.0 t ha<sup>-1</sup> de grano de maíz. En CF, la respuesta con el tratamiento óptimo económico fue a 69 y 29 kg de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, con la cual se obtuvo 3.70 t ha<sup>-1</sup>. La respuesta a N y P también fue moderada en clima BS y CW, y esta fue de 65 kg N ha<sup>-1</sup> y 58 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 52 kg N ha<sup>-1</sup> y 33 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>, con las cuales los rendimientos obtenidos fueron de 3.71 y



1.93 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para los tratamientos de DOE mencionados.

En la Figura 3.2 se muestra la relación entre el subtipo de clima y la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfatados. En ésta podemos observar que el orden de la magnitud de la respuesta fue Am > Aw<sub>1</sub> > Aw<sub>0</sub> > Aw<sub>2</sub> > CF > Bs > Cw, y que los rendimientos correspondientes fueron: 5.53, 4.39, 4.03, 3.84, 3.70, 2.66 y 1.92 t ha<sup>-1</sup>, mientras que las diferencias entre DOE testigo fueron de 2.20, 1.51, 1.66, 1.37, 1.21, 0.90 y 0.92 t ha<sup>-1</sup>, para la secuencia de climas indicada. Parece existir un gradiente en cuanto a disponibilidad de humedad, sin embargo, la ubicación del subtipo Aw<sub>2</sub> con respecto al Aw<sub>0</sub> y Aw<sub>1</sub>, no corresponde a dicho gradiente. Esto se puede explicar y asociar con componentes edáficos existentes en los sitios experimentales, como son: la topografía, el drenaje y escurrimiento en que se localizaron los experimentos en el clima Aw<sub>2</sub>. El número de sitios experimentales en el clima Aw<sub>2</sub> fue de nueve en Cotaxtla, Ver., nueve en Montaña de Guerrero, Gro., 14 en Papantla, Ver. y cuatro en Centro de Chiapas. En lo que respecta al subtipo Aw<sub>1</sub>, la distribución de sitios fue de 59 localidades en la Costa de Oaxaca, 29 en Cotaxtla, 27 en la Costa de Jalisco, 10 en Papantla y 34 en el Centro de Chiapas. Como es de notar, el número de experimentos es considerablemente mayor en el clima Aw<sub>1</sub> que en Aw<sub>2</sub>, lo cual representa una mayor área de cobertura, y es posible que se tenga una mejor representatividad de unidades

de suelo. Desafortunadamente no fue posible ubicar con precisión la unidad de suelo donde se establecieron los experimentos, por esta razón, y con el propósito de no introducir mayor variación, no se utilizó en la ubicación retrospectiva de algunas localidades la información de los mapas de suelos (escala 1:50 000).

Por lo que respecta a la relación DOE N/DOE P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fue de 2.61, 2.18, 2.81, 1.98, 2.39, 1.1 y 1.57 para los climas Aw<sub>0</sub>, Aw<sub>1</sub>, Aw<sub>2</sub>, Am, Bs, CF y Cw, respectivamente. Con excepción de los valores de 1.57 y menores, el resto de los cocientes N/P aplicados al suelo, se encuentra dentro de los rangos señalados por Pérez (1979), los cuales se relacionaron con la mejor eficiencia de absorción de dichos elementos, así como con la partición de materia seca de la planta (índice de cosecha) y rendimiento máximo de grano de maíz.

#### Respuesta a N y P en localidades y climas de la zona sur de México

En las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se muestra la respuesta a N y P en diferentes localidades (dominios de recomendación de los campos experimentales), para cada uno de los tres principales subtipos de clima donde se cultiva maíz de temporal en la zona sur. Los principales y más representativos climas de la zona sur son Aw<sub>0</sub>, Aw<sub>1</sub> y Aw<sub>2</sub>. El intervalo de respuesta a la aplicación de N fue de 57 a 132 kg ha<sup>-1</sup>, para Aw<sub>1</sub> y Aw<sub>0</sub>, los cuales se localizaron en Papantla, Veracruz, y Costa de

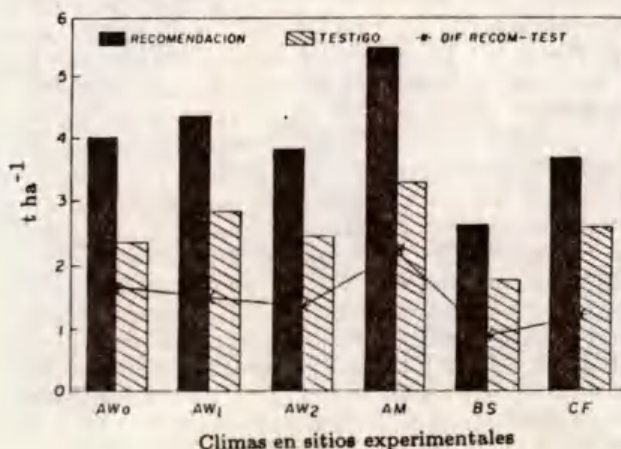


Figura 3.2. Rendimiento de maíz y climas de la zona sur.

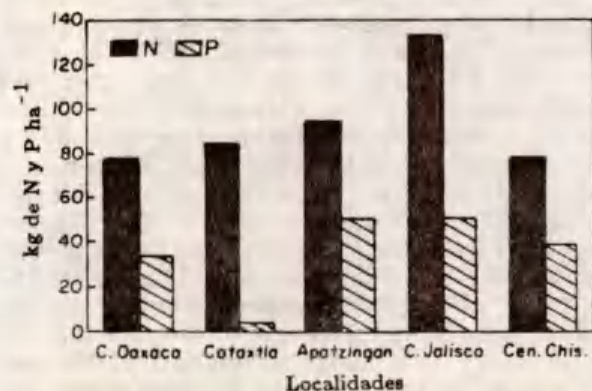


Figura 4.1. Dosis de nitrógeno y fósforo en localidades con clima Aw<sub>0</sub>.



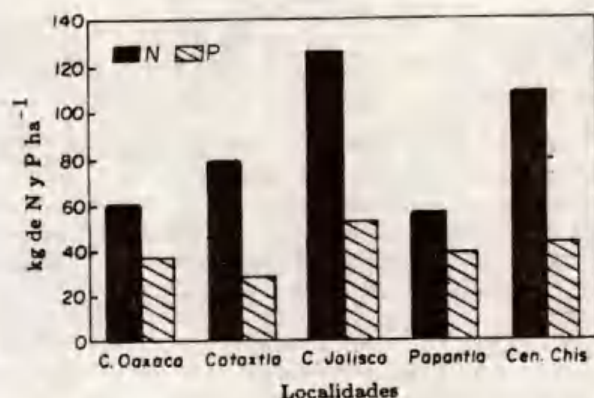


Figura 4.2. Dosis de nitrógeno y fósforo en localidades con clima Aw₁.

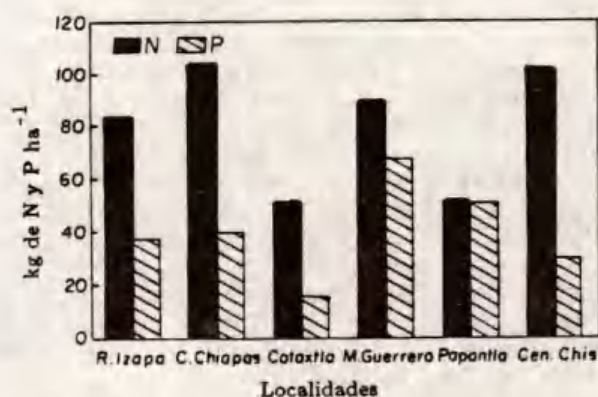


Figura 4.3. Dosis de nitrógeno y fósforo en localidades con clima Aw₂.

Jalisco, respectivamente. En lo que respecta a P, la respuesta mínima fue de 4 kg ha<sup>-1</sup> en clima Aw<sub>0</sub> y la máxima de 67 kg ha<sup>-1</sup> en clima Aw<sub>2</sub>, los que caracterizan superficies considerables de Cotaxtla, Veracruz, y Montaña de Guerrero, respectivamente.

La respuesta a la aplicación de N y P en cada una de las localidades ubicadas en el clima Aw<sub>0</sub> fue la siguiente: Costa de Oaxaca (78 kg N ha<sup>-1</sup> y 33 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), Cotaxtla (84 kg N ha<sup>-1</sup> y 4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), Apatzingán (95 kg N ha<sup>-1</sup> y 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) y Centro de Chiapas (79 kg N ha<sup>-1</sup> y 38 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). En el clima Aw<sub>1</sub>, la respuesta a los fertilizantes fue la

que se indica a continuación: Costa de Oaxaca (61 kg N ha<sup>-1</sup> y 37 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), Cotaxtla (79 kg N ha<sup>-1</sup> y 28 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), Costa de Jalisco (126 kg N ha<sup>-1</sup> y 53 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), Papantla (57 kg N ha<sup>-1</sup> y 39 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) y Centro de Chiapas (108 kg N ha<sup>-1</sup> y 43 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). Por lo que respecta al clima Aw<sub>2</sub>, la respuesta fue de la siguiente magnitud: Montaña de Guerrero (90 kg N ha<sup>-1</sup> y 67 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>), Papantla (53 kg N ha<sup>-1</sup> y 51 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) y Centro de Chiapas (103 kg N ha<sup>-1</sup> y 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). Es destacable que la respuesta más baja observada (4.0, 28.0 y 15.0 kg ha<sup>-1</sup>) a P se obtuvo en Cotaxtla, Ver., en climas Aw<sub>0</sub>, Aw<sub>1</sub>, y Aw<sub>2</sub>, respectivamente.

La relación o cociente N/P más alto (20.2) se registró en Cotaxtla, Ver., en clima Aw<sub>0</sub> y el menor (1.0) en Papantla, Ver., en clima Aw<sub>2</sub>. El valor de 20.2 se relaciona con suelo Fluvisoles, que presentaron buenas condiciones físicas, y con buen abastecimiento de P durante los primeros años de explotación. Para sitios localizados en el subtipo Aw<sub>0</sub> las relaciones N/P fueron las siguientes: 2.5, 20.2, 1.7, 2.7 y 2.1, para la Costa de Oaxaca, Cotaxtla, Apatzingán, Costa de Jalisco y Centro de Chiapas, respectivamente. En el subtipo de clima Aw<sub>1</sub> la relación N/P fue de 1.7, 2.8, 2.4, 1.5 y 2.5 en Costa de Oaxaca, Cotaxtla, Costa de Jalisco, Papantla y Centro de Chiapas, respectivamente. Por último, en el subtipo de clima Aw<sub>2</sub> la relación mencionada fue de: 2.3, 2.6, 3.5, 1.3, 1.0 y 3.4 en Rosario Izapa, Costa de Chiapas, Cotaxtla, Montaña de Guerrero, Papantla y Centro de Chiapas, respectivamente. Como es de observarse, los intervalos del cociente N/P son similares a los indicados en la tendencia general (considerando todas las localidades y climas), y pueden servir de guías tentativas en la determinación o aproximación al seleccionar una recomendación de fertilización en etapas preliminares, cuando no se tenga información adicional de la región.

#### Relación entre rendimientos y localidades

La respuesta del maíz de temporal en t ha<sup>-1</sup> a la aplicación de N y P para cada una de las localidades y climas principales Aw<sub>0</sub>, Aw<sub>1</sub> y Aw<sub>2</sub> en estudio, se muestra en la Figuras 5.1, 5.2 y 5.3, respectivamente. En dichas figuras se presentan también las diferencias entre el tratamiento fertilizado (DOE) y el testigo sin fertilizar (T). Se puede observar que las mayores respuestas a la aplicación de fertilizantes se obtuvieron en La Costa de



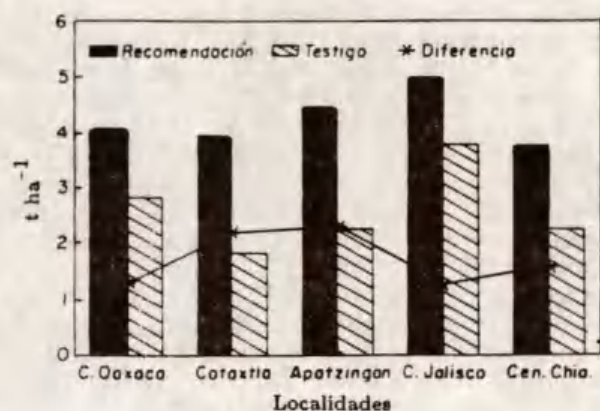


Figura 5.1. Relación entre rendimiento de maíz y localidades con clima  $Aw_0$  en la zona sur de México.

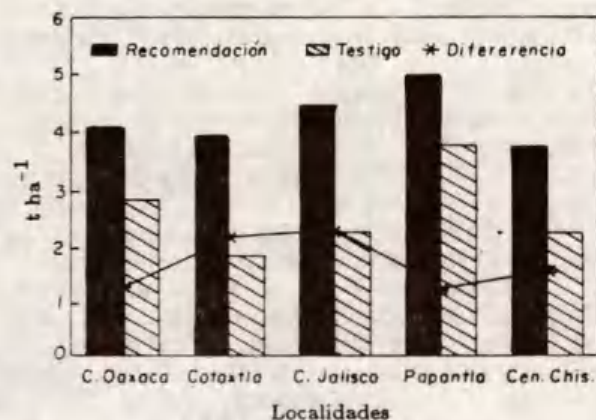


Figura 5.2. Relación entre rendimiento de maíz y localidades con clima  $Aw_1$  en la zona sur de México.

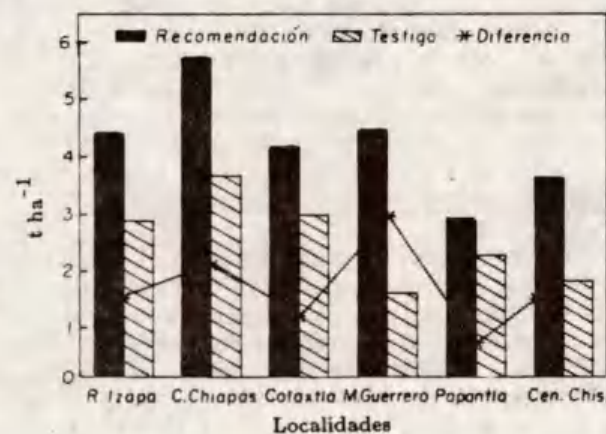


Figura 5.3. Relación entre rendimiento de maíz y localidades con clima  $Aw_2$  en la zona sur de México.

Jalisco ( $4.9 \text{ t ha}^{-1}$ ), Papantla ( $5.60 \text{ t ha}^{-1}$ ) y Costa de Chiapas ( $5.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) en los subtipos de climas  $As_0$ ,  $Aw_1$  y  $Aw_2$ , respectivamente.

En el clima  $Aw_0$ , la mayor respuesta se obtuvo en la Costa de Jalisco ( $4.96 \text{ t ha}^{-1}$ ), mediante la aplicación de  $126 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $53 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ; sin embargo, la diferencia entre fertilizado y testigo fue de las más bajas ( $0.75 \text{ t ha}^{-1}$  de incremento); más bien fue la tercera diferencia más baja de la zona (incluyendo los tres subtipos de clima). Esta situación fue señalando en un estudio posterior, y se le relacionó con baja eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados (Hibón, 1983; Pérez, 1990). Además, dicha condición se explicó y relacionó con la detección de una gran variación edáfica y climática de la región, en los estudios de Pérez (1990). En general, la respuesta a los fertilizantes fue de alrededor de 4.5, 4.06, 3.92, 4.44, 4.96 y  $3.72 \text{ t ha}^{-1}$  para Costa de Oaxaca, Cotaxtla, Apatzingán, Costa de Jalisco y Centro de Chiapas, respectivamente. La respuesta de N y P para cada una de las localidades como se indicó en el capítulo anterior fue de  $77 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $33 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ,  $84 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $4 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ,  $95 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ ,  $133 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  y de  $79 \text{ kg N ha}^{-1}$  y  $38 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ , en el orden en el cual se describieron las localidades. La producción de los testigos fue de: 2.79, 1.79, 2.20, 3.74 y  $2.19 \text{ t ha}^{-1}$ ; mientras que la diferencia observada entre la dosis óptima económica y los testigos sin fertilizar (DEO-T) fue de 1.26, 2.12, 2.33, 1.22 y  $1.53 \text{ t ha}^{-1}$ , en La Costa de Oaxaca, Cotaxtla, Apatzingán, Costa de Jalisco y Centro de Chiapas, respectivamente. Estas últimas localidades fueron motivo de estudio posterior para analizar la baja eficiencia del uso de los fertilizantes nitrogenados. La causa de este problema en la costa de Jalisco fue indicada, en tanto que para el Centro de Chiapas se asoció con la acidez de los suelos utilizadas y la fuente de fertilizante nitrogenada (sulfato de amonio) utilizados para el cultivo de maíz de temporal (Pérez, 1989; 1990).

## CONCLUSIONES

1. Se observó respuesta a la aplicación de N y P en 70% y 40% de las localidades, respectivamente, y la relación N/P tuvo un valor promedio de 1.99.



2. El promedio de incremento en producción de grano de maíz para la zona sur, mediante las dosis óptimas económicas de fertilización con respecto al testigo sin fertilizar, fue de  $1.0 \text{ t ha}^{-1}$ . Los mayores incrementos con respecto al testigo sin fertilizar se obtuvieron en los climas  $Am_2$ ,  $Aw_0$  y  $Aw_1$ , con 2.34, 2.20 y  $1.66 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente.
3. La falta de rigor metodológico, en la conducción de los experimentos, no permitió detectar otra clase de problemas relacionados con la producción de maíz de temporal, y entre los problemas no detectados se tienen la sequía, acidez y alcalinidad del suelo, altas tasas de oxidación de la materia orgánica, erosión hídrica, deficiencia de P (más extendida y de mayor intensidad de los que se suponía).
4. De la experiencia se derivan dos recomendaciones principales:

Es urgente establecer un sistema de investigación coordinado, mediante la asociación de proyectos especializados y de asistencia técnica.

Las necesidades de investigación se deben de establecer con carácter institucional.

#### LITERATURA CITADA

- ALARCON C., J. 1974. Fertilización de maíz de temporal en el estado de Veracruz. Veracruz, Ver. México. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Campo Experimental "Cotaxtla". (Circular CIASE No. 37).
- CORONEL T., F., y R. MORENO D. 1967. Estudio de fertilización en suelos latosólicos rojo amarillentos de la región de Rodríguez Clara, Veracruz. Memorias del III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México, D.F.
- DELA PIEDRA R., W. BAEZ L., y A. HIBON. 1988a. Evaluación de dosis de cal y su efecto residual en el cultivo de maíz en La Fraylesca, Chiapas. p. 287. In: Resúmenes XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. México.
- DELA PIEDRA C., J.L. JIMENEZ, W. LOPEZ B., H. HIBON y B. TRIOMPHE. 1988b. Investigación adaptativa en campos de agricultores. El caso de la Fraylesca, Chis., México. Taller investigación adaptativa en campos de agricultores. CIFAP-Chis., CIMMYT y CIRAD. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México.
- HANSON, R.G., A.C. MINOR., J.R. FRIERE and P.S. LEHMAN. 1976. A simple method to identify research priorities when initiating research systems in developing countries. *J. Agron. Educ.* 6: 47-50.
- HIBON, A. 1986a. La etapa de planeamiento en un programa de investigación en campo de agricultores: Desarrollo de una lista de variables experimentales. CIMMYT, México. Mimeografiado.
- HIBON, A. 1986b. Experimento agrónomo exploratorio en maíz en campos de agricultores. La Huerta y Cuautitlan, Jalisco. Informe 1986 Proyecto INIFAP-CIMMYT. CAE La Huerta. CIFAP-Jaliaco. México. Mimeografiado.
- LAIRD, R.J. 1961. Factores que limitan los efectos benéficos de las aplicaciones de abonos hechos a maíz de temporal en México. Tomo II. Actas de la V Reunión Latinoamericana de Fitotecnia. INTA-SEAGN Buenos Aires, Argentina.
- LAIRD, R.J. 1992. El empleo de fertilizantes para incrementar ingresos netos de agricultores en zonas semiáridas. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Edo. de México.
- NAVA P., R., y O. PEREZ Z. 1986. Variaciones estacionales en los contenidos de humedad en camas angostas y su relación con la producción de maíz de temporal. pp. 84-85. In: Resúmenes XIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Manzanillo, Colima. México.
- ORDAZ O., F. y R. MORENO D. 1967. Efecto del espaciamiento entre matas, sobre el rendimiento de maíz bajo diferentes niveles de fertilidad del suelo. Memorias del III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. México, D.F.
- PEREZ Z., O. 1971. Fertilización de maíz de temporal en la zona de Soledad Doblado, de la región central de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx.
- PEREZ Z., O. 1979. Effects of nitrogen and phosphorus additions on the growth and composition of corn (*Zea mays*) plants grown on a calcareous soil. Ph. D. Thesis. University of California, Davis. EEUU.
- PEREZ Z., O. 1985a. Estrategias de investigación en suelos arcillosos del trópico mexicano. Taller sobre investigación en sistemas de producción de la zona sur. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Oaxaca, Oax. México.
- PEREZ Z., O. 1985b. Propiedades morfológicas, físicas y químicas de los principales suelos de La Fraylesca, Chiapas: I. Transecto de la margen derecha del Río San Pedro. p. 5. In: Resúmenes XVIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. La Paz, B. California Sur, México. pp. 5.
- PEREZ Z., O. 1986. Transecto parcial de las subprovincias de las Sierras de Jaliaco y Colima. Recorrido de campo efectuado durante el XIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Manzanillo, Colima. México. Mimeografiado.
- PEREZ Z., O. 1988a. Agrupación de ambientes agrícolas de los Valles Centrales de Oaxaca con base en información de suelo y clima. *Terra* 6: 92-100.
- PEREZ Z., O. 1988b. Efecto de las aplicaciones de N y P en la partición de materia seca y transporte del P al grano en plantas de maíz. *Terra* 6: 26-31.
- PEREZ Z., O. 1988c. Los suelos Ak'alché de la península de Yucatán, su importancia y manejo. p. 23. In: Resúmenes XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. México.
- PEREZ Z., O. 1988d. Un método simple para identificar prioridades de investigación bajo condiciones de recurso limitados. p. 325. In: Resúmenes XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. México.



- PEREZ Z., O. 1990a. Limitantes de la producción de maíz de temporal en la Fraylesca, Chiapas: I. Transecto edafológico y características físicas y químicas del suelo. *Terra* 8: 68-83.
- PEREZ Z., O. 1990b. Caracterización de sitios experimentales con fines de generación de tecnología de producción de cosechas. *Terra* 8: 55-67.
- PEREZ Z., O. 1990c. Limitantes de la producción de maíz de temporal en la Fraylesca, Chiapas: II. Factores químicos del suelo que afectan el desarrollo y producción del cultivo. *Terra* 8: 84-96.
- PUENTE F., F. 1963. Prácticas de fertilización u población óptima para siembras de maíz en las regiones tropicales de Veracruz. Folleto Técnico. No. 45. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, S.A.G. México.
- RAMIREZ P., F. 1983. Uso consuntivo de cuatro cultivos en los Valles Centrales de Oaxaca. p. 98. *In*: Resúmenes XVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Oaxaca, Oax. México.
- RAMIREZ S., J., y O. PEREZ Z. 1988. Aplicación del sistema integrado de diagnóstico y recomendación, en el estado nutrimental (N-P-K) de maíz al modelar un suelo arcilloso. p. 112. *In*: Resúmenes XXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Juárez, Chih. México.
- RAMIREZ S., J. y O. PEREZ Z. 1992. Respuesta del maíz de temporal a tres sistemas de drenaje superficial en Quintana Roo. *Terra* 10: 66-74.
- SARH. 1979. Estudio agrológico semidetallado del Proyecto La Fraylesca municipio de Villa Flores, Chis. Comisión del Río Grijalva. Residencia Regional de Agrología de Tuxtla Gutiérrez, Chis. México.
- SARH. 1980. Estudio agrológico semidetallado del Proyecto La Fraylesca II, municipio de Villa Flores y Villa Corso, Chis. Comisión del Río Grijalva. Residencia de Agrología de Tuxtla Gutiérrez, Chis. México.
- SOTO R., J. y O. PEREZ Z. 1985a. Influencia de la precipitación en el desarrollo de dos especies H-507 (*Zea mays*) y frijol Jamapa (*Phaseolus vulgaris*) con fechas continuas de siembra bajo temporal. pp. 164-171. *In*: 1a. Reunión Nacional de Agroclimatología. UNAM. México.
- SOTO R., J., y O. PEREZ Z. 1985b. Manejo de la información climática y edáfica en agricultura tropical de temporal. pp. 143-150. *In*: 1a. Reunión Nacional de Agroclimatología. UNAM. México.
- TURRENT F., A. 1961. Informe de labores del Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. S.A.G. México. Mimeografiado.



## RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION DE CULTIVOS CON BASE EN UN ENFOQUE INTEGRAL

Fertilizer Recommendations for Crops by an Integral Approach

Víctor Volke Haller y Aurora García Morín

Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados  
56230 Chapingo, Méx., México

*Palabras clave:* Fertilización, Agrosistemas, Análisis de suelo.

*Index words:* Fertilization, Production systems, Soil testing.

### RESUMEN

La generación de recomendaciones de fertilización de cultivos en México se ha realizado principalmente mediante los enfoques de la media regional, agrosistemas y análisis de suelo, predominando en las últimas décadas el de agrosistemas, y recientemente se ha introducido un enfoque de balance nutrimental. El enfoque de agrosistemas presenta un grado no despreciable de imprecisión de las recomendaciones, debido a que no considera las variaciones de los contenidos nutrimentales del suelo dentro del agrosistema.

En este trabajo se presenta un enfoque combinado de análisis de suelo, agrosistemas y balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización de cultivos, para el caso de contar con información de experimentos de respuesta del cultivo, a la fertilización, y de suelo, clima y manejo, con fines de lograr una mayor precisión de las recomendaciones.

---

Recibido 8-93.

### SUMMARY

The generation of fertilizer recommendations for crops in Mexico has been carried out using the "regional average", "production systems" and "soil testing" approaches primarily, with the production systems approach the most common, and more recently, a "nutrient balance" approach has been introduced. The production systems approach lacks precision due to the fact that it does not take into account variations in soil nutrient contents within the production systems.

With the objective of achieving greater precision in crop fertilizer recommendations, a procedure is presented in this study, that combines the soil testing, production systems and nutrient balance approaches. This is applicable in the case where information on crop response to fertilizer and soil, climate and management characteristics are available.

### INTRODUCCION

En México, la generación de recomendaciones de fertilización de cultivos se ha realizado principalmente con base en los enfoques de la media regional, agrosistemas y análisis de suelo.

Estos enfoques difieren en el grado de precisión con que se dan las recomendaciones



de fertilización: desde el menos preciso (la media regional) hasta el más preciso (análisis de suelo cuando es calibrado adecuadamente), quedando en una precisión intermedia el de agrosistemas.

Inicialmente, a mediados de la década de los cuarentas, el enfoque utilizado fue el de la media regional, mismo que, tratando de alcanzar una mayor precisión de las recomendaciones, comenzó a ser desplazado por el enfoque de agrosistemas en la década de los sesentas, el cual se constituyó en el enfoque predominante en las últimas décadas. Paralelamente al uso de estos enfoques, se hicieron intentos por desarrollar el enfoque de análisis de suelo; sin embargo, por diversas circunstancias, tanto técnicas como socio-económicas, este enfoque no ha logrado ser desarrollado plenamente (Laird, 1977; Volke y Etchevers, 1994). Por otra parte, más recientemente, en 1987, se comenzó a introducir y desarrollar un enfoque de balance nutricional, con la denominación de "modelo sistémico simplificado" (Rodríguez, 1987).

El enfoque de agrosistemas, si bien constituyó un avance importante en la precisión de las recomendaciones de fertilización con relación al de la media regional, aún presenta un grado no despreciable de imprecisión de ellas, debido a que no considera la variación de los contenidos nutrimentales de suelo dentro del agrosistema.

En estos términos, ante la necesidad actual de alcanzar la mayor eficiencia económica en el uso de los recursos y productividad en la agricultura, evitando la contaminación ambiental, resulta necesario avanzar hacia una mayor precisión en las recomendaciones de fertilización. Una manera de lograr esto reside en el enfoque de análisis de suelo, calibrado adecuadamente, considerando a los factores de suelo, clima y manejo, especialmente para el caso de algunos nutrimentos, que modifican el suministro de los nutrimentos por el suelo y su aprovechamiento por el cultivo.

Sin embargo, la calibración del análisis de suelo no es una tarea necesariamente sencilla, ya que ella requiere tiempo y resulta costosa, por lo que en la actualidad su desarrollo y aplicación no es tan factible. Esto ha dado lugar a que el enfoque de análisis de suelo pueda ser desarrollado y aplicado cuando se haya generado la experimentación de campo y recolectado la información de suelo, clima y

manejo necesarias. Mas, para el caso en que esta no sea la situación, se ha propuesto el enfoque de balance nutricional, el cual puede resultar más económico y rápido, y factible de desarrollar y aplicar en la actualidad. Cabe señalar que este enfoque también utiliza el análisis de suelo, pero no la experimentación de campo que requiere el enfoque de agrosistemas.

En este trabajo se presenta un enfoque combinado de análisis de suelo, agrosistemas y balance nutricional para la generación de recomendaciones de fertilización de cultivos, para el caso de contar con información de experimentos de respuesta del cultivo a la fertilización, y de suelo, clima y manejo, con fines de lograr una mayor precisión de las recomendaciones. El enfoque considera el nivel de rendimientos del cultivo, los contenidos nutrimentales del suelo y manejo de los residuos de cosecha según el nutrimento, y, explícita o implícitamente, factores de suelo, clima y manejo que afectan el suministro de nutrimentos por el suelo y su aprovechamiento por el cultivo, el contenido nutricional de la planta y la eficiencia del fertilizante, con fines de lograr una mayor precisión de las recomendaciones.

La aplicación del enfoque se hará para el cultivo de maíz, en agrosistemas de la parte sur del estado de Tlaxcala.

## AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra localizada en la parte sur del estado de Tlaxcala, y comprende alrededor de 62 500 ha de tierra agrícola. En ella, el principal cultivo es el maíz, que ocupa 70% de la superficie, y se siembra en diversos agrosistemas, definidos en función de tres condiciones edafoclimáticas: suelos planos de humedad sin o con riego, suelos de temporal con humedad residual de las faldas del volcán La Malinche y suelos de temporal de lomeríos, y dentro de éstas, según las rotaciones del maíz con otros cultivos, como frijol, alfalfa, hortalizas, haba, papa y cebada, y las distintas fechas de siembra (Estrada, 1977).

## INFORMACION UTILIZADA

La información utilizada corresponde a 40 experimentos de respuesta del maíz a



nitrógeno, fósforo y densidad de plantas realizados en los distintos agrosistemas presentes. En estos experimentos se estudiaron, además, otros factores como potasio, oportunidad de aplicación de nitrógeno y variedades (Estrada, 1977).

En cada sitio experimental se tomaron muestras de suelo para determinar las propiedades físicas y químicas; se realizó una descripción del perfil del suelo; se midieron diversos factores climáticos y, dado el caso, los daños causados al cultivo; se tomó nota de la presencia y daño de factores bióticos; y, se consideraron los factores de manejo del cultivo.

Los contenidos nutrimentales del suelo se estimaron para: 1) el nitrógeno, mediante la materia orgánica y el nitrógeno total, más consideraciones sobre el cultivo previo y la incorporación de residuos de cosecha, y 2) el fósforo, mediante el método de Bray I.

## METODOLOGIA

La metodología, propuesta por Volke y García (1994), parte de información de experimentos sobre la respuesta del cultivo a los nutrimentos, y considera elementos de los enfoques de generación de recomendaciones de fertilización de análisis de suelo, agrosistemas y balance nutrimental, con base en un análisis conjunto de toda la información sobre la respuesta del cultivo a los nutrimentos, y de los factores de suelo, clima y manejo, mediante análisis de regresión.

En estos términos, la metodología comprende los pasos siguientes:

- 1) En los experimentos de respuesta del cultivo a los nutrimentos se determinan las dosis óptimas económicas, a las relaciones de precios insumo/producto de interés, y se calculan los correspondientes rendimientos óptimos económicos.

Para esto se puede utilizar el procedimiento estadístico-matemático, o en su defecto, el procedimiento gráfico (Volke, 1990).

- 2) Mediante análisis de regresión se estiman funciones de respuesta de las dosis óptimas económicas de los nutrimentos como función de los rendimientos óptimos económicos, los contenidos nutrimentales del suelo, y los factores de suelo, clima y manejo que afec-

tan el suministro del nutrimento por el suelo y su aprovechamiento por la planta, el contenido de nutrimento en la planta y la eficiencia del fertilizante.

- 3) Mediante análisis de regresión se estima una función de respuesta de los rendimientos óptimos económicos como función de los factores de suelo, clima y manejo.
- 4) A partir de las funciones de respuesta de las dosis óptimas económicas de los nutrimentos se determinan las recomendaciones de fertilización, para lo cual:

- Se estiman los valores de los factores de suelo, clima y manejo que quedaron incluidos en las funciones de respuesta de las dosis óptimas económicas nutrimentales y de los rendimientos óptimos económicos para las distintas condiciones de producción, ya sea a nivel agrosistema o de parcela.

- Para los factores de suelo y manejo, si se trabaja a nivel de agrosistema, se considera el valor medio, la mediana o el o los valores medios de la o las clases modales.

- Para los factores climáticos, normalmente se trabaja a nivel de agrosistema, o de condiciones específicas cuando hay interacciones de ellos con factores de suelo o de manejo, y se consideran con base en su distribución de probabilidades y consideraciones de riesgo.

- Con los valores de los factores que correspondan, con base en la función de respuesta de los rendimientos óptimos económicos se estiman los rendimientos esperados para las distintas condiciones de producción.

- A partir de las funciones de respuesta de las dosis óptimas económicas, con los rendimientos esperados, los contenidos nutrimentales del suelo y los valores de los factores de suelo, clima y manejo que correspondan, se determinan las recomendaciones de fertilización, para los distintos agrosistemas y clases de los contenidos nutrimentales del suelo. Los agrosistemas pueden ser redefinidos por las diferencias significativas en rendimientos esperados y recomendaciones de fertilización debidas a los factores de suelo, clima



y manejo que hayan quedado incluidos en las funciones de respuesta, y consideraciones de tipo práctico.

## RESULTADOS

### Dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo, y rendimientos óptimos económicos.

Las dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo a nivel de experimento se obtuvieron a las relaciones de precios insumo/producto vigentes: de 4 para el nitrógeno como urea y de 5 para el fósforo ( $P_2O_5$ ) como superfosfato de calcio triple, y a las densidades de plantas recomendadas para las distintas condiciones edafoclimáticas: 60 000 plantas/ha para los suelos planos de humedad permanente, 50 000 y 55 000 plantas/ha para los suelos de temporal con humedad residual de las faldas del volcán La Malinche en su parte norte y sur, respectivamente, y 40 000 plantas/ha para los suelos de temporal de lomeríos.

### Funciones de respuesta para las dosis óptimas económicas.

Las funciones de respuesta obtenidas para las dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo son las siguientes:

DN =

$$0.5236 Y - 0.00004020 Y^2 - 470.4 N_s - 4048.1 N_s^2 + 24.04 S_1 + 16.87 T + 0.1164 R^{0.5} L_c^{0.5}$$

(CMDR = 164.6;  $R^2 = 0.893$ )

DP =

$$0.01031 Y - 0.9957 P_s - 0.0001504 Y P_s - 14.27 S_1 + 1.629 A^{0.5}$$

(CMDR = 93.27;  $R^2 = 0.840$ )

Donde: DN es la dosis óptima económica de nitrógeno (kg N/ha) y DP es la dosis óptima económica de fósforo (kg  $P_2O_5$ /ha); Y es el rendimiento óptimo económico (kg/ha);  $N_s$  es el nitrógeno total del suelo (%);  $P_s$  es el fósforo Bray 1 del suelo (ppm);  $S_1$  es una variable auxiliar para suelos planos de humedad (para suelos planos de humedad:  $S_1=1$ ; para los demás suelos:  $S_1=0$ ); A es la arena del horizonte B del suelo (%); T es la altura

sobre el nivel del mar (para una altura menor que 2350 msnm:  $T=0$ ; para una altura mayor que 2350 msnm:  $T=1$ ); y,  $L_c$  es la precipitación en el primer mes después de la siembra (mm).

### Función de respuesta para los rendimientos óptimos económicos

La función de respuesta obtenida para los rendimientos óptimos económicos es la siguiente:

RO =

$$- 5115.2 + 3025.3 S_1 + 624.80 S_2 - 2081.4 E + 657.04 F^{0.5} - 0.20724 F^2 + 19.138 L_c - 0.017674 L_c^2 + 2.1341 M^{0.75} L_c + 0.00013418 R^2 F^2 - 4.2054 S_1 L_c + 0.028260 P L_c - 0.00053964 F^2 L_c$$

(CMDR = 218 912;  $R^2 = 0.949$ )

Donde: RO es el rendimiento óptimo económico (kg/ha);  $S_1$  y  $S_2$  son variables auxiliares para suelos planos de humedad y de humedad residual de las faldas del volcán La Malinche, respectivamente (para suelos planos de humedad:  $S_1=1$ , y para los demás suelos:  $S_1=0$ ; para suelos de humedad residual de las faldas del volcán La Malinche, parte sur:  $S_2=1$ , y para los demás suelos:  $S_2=0$ ); E es una variable auxiliar para exceso de humedad del suelo (para con exceso de humedad:  $E=1$ ; para sin exceso de humedad:  $E=0$ ); M es la materia orgánica del suelo (%); F es la fecha de siembra a partir del 1 de marzo (días);  $L_c$  es la precipitación en el periodo desde 50 días antes hasta 30 días después de la floración femenina (mm); R es la arcilla del horizonte B del suelo (%); y P es la profundidad del suelo (cm).

### Recomendaciones de fertilización

A partir de las funciones de respuesta de las dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo, las recomendaciones de fertilización se generaron para las distintas condiciones de producción, considerando los contenidos nutricionales del suelo, los correspondientes valores de los factores de suelo, clima y manejo que hayan quedado incluidos en ellas, los rendimientos esperados y el riesgo y capacidad de los agricultores para enfrentar riesgo, dentro de los distintos agrosistemas.



Los valores de los factores de suelo, clima y manejo se consideraron a nivel de agrosistemas y, para el caso específico del nitrógeno total y fósforo Bray 1 del suelo, a nivel de parcela.

Con los factores de suelo, a nivel de parcela se procedió para el nitrógeno total y fósforo Bray 1, así como para la materia orgánica, con base en clases definidas: 1) para el nitrógeno total, por Moreno (1978), y a partir de ellas las clases de materia orgánica, según una relación matemática del nitrógeno total como función de la materia orgánica; y, 2) para el fósforo Bray 1, según una escala propuesta, considerando las siguientes clases de fósforo Bray 1: baja, media, alta y muy alta.

Por su parte, a nivel de agrosistema se procedió: 1) para los factores de suelo arena y arcilla del horizonte B del suelo, y la profundidad, a partir de la clasificación de suelos considerada, en cuanto a estas características, de las series de suelos incluidas en cada condición edafoclimática (Volke y García, 1994), y los valores observados en los sitios experimentales; 2) para la materia orgánica del suelo, para el caso de las recomendaciones de fósforo, con base en un muestreo de suelo dentro de cada condición edafoclimática y las clases definidas previamente y sus respectivas probabilidades, para obtener un valor medio ponderado según las probabilidades; 3) para fecha de siembra y el correspondiente largo del ciclo de la variedad, considerando las fechas de siembra medias para marzo, abril y mayo para las condiciones edafoclimáticas de suelos planos de humedad y de temporal con humedad residual de las faldas del volcán La Malinche, y para mayo y la primera quincena de junio para la condición edafoclimática de suelos de temporal de lomeríos; y, 4) para altura sobre el nivel del mar en la condición edafoclimática de suelos de temporal con humedad residual de las faldas del volcán La Malinche, para alturas mayores de 2350 msnm, que se asocian con siembras de marzo, y para alturas menores de 2350 msnm, que se asocian con siembras de abril y mayo.

En cuanto al factor climático precipitación, los valores del periodo se definieron para cada condición edafoclimática, como un valor medio a partir de las estaciones meteorológicas que ellas comprenden. Para esto, se estimó la distribución de probabili-

dades, mediante las funciones normal, lognormal o gama incompleta (según su mejor ajuste), para el periodo considerado, a partir de la fecha de siembra media para el periodo del mes después de la siembra, y la fecha de floración media, estimada a partir de la fecha de siembra y del largo del ciclo de la variedad, para el periodo desde 50 días antes y hasta 30 días después de la floración femenina.

Hecho lo anterior, el valor del factor precipitación se definió en función del riesgo y la capacidad del agricultor para enfrentar riesgo, en términos de los años en que los ingresos puedan ser menores a los máximos esperados. De esta manera, se consideraron valores medios de precipitación a dos niveles de probabilidad de excedencia para cada periodo, de 80 y 50%, y con estos valores medios de precipitación se calcularon los rendimientos esperados y finalmente las recomendaciones de fertilización (Volke y García, 1991).

El nivel de probabilidad de 80% de excedencia, indica que de cada 10 años en ocho de ellos llueve más que el valor de precipitación determinado con él, e igual caso para el nivel de probabilidad de 50% de excedencia, que indica que de cada 10 años en cinco de ellos llueve más que el valor de precipitación determinado con este nivel de probabilidad.

En estos términos, los niveles de probabilidad se asociaron con la disponibilidad de recursos de los agricultores y su capacidad para enfrentar riesgo, de tal manera que las recomendaciones generadas con el valor de precipitación a 80% de excedencia corresponderán a agricultores con escasos recursos y baja capacidad de enfrentar riesgo, y las generadas con el valor de precipitación a 50% de excedencia corresponderán a agricultores con disponibilidad de recursos y capacidad para enfrentar riesgo adecuados, lo que es válido para agricultores con crédito y seguro agrícola.

Por otra parte, en las condiciones edafoclimáticas de suelos planos se tiene la condición con y sin riego, y en los suelos de temporal con humedad residual, parte sur, también se tiene la condición con riego para los suelos puestos en riego en los últimos años.

Con respecto a los factores de manejo relacionados con el nitrógeno, como el



cultivo previo, la incorporación de residuos de cosecha y el uso de estiércol, cabe señalar que se consideró: 1) para cultivo previo, a la situación más frecuente de maíz como unicultivo; 2) para los residuos de cosecha, al caso en que se extraen los residuos, ya que los agricultores los utilizan para la alimentación del ganado; y, 3) para el uso de estiércol, la situación más frecuente de no uso de estiércol. En el caso de situaciones diferentes a las consideradas, corresponderá hacer las modificaciones que corresponda en las recomendaciones, según lo señala Galvis (1990).

De esta manera, en los Cuadros 1 y 2 se presentan, como ejemplo, las respectivas recomendaciones de nitrógeno y de fósforo para el maíz en los agrosistemas de la condición edafoclimática de suelos de humedad residual de las faldas del volcán La Malinche, parte sur, de temporal y con riego, incluyendo los valores de los factores que los definen y los rendimientos esperados, para las clases de los contenidos nutrimentales del suelo consideradas, y el uso de una probabilidad de excedencia de la precipitación de 50% para el caso de temporal.

**Cuadro 1. Recomendaciones de nitrógeno para maíz, y rendimientos esperados, para diferentes agrosistemas y clases de nitrógeno total del suelo, dentro de la condición edafoclimática de suelos de temporal con humedad residual de las faldas del volcán La Malinche, parte sur.**

Agrosistema <sup>a</sup>								N total del suelo <sup>b</sup>	Rendimiento esperado	Recomendación de N
P	A	R	M	T	F	V	D			
cm	- - -	%	- - -	m	d/m		pl/ha	%	kg/ha	kg N/ha
<b>1. Sin riego.</b>										
>100	70	10	0.36	>2350	15/3	L	55 000	0.016	4225	165
			1.04					0.048	4675	150
			1.64					0.080	5025	120
			2.14					0.111	5300	85
>100	55	22	0.36	>2350	15/3	L	55 000	0.016	4225	165
			1.04					0.048	4675	150
			1.64					0.080	5025	120
			2.14					0.111	5275	85
>100	70	10	0.36	<2350	15/4	L	55 000	0.016	5375	165
			1.04					0.048	5850	145
			1.65					0.080	6200	115
			2.14					0.111	6475	75
>100	55	22	0.36	<2350	15/4	L	55 000	0.016	5250	165
			1.04					0.048	5725	145
			1.65					0.080	6100	115
			2.14					0.111	6350	75
<b>2. Con riego</b>										
>100	70	10	0.36	<2350	15/3	L	60 000	0.016	6225	170
			1.04					0.048	6950	145
			1.64					0.080	7475	110
			2.14					0.111	7900	70
>100	55	22	0.36	<2350	15/3	L	60 000	0.016	6120	170
			1.04					0.048	6850	145
			1.65					0.080	7375	110
			2.14					0.111	7775	70

<sup>a</sup>P = profundidad de suelo; A = arena del horizonte B del suelo; R = arcilla del horizonte B del suelo; M = materia orgánica del suelo; T = altura sobre el nivel del mar; F = fecha de siembra; V = variedad (L = de ciclo largo); D = densidad de plantas.

<sup>b</sup>Valor medio de clases



En el Cuadro 1 se observa para nitrógeno, que: 1) existen escasas diferencias de las recomendaciones entre las fechas de siembra de marzo y abril, entre las dos clases texturales del suelo y entre la condición de temporal y de riego; y, 2) hay una disminución de las recomendaciones debido al incremento del nitrógeno total del suelo.

A este respecto, si bien los agrosistemas con recomendaciones similares pueden ser considerados dentro de un mismo agrosistema,

en este caso se pueden mantener como diferentes, excepto en cuanto a la clase textural de suelo, debido a las diferencias de rendimientos en relación con la fecha de siembra y la condición de temporal y de riego.

Llama la atención en lo anterior el hecho de que los mayores rendimientos que se observan en los agrosistemas correspondientes a la fecha de siembra de abril, y mayores aún para la condición de riego, no aumenten las recomendaciones debido a la mayor extracción de

Cuadro 2. Recomendaciones de fósforo para maíz, y rendimientos esperados, para diferentes agrosistemas y clases de fósforo Bray 1 del suelo, dentro de la condición edafoclimática de suelos de temporal con humedad residual de las faldas del volcán La Malinche, parte sur.

P	Agrosistema <sup>a</sup>						P Bray 1 del suelo <sup>b</sup>	Rendimiento esperado	Recomendación de P	
	A	R	M	T	F	V				D
cm	- - -	% - - -		m	d/m		pl/ha	ppm	kg/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
1. Sin riego										
>100	70	10	1.04	>2350	15/3	L	55 000	< 10 1T-20 21-30 > 30	4675	50 35 20 0
>100	55	22	1.04	>2350	15/3	L	55 000	< 10 1T-20 21-30 > 30	4675	50 35 15 0
>100	70	10	1.04	<2350	15/4	L	55 000	< 10 1T-20 21-30 > 30	5850	60 45 25 10
>100	55	22	1.04	<2350	15/4	L	55 000	< 10 1T-20 21-30 > 30	5725	60 45 25 10
2. Con riego										
>100	70	10	1.04	<2350	15/3	L	60 000	< 10 1T-20 21-30 > 30	6950	75 55 35 15
>100	55	22	1.04	<2350	15/3	L	60 000	< 10 1T-20 21-30 > 30	6850	70 50 30 10

<sup>a</sup>P = profundidad de suelo; A = arena del horizonte B del suelo; R = arcilla del horizonte B del suelo; M = materia orgánica del suelo; T = altura sobre el nivel del mar; F = fecha de siembra; V = variedad (L = de ciclo largo); D = densidad de plantas.

<sup>b</sup>Clases



nitrógeno por el cultivo que debe ocurrir. La explicación de esto puede residir en la relación que se da, y observada a partir de la información analizada, en cuanto que a mayor rendimiento del cultivo se presenta una mayor eficiencia del fertilizante nitrogenado.

Por otra parte, la buena relación que se observa entre la recomendación y el contenido de nitrógeno total del suelo, indica que esta propiedad puede estimar adecuadamente el suministro de nitrógeno del suelo, en agrosistemas de maíz de la parte sur del estado de Tlaxcala.

En relación con lo anterior, a diferencia del nitrógeno, para el fósforo si se da una mayor demanda de fósforo debido a un incremento de los rendimientos. Por otro lado, de los factores clase textural del suelo, fecha de siembra y condición de temporal y riego, el primero no es un factor a considerar en la definición de agrosistemas en cuanto a la fertilización fosfatada.

Por su parte, el fósforo Bray 1 del suelo muestra una buena relación con la recomendación de fósforo, la que indica que este método de análisis del fósforo aprovechable resulta satisfactorio para estimar el suministro de este nutrimento por el suelo.

Por último, en relación con la fuente y momento de aplicación de la fertilización nitrogenada y fosfatada, la información existente (Aveldaño *et al.*, 1978; Volke y García, 1994) indica: 1) para el nitrógeno, usar urea y aplicar una tercera parte en la siembra y el resto en la segunda labor; y, 2) para el fósforo, usar superfosfato de calcio triple y aplicar todo en la siembra.

### CONCLUSIONES

El enfoque combinado de análisis de suelo, agrosistemas y balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización de cultivos, para el caso de contar con información experimental de respuesta del cultivo a la fertilización, y de suelo,

clima y manejo, resulta factible de realizar y permite una mayor precisión de las recomendaciones.

### BIBLIOGRAFIA

- AVELDAÑO S., R., A. CARBALLO C. y V. GONZALEZ H. 1978. Fórmulas de producción y mejoramiento del maíz en el Estado de Tlaxcala. Circular CIAMEX 95. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F., México.
- ESTRADA L., L.A. 1977. El agrosistema: un método práctico y preciso para diseñar tecnología de producción para el cultivo de maíz bajo condiciones de temporal en la parte sur del Estado de Tlaxcala. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx., México.
- GALVIS S., A. 1990. Validación de las normas de fertilización para maíz generadas con un modelo simplificado, on las obtenidas en la experimentación de campo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx., México.
- LAIRD, R.J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx., México.
- MORENO D., R. 1978. Clasificación tentativa para suelos y aguas agrícolas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F., México.
- RODRIGUEZ S., J. 1987. Desarrollo de normas de fertilización para el cultivo de maíz y de cebada en el Estado de Tlaxcala. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx., México. (Mimeografiado).
- VOLKE H., V. 1990. Metodología estadística y económica para la generación de tecnología en la agricultura. Serie Cuadernos de Edafología 18. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx., México.
- VOLKE H., V. y J. ETCHEVERS B. 1994. Recomendaciones de fertilización para cultivos: necesidad y perspectivas de una mayor precisión. Cuaderno de Edafología 21. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx., México. (En prensa).
- VOLKE H., V. y A. GARCIA M. 1991. Fertilización de cultivos en la agricultura de riesgo climático. In: FERTIMEX, SMCS y ADIFAL (eds.). Memorias del Simposio "Uso Racional de los Fertilizantes en América Latina". Querétaro, Qro., México.
- VOLKE H., V. y A. GARCIA M. 1994. Recomendaciones de fertilización para maíz en agrosistemas del sur del Estado de Tlaxcala. Cuaderno de Edafología 23. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx., México.



## RESPUESTA DEL TRIGO CON BAJA DENSIDAD DE POBLACION A LA FERTILIZACION NITROGENADA

Response of Wheat With a Low Plant Population to Nitrogen Fertilization

M. Salazar G.<sup>1</sup>, O. Moreno R.<sup>1</sup> y R. Salazar G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Investigador del programa de trigo e investigador de sistemas de producción, respectivamente. CEVY-CIRNO-INIFAP. Apartado postal 515, Cd. Obregón, Son.

<sup>2</sup>Profesor Investigador. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 21, Apartado postal # 797, Cd. Obregón, Son.

*Palabras clave:* Espaciamiento, Métodos de siembra, Raleo, Trigo en surcos.

*Index words:* Spacing, Planting methods, Roguing, Wheat on beds.

ecuación de predicción dio un óptimo fisiológico de 250 mil plantas ha<sup>-1</sup> y de 217 kg de N ha<sup>-1</sup>. Los óptimos económicos obtenidos fueron de 245 700 plantas ha<sup>-1</sup> y de 197 kg N ha<sup>-1</sup>.

### RESUMEN

Con el objetivo de determinar la respuesta del rendimiento de trigo a la fertilización nitrogenada en siembras de baja densidad de población, en 1991 se estableció en el Valle del Yaqui, Sonora, un experimento en cinco niveles de densidad de población: 20 mil, 40 mil, 80 mil, 160 mil y 320 mil plantas ha<sup>-1</sup>, que equivalen a 0.8, 1.6, 3.2, 6.4 y 12.8 kg ha<sup>-1</sup>, y cinco niveles de nitrógeno (0, 50, 100, 150 y 200 kg ha<sup>-1</sup>), en un diseño de tratamientos Plan Puebla III modificado. Los resultados no detectaron interacción significativa de nitrógeno x densidad de población. Los tratamientos con 150 y 200 kg de nitrógeno por hectárea y con 160 mil ó 320 mil plantas ha<sup>-1</sup>, rindieron de 350 a 788 kg ha<sup>-1</sup> más que el testigo (5200 kg ha<sup>-1</sup>), el cual representa las condiciones del agricultor. Los datos se ajustaron a un modelo cuadrático con un R<sup>2</sup> = 0.99 cuya

### SUMMARY

A field study was established at the Yaqui Valley Experimental Station (CEVY), Sonora, during the 1991-1992 growing season. The objective was to determine the yield response to nitrogen fertilization of wheat grown at low densities. Five plant population densities (20 000, 40 000, 80 000, 160 000 y 320 000 plants hectarea<sup>-1</sup>) and five levels of nitrogen fertilization were studied using a modified Plant Puebla III treatment design. The results obtained indicated a non-significant nitrogen-plant population interaction. Plant populations of 160 000 or 320 000 plants ha<sup>-1</sup> with 150 and 200 kg N ha<sup>-1</sup> had yields from 350 to 788 kg ha<sup>-1</sup> more than the check treatment. A quadratic model was fitted to the data with R<sup>2</sup> = 0.99. The optimum economic plant population was obtained at 245 000 plants ha<sup>-1</sup> with nitrogen level at 197 kg ha<sup>-1</sup>.

Recibido 11-92.



## INTRODUCCION

La mayoría de los productores de trigo siembran este cereal con densidades que fluctúan entre 100 y 200 kg de semilla  $ha^{-1}$ . También hay quienes llegan a utilizar hasta 300 kg. Estas altas densidades propician el uso excesivo de los demás insumos de la producción, ocasionan problemas de acame y dan como resultado menores rendimientos comparados con los obtenidos con densidades bajas (15-50 kg  $ha^{-1}$ ), sobre todo en siembras tempranas (10 de noviembre-10 de diciembre).

En general, la respuesta a la densidad de población se rige por una curva de rápido ascenso hasta llegar a un máximo, la cual posteriormente declina con lentitud, con muy altas densidades (Donald, 1973).

El incremento en la densidad de población ha conducido a decrementos en la producción de materia seca por planta y en el índice de cosecha, conforme aumenta el rendimiento (Donald, 1973; Harper, 1961; Wallace y Munger, 1966). En general, cuando las plantas crecen espaciadas y en condiciones favorables, lo hacen a una tasa casi constante hasta que terminan su etapa vegetativa o hasta que desarrollan un follaje que produce una competencia interna por luz. En contraste, plantas en densidades altas de población muestran una reducción en su tasa de crecimiento que resulta más marcada conforme se incrementa la densidad de población (Donald, 1973). Salazar *et al.* (1991) encontraron que plantas de trigo sembradas equidistantemente a 92 cm crecieron más lentamente que las sometidas a competencia con 120 kg de semilla  $ha^{-1}$  y que la altura final fue igual en ambas condiciones. Es bien sabido que el número de tallos por planta en trigo y otras especies se reduce conforme aumenta la densidad de población (Donald, 1973), sin embargo, se desconoce las diferencias de requerimientos de agua y nutrimentos en siembras de trigo con altas y bajas densidades.

La respuesta del trigo a la densidad de población es un tema muy estudiado; sin embargo, los resultados son muy ambiguos, la densidad óptima de semilla varía desde 30 a 240 kg  $ha^{-1}$  (Persival, 1921; Robertson *et al.*, 1942). Cano (1991) señala que la bibliografía a nivel internacional sobre la respuesta del trigo a la densidad de población, brinda

resultados tan dispersos que aporta poca o nula información, ya que la divergencia en resultados, no permite ni siquiera intuir el espacio de exploración de la variable.

A nivel nacional los resultados habían sido similares, ya que se tenía la información de que entre los 40 y 160 kg  $ha^{-1}$  de densidad, no había cambio en los rendimientos de trigo. No fue hasta que Moreno (1979, Comunicación personal) decidió estudiar niveles más bajos, de 10 a 50 kg de semilla  $ha^{-1}$ , y la variable en términos de plantas por hectárea, cuando hubo un avance en este campo. La información inicial indicó que aun con niveles tan bajos como de 10 kg  $ha^{-1}$ , no era posible determinar la función de producción, ya que el rendimiento no declinó con esta densidad de población. Moreno (1981, Comunicación personal) estudió el rendimiento de trigo en función del número de plantas por hectárea usando desde 30 mil hasta 240 mil plantas  $ha^{-1}$ . El encontró que a partir de 120 mil plantas por hectárea, la densidad de población no afectaba la producción de trigo.

Investigaciones realizadas en el Campo Experimental Valle del Yaqui (CEVY) Son., han mostrado que el trigo puede producirse con ventaja económica aun si se reduce la semilla hasta 15 e inclusive 5 kg  $ha^{-1}$  (Cano, 1991).

Parcelas de validación establecidas en el Valle del Yaqui, Son., han mostrado la bondad de las siembras con bajas densidades. En casi todos los casos, las densidades de 15 y 30 kg  $ha^{-1}$  superaron los rendimientos del agricultor testigo (J. Uvalle B., 1991, Comunicación personal). No existen experimentos a nivel semi-comercial de siembras ralas hasta los niveles de 160 mil a 200 mil plantas hectárea<sup>-1</sup>. Tampoco existe información sobre tecnología de producción a este nivel de densidad.

El productor trigüero seguramente irá utilizando bajas densidades de siembra en la medida en que se cuente con tecnología de producción que, además de que le reduzca costos y le incremente rendimiento, le dé confiabilidad en la obtención de su cosecha. Por ello, el presente trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada, cuando se siembra a bajas densidades.



## MATERIALES Y METODOS

En un lote experimental del CEVY, se sembró trigo, variedad F79, el 5 de diciembre de 1991. La siembra se hizo a chorrillo, con 25 cm de distanciamiento entre líneas. A 20 días después de la siembra, los tratamientos, excepto el testigo, fueron raleados dejando las líneas de plantas a 50 cm. El mismo día, los tratamientos de densidades de población se ralearon dejando las plantas a 100, 50, 25, 12.5 y 6 cm sobre la hilera, lo cual dio lugar a las poblaciones de 20 mil, 40 mil, 80 mil, 160 mil y 320 mil plantas  $ha^{-1}$ , respectivamente. Los testigos quedaron con hileras a 25 cm y con una densidad de siembra de 120 kg de semilla  $ha^{-1}$ .

Los niveles de fertilización utilizados fueron los siguientes: 0, 50, 100, 150 y 200 kg de N  $ha^{-1}$ , los cuales se combinaron con los niveles de densidad de población para originar un diseño de tratamientos Plan Puebla III modificado, el cual se estableció en un arreglo experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones.

Se aplicaron al experimento tres riegos y se utilizaron deshierbes manuales para mantener las plantas libres de maleza. Todo el experimento recibió el equivalente a 50 kg de fósforo  $ha^{-1}$ . No se hizo ninguna aplicación de otros agroquímicos además del nitrógeno y fósforo.

Las variables de estudio fueron: rendimiento de grano, peso hectolitrico y peso de mil granos.

Con la técnica de regresión, se ajustó un modelo cuadrático para la variable rendimiento en función de densidad de población y nitrógeno aplicado. Luego se obtuvieron el óptimo fisiológico y el óptimo económico para dos niveles de relación de precios insumo/producto. El primero se obtuvo igualando a cero las ecuaciones de la primera derivada con respecto a nitrógeno y a densidad de población de la ecuación de predicción, y los segundo se obtuvo igualando la primera derivada a la relación de precios insumo/producto correspondiente.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 1 presenta las medias de rendimiento de grano, peso hectolitrico y peso

Cuadro 1. Respuesta del trigo a la fertilización con nitrógeno y a la densidad de población. Ciclo 1991-1992.

N	Tratamiento		Rendimiento	Peso específico	Densidad del grano
	DP				
kg $ha^{-1}$	mpl $ha^{-1}$		kg $ha^{-1}$	mg grano $^{-1}$	kg $hL^{-1}$
50	40		2420	37.8	78.7
50	160		2198	39.3	79.3
150	40		3353	37.3	78.5
150	160		5513	39.8	80.1
0	20		1853	37.3	77.5
100	80		4480	43.0	79.1
200	160		5823	39.0	80.1
150	320		6095	41.3	80.1
200	320		6088	40.8	80.0
Testigo			5200	39.0	79.5
Media			4602	39.5	79.3
F. Calc.			73.27**	2.94*	4.46**
DMS (0.05)			524	3.14	1.2
C.V. %			7.8	5.45	1.04
CME			129581	4.6361	0.6794
b1			19.25**	0.607**	1.217*
b2			34.573**	-0.060 <sup>ns</sup>	-0.117 <sup>ns</sup>
b11			-0.051*	-0.002*	-0.004*
b22			-0.074**	-0.001 <sup>ns</sup>	-0.001 <sup>ns</sup>
b12			-0.011 <sup>ns</sup>	-0.001 <sup>ns</sup>	-0.002 <sup>ns</sup>
R <sup>2</sup>			0.99	0.98	0.97

N = nitrógeno

DP = densidad de población

mpl  $ha^{-1}$  = miles de plantas por hectárea

kg  $hL^{-1}$  = kilogramos por hectolitro

\* = significativo a 5%

\*\* = significativo a 1%

NS = no significativo

de mil granos para cada tratamiento involucrado en este estudio. También presenta el análisis de varianza y ajuste de regresión al modelo cuadrático para estas variables. Para el caso de rendimiento de grano se observó un fuerte efecto de la aplicación de nitrógeno y de la densidad de población. Sin embargo, en contra de lo esperado, la interacción densidad de población-nitrógeno no resultó significativa. En el Cuadro 1 puede observarse que prácticamente con 160 mil plantas  $ha^{-1}$  (6.4 kg de semilla  $ha^{-1}$ ) y 50 kg de nitrógeno, se logró igualar el rendimiento del tratamiento testigo que representa las condiciones en que siembra el agricultor (150 kg de N y 120 kg de semilla  $ha^{-1}$ ). Dicho cuadro también muestra que los tratamientos con 150 y 200 kg de N  $ha^{-1}$  cuando tuvieron más de 130 mil plantas  $ha^{-1}$  superaron todos al testigo. Como este testigo consistió en 150 kg de N y 120 kg de semilla  $ha^{-1}$  podemos considerar estos resultados como una indicación de que la interacción nitrógeno-



densidad de población puede ser significativa a niveles superiores de población.

La variable rendimiento de grano fue sometida a un análisis de regresión, ajustando un modelo cuadrático que resultó con una  $R^2 = 0.99$ . La ecuación de predicción fue la siguiente:

$$Y = 19.251N + 34.573D - 0.051N^2 - 0.07D^2 + 0.011ND$$

donde:

Y = rendimiento de grano en kilogramos hectárea<sup>-1</sup>

N = nitrógeno aplicado en kilogramos hectárea<sup>-1</sup>

D = densidad de población en miles de plantas hectárea<sup>-1</sup>

ND = interacción nitrógeno-densidad de población.

Esta ecuación dio un óptimo fisiológico para densidad de población de 250 mil plantas ha<sup>-1</sup> y de 217.5 kg ha<sup>-1</sup> para nitrógeno. Para determinar la densidad de siembra óptima en condiciones de campo deben considerarse las condiciones físicas del suelo, % de germinación de la semilla y que un kilogramo de trigo harinero contiene aproximadamente 25 mil semillas.

Cano (1991), en un experimento de poblaciones con tres fechas de siembra, encontró 135 mil plantas ha<sup>-1</sup> como población óptima para la siembra de alrededor del 10 de noviembre e indica que esta población se incrementó a razón de 800 plantas ha<sup>-1</sup> por día transcurrido para fechas entre el 10 de noviembre y el 10 de diciembre, y que tal incremento resultó de 3 mil plantas ha<sup>-1</sup> por día a partir del 10 de diciembre. Si esto es así, la población óptima para la fecha del 5 de diciembre, fecha del presente experimento, resulta de 155 800 plantas ha<sup>-1</sup>, población que es sensiblemente menor. En este tipo de experimentos, al sembrar a chorrillo para después raleo a la densidad de población deseada, las plantas están sometidas a una fuerte competencia antes del raleo, el efecto de esta competencia puede propiciar que las épocas de raleo modifiquen la población óptima fisiológica. La diferencia de resultados de este trabajo con respecto a los de Cano (1991) pueden deberse a un retraso en la fecha de raleo.

Si consideramos que el costo de 1 kg de semilla es de 1600 pesos, que un kilogramo de ésta contiene 25 mil semillas y que en condiciones de campo logran germinar 50% de ellas, entonces el costo de mil plantas es de 128 pesos. Si el precio de campo del trigo de este ciclo (1992-1993) fue de 680 mil pesos t<sup>-1</sup>, y que los costos de cosecha y transporte fueron 30 mil y 20 mil pesos t<sup>-1</sup>, respectivamente, tenemos que el agricultor recibe 630 mil pesos t<sup>-1</sup>. Esta situación nos da una relación de precios insumo/producto para el nitrógeno de 0.2. Además si consideramos que 1200 pesos es el costo de 1 de kilogramo de nitrógeno (amoniaco anhidro), la relación insumo producto para el nitrógeno resulta de 2. Así, con nuestra ecuación de predicción obtenemos un óptimo económico de 247.1 miles de plantas ha<sup>-1</sup> y 197.4 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>. Ahora, si consideramos las relaciones de insumo producto de 0.5 (3780 pesos el kilogramo de semilla) entonces obtenemos como óptimo económico 244.4 miles de plantas y 187.2 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>. Podemos observar que la ecuación es poco sensible al cambio de precios de los insumos. Es opinión de los autores que la cantidad de nitrógeno por hectárea resultó un poco sobre estimada y es necesario continuar con la investigación sobre fertilización en trigo con bajas densidades a fin de afinar estos resultados.

Según los datos de Cuadro 1, el peso hectolitrico tendió a aumentar con la densidad de siembra; sin embargo, esta diferencia pudo deberse a que el manejo agronómico del experimento favoreció a las densidades mayores en cuanto a esta variable. Cano (1991) menciona que la densidad de siembra no modificó la densidad del grano y, aunque encontró diferencia significativa a 5% para la interacción fecha de siembra-densidad de grano, consideró que las diferencias eran demasiadas pequeñas para tomarlas en consideración.

El mismo cuadro muestra que el peso de mil granos también tiende a incrementarse con el aumento de la densidad de población. Cano (1991) encontró que esta variable tendió a decrecer con el aumento de la densidad de población. Los resultados de este trabajo con respecto a esta variable, podrían tener la misma explicación que se dio para peso hectolitrico; sin embargo, por los resultados contradictorios, es claro que se requiere más



estudio sobre este particular para determinar la tendencia real de estas variables.

indicado por el hecho de que el testigo (150 kg de N y 120 kg de semilla  $ha^{-1}$ ) rindió menos que los tratamientos de 150 y 200 kg de N  $ha^{-1}$  con densidades de 160 mil y 320 mil plantas  $ha^{-1}$ .

### CONCLUSIONES

1. La respuesta del trigo a la densidad de población fue clara hasta 250 mil plantas por ha, la cual difiere considerablemente de la indicada por Cano (1991) (155 800 plantas  $ha^{-1}$ ), lo que podría ser función de la época tardía de aclareo en el presente trabajo.
2. La respuesta a nitrógeno fue clara hasta 200 kg  $ha^{-1}$ , diferente de la expectativa en el sentido de reducir la dosis de nitrógeno, al usar bajas densidades de población.
3. Es probable que en el ámbito de la variable estudiada la interacción densidad de población-nitrógeno no sea significativa, sin embargo, al incrementar la densidad de población a niveles superiores, es posible que esto sea de otra manera. Lo anterior,

### LITERATURA CITADA

- CANO. 1991. La interacción entre fecha y densidad de población en relación con la producción de trigo *Triticum durum* L. en el Valle del Yaqui, Sonora. Tesis Profesional. ITSON, Cd. Obregón, Son. México.
- DONALD, M.C. 1973. Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.* 15: 1-118.
- HARPER, J.L. 1961. Approaches to the study of plant competition. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 15: 1-39.
- PERCIVAL, J. 1921. The wheat plant monograph. E.P. Dutton and Co. New York.
- ROBERTSON, D.W. et al. 1942. Winter wheat production in Colorado Colo. *Agric. Exp. Sta. Bull.* 470.
- SALAZAR G.M., R. SALAZAR G., O. MORENO R. 1991. Estudio fenológico de la planta de trigo en condiciones de no competencia. I Congreso Regional de Investigación de la DGETA Zona Norte. SEP-SEIT-ITA No. 10, Torreón, Coah. México.
- WALLACE, D.H. y MUNGER, H.M. 1966. Studies on the physiological basis for yield differences II. Variations in dry matter distribution among aerial organs for several dry bean varieties. *Crop. Sci* 6: 503-507.



## EVALUACION ECONOMICA DE SISTEMAS DE CULTIVOS TRADICIONALES EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

Economics evaluation of traditional cropping systems  
in the Valles Centrales of Oaxaca

Rosalío Herrera Villarruel y Jaime Ruiz Vega

Exalumno de Maestría, ITAO No. 23, Nazareno, Oaxaca  
Calle Simón Sánchez y Justo Sierra, Tuxpan, Nayarit

Centro de Investigaciones Interdisciplinarias para el Desarrollo  
Regional (CIIDIR) Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional,  
Apartado Postal 1169, 68000 Oaxaca, Oax.

*Palabras clave:* Cultivos asociados, Agricultura tradicional.

*Index words:* Multiple cropping, Peasant agriculture.

### RESUMEN

El presente estudio se realizó en la localidad de Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca, en condiciones de temporal. Los objetivos fueron: a) caracterizar los sistemas de producción tradicionales, b) evaluar la eficiencia de los cultivos múltiples en relación con los monocultivos, y c) identificar el mejor sistema de cultivos de acuerdo con diversos criterios. Se evaluaron la eficiencia relativa de la tierra (ERT), beneficios netos (BN), relación beneficio costo (B/C), valor actual neto (VAN), y tasa interna de retorno (TIR). Se trabajó con cinco sistemas de cultivos tradicionales que incluyeron asociaciones de maíz, frijol de guía, frijol de mata, cacahuete e higuera, más los monocultivos correspondientes. Se obtuvieron las siguientes conclusiones: a) los sistemas de cultivos múltiples regionales mostraron mayor ERT que los monocultivos

correspondientes, pero no fueron diferentes entre sí, b) el monocultivo del frijol de mata mostró los mayores beneficios netos/ha de todos los sistemas evaluados, debido a su alto precio local y a sus menores costos de producción en relación con el frijol de guía, y c) la siembra de frijol de mata en monocultivo es la mejor alternativa para los productores del área.

### SUMMARY

This study was carried out in Nazareno Xoxocotlan, Oaxaca under rainfed conditions. The following objectives were pursued: a) to characterize regional cropping patterns regarding production practices and costs, b) to evaluate the land equivalent ratio (LER) of regional cropping patterns, and c) to identify the best cropping pattern for the region. The evaluation was done using the following criteria: LER, net income, cost/benefit ratio, net actual value and internal rate of return. The factors under study were five regional multiple cropping patterns involving local landraces of maize, climbing beans, bush beans, squash, groundnut and castorbeans, plus the monocrops of these species. The following conclusions were drawn: a) the regional multiple cropping patterns had significantly higher LER than the monocrops, but they were

Recibido 3-93.



not different among them, b) the highest net benefits were produced by the bush beans monocrop due to their high price in the local market and lower production costs in relation to climbing beans, and c) the bush beans monocrop is the best alternative for the farmers of the region.

## INTRODUCCION

La producción de alimentos básicos en los Valles Centrales de Oaxaca se realiza mayoritariamente en sistemas de cultivos asociados, en condiciones de temporal y con variedades criollas de maíz, frijol y calabaza. Aun cuando se sabe que las asociaciones de cultivos utilizan más eficientemente la tierra (Laird, 1977; Lépiz, 1978) y pueden tener mayor estabilidad del rendimiento (Andrews y Kassam, 1976), la producción de básicos sigue siendo deficitaria. De acuerdo con la SARH (1987), el déficit anual promedio de maíz y frijol para la región es de 30 000 y 10 000 t, respectivamente.

Los sistemas de cultivos tradicionales han permitido el desarrollo y mantenimiento de las comunidades de la región por cientos de años, pero el crecimiento de la población y el consecuente aumento de la presión sobre la tierra, así como la presencia más frecuente de sequías y cambios en la relación beneficio/costo, hacen prever la posibilidad de que en el futuro próximo los déficits de producción sean mayores y que algunos sistemas de cultivos ofrezcan mejores opciones al productor.

Solórzano (1977) encontró que en El Llano, Aguascalientes, el frijol en monocultivo era una mejor alternativa que la asociación cuando existen déficits de humedad durante septiembre. Platero (1975) y Beracochea (1978) informaron resultados similares. En la región este del Valle de México, el frijol en monocultivo superó en ganancias a la asociación maíz-frijol, pero el productor no puede producir maíz.

Estudios realizados en la región de los Valles Centrales indican que los cultivos asociados tienen mayor estabilidad del rendimiento (Ruiz, 1987), especialmente si un cultivo precoz reemplaza en alta proporción a un cultivo más tardío (Ruiz, 1991) y mayor eficiencia en el uso de la tierra y menor

incidencia de malezas (López, 1982). Sin embargo, Muñoz (1985) concluyó que la higuera bajo unicultivo superó en ingresos netos tanto a la asociación maíz-higuera como al monocultivo del maíz.

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) caracterizar los sistemas de cultivos tradicionales en cuanto a costos de producción y beneficios asociados, b) evaluar la ERT de los sistemas de cultivos tradicionales y c) identificar el sistema de cultivo más adecuado para las condiciones particulares del sitio experimental. Se plantearon las siguientes hipótesis: a) las asociaciones de cultivos proporcionan la mejor alternativa para el productor desde el punto de vista de beneficios netos, b) la ERT de los policultivos es mayor que la de los monocultivos y c) al menos un sistema de cultivos asociados supera en ERT a los demás.

## MATERIALES Y METODOS

Se emplearon variedades criollas de los siguientes cultivos: maíz, raza "Bolita", con ciclo de desarrollo de 120 días; calabaza "huichi", con un ciclo de desarrollo similar al del maíz; frijol de mata o "delgado" (negro) con ciclo de desarrollo de 85 días; frijol de guía (negro), cuyo ciclo de desarrollo es de 135 días; cacahuete, variedad "criollo poblano", de hábito rastrojero y con 150 días de la siembra a la madurez; higuera de tallos morados y ciclo de 210 días de la siembra a la madurez de la semilla.

### Tratamientos experimentales

Se evaluaron 11 tratamientos, en los cuales se incluyeron seis sistemas de cultivos múltiples y cinco monocultivos (Cuadro 1). Las densidades de población fueron similares a las que utiliza el productor en la zona.

### Diseño experimental y tamaño de parcela

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones. La parcela experimental estuvo formada por nueve surcos de 8 m de largo, lo cual dio un área total de 43.2 m<sup>2</sup>. La parcela útil fue formada por tres surcos centrales a los cuales se les eliminó 1 m en cada extremo para dar una área de parcela útil de 10.8 m<sup>2</sup>.



Cuadro 1. Tratamientos experimentales y densidades de población evaluadas. 1990.

Tratamiento	Cultivo(s)	Densidades de población plantas ha <sup>-1</sup>
1	Maíz-frijol de guía	40 000-40 000
2	Maíz-frijol de mata	40 000-60 000
3	Maíz-calabaza	40 000- 3333
4	Maíz-cacahuete	10 000-80 321
5	Maíz higuierilla	40 000- 4444
6	Maíz	40 000
7	Frijol de guía	40 000
8	Frijol de mata	60 000
9	Calabaza	3333
10	Cacahuete	80 321
11	Higuierilla	4444

### Fecha de siembra y fertilización

La siembra se realizó manualmente, los días 28 y 29 de junio de 1990, y se aplicaron 20-40-00 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. Al momento de la primera labor se aplicaron 40 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O. La fuente de nitrógeno fue la urea (46% de N) y la de fósforo el superfosfato de calcio triple (46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

### Labores de cultivo

La primera labor se realizó tres semanas después de la siembra por medio de una yunta y posteriormente se hicieron tres limpiezas manuales para el control de la maleza. Se aplicó insecticida en tres ocasiones: la primera al momento de la siembra, a fin de prevenir el ataque de las plagas del suelo, y las dos subsecuentes para combatir plagas del follaje en los cultivos.

### Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza de acuerdo con el modelo estadístico empleado y se aplicó la prueba de Tukey para la separación de medias de las variables ERT y beneficios netos (BN). La ERT se estimó como:  $ERT = E (Y_i/Y_{ii})$ , donde  $Y_i$  representa el rendimiento del íesimo cultivo en asociación y  $Y_{ii}$  el rendimiento del mismo cuando se siembra como monocultivo (Trenbath, 1976). Los BN se obtuvieron de restar los costos brutos de producción (C) de los beneficios brutos. Estos últimos se obtuvieron de multiplicar el precio medio rural de cada cultivo por 80% del rendimiento experimental. En el momento de la cosecha se tenían los siguientes precios por

kilogramo: a) maíz, N\$ 0.80; b) frijol de guía, N\$ 3.50; c) frijol de mata, N\$ 5.00; d) calabaza, N\$ 5.00; e) cacahuete, N\$ 2.50 y f) higuierilla, N\$ 1.30. Los costos brutos incluyeron a todos los gastos de producción, desde la siembra hasta la comercialización del producto.

### Estimación de indicadores económicos

En forma adicional, se estimaron los siguientes indicadores económicos: relación beneficio/costo (B/C), valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). De acuerdo con Gittinger (1989), estos indicadores se estimaron como:  $B/C = E BN/C$ ,  $VAN = E B - E C$  y  $TIR = \text{interés promedio de retorno de la inversión durante la duración del proyecto, en este caso el período desde la siembra a la cosecha de los diferentes cultivos. En todos los casos se utilizan valores actualizados por la tasa de interés anual del banco a través del factor de ajuste:}$

$$rm = (ra + 1)^{1/12 - 1}$$

donde:

rm = tasa de interés mensual

ra = tasa de interés anual

## RESULTADOS Y DISCUSION

La ERT de los sistemas de cultivo asociados fue mayor que la de los monocultivos, pero no hubo diferencia estadísticamente válida para las ERT dentro del grupo de cultivos asociados (Cuadro 2). La asociación maíz-frijol de mata mostró la mayor ERT; contribuyeron, el maíz con 0.89 y el frijol con 0.53 para dar 1.42 de eficiencia. Es posible que todavía exista margen para incrementar la eficiencia del frijol. López (1982), obtuvo una eficiencia del frijol asociado, de 0.64 cuando se sembró a 70 000 plantas ha<sup>-1</sup> y de 0.78 cuando se sembró a 100 000 plantas ha<sup>-1</sup>. La eficiencia del maíz pasó de 0.57 a 0.50, de manera que se obtuvo una ERT máxima de 1.28.

Los rendimientos por hectárea del maíz en asociación fueron disminuidos significativamente al asociarlo con frijol de guía, pero no al asociarse con frijol de mata. En el primer caso se tuvo un descenso en el rendimiento de 31%, mientras que en el segundo caso se tuvo un descenso de 11%. La mayor complementariedad en el uso de los recursos ambientales de la asociación maíz-frijol de



Cuadro 2. Rendimientos y eficiencia relativa de la tierra de los sistemas de cultivo y monocultivos evaluados.

Tratamiento	Cultivo(s)	Semilla	ERT
		kg ha <sup>-1</sup>	
2	Mais-frijol de mata	2075 - 559	1.41 a*
5	Mais-higuerilla	1808 - 674	1.30 ab
3	Mais-calabaza	1922 - 103	1.29 abc
1	Mais-frijol de guía	1615 - 529	1.21 abc
4	Mais-cacahuete	802 - 1352	1.18 abc
6	Mais	2340	1.00 c
7	Frijol de guía	1019	1.00 c
8	Frijol de mata	1050	1.00 c
9	Calabaza	226	1.00 c
10	Cacahuete	1678	1.00 c
11	Higuerilla	1378	1.00 c

\* Valores con la misma letra no son diferentes (Tukey al 0.05).

mata proviene de las diferencias en ciclo de vida de ambos cultivos, de diferencias en uso de nutrimentos y profundidad de extracción de agua, así como de uso óptimo de la radiación solar. El frijol de guía compite en forma efectiva con el maíz por agua y luz durante la época de floración e inicio de vaina, ya que en este momento el maíz se encuentra en la etapa de llenado de grano. El maíz sembrado en asociación con cacahuete redujo drásticamente sus rendimientos por hectárea debido a la densidad de población, pero los rendimientos por planta se incrementaron en relación con los del maíz en monocultivo en 37%, en promedio. Una situación similar se observó cuando el maíz se sembró en surcos alternos con el frijol; con 1/3 de la densidad óptima para maíz en monocultivo, se produce 50% del rendimiento posible con la densidad óptima (Ruiz, 1991).

### Beneficios netos

Los beneficios netos para los distintos sistemas de cultivo asociados y monocultivos mostraron diferencias significativas entre sí (Cuadro 3). Contrario a lo esperado, un monocultivo produjo los más altos beneficios netos. El frijol de mata superó en cerca de N\$1000.00/ha a la asociación maíz-frijol de mata, el cual fue el sistema de cultivos en segundo lugar, por lo que respecta a beneficios netos. La anterior situación se deriva de que el frijol en monocultivo casi duplicó los rendimientos de frijol obtenidos bajo asociación, y al alto precio rural del frijol de mata. Las asociaciones menos

redituables fueron la de maíz higuerilla y la de maíz-calabaza, mientras que los monocultivos menos redituables fueron los de maíz, higuerilla y calabaza.

La producción de cultivos en condiciones de temporal en los Valles Centrales es riesgosa debido a la distribución aleatoria de la precipitación. La literatura es contradictoria en cuanto a la mayor estabilidad en la producción de cultivos asociados en comparación con los monocultivos cuando se tiene el riesgo de sequía. La experiencia local ha mostrado que la asociación maíz-frijol de mata tiene mayor estabilidad en su producción que el monocultivo del maíz (Ruiz, 1987; Ruiz y Loeza, 1989), pero no existe una evaluación de frijol de mata contra maíz como monocultivos.

### Otros indicadores económicos

La estimación de indicadores económicos adicionales fue otra herramienta empleada en la evaluación de los diferentes sistemas de cultivo (Cuadro 4). De nuevo, el frijol de mata en monocultivo mostró los más altos valores de B/C, TIR y VAN. Los valores correspondientes de estos indicadores señalan que en este cultivo por cada peso invertido se obtuvieron 3.73, es decir, 2.73 de ganancia interés por concepto de préstamo bancario el cual si se actualiza por la inflación, los costos y beneficios para el periodo de la

Cuadro 3. Beneficios netos promedio para diferentes sistemas de cultivo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Tratamiento	Cultivo (s)	Beneficio neto
		N\$ ha <sup>-1</sup>
8	Frijol de mata	4181.00 a*
2	Mais-frijol de mata	3180.40 b
10	Cacahuete	2530.00 bc
4	Mais-cacahuete	2216.40 c
7	Frijol de guía	1935.17 cd
1	Mais-frijol de guía	1866.90 cde
5	Mais-higuerilla	1107.00 def
3	Mais-calabaza	923.40 ef
6	Mais	740.40 f
11	Higuerilla	670.90 f
9	Calabaza	445.40 f

\* Valores con la misma letra no son diferentes (Tukey al 0.05).



Cuadro 4. Beneficios netos promedio (N\$/ha) para diferentes sistemas de cultivo en los valles centrales de Oaxaca.

Tratamiento	Cultivo(s)	BN/C	TIR	VAN
		N\$ ha <sup>-1</sup>	%	N\$
1	Maíz-frijol de guía	1.40	40.24	476.89
2	Maíz-frijol de mata	2.42	47.24	1622.41
3	Maíz-calabasa	0.76	-5.84	-246.22
4	Maíz-cacahuete	1.14	5.49	232.91
5	Maíz higuera	0.83	-2.39	-177.07
6	Maíz	0.56	-16.57	-463.21
7	Frijol de guía	1.14	10.47	226.00
8	Frijol de mata	3.73	73.87	2771.62
9	Calabasa	0.60	-12.12	-255.88
10	Cacahuete	1.40	10.39	621.58
11	Higuera	0.53	-10.54	-417.35

BN/C = Beneficio neto/costo; TIR = Tasa interna de retorno; VAN = Valor actual neto

siembra a la cosecha, se tiene un beneficio neto actualizado de N\$ 2771.62.

### CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos e hipótesis planteados se llegó a las siguientes conclusiones, las cuales son válidas únicamente para condiciones ambientales similares a las observadas durante el desarrollo de este experimento.

1. Se rechaza la hipótesis de que los cultivos asociados pueden ser más redituables que los monocultivos en el área de estudio.
2. La eficiencia en el uso de la tierra es superior en los cultivos asociados en comparación con los monocultivos.

### LITERATURA CITADA

- ANDREWS, D.J., and A.H. KASSAM. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. pp. 1-10. In: R. I. Papendick (ed.). Multiple cropping. American Society of Agronomy. Special publication No. 27, Madison, Wis.
- BARACOECHEA H., M. 1977. Análisis económico de la asociación maíz frijol para diferentes regiones del estado de Puebla. Tesis de M.C. Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco.
- GITTINGER, P.J. 1989. Análisis económico de proyectos agrícolas. Tercera edición. Editorial Tecnos, S.A.
- LAIRD, R.J. 1977. Investigación agronómica para el desarrollo de la agricultura tradicional. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- LEPIZ I., R. 1978. La asociación maíz-frijol y el aprovechamiento de la luz solar. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- LOPEZ, M.N. 1982. Eficiencia del cultivo compuesto maíz-frijol intercalado de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit.
- MUÑOZ C., A. I. 1985. El cultivo de higuera como alternativa en los Valles Centrales de Oaxaca. Tesina. Instituto Superior de Educación Tecnológica Agropecuaria, Roque, Gto.
- PLATERO, H.O. 1975. Análisis de rendimiento de grano y económico de las asociaciones maíz-frijol en la región este del Valle de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- RUIZ V., J. 1987. Estabilidad y redituabilidad de patrones de cultivo en los Valles Centrales de Oaxaca. Resúmenes del XX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Zacatecas, Zac.
- RUIZ V., J. y G.R. LOAEZA. 1989. Evaluación de la siembra de maíz-frijol en surcos alternos. Informe anual de investigación. Campo Agrícola Experimental INIFAP-SARH, Sto. Domingo Barrio Bajo, Etlá.
- RUIZ V., J. 1991. Como producir maíz y frijol en surcos alternos en los Valles Centrales de Oaxaca. Desplegable para productores No. 3, Campo Agrícola Experimental, INIFAP-SARH, Sto. Domingo Barrio Bajo, Etlá.
- SARH. 1987. Investigación pecuaria y forestal en el estado de Oaxaca. Maraco de referencia, problemas y opciones de solución. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Publicación especial No. 1, Oaxaca de Juárez, Oax.
- SOLORZANO, V.E. 1977. Estudio del cultivo asociación maíz-frijol bajo condiciones de temporal en El Llano, Aguascalientes. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Méx.
- TRENBATH, B.R. 1976. Plant interactions in mixed communities. pp. 129-170. In: R.I. Papendick (ed.). Multiple Cropping. ASA Special publication No. 27, Madison, Wisconsin.



**DIVISION III**

Zonificación agroecológica para el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) en el estado de Veracruz.

**JOSE LUIS AGUILAR ACUÑA,  
RAMONZULUETA RODRIGUEZ,  
DOMITILLO PEREYRA DIAZ,  
ISIDRO A. GALVAN TEPETLA,  
IVAN AGUILAR CERVANTES y  
JOSE LUIS RIVERA RINCON**

213

Respuesta de la nueva variedad de arroz (*Oriza sativa* L.) Morelos A-92 a la densidad de población, a la fertilización y a la fecha de transplante en condiciones de riego, en dos localidades del estado de Morelos.

**F.J. OSUNA CANIZALEZ,  
A. TURRENT FERNANDEZ y  
R. MORENO DAHME**

225

Respuesta del maíz de temporal a nitrógeno y fósforo en localidades de la zona sur de México.

**OCTAVIO PEREZ ZAMORA**

240

Recomendaciones de fertilización de cultivos con base en un enfoque integral.

**VICTOR VOLKE HALLER y  
MAURORA GARCIA MORIN**

251

Respuesta del trigo con baja densidad de población a la fertilización nitrogenada.

**M. SALAZAR G.,  
O. MORENO R. y  
R. SALAZAR G.**

259

Evaluación económica de sistemas de cultivos tradicionales en los Valles Centrales de Oaxaca.

**ROSALIO HERRERA VILLARRUEL y  
JAIME RUIZ VEGA**

264