

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

---

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias  
Posgrado Interinstitucional en Ciencias Agrícolas y Forestales (P I C A F)

---

---



## Diagnóstico Técnico y Modelación del Daño por *Phyllophaga ravid* (Blanchard) (Coleoptera : Melolonthidae), para el Cultivo del Maíz en la Zona Central de Jalisco

---

---

TRABAJO QUE CON EL CARÁCTER DE

**T E S I S**

PRESENTA EL C.

**VALERIO PALACIOS CORONA**

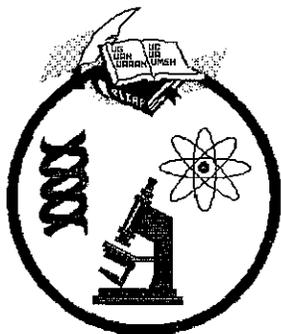
PARA OPTAR AL GRADO DE

**Doctor en Ciencias Agrícolas y Forestales**

Guadalajara, Jal., diciembre 2005

---

---



POSGRADO INTERINSTITUCIONAL  
EN CIENCIAS AGRICOLAS Y  
FORESTALES

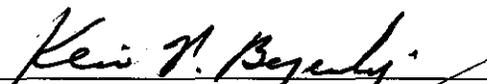
**PICAF**

Esta tesis titulada "Diagnóstico Técnico y Modelación del Daño por *Phyllophaga ravid* (Blanchard) (Coleoptera : Melolonthidae), para el Cultivo del Maíz en la Zona Central de Jalisco" fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**DOCTOR  
EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**CONSEJO PARTICULAR**

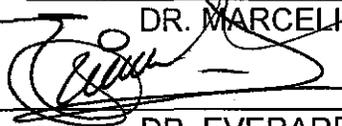
DIRECTOR:

  
DR. KEIR FRANCISCO BYERLY MURPHY

CODIRECTOR:

  
DR. MARCELINO VÁZQUEZ GARCÍA

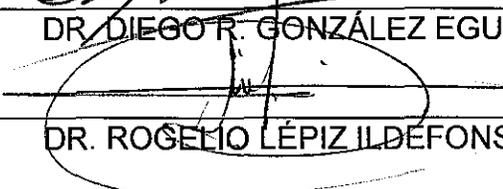
ASESOR:

  
DR. EVERARDO VILLARREAL FARIÁS

ASESOR:

  
DR. DIEGO R. GONZÁLEZ EGUIARTE

ASESOR:

  
DR. ROGELIO LÉPEZ ILDEFONSO



UAA



UAAAN



UdeC



UdeG



UMSNH



UAN

## CURRICULUM VITAE

### DATOS PERSONALES:

Nombre: Valerio Palacios Corona

Lugar y fecha de nacimiento: La Paz, B.C.S., 26 de Enero de 1960.

### FORMACIÓN ACADÉMICA:

Profesional: Ingeniero agrónomo, Fitotecnista. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Periodo: 1977-1981.

Fecha de examen profesional: 8 de marzo de 1983.

Tesis: Comportamiento Relativo de 2,3 y 4 Líneas del Híbrido de Maíz Doble AN-363.

Estudios de maestría: Maestro en Manejo de Áreas de Temporal. Escuela de Graduados, Universidad de Guadalajara, las agujas, Zapopan, Jalisco.

Periodo: 1986-1988

Fecha de examen: 4 de noviembre de 1988

Tesis: Factores Determinantes de la Producción del Maíz bajo el Sistema Zapopano.

Estudios de Doctorado: Doctor en Ciencias Agrícolas, Posgrado Interinstitucional en Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad de Guadalajara.

Periodo: 1999-2002.

Fecha de examen: 7 de Diciembre del 2005.

Tesis: Diagnóstico Técnico y Modelación del Daño por *Phyllophaga ravid* (Blanchard) (Coleoptera:Melolonthidae), para el Cultivo del Maíz en la Zona Central de Jalisco.

### EXPERIENCIA PROFESIONAL:

1982-1986.- Investigador del programa de Sistemas de Producción (Desarrollo del Modelo Productor-Experimentador), CEB-CIAB-INIA, Celaya, Guanajuato.

1987-1988.- Investigador en la Escuela de Graduados, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco.

1988-1993.- Líder estatal de la Red de Productividad de Agrosistemas, INIFAP-Jalisco, Campo Experimental de Zapopan.

1994-2000.- Coordinador en el Convenio INIFAP-MASECA en Jalisco; "Metodologías en el Manejo de Programas de Mejoramiento Continuo de la Productividad del Maíz y Diseño de Empresas Agropecuarias para obtener una Rentabilidad Sostenible".

2000-..... - Responsable en el estado de Jalisco en el Proyecto Nacional de Predicción de Cosechas. INIFAP-SAGARPA.

2001-2002.- Instructor Formador. INCA RURAL, AC. México, DF.

2002-2002.- Experto Principal del Programa Especial de Seguridad Alimentaria (PESA de la FAO-SAGARPA). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. En conformación del proyecto. FAO. México, DF.

2002-2003.- Supervisor Nacional del Programa de Sustitución de Importaciones de Maíz Amarillo. SAGARPA-CECADER.

2003-2004.- Supervisor Nacional del Programa de Agricultura por Contrato. SAGARPA-CECADER.

2004-... Responsable en el Proyecto de Desarrollo de Modelo de Autosuficiencia Productiva y Alimentaria Regional. INIFAP-CIRPAC-Jalisco.

2004-.... Responsable Nacional del Proyecto Estratégico del INIFAP: "Definición de una estrategia Institucional de Investigación Participativa para el Fortalecimiento y Sustentabilidad de las Cadenas Productivas".

Este trabajo se llevó a cabo dentro del marco del convenio INIFAP-MASECA en el ejido "el Amarillo" Mpio. de Teuchitlán, Jal. con la participación de "Productores Experimentadores", bajo la Tutoría y Dirección de los Doctores, Keir F. Byerly Murphy del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; y Marcelino Vázquez García, Maestro Investigador del CUCBA de la Universidad de Guadalajara, y la asesoría de los Doctores, Everardo Villarreal Farías, asesor de la FAO en el Programa Especial de Seguridad Alimentaria; Diego R. González Eguiarte y Rogelio Lépiz Ildefonso, Maestros Investigadores del CUCBA de la Universidad de Guadalajara.

Esta tesis se realizo con el apoyo del convenio INIFAP-MASECA y de la Fundación Produce Jalisco, AC., bajo el proyecto titulado:

**METODOLOGÍAS EN EL MANEJO DE PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO CONTINUO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL MAÍZ Y DISEÑO DE EMPRESAS AGROPECUARIAS PARA OBTENER UNA RENTABILIDAD SOSTENIBLE.**

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara por darme la oportunidad de superarme.

Al Dr. Keir F. Byerly Murphy, por su gran disposición y apoyo en el proceso y culminación de esta tesis.

Al Dr. Everardo Villarreal Farías; por sus constantes y valiosos consejos que fundamentan esta tesis; y quien ha representado un fuerte apoyo en mi formación profesional.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Marcelino Vázquez García; por el gran esfuerzo, motivación y capacidad demostrada en la guía y desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Diego R. González Eguiarte; por su desinteresado apoyo y sus valiosas aportaciones durante mi formación y termino del presente trabajo.

Al Dr. Rogelio Lápiz Ildfonso; por su honesta y admirable labor en la formación académica de sus semejantes.

A mis compañeros del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, por su tiempo y disposición en la mejora de esta tesis, muy en especial al M.C. Juan Ángel Quijano Carranza.

A todos mis maestros y compañeros del PICAF por su constante motivación y apoyo profesional.

A la Sra. Ana María Sánchez, secretaria del Posgrado, por su valioso apoyo y destacado desempeño.

Un agradecimiento muy especial a los Productores Experimentadores del estado de Jalisco, por su trabajo, conocimiento y vocación, mencionare algunos de ellos, no por orden de importancia: Fernando Villegas Sánchez, Catarino, Alberto y Eusebio Magallón Castro; Santiago Arreola, Samuel Montes, Roberto, Vicente, Arturo y Mario Sánchez, Alfredo Rizo, Eduviges García, José Pérez, .....

## DEDICATORIAS

Al Ser Supremo, con todo respeto, humildad y gratitud por darme esta oportunidad.

A mi madre, "Maeva", ser humano admirable.

A mi padre, Raúl, por su amistad y buen ejemplo en la vida profesional.

A mi esposa; María de Jesús y a la familia que hemos construido juntos:

Nuestros hijos: Elisa, Marisol, David Valerio y Raúl Rodrigo; por quienes he aprendido a valorar la vida y las cosas que valen la pena el esfuerzo de hacerlas.

A mi hermano; Carlos, compañero y amigo.

A mis sobrinas; Karla, Laura y Alma.

A mi sobrino nieto y ahijado; Emiliano, alegría pura.

A las personas del campo; con la esperanza de un mejor presente.

## CONTENIDO

### RESUMEN

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>5</b>
<b>Localización</b>	<b>6</b>
<b>Potencial ecológico</b>	<b>6</b>
<b>Literatura citada</b>	<b>9</b>
<b>3. DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARA EL CAMBIO TECNOLÓGICO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN JALISCO.</b>	<b>11</b>
<b>Resumen</b>	<b>12</b>
<b>Summary</b>	<b>12</b>
<b>Introducción</b>	<b>13</b>
<b>Materiales y métodos</b>	<b>14</b>
Primera fase: ubicación, adiestramiento y potencial	14
Áreas de Respuesta Homogénea	14
Tipos de unidades de producción y productores	15
Modalidades de producción	16
Segunda fase. Etapas del diagnóstico técnico. Primavera Verano 1996	17
Variables agronómicas y su influencia sobre el rendimiento	17
Captura, procesamiento y análisis de la información	17
Potencial de la especie	19
Definición de un programa de acción y/o investigación para corregir los factores limitantes	19
Procesos de Transferencia del Modelo	19
<b>Resultados y discusión</b>	<b>20</b>

Áreas de Respuesta Homogénea	20
Productores, tipos de unidades de producción y modalidades de la producción	20
Diagnóstico técnico en 1995	21
Diagnóstico técnico en 1996	25
Transferencia de Tecnología	27
Análisis y discusión de resultados del diagnóstico con Productores	27
Manejo de lenguaje gráfico por parte de los Productores-Experimentadores	28
Cambios Tecnológicos	29
<b>Conclusiones</b>	<b>32</b>
<b>Literatura citada</b>	<b>35</b>
<b>3. ESTUDIO Y MODELACIÓN DEL DAÑO AL SISTEMA RADICAL DEL CULTIVO DE MAÍZ POR <i>Phyllophaga ravid</i> (Blanchard) (Coleoptera:Melolonthidae), EN LA ZONA CENTRO DE JALISCO.</b>	<b>38</b>
Resumen	39
Summary	40
Introducción	40
<b>Materiales y métodos</b>	<b>42</b>
Trabajo de campo	42
Muestreo	42
Monitoreo de larvas y adultos	43
Monitoreo ambiental	43
Monitoreo del desarrollo del cultivo	43
Monitoreo del manejo del cultivo	43
Dinámica de Sistemas	44
Desarrollo del método en modelación dinámica	44

Fase de conceptualización	44
Fase de formulación del sistema	45
Fase de evaluación	45
<b>Resultados y discusión</b>	46
Proporcionalidad de especies de "gallinas ciegas"	46
Caracterización de los genotipos de maíz utilizados	48
Diseño del modelo	51
Fase de conceptualización	51
Fase de formulación	53
Fase de evaluación	55
<b>Conclusiones</b>	58
<b>Literatura citada</b>	59
<b>5. CONCLUSIONES GENERALES</b>	63

## RESUMEN

El incremento constante en los costos de producción y el estancamiento del precio del maíz en el ámbito internacional ha hecho que el cultivo de este cereal sea una actividad cada vez menos rentable. Esto motiva a buscar nuevas alternativas que contribuyan a elevar la productividad de los cultivos de tal forma que aliente a la consecución de esta importante actividad dentro de la economía nacional. En este trabajo se considera relevante llevar a cabo una sistematización de la información a nivel de la especie como uno de los principios que permitan identificar problemas técnicos y conocer la magnitud del impacto de estos problemas en la productividad de los cultivos en una micro región. El diagnóstico técnico, con el cual se pretende que el propio productor, auxiliado por un técnico, comprenda mejor la realidad y aumente su capacidad para tomar decisiones sobre lo que se debe de hacer en su unidad de producción. Este modelo se basa en la suposición de que el productor cree en lo que ve, y dado que participa en la obtención de los datos y observa los contrastes en el campo, es muy probable que confíe en lo que estos datos "dicen" o significan, e incluso se espera que el productor aporte elementos de juicio para apoyar o descartar las relaciones encontradas. El modelo también presupone que este proceso es importante para el técnico, dado que le ayuda a conciliar, por un lado, lo que él cree en base a los criterios estadísticos que tomó en consideración con su propia lógica, y por otro lado, con la lógica del productor.

Una vez identificado uno o mas de los factores que están limitando o reduciendo la producción, se procedió a seleccionar un problema que fue diseñado mediante la modelación dinámica, el cual correspondió al ataque de "gallina ciega"; dichos diagnósticos técnicos realizados en la zona centro de Jalisco (Palacios, *et al*, 2005; Palacios, 2000) muestran la ineficacia en el control de "gallina ciega" plaga que causa daños o perdidas que van desde 1% hasta 100% en los predios atacados, mismos que se han convertido en uno de los mayores problemas que reducen la producción y productividad de los cultivos, específicamente del cultivo del maíz en el Estado de Jalisco.

Entre los objetivos del presente trabajo fueron; en primer lugar que el diagnóstico técnico sea apropiado para el productor y que se adueñe del mismo, como herramienta para el desarrollo tecnológico de su propia empresa. Un segundo fue diseñar y probar un modelo de simulación dinámica para estudiar a la "gallina ciega" *Phyllophaga ravid*a y su daño al cultivo del maíz.

La metodología de modelación dinámica es una buena herramienta para ordenar, sistematizar, relacionar y representar un fenómeno de lo que se percibe de la realidad y presentarlo a los demás, pudiendo investigarlo, mejorarlo y aumentar el conocimiento del fenómeno descrito, desde una perspectiva interdisciplinaria. El modelo propuesto debe continuar en desarrollo y mejoramiento, dado que en algunas de las hipótesis que se plantearon aún se requiere de una mayor cantidad de datos y observaciones.

**Palabras clave:** *Modelo, Productividad, Diagnostico, Sanidad vegetal*

## **1. INTRODUCCIÓN**

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Jalisco, el principal cultivo por la superficie que ocupa es el maíz. En el ciclo de Primavera-Verano de 2002 se sembraron 702,827 hectáreas (Siea, 2002). El incremento constante en los costos de los insumos en relación con el estancamiento del precio del maíz en el ámbito internacional ha hecho que el cultivo de este cereal sea una actividad cada vez menos rentable (Villarreal, 1997). Por este motivo, los pequeños productores deben buscar alternativas tecnológicas diferentes a las del modelo agrícola industrial. Solo de esta forma podrían elevar su productividad sin depender de la importación de grandes cantidades de energía en forma de insumos; antes bien, estas tecnologías deben ser diseñadas con base en los recursos disponibles en la micro-región y en la propia unidad de producción (Palacios, 1997). Una opción para lograr esto, es la aplicación del modelo Productor-Experimentador (P-E), que es una estrategia para lograr el cambio tecnológico. Este modelo se basa en la participación del productor en el proceso de desarrollo y adopción de nuevas tecnologías. Una fase de este modelo es el diagnóstico técnico, con el cual se pretende que el propio productor, auxiliado por un técnico, comprenda mejor la realidad y aumente su capacidad para tomar decisiones sobre lo que se debe de hacer en su unidad de producción (SINDER, 2001). El modelo Productor-Experimentador se basa en la suposición de que el productor cree en lo que ve, y dado que participa en la obtención de los datos y observa los contrastes en el campo, es muy probable que confíe en lo que estos datos "dicen" o significan, e incluso se espera que el productor aporte elementos de juicio para apoyar o descartar las relaciones encontradas. El modelo

también presupone que este proceso es importante para el técnico, dado que le ayuda a conciliar, por un lado, lo que él cree en base a los criterios estadísticos que tomó en consideración con su propia lógica, y por otro lado, con la lógica del productor. En una primera etapa el trabajo tiene como objetivo determinar la utilidad del diagnóstico técnico del Modelo Productor-Experimentador para que el pequeño productor mejore su proceso de producción y para que conjuntamente productor y técnico puedan cuantificar los cambios en productividad debidos a las modificaciones de manejo instrumentadas por el mismo agricultor.

En base a estos diagnósticos técnicos realizados en la zona centro de Jalisco (Palacios, 2000; Palacios, *et al*, 2005), uno de los problemas detectados que esta reduciendo de manera significativa la producción son plagas del suelo; donde se muestra la inestabilidad en el control de "gallina ciega", con daños o perdidas que van desde un 1% hasta el 100% de los predios atacados; daños que se han ido convirtiendo en uno de los mayores problemas que reducen la producción y productividad de los cultivos, específicamente del cultivo del maíz en la región central del estado de Jalisco.

A pesar de estos daños, no se han generado recomendaciones viables para el control de las "gallinas ciegas". Ante esto, y para generar recomendaciones adecuadas para el control de estas especies, se considera necesario realizar trabajos enfocados al conocimiento de los hábitos y ciclos de vida y ambiente de las especies más frecuentes.

En el presente trabajo se diseñó un modelo de simulación dinámica *Phyllophaga ravid*a y su daño al cultivo del maíz; la información de la cual se partió para la elaboración del modelo fue de una serie de datos sobre la biología de esta

especie obtenidos en 30 parcelas durante dos años en la región Valles, Jalisco, en campo, laboratorio, y registros climáticos.

## **2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

## LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

### Localización.

El ejido el Amarillo forma parte del municipio de Teuchitlán, Jalisco; en la región centro del estado de Jalisco, perteneciendo al área de influencia del Distrito de Desarrollo Rural número 3 de Ameca.

Está ubicado geográficamente en los meridianos  $103^{\circ} 53'08''$  longitud Oeste y  $20^{\circ} 36'51''$  de latitud Norte; se encuentra aproximadamente a una altura de 1,250 msnm (Fig.1)

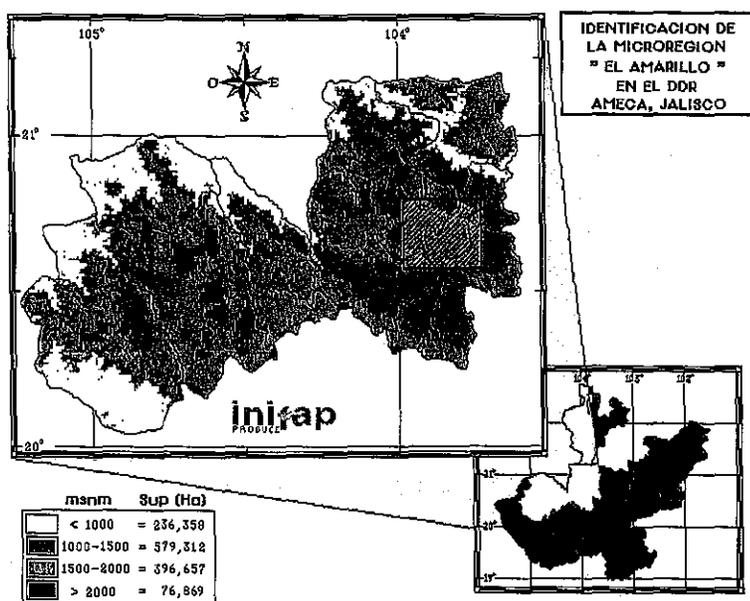


Figura 1: Ubicación del ejido el Amarillo, Mpio. de Teuchitlán, Jal.

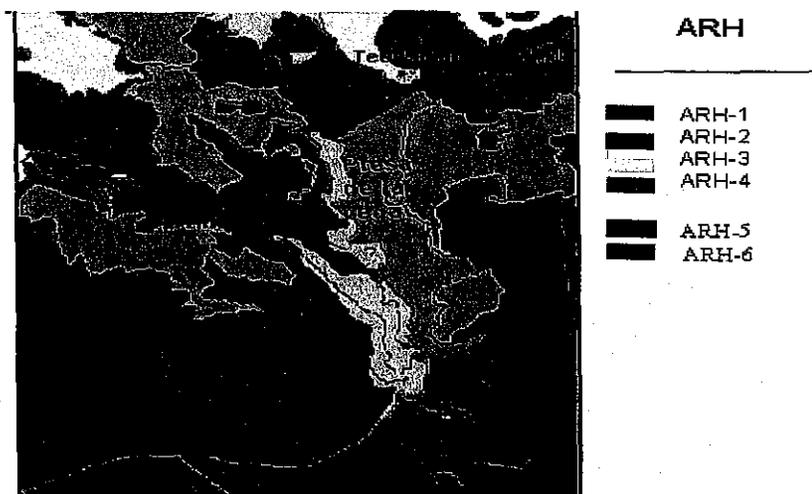
### Potencial ecológico.

Cuando se habla de potencial del cultivo por luz y humedad se está suponiendo que existe la humedad y luminosidad suficiente para obtener esos

rendimientos. El razonamiento se basa en que el rendimiento potencial es estimado en base a los datos de luz, temperatura, precipitación y evaporación diaria de cada año, a partir de la fecha de siembra óptima, bajo el supuesto de que no existen otros factores que estén limitando el rendimiento (Van Keulen *et al.*, 1986; Villarreal, 1997).

Dado que el principal cultivo en la región es el maíz se decidió iniciar a trabajar en este importante cultivo, el área de respuesta homogénea es la uno (ARH1), en aproximadamente 10,000 hectáreas (figura 2); en la figura 3 se presenta una serie de 40 años las probabilidades de producción, donde se aprecia que se tiene un 60% de probabilidad (seis de cada diez años) de obtener una producción mayor o igual a 5 toneladas por hectárea, y con el 10% (uno de cada diez años), igual o mayor a 11 toneladas por hectárea.

Figura 2. Áreas de respuesta homogénea en Ameza, Jalisco



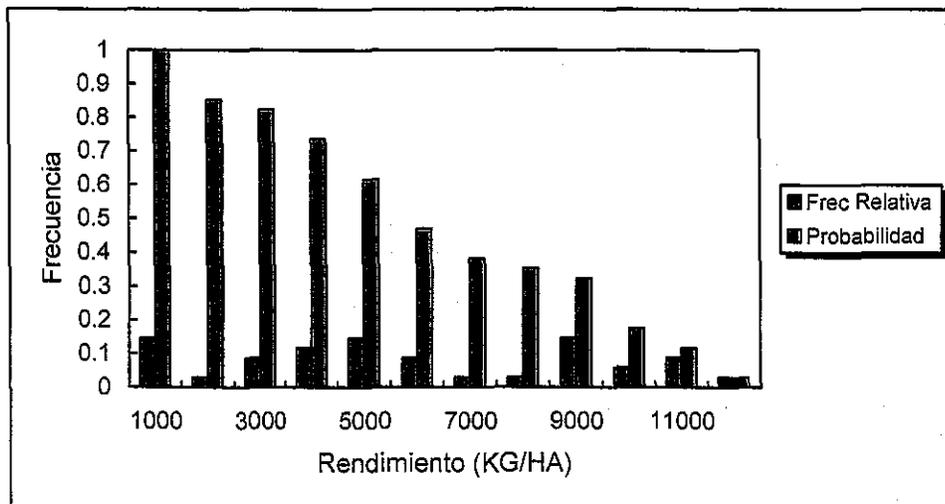


Figura 3. Probabilidad de rendimiento en grano de maíz, Teuchitlán, Jal. (1961-2004)

La precipitación y la evapotranspiración durante el año de 1999 se presentan en la figura 4 y la del 2000 en la figura 5, años en que se realizó el diseño de modelación dinámica.

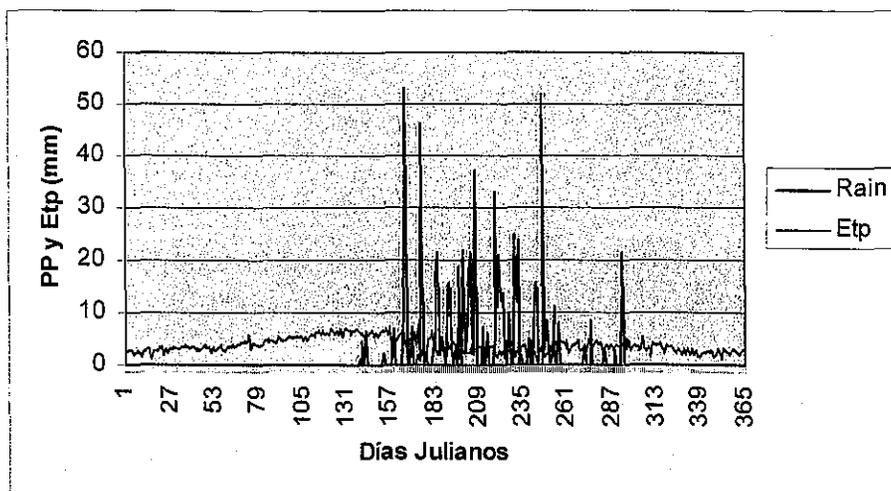


Figura 4. Precipitación y Evapotranspiración en Teuchitlán, Jal. en ciclo P.V. 1999.

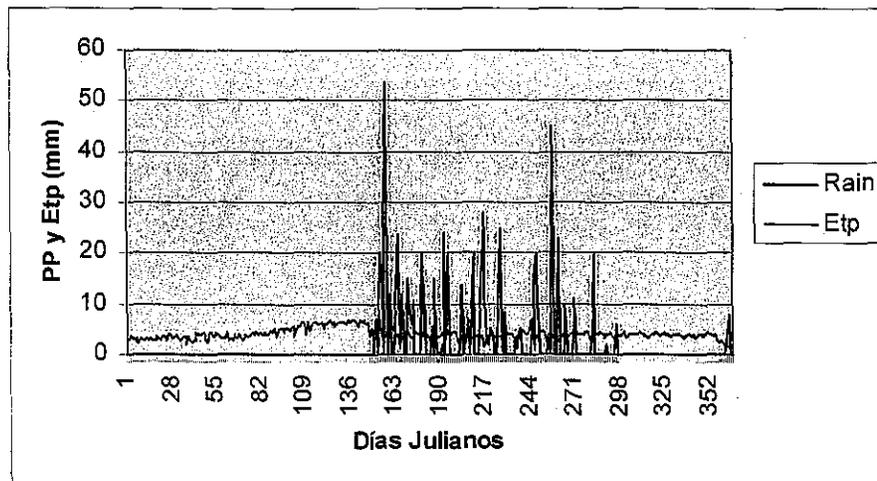


Figura 5. Precipitación y Evapotranspiración, ciclo P.V. 2000, Teuchitlán, Jal.

El Distrito de Ameca, está considerado como zona de buen potencial de producción (INIFAP, 1993) donde a nivel de micro-región (aproximadamente 10,000 hectáreas), tiene una estación de crecimiento con una precipitación mayor que la evapotranspiración que se presenta durante 120 a 150 días con 70% de probabilidad de ocurrencia. En los terrenos agrícolas, predominan los suelos profundos (más de 50 cm.) de textura franca y arcillas ligeras.

#### LITERATURA CITADA

**INIFAP. 1993.** Determinación potencial de especies vegetales para el estado de Jalisco. Síntesis ejecutiva. Publicación Técnica Núm. 20. SARH-INIFAP-CIRPAC. Guadalajara, Jal. Documento inédito. 57 p.

**Palacios C.V. 1997.** Fertilizante Orgánico. Tecnología para una rentabilidad sostenible. INIFAP-Gruma. Guadalajara, Jal. Publicación especial. 27 p.

**Palacios, C.V. 2000.** Informe técnico en el Convenio INIFAP-MASECA (1995-2000) en el estado de Jalisco. Documento inédito. Páginas 40.

**Palacios, C.V.; M. Vázquez, G.; D.R. González, E.; K.F. Byerly, M. y E. Villarreal, F. 2005.** Diagnóstico técnico para el cambio tecnológico en el cultivo el maíz. Documento inédito. Páginas 19.

**Palacios, C.V. y E. Villarreal, F. 1998.** Aplicación de un método de diagnóstico para la inducción del cambio tecnológico en el cultivo del maíz en Jalisco. Proyecto colaborativo INIFAP-MASECA. Impreso por INCA-RURAL. 30 páginas.

**Siea. 2002.** <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/integra/agricola/avance/jal.c> (Enero del 2004).

**SINDER. 2001.** Guía para la aplicación del Modelo Productor Experimentador. SAGARPA. ALIANZA PARA EL CAMPO. México, D.F. 97 p.

**Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981.** Síntesis Geográfica de Jalisco. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. 306 p.

**Van Keulen, H. y J. Wolf. 1986.** Modeling agricultural production. Weather, Soil and Crops. Pudoc. Wageningen. Holanda. 470 p

**Villarreal, F.E. 1997.** Metodología de Capacitación en el Manejo de Programas de Mejoramiento Continuo de la Productividad del Maíz y Diseño de Empresas Agropecuarias para obtener una Rentabilidad Sostenible. Publicación Especial. INIFAP-GRUMA. México, D.F. 30 p

**3. DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARA EL CAMBIO  
TECNOLOGICO EN EL CULTIVO DEL  
MAIZ EN JALISCO**

# DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARA EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL CULTIVO DEL MAIZ EN JALISCO

Technical Diagnosis for Technology Change in the Corn Crop in Jalisco,  
México

## RESUMEN

En el presente trabajo se pretende hacer una sistematización de la información a nivel de la especie como uno de los principios que permitan identificar problemas técnicos y conocer la magnitud del impacto de estos problemas en la productividad de los cultivos en una microregión. El diagnóstico técnico pretende que el propio productor, auxiliado por un técnico, comprenda mejor la realidad y aumente su capacidad para tomar decisiones sobre lo que se debe de hacer en su unidad de producción. El modelo presupone que este proceso es importante para el técnico, dado que le ayuda a conciliar, por un lado, lo que él cree en base a los criterios estadísticos que tomó en consideración con su propia lógica, y por otro lado, con la lógica del productor. El objetivo final del modelo es entonces, que el productor se adueñe del mismo, como herramienta para el desarrollo tecnológico de su propia empresa.

**Palabras clave:** *Productividad, Diagnóstico, Modelo.*

## SUMMARY

This study considers relevant a systematization of information as an important principle to identify technical problems and to know the magnitude of impacts on productivity at the level of micro-region. Most important of all, is the technical diagnosis that helps the farmer, guided by a professional, to better

understand the facts and increase his own capacity to take decisions about what to do in his own crop. The model assumes that the process also brings a benefit to the professional, since conciliate in one side what he believes based on statistical criteria using his own logic and in the other, the farmer logic. Final objective was that the farmer would also be able to adopt the process as a tool to develop technology and be able to increase productivity of his own business.

**Key words:** *Productivity, Diagnosis, Model*

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Jalisco, el principal cultivo por la superficie que ocupa es el maíz. En el ciclo de Primavera-Verano de 2002 se sembraron 702,827 hectáreas (Siea, 2002). El incremento constante en los costos de los insumos en relación con el estancamiento del precio del maíz en el ámbito internacional ha hecho que el cultivo de este cereal sea una actividad cada vez menos rentable (Villarreal, 1997). Por este motivo, los pequeños productores deben buscar alternativas tecnológicas diferentes a las del modelo agrícola industrial. Solo de esta forma podrían elevar su productividad sin depender de la importación de grandes cantidades de energía en forma de insumos; antes bien, estas tecnologías deben ser diseñadas con base en los recursos disponibles en la microregión y en la propia unidad de producción (Palacios, 1997). Una opción para disponer de estas alternativas, es la aplicación del modelo Productor-Experimentador (P-E), que es una estrategia para lograr el cambio tecnológico. Este modelo se basa en la participación del productor en el proceso de desarrollo y adopción de nuevas tecnologías. Una fase de este modelo es el diagnóstico técnico, con el cual se

pretende que el propio productor, auxiliado por un técnico, comprenda mejor la realidad y aumente su capacidad para tomar decisiones sobre lo que se debe de hacer en su unidad de producción (SINDER, 2001). La presente investigación tiene como objetivo determinar la utilidad del diagnóstico técnico del Modelo Productor-Experimentador para que el pequeño productor mejore su proceso de producción y para que conjuntamente productor y técnico puedan cuantificar los cambios en productividad debidos a las modificaciones de manejo instrumentadas por el mismo agricultor durante 1995 y 1996 en la zona centro de Jalisco.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Primera fase: ubicación, adiestramiento y potencial.**

La primera fase del trabajo se realizó en el ciclo Primavera-Verano de 1995 y consistió en un proceso de ubicación y adiestramiento del técnico asesor para conocer a detalle el potencial del ambiente y las condiciones de producción de la zona. Este proceso de ubicación fue de suma importancia para que el técnico asesor evaluara de manera objetiva, la eficiencia técnica del proceso de producción (SINDER, 2001).

En esta fase se reconocieron tres caracterizaciones importantes: a) Las Áreas de Respuesta Homogénea presentes en la zona del estudio; b) Los tipos de Unidad de Producción (empresas) existentes y c) Las modalidades de producción bajo las que se cultiva el maíz.

**Áreas de Respuesta Homogénea.** Se les denomina Áreas de Respuesta Homogénea (ARH) a las áreas donde las condiciones de clima y suelo tienen un mismo potencial productivo y las variaciones en rendimiento son

fundamentalmente resultado de las diferencias en la tecnología usada por el productor (Palacios y Villarreal, 1998). El estado de Jalisco, en el tiempo en que se realizó la investigación, estuvo dividido en ocho Distritos de Desarrollo Rural. El Distrito de Ameca, está considerado como zona de buen potencial de producción (INIFAP, 1993) donde a nivel de microregión (aproximadamente 10,000 hectáreas), tiene una estación de crecimiento con una precipitación mayor que la evapotranspiración que se presenta durante 120 a 150 días con 70% de probabilidad de ocurrencia.

El potencial ecológico para conocer el potencial productivo de la microregión, se analizó en las siguientes etapas: a) Determinación de la estación de crecimiento por la disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de los cultivos (Villalpando, 1987 y Palacios, 1988). Se calcula con los datos obtenidos de las estaciones climatológicas cercanas, haciéndose un trazado de isolíneas sobre los mapas de la región; b) Identificación de las pendientes de los suelos en el área de estudio mediante las cartas topográficas; c) Caracterización del uso potencial del suelo con separación de las áreas para uso agrícola en la micro-región seleccionada y d) Separación de los diferentes tipos y/o clases de suelos utilizando la carta edafológica, mediante la sobreposición de los mapas para obtener las áreas de respuesta homogénea.

**Tipos de unidades de producción y Productores.** Como área de trabajo se eligió el Municipio de Teuchitlán, Jalisco. Ahí se conformó la Comisión Técnica de Productores-Experimentadores (CTP-E) que fue integrada por productores que poseen 20 hectáreas o menos, algunos de los cuales podrían ser productores de maíz como cultivo principal, aunque con rotaciones con los cultivos de caña de

azúcar y garbanzo y tener algunas veces las actividades de la agricultura, combinadas con las de ganadería. De acuerdo con Villarreal y Byerly (1984), las Unidades de Producción se determinan por su capacidad de producción; en el presente caso, dichas unidades se determinaron en base a sus recursos, como son: superficie, clima, clase de suelo, especies explotadas. Para tal fin se utilizaron diferentes fuentes de información: a) INEGI, b) Padrón de Usuarios del Distrito (DDR), c) Visitas a las localidades de mayor población y d) Ejecución de sondeos con informantes clave. También es importante la caracterización de la condición de humedad del suelo (riego, punta de riego, temporal, humedad residual). En el presente estudio las condiciones fueron solamente de temporal y riego. Por último, se consideró el potencial climático y edáfico de la unidad de producción.

En cuanto al propósito de las unidades de producción se adoptó el criterio de los modelos teóricos señalados por Villarreal y Byerly (1984); por una parte es un modelo de Unidad de Producción Familiar Autosuficiente (UPFA) y por otra la Unidad de Producción Empresarial Especializada (UPEE). Fueron once los Productores-Experimentadores participantes, que en general cultivaban uno, dos o tres cultivos, en un rango de seis a quince hectáreas y siete de ellos practicaban la ganadería (Cuadro 1).

**Modalidades de producción.** Para ubicar a los productores dentro del modelo de producción se tomaron en cuenta sus procesos y sus recursos, las características que permiten explicar el tipo de modelo que practican y las diferencias en el funcionamiento de los sistemas de producción. Una de las principales características consideradas fue el proceso de toma de decisiones, es decir, el

qué hacer y el de ejecutar; si son realizadas por el mismo pequeño productor, su modelo de acción humana se califica como Artesanal o Integral. El contraste sería, cuando la toma de decisiones la realiza el administrador o el ingeniero, y el peón solamente ejecuta lo que se le ordena, lo que equivale al modelo industrial (Villarreal y Byerly, 1984).

Cuadro 1. Comisión Técnica de Productores-Experimentadores del Ejido El Amarillo, Municipio de Teuchitlán, Jalisco en 1995 y 1996.

Productor	Especie vegetal	Ganado	Superficie
Fernando Villegas	Maíz-Garbanzo-Caña de azúcar	Sí	15
Catarino Magallón	Maíz-Garbanzo	Sí	14
Samuel Montes	Maíz-Caña	No	10
Roberto Sánchez	Maíz-Garbanzo	Sí	14
Alberto Magallón	Maíz-Garbanzo, Agave	Sí	8
Santiago Arreola	Maíz-Caña	Sí	6
Eduviges García	Maíz-Garbanzo	No	10
Vicente Sánchez	Maíz-Garbanzo	Sí	8
Eusebio Magallón	Maíz-Garbanzo	Sí	15
Raúl Rodríguez	Maíz-Caña de azúcar	No	10
Félix Márquez	Maíz	No	6

**Segunda fase. Etapas del diagnóstico técnico. Primavera Verano 1996.**

**Variables agronómicas y su influencia sobre el rendimiento.** En cada una de las parcelas de los productores participantes se cosecharon 10 metros de surco en tres puntos aleatorios se determinó el número de plantas, los espacios vacíos y el peso del grano, mismo que se corrigió al 14% de humedad. Las variables de manejo y otras variables agronómicas que se registraron en 1995 y 1996 se presentan en el Cuadro 2.

**Captura, procesamiento y análisis de la información.** Con la información se integró una base de datos que sirvió para realizar un análisis de correlación para seleccionar aquellas variables de manejo, suelo y clima más asociadas con el

Cuadro 2. Variables de manejo que se midieron en cada una de las parcelas de los productores participantes en la investigación en 1995 Y 1996.

Variable	Descripción	Variable	Descripción
<b>1995</b>			
Quema	Se realizó o no	Fherbicida 2	Fecha 2a aplicación en días julianos
Nivelación	Se realizó o no	Cult anterior	Cultivo anterior (var. muda) ***
Cinceleo	Se realizó o no	Rdto. anterior	Rendimiento del ciclo anterior
Encalado	Se realizó o no	Nitrógeno total	Kilogramos por hectárea
Barbecho	Se realizó o no	Fósforo total	Kilogramos por hectárea.
Rastras	Se realizó o no	Potasio total	Kilogramos de potasio por hectárea
No de rastras	El número de pasos de rastra	No de Pert	Número de fertilizaciones en el ciclo
Fsiembra	Fecha de siembra en días julianos*	Fert foliar	Se aplicó o no fertilización foliar
Fherbicida	Fecha 1ª aplic. en días julianos	Dfoliar	Fecha aplic. del Fert.(días julianos)
Ffertilización 1	Fecha 1ª Fert. en días julianos	Variedad	Variedad utilizada (var. muda) ***
Finsecticida	Fecha aplic. al suelo (días julianos)	Plantas/m	Número de plantas en un metro
Escarda	Se realizó o no.	Esp Vacíos	Espacios sin plantas en un metro
Ffertilización 2	Fecha 2a Fert. en días julianos	Rendimiento	Rendimiento grano al 14% humedad
Ffertilización 3	Fecha 3a Fert. en días julianos	Pot. por Luz**	Rendimiento potencial por luz
Insec. siembra	Se aplicó o no	Pot. Por hum.**	Rendimiento potencial por humedad
<b>1996</b>			
Kg semilla	Kilogramos de semilla por hectárea	Insect2	Se aplicó o no al follaje
Tipo Fert.	Fert. a la siembra (variable "muda") a cada tipo.	Fert3	Se aplico o no 3a fertilización
Cant fert1	Cantidad/ha de fertilizante a la siembra	Fert4	Se aplico o no la 4a fertilización
Cant fert2	Cantidad/ha de fertilizante 2a aplicación		

\* Día juliano: el día 1 corresponde al primero de enero y el 365 corresponde al 31 de diciembre.

\*\* Rendimiento potencial estimado mediante el Modelo de simulación MSPEC.IM (Van Keulen *et al.*, 1986 e INIFAP-GRUMA, 1997)

\*\*\* Var. Muda. Son las variables cualitativas y que se les asigna un valor ponderado para poder ser contabilizadas (Draper y Smith, 1966).

rendimiento. Se realizaron análisis de regresión, para describir su relación con el rendimiento. Para las variables discretas se hicieron comparaciones de medias

mediante pruebas de rango múltiple de Duncan cuando la correlación mostró un efecto significativo.

**Potencial de la especie.** Cuando se hace referencia al potencial del cultivo por luz y humedad se está suponiendo que existe la humedad y luminosidad suficiente para obtener esos rendimientos. El razonamiento se basa en que el rendimiento potencial es estimado en base a los datos de luz, temperatura, precipitación y evaporación diaria de 1995 y 1996, a partir de la fecha de siembra óptima, bajo el supuesto de que no existen otros factores que estén limitando el rendimiento (Van Keulen *et al.*, 1986 e INIFAP, 1997).

**Definición de un programa de acción y/o investigación para corregir los factores limitantes.** Los resultados del diagnóstico de 1995 permitieron identificar algunas prácticas agronómicas que sirvieron para modificar el manejo en el ciclo 1996. Por otra parte, cuando la causa de un problema no fue del todo clara en el diagnóstico de 1995, se planteó la realización de experimentos cuyos resultados serán reportados en otros artículos.

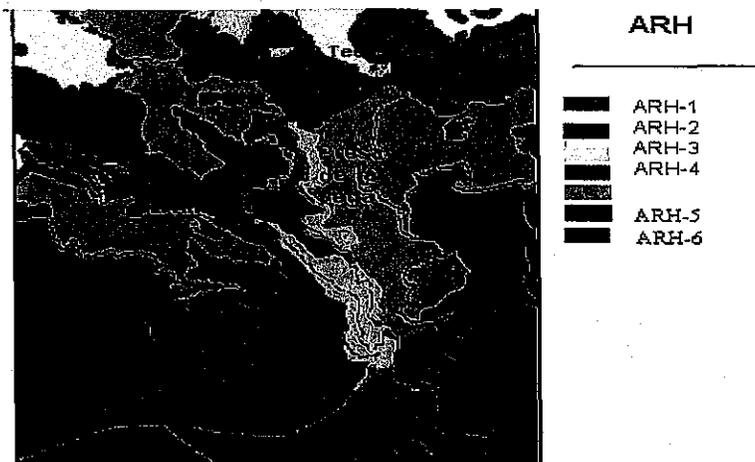
**Procesos de Transferencia del Modelo.** Los mecanismos para lograr la transferencia del modelo fueron: a) Las discusiones en el campo individualmente y en pequeños grupos frente a la respuesta del cultivo que permitieran entender las relaciones "causa-efecto" sobre los resultados una vez analizada información y b) La presentación de los resultados y aprendizajes obtenidos por los P-E de la Comisión Técnica a sus organizaciones con la finalidad de que los miembros condujeran experimentos y/o ejecutaran cambios en sus prácticas de manejo para optimizar su propio proceso de producción.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Áreas de Respuesta Homogénea.** La Figura 1, muestra en los municipios de Teuchitlán, parte de Ahualulco y de Ameca que existen áreas de respuesta homogénea, que tienen predominantemente suelos del tipo Feozem, Vertisol y Planosol.

**Productores, tipos de unidades de producción y modalidades de la producción.** En el Distrito de Desarrollo Rural de Ameca existen 15,600 agricultores que siembran 90,000 hectáreas de maíz que en promedio cosechan 3.0 toneladas por hectárea (SAGAR, 1996). En el Municipio de Teuchitlán, se encontraron 878 productores y el 97% de ellos son pequeños productores que tienen menos de 20 hectáreas. En el ejido El Amarillo, del mismo municipio, laboran 100 ejidatarios también pequeños productores que cultivan maíz, caña de

Figura2. Áreas de respuesta homogénea en Ameca, Jalisco



azúcar, garbanzo y agave combinados con actividades ganaderas. La mayoría realiza sus labores con maquinaria agrícola y el rendimiento parece estar en función, fundamentalmente, de la semilla mejorada utilizada, de los fertilizantes

químicos, herbicidas e insecticidas. Venden al momento de la cosecha más del 50 % del grano, lo que indica que los productores ya funcionan dentro de una economía de mercado conservando las características de un Modelo de Acción Humana Artesanal. (Villarreal y Byerly, 1984). En sus parcelas, predominan los suelos profundos (más de 50 cm.) de textura franca y arcillas ligeras y con una estación de crecimiento de 120 a 150 días.

### **Diagnóstico técnico en 1995.**

En el Cuadro 3, se presentan las diferentes variables consideradas en el diagnóstico. Debido al elevado número de variables de manejo involucradas, en el presente artículo se discutieron con mayor amplitud únicamente aquellas con mayor impacto en las reuniones de las comisiones de productores experimentadores. En el ciclo de 1995 la "fecha de siembra" con signo negativo, expresa que los productores que sembraron más temprano obtuvieron mayor rendimiento, dentro del 14 de junio al 5 de Julio cuando se realizaron la primera y la última siembra, respectivamente. Igualmente al aplicar el herbicida más temprano se obtuvieron mayores rendimientos. El efecto significativo de la "aplicación de insecticida" a la siembra expresa un buen control de una alta incidencia de plagas rizófagas y su beneficio en el rendimiento. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por el INIFAP (1990). El "cultivo anterior", así como el rendimiento del año anterior resultaron significativos, lo que significa, por una parte, que el rendimiento fue mayor cuando el cultivo actual fue precedido por lo menos de alguna siembra de leguminosa y por la otra, que la fertilidad del suelo se ve disminuida conforme en el ciclo anterior se obtuvieron mayores rendimientos. El uso de fertilizante foliar incrementó el rendimiento. Esto coincide

con lo que ha sido reportado por The Joint Comité on Atomic Energy (1954) y Levinsky (2000), que refieren además de incrementos en los rendimientos y mejor calidad de las cosechas.

CUADRO 3. Relación entre el rendimiento y las variables de manejo (generados de 50 productores). Ejido El Amarillo, Mpio. de Teuchitlán, Jal. Ciclo P-V. 1995.

Variable	Min	Max	Media	r(0.05)	SE	Variable	Min	Max	Media	r(0.05)	SE
Quema	0	1	0.90	0.070	NS	Fherbicida2	192	230	213.8	0.076	NS
Nivelación	0	1	0.04	-0.035	NS	Cult anterior	0	2	0.17	0.286	*
Cinceleo	0	1	0.067	-0.085	NS	Rdto anterior	100	6300	3408	0.335	*
Encalado	0	1	0.16	-0.032	NS	Nitrógeno tot	82	410	181.8	0.115	NS
Barbecho	0	1	0.28	-0.028	NS	Fósforo tot	4	113	15.8	-0.016	NS
Rastra	0	1	0.32	-0.059	NS	Potasio tot	0	60	36.7	0.094	NS
No de rastras	0	3	1.28	-0.11	NS	No de fert.	2	3	2.52	0.076	NS
Fsiembra	164	185	169.50	-0.267	*	Fert foliar	0	1	0.30	0.325	*
Fherbicida	169	211	186.16	-0.31	*	Dfoliar	191	220	208.9	-0.082	NS
Fertilización 1	164	185	169.20	-0.163	NS	Variedad	0	2	1.44	0.275	*
Finsecticida	171	206	191.40	-0.13	NS	Plantas/m	1	6	3.60	0.494	*
Escarda	0	1	0.20	0.055	NS	Esp. Vacíos	0	6	2.57	-0.437	*
Fertilización 2	190	229	205.00	-0.011	NS	Rendimiento	300	7450	3528		
Fertilización 3	217	235	225.00	0.061	NS	Potencial luz <sup>1</sup>		11090			
insect siembra	0	1	0.46	0.264	*	Potencial humedad <sup>1</sup>		9196			

<sup>1</sup>Rendimiento potencial estimado mediante el Modelo de simulación MSPEC.IM (Van Keulen *et al.*, 1986 y Villarreal, 1997) con base en datos diarios de clima considerando como fecha de siembra el día juliano 164 del año 1995.

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la variable plantas por metro; el resultado con mayor valor de correlación expresa que a mayor número de plantas en el rango de 1 a 6 correspondió mayor rendimiento. Por cada planta añadida a partir de una de ellas, corresponden 802 kg/ha de incremento en el rendimiento. Este resultado concuerda con los datos reportados por INIFAP (1990), y expresan que la densidad de población óptima es de 60,000 plantas por hectárea. Entonces, el número de plantas por metro es un factor de manejo que

definitivamente está determinando la producción en este cultivo en la micro-región. Ante este hallazgo se elaboró un programa de capacitación a los agricultores sobre cantidad y distribución de semilla, calibración de equipo, y adecuación de los tipos de semilla al equipo utilizado. La variable “Espacios vacíos” fue una variable relacionada con plantas por metro, y se refiere a la distribución de las plantas en campo, es decir al espacio que debía ocupar una planta en su sitio de distribución, por lo tanto, determinante del rendimiento como plantas por metro.

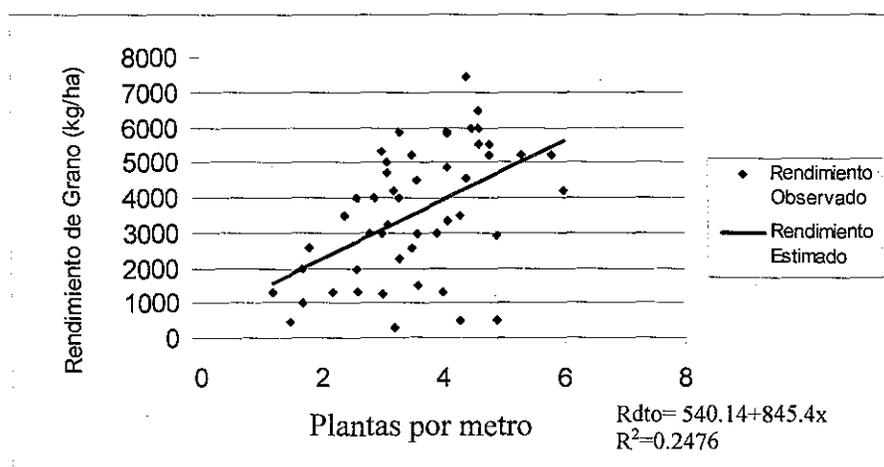


Figura 2. Relación entre el número de plantas por metro lineal y el rendimiento observado en el ejido El Amarillo, Mpio. de Teuchitlán, Jal. 1995.

Se observó que las variedades Asgrow 7573 y Pioneer 3288 superaron estadísticamente en rendimiento a la F2. La F2 es la semilla que el productor guarda después de haber cosechado una semilla híbrida en F1 y la vuelve a sembrar al siguiente ciclo. El resultado significa que es mejor seguir utilizando semilla híbrida original (Figura 3) y es coincidente con los resultados reportados por el INIFAP (1990).

Cuando el modelo de correlación reflejó un efecto significativo en variables discretas, como en este caso, variedades (Fig. 3) y fertilización foliar (Fig. 4), se

procedió a efectuar un análisis entre medias separando las diferencias con la prueba de rango múltiple de Duncan. El "cinceleo" y el "barbecho" no afectaron el rendimiento, lo que contrasta con lo consignado por Langdale (1992), Figueroa (1992) y Lal (1993), quienes señalan que estas actividades pueden llegar a tener efectos negativos. El encalado no afectó el rendimiento, lo que significa que la acidez no fue un problema en esos suelos (Palacios y González, 1992). Los rastreos y la escarda tampoco influyeron en el rendimiento, lo cual coincide con los resultados de Figueroa (1992), Langdale (1992) y Lal (1993) quienes consignan resultados a favor de la labranza cero. La fecha de aplicación de insecticida no tuvo influencia en el rendimiento aunque sí la tuvo el hecho de haberlo aplicado.

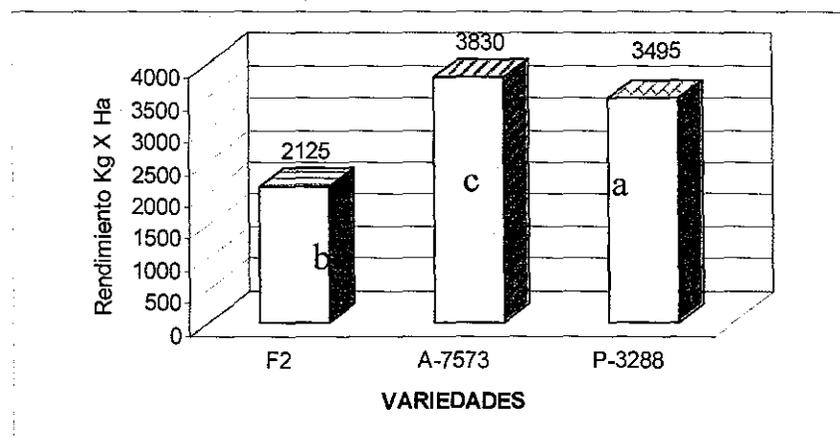


Figura 3. Rendimiento en variedades de maíz. Ejido El Amarillo, Municipio de Teuchitlán, Jalisco. Ciclo P.V. 1995

Estos resultados significan que para el control de plagas rizófagas hay un rango amplio en el que se puede tener buen control: de los 171 a los 206 días julianos. La "fecha de la segunda aplicación de herbicida" tampoco influyó en el rendimiento, resultado que concuerda con otros reportes (INIFAP, 1990), donde el rendimiento se determina con la aplicación preemergente. En relación a la

“fertilización”, no se expresaron respuestas ni a dosis ni a fechas de aplicación. Este resultado se agrega a una serie de resultados contrastantes ya que hay evidencias de que la bondad del fertilizante es inconsistente en la zona.

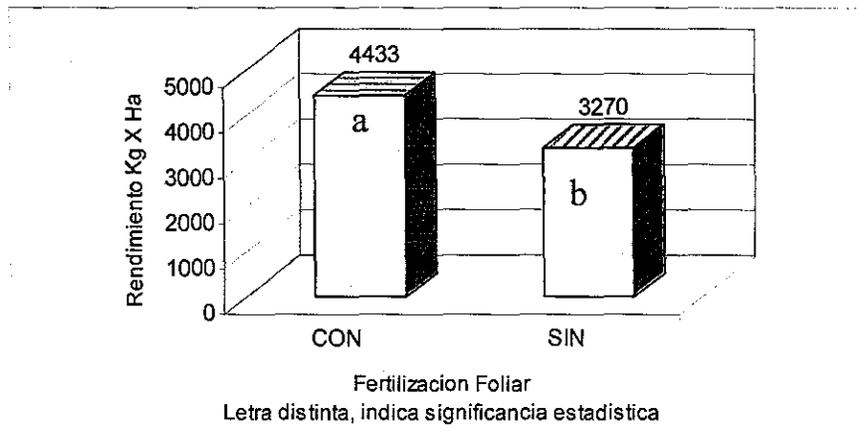


Figura 4. Relación del rendimiento de grano de maíz con la aplicación de fertilizante foliar. Ejido El Amarillo, Mpio. de Teuchitlán, Jal. Ciclo P.V. 1995.

#### Diagnóstico técnico en 1996.

El Cuadro 4 se refiere a las variables consideradas en el diagnóstico. Los productores que barbecharon obtuvieron menores rendimientos que los que utilizaron labranza mínima y cero labranza, resultado que concuerda con los reportes de Figueroa (1992), Langdale (1992) y Lal (1993). Los productores que fertilizaron más tarde en la segunda aplicación obtuvieron menores rendimientos (Figura 5). Asimismo, el nitrógeno total aplicado, influyó positivamente en el rendimiento obtenido, resultado concuerda con el obtenido por INIFAP (1990). Entre más temprano se aplicó el fertilizante foliar mayor fue su efecto benéfico en el rendimiento; la fertilización foliar resultó ser significativa (Figura 6). Se ha demostrado que una planta puede alimentarse no solamente por la raíz sino

CUADRO 4. Resultados del análisis de correlación y significancia en las variables de manejo del maíz (Datos generados de 74 observaciones). Ciclo Primavera-Verano 1996.

Variable	Min	Max	Media	r(0.05)	SE	Variable	Min	Max	Media	r(0.05)	SE
Quema	0	0	0			Fósforo tot	2	115	24.00	0.131	NS
Nivelación	0	0	0.00			Potasio tot	0	0	0.00		
Cinceleo	0	1	0.05	0.165	NS	No de fert.	2	4	2.72	0.19	NS
Encalado	0	1	0.58	0.04	NS	Fert foliar	0	1	0.35	0.514	*
Barbecho	0	10.19	0.19	-0.227	*	Dfoliar	171	227	193.50	-0.394	*
Rastreo	0	1	0.47	-0.117	NS	Variedad	0	5	1.41	0.008	NS
No de rastreos	0	2	0.74	-0.481	*	Tipo de Fert	0	3	0.73	0.048	NS
Fsiembra	150	172	157.88	-0.132	NS	Cant Fert1	100	1000	250.40	0.197	NS
Fherbicida	161	199	172.30	0.204	NS	Cant Fert2	75	800	295.90	0.472	*
Fertilización 1	150	171	157.80	0.197	NS	Insect2	0	1	0.94	0.466	*
Finsecticida	150	171	157.70	-0.076	NS	Fert 3	0	1	0.58	0.336	*
Escarda	0	1	0.08	-0.15	NS	Fert 4	0	1	0.07	N/A.	
Fertilización 2	154	223	190.82	-0.329	*	Plantas/m	3	8	4.19	-0.12	NS
Fertilización 3	169	223	207.60	0.211	*	Esp. Vacíos	0	3	1.59	-0.0238	NS
insect siembra	0	1	0.90	-0.064	NS	Rendimiento	2287	9161	5095.0		
Fherbicida2	164	199	188.62	0.029	NS	Potencial luz <sup>1</sup>		11580			
Cult anterior	0	2				Potencial humedad <sup>1</sup>		9480			
Rdto anterior	300	7450	3528.0								
Nitrógeno tot	46	400	199.00	0.518	*						

\* Significativo con una probabilidad del 85%

\*\* Rendimiento potencial, estimado mediante el Modelo de simulación MSPEC.IM (Van, Keulen *et al.*, 1986 y Villarreal, 1997) con base en datos diarios de clima considerando como fecha de siembra el día 170 del año 1996.

también por los tallos y por las hojas (Joint Committee on Atomic Energy, 1954 y Levinsky, 2000).

A mayor cantidad de fertilizante el rendimiento se incrementó. La segunda aplicación para el control de plagas del follaje resultó benéfica para el rendimiento. Por último, la tercera fertilización también influyó positivamente en el rendimiento,

lo que podría atribuirse a que había humedad disponible en el suelo y a que en este año se mejoraron las condiciones del manejo como lo fue la densidad de población de plantas.

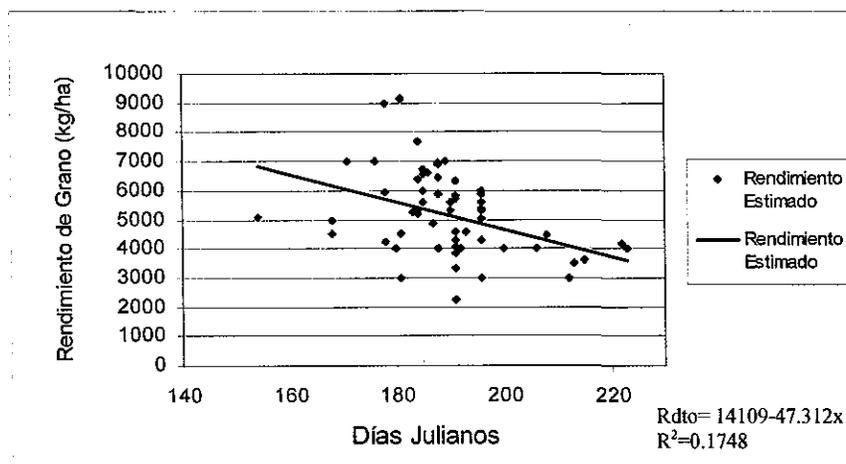


Figura 5. Relación entre la fecha en que se hace la segunda fertilización y el rendimiento observado en el cultivo del maíz. El Amarillo, Mpio. de Teuchitlán, Jal. 1996

### **Transferencia de Tecnología.**

**Análisis y discusión de resultados del diagnóstico con productores.** En forma general se constató que debido a que en el ciclo de 1995 el rendimiento promedio fue de 3,528 kg/ha (Cuadro 3), las variables relevantes fueron más bien referentes a aspectos básicos de manejo como la densidad de siembra (plantas por metro), fecha de aplicación de herbicida, aplicación de insecticida y variedad. En 1996, año en que la media de rendimiento fue de 5,100 kg/ha (Cuadro 4), la precisión en el manejo y oportunidad de la aplicación de nitrógeno y otros insumos resultó ser muy importante.

### **Manejo de lenguaje gráfico por parte de los Productores-Experimentadores.**

Fue el dialogo con los productores, mediante el apoyo del lenguaje gráfico, lo que

reforzó su disposición para la adopción del cambio. Con los resultados de 1995, los agricultores se percataron, entendieron la descripción de los fenómenos y se dispusieron a cambiar las prácticas de sembrar en 1996: un mayor número de plantas por metro hasta un máximo de 6, sembrar semillas híbridas en lugar de las F2. Mientras que, con los resultados de 1996, además de los cambios anteriores,

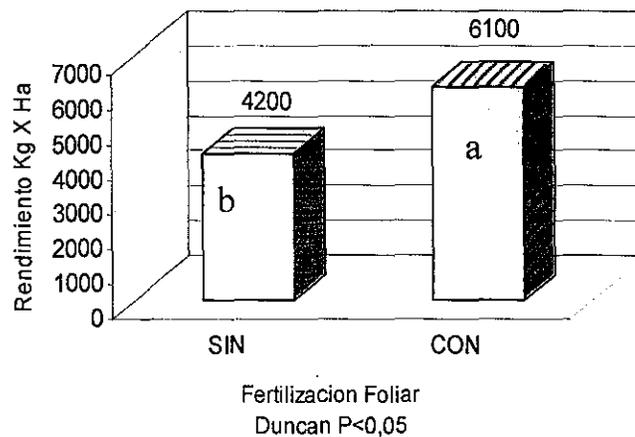
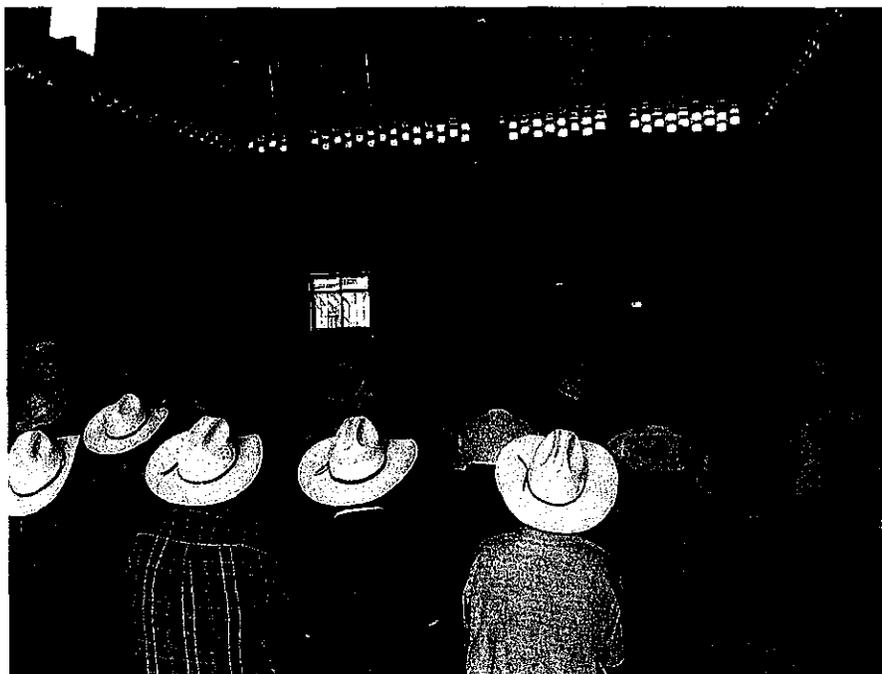


Figura 6. Relación del rendimiento de grano de maíz con la aplicación de fertilizante foliar. El Amarillo, Mpio. de Teuchitlán, Jal. Ciclo P.V. 1996.

se dispusieron a planear para años subsecuentes, la aplicación de fertilizante foliar y en la segunda fertilización no retrasar la aplicación. Así, mediante análisis y discusiones, complementados con experimentación en el transcurso de los años, el propio productor se está convirtiendo en protagonista y generador de su propia técnica de manejo (Fotografía 1).



Fotografía 1. Reunión de discusión de resultados y planeación

**Cambios Tecnológicos.** En el año 1995 la diferencia entre el máximo rendimiento obtenido por el mejor productor (7,450 kg/ha) y el rendimiento potencial estimado por humedad de (9,196 kg/ha), fue de 1,746 kg/ha. En 1996, el mejor productor logró 9,161 kg/ha y el potencial estimado por humedad fue de 9,480 kg/ha. La diferencia de solo 319 kilogramos de este año, contra la de 1,746 del año anterior, significa una mejoría en el aprovechamiento de las condiciones ambientales por algunos agricultores. La diferencia obtenida por haberse presentado mejores condiciones climáticas en 1996 en comparación con 1995, fue de 284 kg/ha (9,480 – 9,196); sin embargo, la diferencia en la media de rendimiento (5095 – 3528) entre años fue de 1,567 kg/ha, lo cual indica, que también como grupo de agricultores, se obtuvo un mejor aprovechamiento del clima. Si se compara este rendimiento de 5,095 kg/ha, obtenido en 1996 bajo condiciones de temporal en las

74 parcelas de la muestra en El Amarillo, con la media regional (3,000 kg/ha), queda evidencia del esfuerzo realizado por esta organización.

Para discutir sobre cambios o posibilidad de cambios en la tecnología del agricultor habría que diferenciar entre cambios deseables y cambios factibles.

En el Cuadro 5 se presentan las variables de manejo para los años de 1995 y 1996. Al analizar las variables más relevantes en el Cuadro 5, desde el punto de vista de identificar las que tuvieron un cambio en ciclo siguiente, éstas son: La fecha de siembra de un promedio de 169.5 días julianos en 1995 cambio a 157.88 días julianos en 1996. En 1995, el agricultor que sembró primero lo hizo a los 164 días y el último lo hizo hasta los 185 días, y en 1996 fue de 150 y 172 días, respectivamente. Luego entonces, se explica por qué la fecha de siembra afectó significativamente el rendimiento en 1995 y no en 1996. Otro cambio que es importante resaltar es la fecha de aplicación de herbicida con un promedio de 186.16 días en 1995 y de 172.3 días en 1996; este hecho también explica el por qué en 1995 su efecto fue significativo negativamente en el rendimiento y ya no lo fue para el 1996. El insecticida a la siembra durante 1995 ejerció un efecto significativo; el 46% de los productores que lo aplicaron lograron mayor rendimiento que los que no aplicaron; en 1996, el 90% aplicó insecticida pero ya no fue significativo el efecto de la variable. En 1995 hubo productores que sembraron materiales genéticos de segunda generación; otros con variedades mejoradas debido a que ya habían constatado que el rendimiento se incrementaba significativamente por efecto del genotipo. En 1996, todos los productores

sembraron semillas mejoradas y el efecto de genotipo sobre el rendimiento ya no fue significativo.

Cuadro 5. Comparación de resultados de análisis de correlación y su significancia de los ciclos Primavera-Verano 1995 y 1996.

N=50	Manejo				n=74	Manejo			
	1995			Corr		1996			Corr
	Min	Max	Media	P>f		Min	Max	Media	P>f
Quema	0	1	0.9	NS	Quema				
Nivelación	0	1	0.04	NS	Nivelación	0	0	0	
Cinceleo	0	1	0.06	NS	Cinceleo	0	1	0.05	NS
Encalado	0	1	0.16	NS	Encalado	0	1	0.58	NS
Barbecho	0	1	0.28	NS	Barbecho	0	1	0.19	* (-)
Rastreo	0	1	0.32	NS	Rastreo	0	1	0.47	NS
No de rastreos	0	3	1.28	NS	No de rastreos	0	2	0.74	NS
Fsiembra	164	185	169.50	* (-)	Fsiembra	150	172	157.88	NS
Fherbicida	169	211	186.16	* (-)	Fherbicida	161	199	172.30	NS
Ffert1	164	185	169.20	NS	Ffert 1	150	171	157.80	NS
Finsecticida	171	206	191.40	NS	Finsecticida	150	171	157.70	NS
Escarda	0	1	0.20	NS	Escarda	0	1	0.08	NS
Ffert2	190	229	205.00	NS	Ffert 2	154	223	190.82	* (-)
Ffert 3	217	235	225.00	NS	Ffert3	169	223	207.60	NS
Insect siembra	0	1	0.46	* (+)	Insect siembra	0	1	0.90	NS
Fherbicida2	192	230	213.80	NS	Fherb2	164	199	188.62	NS
Cult anterior	0	2	0.17	* (+)	Cult anterior	0	2		
Rdto anterior	100	6300	3408.00	* (-)	Rdto anterior	300	7450	3528.00	NS
Nitrógeno tot	82	410	181.80	NS	Nitrógeno tot	46	400	199.00	* (+)
Fósforo tot	4	113	15.80	NS	Fósforo t	2	115	24.00	NS
Potasio tot	0	60	36.70	NS	Potasio t	0	0	0	
No de fert.	2	3	2.52	NS	No de fert.	2	4	2.72	NS
Fert foliar	0	1	0.30	* (+)	Fert fol	0	1	0.35	* (+)
Dfoliar	191	220	208.90	NS	Dfoliar	171	227	193.50	* (-)
Variedad	0	2	1.44	* (+)	Variedad	0	5	1.41	NS
Plantas/m	1	6	3.60	* (+)	Kg semilla	15	30	20.86	* (-)
Esp. Vacíos	0	6	2.57	NS	Tipo de fert	0	3	0.73	NS
					Cant fert1	100	1000	250.40	* (+)
					Cant fert2	75	800	295.90	* (+)
					Insect2	0	1	0.94	* (+)
					Fert 3	0	1	0.58	* (+)
					Fert 4	0	1	0.07	NS
					Plantas/m	3	8	4.19	NS
					Esp vacíos	0	3	1.59	NS
Rdto	300	7450	3528.00		Rdto	2287	9161	5095.00	
Potencial luz	11090				Potencial luz	11580			
Potencial humedad	9196				Potencial humedad	9480			

\* Significativo con una probabilidad del 85%

\*\* Rendimiento potencial, estimado mediante el Modelo de simulación MSPEC.IM (Van Keulen *et al.*, 1986 y Villarreal, 1997) con base en datos diarios de clima considerando como fecha de siembra el día 170 del año 1996.



Fotografía 2. Recorrido de campo, observación y discusión de contrastes, ya planificados

El promedio plantas por metro de 1995, fue de 3.5 y en 1996 de 4.19. Solo el primer año su efecto fue significativo en el rendimiento.

La relativa facilidad con que ocurren los cambios en esta organización se explica por el hecho de que el proceso de mejoramiento de su productividad lo están llevando a cabo en base a insumos ya conocidos y con recursos ya disponibles (Fotografía 2).

### CONCLUSIONES

Durante 1995 las variables de manejo con mayor incidencia en la producción de maíz, y que se discutieron con mayor intensidad con los agricultores, fueron: Densidad de Población (plantas/metro) y Variedades utilizadas.

En 1996 las variables de manejo que afectaron la producción fueron: Fecha de aplicación de la segunda fertilización (primera de Urea) y la aplicación de la fertilización foliar.

De las dos conclusiones anteriores se destaca que una vez que los productores tuvieron una buena densidad de población y materiales genéticos adecuados, las variables a mejorar fueron del tipo nutricional.

Es de notarse que el control de plagas de la raíz por aplicación de insecticida no fue estable, ya que en 1995 si fue significativo pero en 1996, fue no significativo; teniéndose daños considerables en las parcelas que presentaron este problema.

La media de rendimiento para el cultivo del maíz en la región es de 3.5 ton/ha, en cambio el grupo involucrado en el estudio logró llegar a un rendimiento promedio superior a las 5 ton/ha.

La intención de los productores experimentadores es de seguir superando su propio promedio de producción.

Los costos de producción también han disminuido en más del 40%, ya que el costo "normal" de producción es de aproximadamente \$ 5,500.00 por hectárea; y del grupo es de alrededor de \$ 2,800 por hectárea. La disminución del costo es también una meta permanente para lograr una mayor productividad.

Cabe destacar que esta diferencia es mayor a medida que pasa el tiempo y que los mercados exigen mayor eficiencia en los procesos productivos; aquí también es necesario destacar que se cuenta con una herramienta donde se puede cuantificar y analizar la eficiencia productiva.

Después de aplicar el método por dos años, los Productores-Experimentadores participantes, hacen uso de los resultados del diagnóstico para mejorar su sistema de cultivo y han establecido un programa de mejoramiento continuo. El proceso de cambio se da en la medida en que además de entender mejor los procesos de producción, se hace posible dicho cambio.

Cuando el técnico investigador tiene permanencia con el grupo de trabajo, los cambios a través del tiempo son cuantificables en la medida que se tenga la información de las mismas Unidades de Producción y una buena referencia del potencial de producción estimado en base a luz y humedad (Fotografía 3).



Fotografía 3. Parcelas de maíz en el ejido el Amarillo, Mpio. de Teuchitlán, Jalisco (al final parte derecha, el volcán de Tequila).

## LITERATURA CITADA

**Committee on the role of alternative farming methods in modern production agriculture. 1989.** Alternative Agriculture. National Academy Press. 28 p.

**Figuroa, S.B. y F.J. Morales, F. 1992.** Manual de Producción de Cultivos con Labranza de Conservación. Colegio de Postgraduados-SARH. Mexico. 273 P

**INIFAP. 1990.** Guía para cultivar maíz en Jalisco. Folleto para productores núm.3. SARH-INIFAP. Chapingo, México. 27 p

**INIFAP. 1993.** Determinación potencial de especies vegetales para el estado de Jalisco. Síntesis ejecutiva. Publicación Técnica Núm. 20. SARH-INIFAP-CIRPAC. Guadalajara, Jal. Documento inédito. 57 p.

**Joint Committee on Atomic Energy. 1954.** Eighty-third congress second session on the contribution of atomic energy to agriculture. United States Government Printing Office. Washington. 5 p.

**Draper, N.R. y H. Smith. 1966.** Applied Regression Analysis. Jhon Wiley and Sons, Inc. New York. 407 p.

**Lal, R.E. Regnier, D.J. Eckert, W.M. Edwards and R. Hammond. 1991.** Expectations of cover crops for sustainable agriculture. In W.L. Hargrove (Ed.) Cover crops for clean water. Swcs. Ankeny Iowa. p. 11.

**Langdale, G.W. and R.A. Leonard. 1983.** Nutrient and sediment losses associated with conventional and reduced tillage agricultural practices. Nutrient Cycling in Agricultural Ecosystems. Col. Agr. Spec. Pub. No. 23. Univ. Ga. Athens, Georgia.

**Levinsky, B. V. 2000.** <http://foliarfert.com7Humiacid.html> (mayo de 2000)

**Martínez G.A. 1983.** Introducción al SAS (Statistical Analysis System). Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. Colegio de Postgraduados. 166 p.

**Palacios, C.V. 1988.** Factores determinantes de la Producción del Maíz bajo el Sistema Zapopano. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. 124 p.

**Palacios C.V. 1997.** Fertilizante Orgánico. Tecnología para una rentabilidad sostenible. INIFAP-Gruma. Guadalajara, Jal. Publicación especial. 27 p.

**Palacios, C.V. y D. R González, E. 1992.** Concentrado de informes de la Red de Productividad de Agrosistemas en Jalisco (1989-1992). Documento inédito. CENCEJAL-INIFAP-SARH. Guadalajara, Jal. 98 p.

**Palacios, C.V. y E. Villarreal, F. 1998.** Aplicación de un método de diagnóstico para la inducción del cambio tecnológico en el cultivo del maíz en Jalisco. Proyecto colaborativo INIFAP-MASECA. Impreso por INCA-RURAL. 30 páginas.

**Siea. 2002.** <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/integra/agricola/avance/jal.c> (Enero del 2004).

**SINDER. 2001.** Guía para la aplicación del Modelo Productor Experimentador. SAGARPA. ALIANZA PARA EL CAMPO. México, D.F. 97 p.

**Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981.** Síntesis Geográfica de Jalisco. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. 306 p.

**Van Keulen, H. y J. Wolf. 1986.** Modeling agricultural production. Weather, Soil and Crops. Pudoc. Wageningen. Holanda. 470 p

**Villalpando, I. F. 1987.** Agroclimatología. Escuela de Graduados, Facultad de Agricultura. Universidad de Guadalajara. México. 60 p.

**Villalva Q. S. y E. J. Fuentes. 1994.** Agricultura Sostenible. Publicación 7/93 HD. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid, España. 51 p.

**Villarreal, F.E. 1997.** Metodología de Capacitación en el Manejo de Programas de Mejoramiento Continuo de la Productividad del Maíz y Diseño de Empresas Agropecuarias para obtener una Rentabilidad Sostenible. Publicación Especial. INIFAP-GRUMA. México, D.F. 30 p

**Villarreal, F.E. y F. K. Byerly. 1984.** Metodología para la Planeación de la Investigación Agrícola a partir de problemas de la realidad. Unidad de Planeación de la Investigación. INIA-SARH. México. 58 p.

**4. ESTUDIO Y MODELACIÓN DEL DAÑO A LA RAÍZ  
POR *Phyllophaga ravid* (Blanchard)  
(Coleoptera: Melolonthidae)  
EN EL CULTIVO DE MAÍZ  
EN LA ZONA CENTRO DE JALISCO**

**ESTUDIO Y MODELACIÓN DEL DAÑO A LA RAÍZ POR *Phyllophaga ravid*  
*ravida* (Blanchard) (Coleoptera: Melolónthidae) EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN  
LA ZONA CENTRO DE JALISCO**

**Study and Modeling the Damage of Corn Root by *Phyllophaga ravid*  
(Blanchard) (Coleoptera:Melolónthidae) in Corn Crop in Central Zone the state  
of Jalisco, México**

**RESUMEN**

Diagnósticos técnicos realizados en la zona centro de Jalisco (Palacios, *et al*, 2005; Palacios, 2000) muestran la ineficacia en el control de “gallina ciega” plaga que causa daños o pérdidas que van desde 1% hasta 100% en los predios atacados, mismos que se han convertido en uno de los mayores problemas que reducen la producción y productividad de los cultivos, específicamente del cultivo del maíz en el Estado de Jalisco.

En la actualidad, y a pesar de estos daños, no se han generado recomendaciones viables para el control de las “gallinas ciegas”. Ante esto, y para generar recomendaciones adecuadas para el control de estas especies, se considera necesario realizar trabajos enfocados al conocimiento de los hábitos, ciclos de vida, ambiente y dinámica de las especies más frecuentes.

El presente trabajo tuvo como objeto probar un modelo de simulación dinámica para estudiar a la “gallina ciega” *Phyllophaga ravid* y su daño al cultivo del maíz. Para la elaboración del modelo se tomaron datos sobre la biología de esta especie, obtenidos en campo y laboratorio a partir de colectas en 30 parcelas a lo largo de dos años, además de los respectivos registros climáticos en la Región Valles de Jalisco.

El modelo estableció que el daño ocasionado por la plaga dependió más que del tamaño de la población, de la combinación de las condiciones ambientales en las que jugaron un papel determinante la humedad del suelo y las unidades calor, además de los factores que determinan el estado nutricional del cultivo.

**Palabras clave:** *Modelo, diagnóstico, productividad, sanidad vegetal*

### SUMMARY

Previous reports (Palacios *et al*, 2005; Palacios, 2000) showed poor control of white grub causing corn yield losses ranging from 1 to 100 %. Therefore, it is necessary to develop research concerning pest behavior, life cycle studies, as well as, population dynamics. The present research work was intended to test a dynamic simulation model for the corn root grub *Phyllophaga ravidia* and its damage to corn. To create and check model, data was collected from the field (30 plots during a 2 year period) as well as weather data. The model established that damage caused by the pest, was due more to the combination of factors like weather, soil humidity, degrees days and nutritional status of the plant, rather than population density.

**Key words:** *Model, diagnosis , productivity, plant health*

### INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción agrícola donde se utiliza el monocultivo que tienen como peculiaridad un alto uso de labranza y agroquímicos, han dado por resultado el desarrollo coevolutivo de insectos, especies de maleza y fitopatógenos con mayor dificultad en su control.

Los insectos rizófagos, son uno de los factores más importantes que reducen la producción de los cultivos (Morón *et al.*, 1986; Pérez y Nájera, 1991; Pérez y Álvarez, 2003 y Aragón y Pérez, 2005). Estas plagas de la raíz forman un complejo del cual las especies más importantes son: "Gallina ciega": *Phyllophaga vetula*, *P. ravidia*, *P. misteca*, *P. dentex*, *Cyclocephala lunulata*, *Anomala* spp; "gusano alfilerillo": *Diabrotica virgifera zea*; "gusano colaspis": *Colaspis chapalensis*; "gusanos de alambre": *Aeolus* sp. y falsos gusanos de alambre.

Diagnósticos técnicos realizados en la Zona Centro de Jalisco (Palacios, 2000; Palacios, *et al.*, 2005) muestran la ineficacia en el control de "gallina ciega" plaga que causa daños o pérdidas que van desde 1% hasta 100% en los predios atacados, mismos que se han convertido en uno de los mayores problemas que reducen la producción y productividad del maíz.

En la actualidad y a pesar de estos daños, no se han generado recomendaciones viables para el control de las "gallinas ciegas". Ante esto, y para generar recomendaciones adecuadas para el control de estas especies, se considera necesario realizar trabajos enfocados al conocimiento de los hábitos, ciclos de vida, ambiente y dinámica de las especies más frecuentes (Aragón y Pérez, 2005).

A este respecto también se hace importante reconocer al cultivo con un enfoque de sistema, ya que el grado de daño depende en gran medida de las relaciones existentes entre el medio de desarrollo, el insecto y el cultivo. Este enfoque exige visión multidisciplinaria característica de la herramienta de dinámica de sistemas.

El objetivo del presente estudio fue: estudiar el efecto del daño a la raíz causado por “gallina ciega” bajo las condiciones actuales de manejo y ambiente físico mediante un modelo de dinámica de sistemas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Ejido El Amarillo, Municipio de Teuchitlán, Jalisco (Figura 1). Estudios realizados en esta misma localidad de 1995 a 1999 reflejan una inconsistencia al control de gallina ciega con uso de insecticidas, siendo significativo el efecto de la aplicación únicamente en 1995 (Palacios, 2000; Palacios, *et al*, 2005).

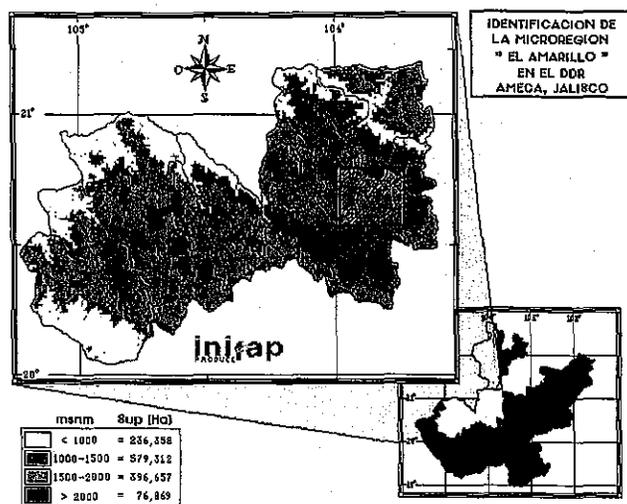


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en el del Ejido el Amarillo, Mpio. de Teuchitlán, Jalisco

### Trabajo de Campo

**Muestreo.** El ciclo principal del cultivo de maíz de temporal en Primavera-Verano zona centro de Jalisco, inició en el mes de Junio y terminó en el mes de Octubre durante los años de 1999 y el 2000. Las larvas de *Phyllophaga ravida* se muestrearon durante todo el año.

Monitoreo de larvas. Se cuantificó el número de larvas y su instar dentro y durante dos ciclos que inició el mes de junio de 1999 y concluyó en Diciembre del 2000. La unidad de muestreo fue un cepellón de suelo con raíz de 0.6 x 0.4 m en profundidades variables (0.1, 0.2 0.3 y 0.4 m). En cada de uno los 30 predios se marcaron sitios de plantas típicas sanas y sitios infestados donde se tomaron tres cepellones. Se realizaron muestreos en verano cada 30 días de junio a octubre y un solo muestreo en invierno (diciembre). Se hicieron un total de seis muestras por predio en seis fechas, pero debido a que en algunas parcelas no fue posible muestrear por las condiciones climatológicas fueron un total de 240. Las larvas se midieron y pesaron y posteriormente se determinó el número de días hasta la emergencia del adulto.

Con fines prácticos y dado que las mediciones se hicieron en campo, la determinación de los instares larvarios se realizó mediante el artificio de relacionar la longitud y el peso de las larvas y no de la manera convencional que consiste en medir la anchura de la cápsula cefálica bajo el microscopio (King, 1996; Morón, 1986). Se clasificaron tres edades: "1" la de instar 1, "2" la de instar 2, "3" la de instar 3, ya que solamente se midieron las larvas.

Monitoreo ambiental. Se sistematizó información climática sobre radiación solar, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, precipitación y las variables de suelo: temperatura, humedad, textura, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pH, para relacionarla con los datos del desarrollo del cultivo y de la "gallina ciega".

Monitoreo del cultivo. Para pronosticar patrones de crecimiento, desarrollo y etapa reproductiva de cultivo, así como el impacto del daño por plagas al mismo se

recopiló la información sobre el manejo general del cultivo de acuerdo al procedimiento de diagnóstico sobre el que se informa a detalle en Palacios *et al.* (2005). Además se determinaron las variables área foliar cada 15 días después de la emergencia, peso seco de tallo, de raíz, de hojas y al final del ciclo el peso del grano a 14 % de humedad.

### **Dinámica de Sistemas**

La dinámica de sistemas integra y utiliza los fundamentos de la Cibernética y de la Teoría General de Sistemas como base teórica de los sistemas generales. Utiliza la informática para simular los modelos matemáticos que obtiene y la experiencia de los expertos en el área de conocimiento o problema a abordar (Aracil, 1992).

**Desarrollo del método en modelación dinámica.** Se cubrieron diferentes fases de acuerdo a conceptos de diversos autores (Rabbinge, 1990; Martin 2000; Delgado, 2002, González y colaboradores, 2003).

Fase de conceptualización. Se selecciona el problema a estudiar. En este caso se seleccionó un factor que reduce de manera significativa la producción de maíz. Se realizó mediante un diagnóstico técnico en el que se correlacionaron todas las variables de manejo agronómico y se determinó la variable de mayor impacto (Palacios, 2000). Una vez seleccionado el problema se continuó con los siguientes pasos:

- Definición de los límites del sistema. Se refiere a establecer los límites del sistema en el ámbito de estudio, que fue: el insecto, el cultivo maíz y su ambiente físico.

- Diseño del diagrama causal. Este diagrama se desarrollo en base a las variables que se relacionan con el problema: Ciclo biológico de la plaga, raíz del cultivo, maleza, nutrición, factores del ambiente físico y biológico. Se indicaron los sentidos de las flechas de relación y su impacto si es positivo o negativo.

Fase de formulación del sistema. Se ideo el contexto con base en el conocimiento común en el que se desarrolla el sistema bajo estudio y así, construir la modelación; se procedió como a continuación se describe:

- Diseño del diagrama de flujo. Se realizó una traducción del diagrama causal a una terminología que facilitó la escritura de las ecuaciones en el programa de computo "Vensim" y básicamente se reclasificaron los elementos, en: variables de nivel o estado, de flujo o transferencia y auxiliares.
- Definición de ecuaciones concisas. Con la finalidad de que el sistema computacional interpretara la visión del sistema, se definieron las ecuaciones que pudieran cumplir con este propósito.

Fase de evaluación. En la última etapa del modelo se contemplaron:

- Pruebas de simulación. Para comprobar que el modelo esta corriendo con su diseño y las ecuaciones establecidas.
- Pruebas de calibrado. Análisis de sensibilidad, numérica y estructural. Se comparo con los datos obtenidos en campo y se hicieron cambios y ajustes que permitieran representar a la realidad de la manera mas aproximada posible.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Proporcionalidad de Especies de “Gallina ciega”

De acuerdo a los muestreos (Fotografía 4) realizados durante 1999 y 2000 en la zona estudiada la población se integró con un 60% de *Phyllophaga ravida*, 5% de *Phyllophaga vetula* y 8% de *Cyclocephala* sp, además de la presencia de 4% de *Colaspis* sp y de 23% de otras especies no plaga (descripción hecha conforme con Marín, 2001). Con la medición de peso y longitud de las larvas se generaron las relaciones funcionales (Figura 2); con ellas se estimó la edad fisiológica (Figura 3).

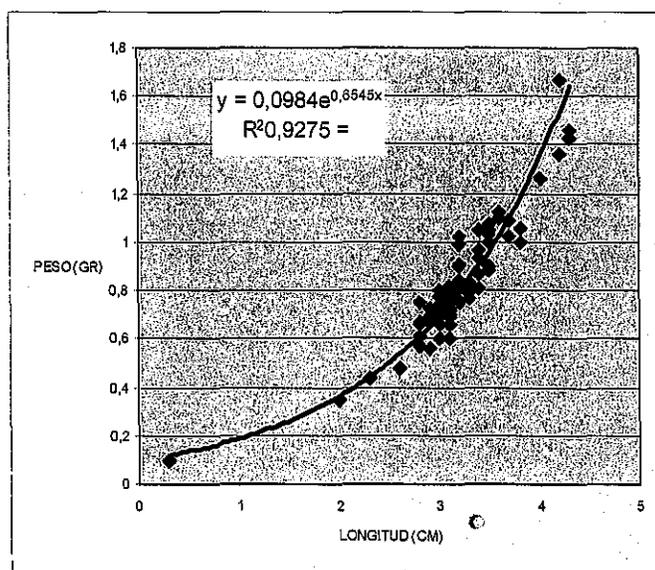


Figura 2. Relación funcional entre longitud y peso de larvas de “gallina ciega”

Con los datos de la Figura 3 que determina la edad fisiológica de los diferentes estadios de la “gallina ciega” se pudo construir la fluctuación estacional de los instares larvarios (figura 4).

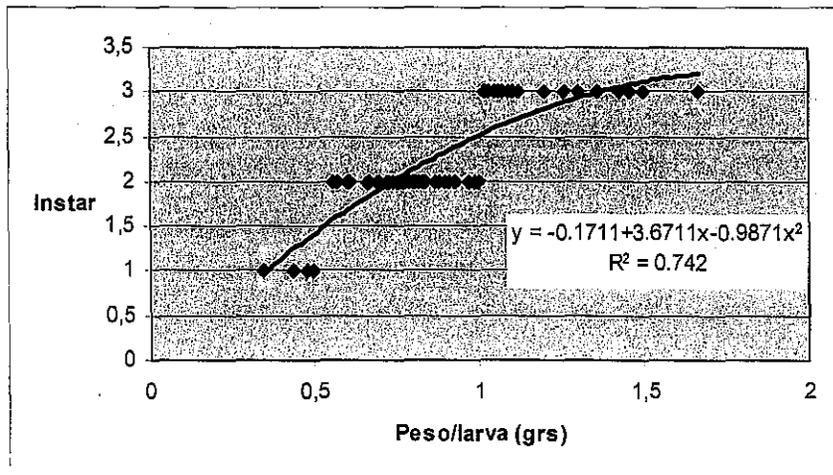


Figura 3. Estimación de la edad fisiológica en base a peso de larva.

Esta determinación coincide con lo reportado por Aragón y Morón (2005) quienes consignan que la duración del primer instar es de 16 a 46 días, la del segundo instar de 21 a 58 días, y la del tercer instar de 76 a 127 días.

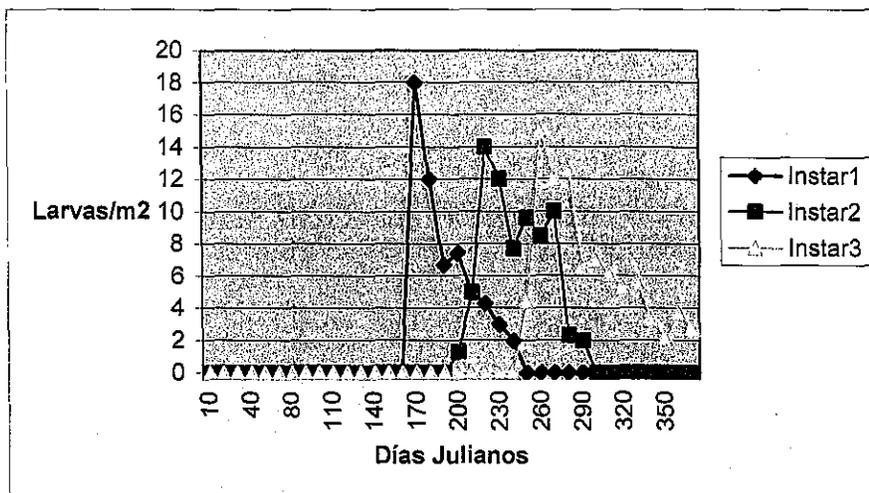


Figura 4. Datos promedio por fecha de muestreo



Fotografía 4. Larva de "gallina ciega" en campo.

### **Caracterización de los Genotipos de Maíz Utilizados**

Los genotipos utilizados fueron variedades de ciclo intermedio y dado que era importante conocer la proporción de los órganos de la planta, en especial la raíz, en la Figura 5 se presenta su distribución a través del tiempo.

Se observa que al inicio de la edad fisiológica la planta concentra su energía mayormente en la raíz, seguida por las hojas y por último el tallo. Posteriormente, en la etapa vegetativa, se incrementa el crecimiento de las hojas, después el tallo y la raíz inicia un decremento. En dehiscencia (edad fisiológica 3), el tallo presenta mayor crecimiento; al final del ciclo todo se concentra en la formación del grano (Van Keulen, et al; 1986; Rabbinge, et al, 1990).

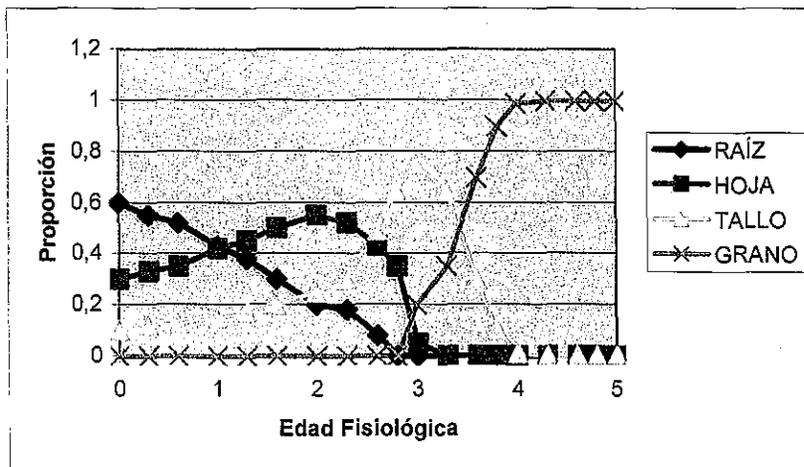


Figura 5. Partición en la variedad H-359

Es interesante observar que antes de la aparición de la espiga, la raíz, que es un órgano que está estrechamente relacionado con las plagas rizófagas, deja de crecer; situación en que hace pensar que la vida de la raíz debería ser prolongada (Stoler, 1999). La nutrición podría ser una opción para propiciar tal prolongación.

La correlación de la variable del peso de la raíz (Fotografía 5) con el peso en la parte aérea (hojas, tallo, espigas y mazorca) resultó altamente significativa ( $r = 0.6$ , Figura 6), lo que indica que a medida que se pierde peso en la raíz a causa de la gallina ciega, el desarrollo de la parte aérea es menor. Sin embargo, es importante señalar que cuando se hizo la correlación entre el número de larvas con el daño a la raíz, esta no resultó significativa (dentro de un rango de 1 a 30 larvas por muestreo,  $r = -0.2$ ) Es decir, bajo ciertas condiciones una larva podría destruir una raíz, mientras que en otros casos 5 o más larvas no tenían ningún efecto.

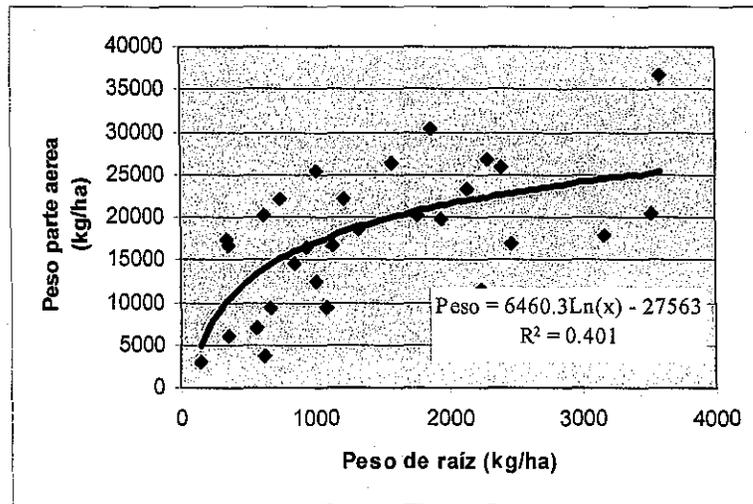
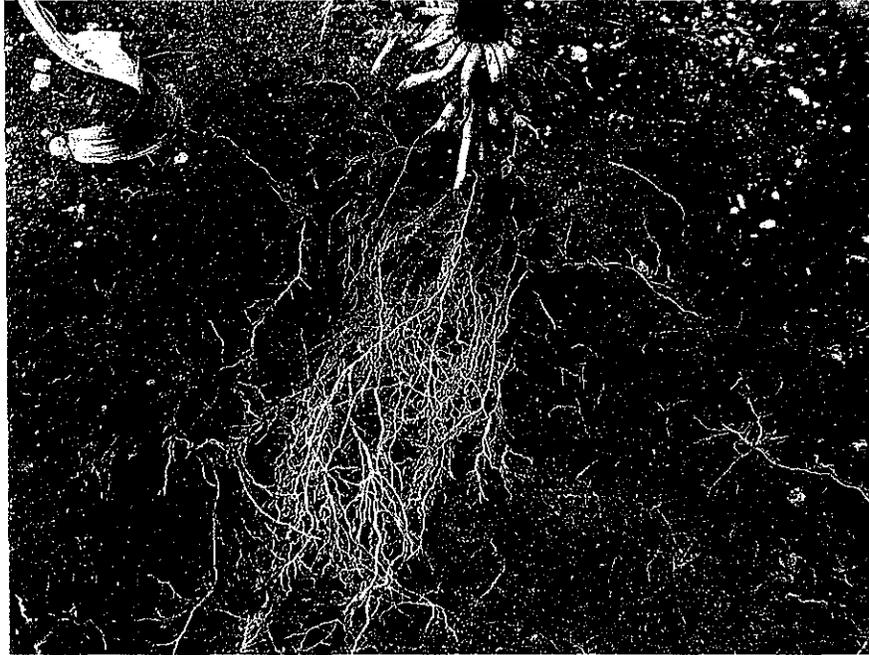


Figura 6. Relación entre el peso de raíz y la parte aérea.

Lo anterior condujo a considerar que otros factores del ámbito donde se desarrollo el cultivo, determinaron el daño con mayor impacto que el número de larvas presentes. Este resultado coincide con lo expresado por diferentes autores (Steffey, 1999; Vallejo, 2000; Marn-labin, 2005) en el sentido de que existe daño diferencial entre especies de "gallina ciega" y también que el contenido de material orgánico en el suelo, la nutrición del cultivo y la maleza hacen cambiar el grado de daño.



Fotografía 5. Raíces del cultivo del maíz, fertilizado con abonos orgánicos.

### Diseño del Modelo

**Fase de conceptualización.** En una etapa previa de esta misma línea de investigación y desarrollada por los mismos autores (Palacios, *et al.*, 2005; Palacios, 2000) se seleccionó un factor que reduce de manera significativa la producción de maíz. Se realizó mediante un diagnóstico técnico en el que se correlacionaron todas las variables de manejo agronómico y se determinó la variable de mayor impacto, que fue la “gallina ciega” que ataca de manera severa la raíz del cultivo, impactando la producción hasta en un 100%.

Diagrama causal. Se observó que varios subgrupos del sistema (Figura 7) estaban siendo afectados en primera instancia por variables externas como lo son: el ambiente físico y de manera interna el ambiente biológico. En el primer subgrupo, los estadios de la “gallina ciega”, huevecillo–larva–pupa–adulto, resultaron ser

ciclos positivos, es decir, entre más existiera de un elemento más habría del otro, como lo sería de huevecillo a larva; entre más huevecillos, mas larvas. La conexión al siguiente subgrupo lo es el "alimento" con la larva al ingerirlo, que puede ser materia orgánica (fotografía 6) o la raíz del cultivo; esta relación es un circulo negativo ya que entre mas larvas menos alimento y entre más alimento más larvas, situación que en teoría de sistemas conduce al equilibrio (Delgado, 2002).

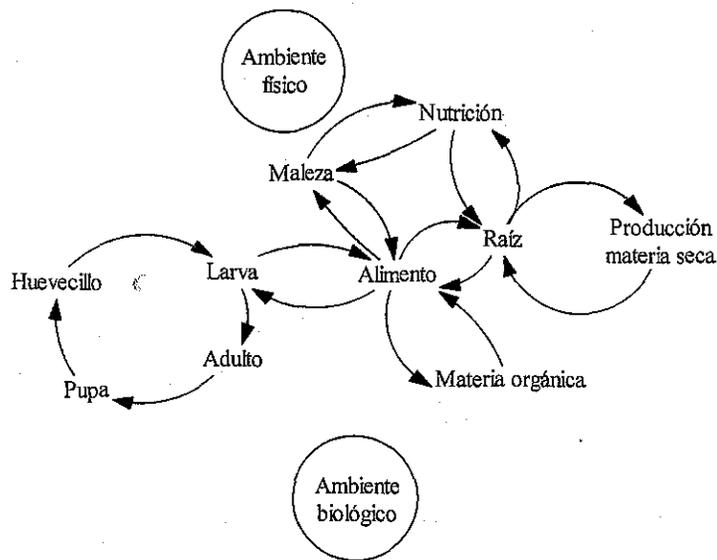


Figura 7. Diagrama de causa-efecto de gallina ciega con el cultivo de maíz.

El caso de raíz-producción de materia seca es una relación positiva y para raíz-nutrición sería negativa ya que entre más se nutre la raíz menos elementos de nutrición habrá en el suelo, pero entre mayor nutrición exista mayor será la raíz. El caso de la relación maleza-alimento, que corresponde a cuando las larvas se



Fotografía 6. Contenido de material orgánico en parcela de cero labranza.

alimentan de la maleza es una relación negativa y la maleza—nutrición, sería negativa cuando la maleza no se combate al inicio del cultivo y representa una competencia muy fuerte, pero cuando se controla y se deja crecer después de 30 a 40 días en que el cultivo avanza (V4-V6), entonces la competencia es menor.

**Fase de formulación.** Se ideó el contexto con base en el conocimiento común en el que se desarrolla el sistema bajo estudio y así, construir la modelación.

Diagrama de flujo. Este diagrama de causa efecto se transformó en un diagrama de flujo y se insertaron las ecuaciones respectivas para instrumentar el lenguaje del simulador ("Vensim"), de esta manera el diagrama de flujo resultó ser el que se presenta en la Figura 8.

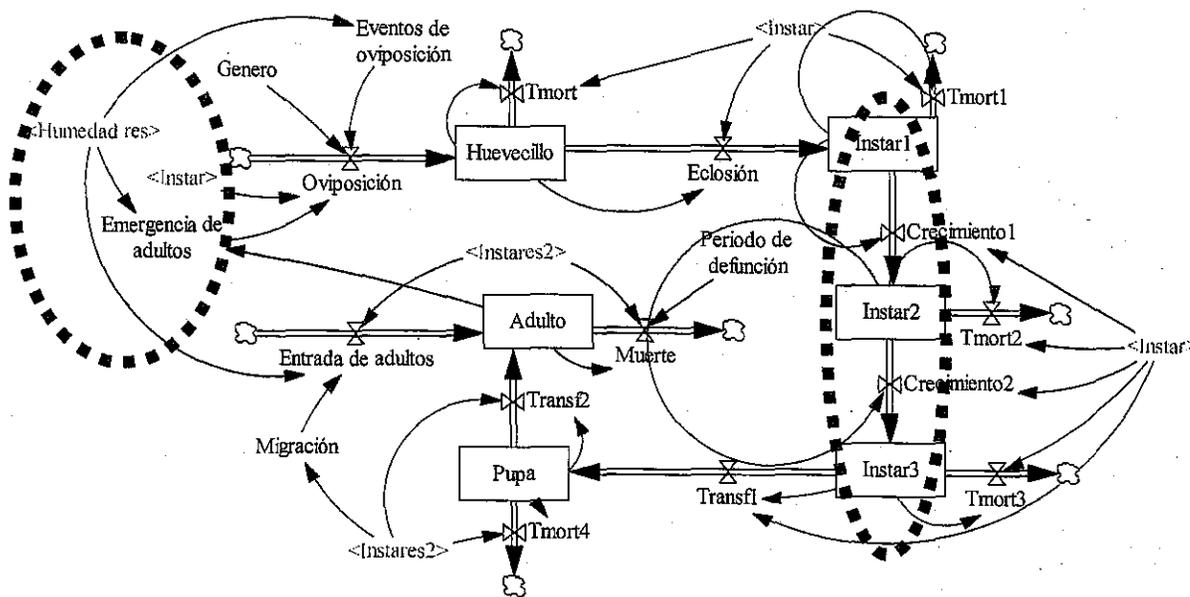


Figura 8. Diagrama de flujo para el ciclo biológico de "gallina ciega"

Ecuaciones concisas. Las ecuaciones obtenidas para este modelo se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Ecuaciones en modelación dinámica para el ciclo biológico de la "gallina ciega"

VARIABLES DE ESTADO:	VARIABLES DE FLUJO	VARIABLES AUXILIARES
Huevecillo.- Oviposición-Eclosión- Tmort	Oviposición.- IF THEN ELSE (Instar>2, IF THEN ELSE(Instar<3,(Emergencia de adultos * Género)*(Eventos de oviposición*9),0),0)	Género.- 0.5 Eventos de oviposición.- IF THEN ELSE (Humedad res>20,3,0)
Instar1.- Eclosión- Crecimiento-Tmort1	Eclosión.- IF THEN ELSE (Instar>3, IF THEN ELSE (Instar>4,(Huevecillo/5),0),0)	Instar.- IF THEN ELSE (UCacum<=Pup,UCacum /adul, IF THEN ELSE (UCacum<=adul,1+(UC acum -pup)/(adul-pup), IF THEN ELSE(UCacum<=Hueveci, 2+(UC acum.-adul)/(Hueveci-adul), IF THEN ELSE (UC acum<= Ins1, 3+(UC acum-Hueveci)/(Ins1-Hueveci), IF THEN ELSE (UC acum <=Ins2, 4+(UC acum-Ins1)/(Ins2-Ins1), IF THEN ELSE (UC acum<=Ins3,5+(UC acum-Ins2)/(Ins3-Ins2),0))))
Instar2.- Crecimiento1- Crecimiento2-Tmort2	Crecimiento1.- IF THEN ELSE (Instar>4, IF THEN ELSE (Instar<5, (Instar1/10),0),0)	Migración.- IF THEN ELSE (Instares2>5.5,2,0)
Instar3.- Crecimiento2- Transf1-Tmort3	Crecimiento2.- IF THEN ELSE (Instar>5, IF THEN ELSE (Instar<6,Instar2/10,0),0)	Período de defunción.- 20
Pupa.- Transf1- Transf2-Tmort4	Tmort.- IF THEN ELSE (Instar1<1,Huevecillo*0.216/12,0)	Humedad res.- IF THEN ELSE (Time<90, 0, IF THEN ELSE (Humedad res+Rain-0.5*Etp))
Adulto.- Entrada de adultos +Transf2- Muerte	Tmort1.- IF THEN ELSE (Instar2<2, Instar1*0.078/29,0) Tmort2.- IF THEN ELSE (Instar<3, Instar2*0.131/50,0) Tmort3.- IF THEN ELSE (Instar<4, Instar3*0.366/118,0) Tmort4.- IF THEN ELSE (Instar2<5, pupa*0.678/67,0) Transf1.- IF THEN ELSE (Instar>5.9, (Instar3)/Período Ins3,0) Transf2.- IF THEN ELSE (Instar>1, IF THEN ELSE(Instar>2,pupa/per pup,0),0) Entrada de adultos.- IF THEN ELSE (Humedad res >20, IF THEN ELSE (Instar>2, (migración) ,0) ,0) Muerte.- IF THEN ELSE (Instar>2, Adulto/Período de defunción, 0)	

**Fase de evaluación.** En la última etapa del modelo se contemplaron pruebas de simulación y calibrado.

**Simulación del modelo.** En el presente escrito se omite discusión sobre una inmensa cantidad de información correspondiente a diferentes disciplinas y que ya se encuentra dentro del modelo. Para el logro del objetivo de este trabajo, se generó solamente una familia de gráficos (Figura 9). Los datos involucrados corresponden solamente a un segmento del diagrama de flujo (óvalos punteados de la Figura 8); donde con el uso del modelo, se pudo determinar que una humedad residual ( $\text{Precipitación} - 0.5 \cdot \text{ETP}$ ) de 21.79 mm. los cuales se refieren a la ganancia de humedad que queda de la precipitación en suelos agrícolas, se asocia con 1171 unidades calor acumuladas en el día Juliano 155; estos dos elementos (humedad y temperatura) actuaron como “disparador” de la emergencia de adultos (Figura 9).

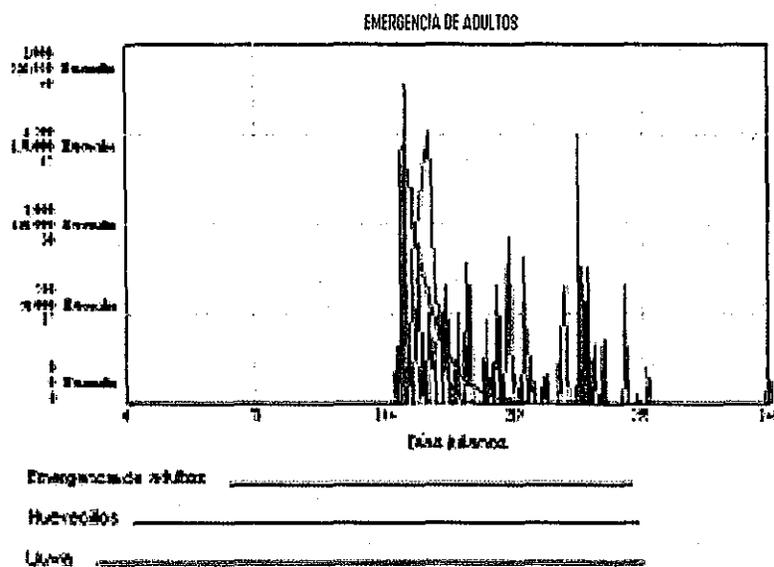


Figura 9. Gráfico obtenido de salida del modelo de simulación, emergencia de adultos y precipitación.

Esos datos coinciden, en lo referente a humedad, con lo que reporta en la práctica Marín (2004).

Para el caso del ciclo biológico de la gallina ciega (Figura 10) y con la complejidad que implica la influencia de la humedad y unidades calor, se estableció como temperatura base  $10^{\circ}\text{C}$  y como temperatura óptima  $30^{\circ}\text{C}$  (Pérez y Álvarez, 2003, Aragón, et al, 2005); esta simulación opera bajo el supuesto de

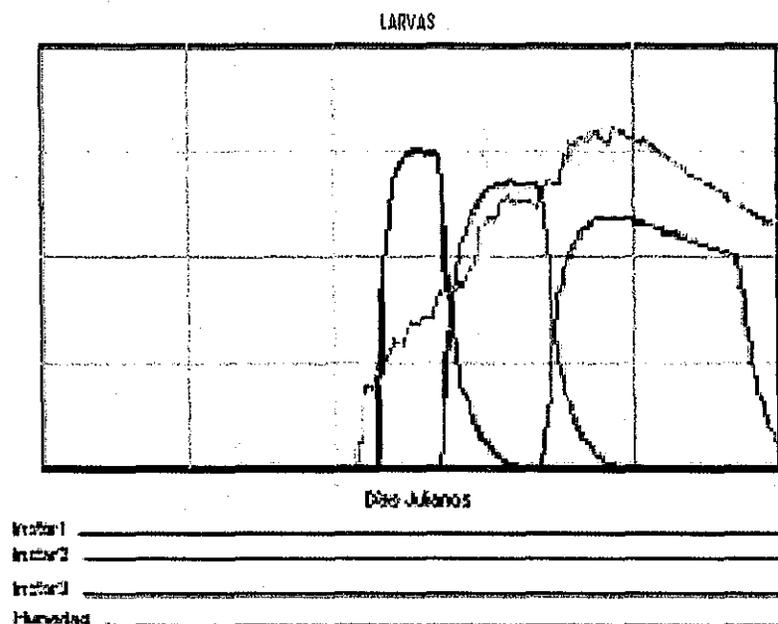


Figura 10. Gráfico obtenido de salida del modelo de simulación, Población de larvas y humedad de suelo.

que el desarrollo y crecimiento de las poblaciones de gallina ciega no tienen mayor límite que su propio desarrollo y mortalidad.

Así el modelo está reflejando que la duración del primer instar es de 28 días, el segundo es de 50 y el tercero de 106. Igualmente la aparición de las larvas

del primer instar ocurrió a los 171 días con 1340 unidades calor, acumuladas durante el año y 153.83 mm de humedad residual, el segundo instar inició a los 200 días con 1641 unidades calor y 247.88 mm de humedad, y para el tercer instar inició a los 251 días con 2127 unidades calor y 412.05 mm.

En el diseño y simulación del crecimiento de raíz (Figura 11) se observa que ésta inicio su crecimiento al comienzo del desarrollo del cultivo (157 días), finalizando cerca de la mitad del ciclo del cultivo (257 días). Los daños que se pudieran esperar a la producción de raíz son diferentes dependiendo de la cantidad de materia orgánica y de la condición de nutrición; al presente caso corresponde una condición limitativa de ambas componentes, (Vallejo, 2000;

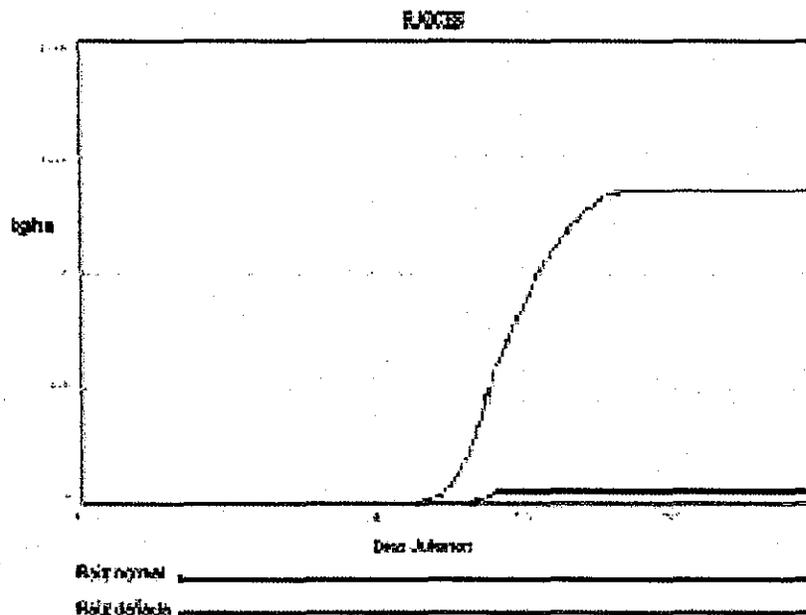


Figura 11. Gráfico obtenido de salida del modelo de simulación, Peso de raíz normal vs. raíz con daño.

Marr-labin, 2005; Nájera, 2003), que como resultado arrojó un ataque que resultó en una baja de 2.574 toneladas de raíz por hectárea (95%).

Para la producción de grano, y nuevamente de acuerdo a lo que el modelo arrojó (Figura 12), el crecimiento se prolongó hasta casi el final del ciclo (300 días), al comparar la producción con raíz normal y atacada el propio modelo simuló el daño a una parcela de una hectárea con el 50% de la superficie afectada y con una reducción de 6.1 toneladas que representa 63% del potencial productivo.

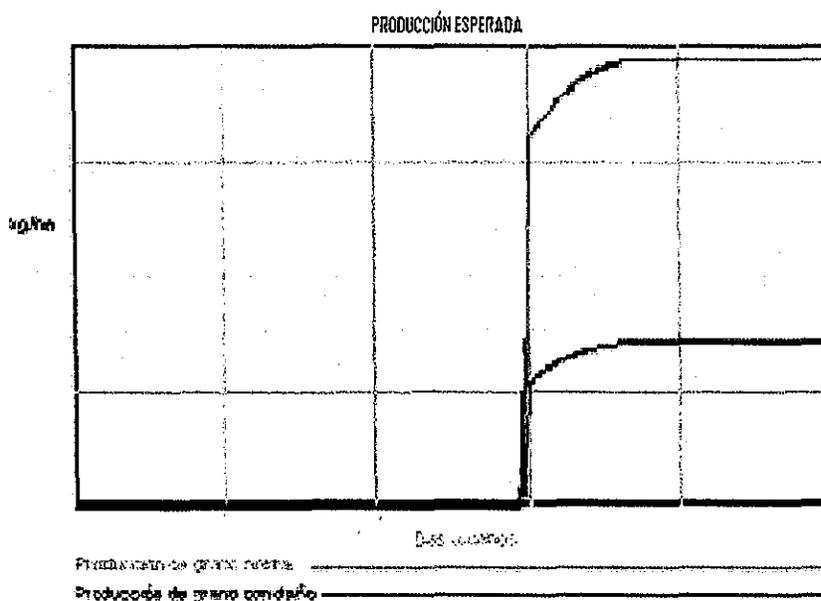


Figura 12. Gráfico obtenido de salida del modelo de simulación, Producción de grano con raíz normal vs. raíz con daño.

## CONCLUSIONES

Con la modelación dinámica fue posible simular el crecimiento y desarrollo de la población de los diferentes estadios de la plaga y determinar el efecto del daño a la raíz por lo que se considera una herramienta adecuada para la predicción.

El modelo estableció que el daño ocasionado por la plaga dependió más que del tamaño de la población, de la combinación de las condiciones ambientales en las que jugaron un papel determinante la humedad del suelo y las unidades calor, además de los factores que determinan el estado nutricional del cultivo.

La metodología de modelación dinámica es una buena herramienta para ordenar, sistematizar, relacionar y representar un fenómeno de lo que se percibe de la realidad y presentarlo a los demás, pudiendo investigarlo, mejorarlo y aumentar el conocimiento del fenómeno descrito, desde una perspectiva interdisciplinaria. El modelo propuesto debe continuar en desarrollo y mejoramiento, dado que en algunas de las hipótesis que se plantearon aún se requiere de una mayor cantidad de datos y observaciones.

#### LITERATURA CITADA

**Aracil, J. 1992.** Introducción a la Dinámica de Sistemas. Ed. Alianza editorial AU.Textos. Madrid. 412 p.

**Aragón, G.A. y B.C. Pérez-Torres. 2005.** Metodología para la cría de gallinas ciegas Rizófagas del Género Phyllophaga (coleoptera:melolonthidae) en laboratorio.

<http://www.insectariumvirtual.com/reportajes/gallinasciegas/htm/crialaboratorio.htm>

**Aragón, G.A.; M.A. Morón; J.F. López-Olguin y L.M. Cervantes-Peredo. 2005.** Ciclo de vida y conducta de cinco especies de Phyllophaga harris, (Coleoptera: Melolonthidae; Melolonthinae).

[http://www.ecologia.edu.mx/azm/documentos/21\\_2/f-Aragon.pdf](http://www.ecologia.edu.mx/azm/documentos/21_2/f-Aragon.pdf)

- Delgado, G.J.A. 2002.** Análisis sistémico, su aplicación a las comunidades humanas. Ed. CIE. Madrid. España. 458 p.
- González, A.E.; M.L. García, L y J.A. Quijano, C. 2003.** Modelo de la dinámica poblacional de *Diabrotica virgifera zeae* K. y S. (Coleoptera: Chrysomelidae) pp. 259-268. In: Aragón, G.A.; M.A. Morón; A. Marín, J.(Ed.). Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Universidad Autónoma de Puebla, México.
- King, A.B.S. 1996.** Biología y Control de *Phyllophaga spp.* CATIE, Serie Técnica. Informe Técnico 277. Turrialba, Costa Rica. 132 p.
- Morón, M.A. 1986.** El género *Phyllophaga* en México. Morfología distribución y sistemática supraespecífica (insecta:Coleptera). Publ. Del Instituto Nacional de Ecología. No. 20. 341 p.
- Morón, M.A. y A. Aragón, G. 1984.** Escarabajos 200 millones de años de evolución. Publ. No.14. Instituto de Ecología. México, D.F. 132 p.
- Marn-labin. 2005.** Ficha técnica-Proyecto Especies Invasoras. [http://www.iabin-us.org/projects/i3n/i3n\\_products\\_after\\_pilot/elsalvador\\_CD/faunain/phyllophaga\\_m\\_enetriesis.pdf](http://www.iabin-us.org/projects/i3n/i3n_products_after_pilot/elsalvador_CD/faunain/phyllophaga_m_enetriesis.pdf)
- Marín, J.A. 2001.** Insectos plaga del maíz. Guía para su identificación. INIFAP. CAEB. Celaya, Guanajuato. 29 p.
- Marín, J.A. y R. Bujanos-Muñiz. 2004.** Relación entre precipitación pluvial, trampas de luz y emergencia de especies del complejo "gallina ciega". Entomología mexicana vol.3. Sociedad Mexicana de Entomología. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Edo. de México. Pp: 204-207.
- Martin, G.J. 2000.** Creación de modelos en ecología y gestión de recursos naturales. Fundación Politécnica de Catalunya. Barcelona. 94 p.

**Nájera, R.M.B.; T.A. Jackson; J.D. López, M. 2003.** Epecies de "gallina ciega" (coleoptera:melolonthidae) asociadas al cultivo de maíz en tres localidades de la ciénega de Zacapu, Michoacán, México. Pp. 215-230. In Aragón, G.A.; M.A Morón.; A. Marín, J.(Ed.). Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Universidad Autónoma de Puebla, México.

**Palacios, C.V. 2000.** Informe técnico en el Convenio INIFAP-MASECA (1995-2000) en el estado de Jalisco. Documento inédito. 50 p.

**Palacios, C.V.; M. Vázquez, G.; D.R. González, E.; K. F. Byerly, M. y E. Villarreal, F. 2005.** Diagnóstico técnico para el cambio tecnológico en el cultivo el maíz. Documento inédito 19 p.

**Pérez, D.J.F. y R Álvarez, Z. 2003.** Influencia de factores ambientales sobre el desarrollo y la fluctuación poblacional de gallina ciega (*Phyllophaga* spp. Y *Cyclocephala* spp.)(Coleoptera: Melolonthidae) y gusano alfilerillo *Diabrotica virgifera zea* (Coleoptera: Chrysomelidae) en el Centro de Jalisco. Pp. 231-249. In Aragón, G.A.; M.A Morón.; A. Marín, J.(Ed.).Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Universidad Autónoma de Puebla, México.

**Rabbinge,R.; A. S. Ward, and H.H. Van Laar. 1990.** Simulation and systems management in crop protection. Simulation Monographs 32. Pudoc, Wageningen 420 p.

**Steffey, K. 1999.** Some additional Information About White Grubs. University of Illinois. Extension. U.S.A. 2 p.

**Stoler, R. 1999.** Curso de nutrición vegetal. INIFAP-MASECA. Cuernavaca, Morelos. México. Documento inédito. 20 p.

**Vallejo,E.L.F. 2000.**Observaciones sobre la biología de *Phyllophaga obsoleta* (Blanchard) (Coleoptera:Melolonthidae), una especie plaga del “complejo chisa” de Colombia. <http://www.acad.ucaldas.co/jeg/fitotecnia/boletín/44/44.pdf>.

**Van Keulen, H. y J. Wolf. 1986.** Modeling agricultural production. Weather, Soil and Crops. Pudoc. Wageningen. Holanda. 470 p.

## **5. CONCLUSIONES GENERALES**

## CONCLUSIONES GENERALES

- 1) Este trabajo partió de una visión general, hacia una particular con un enfoque de sistema a nivel regional de la especie (Maíz); planteada como una estrategia de investigación y transferencia de tecnología en la acción a partir de datos de la realidad.
- 2) Esta metodología estableció como principio para trabajar en la región, el conocimiento del potencial ecológico de una especie, que en este caso lo fue el maíz; dicho potencial es expresado en potencial por luz y por humedad disponibles en base a datos de 40 años.
- 3) Se caracterizaron 6 Áreas de Respuesta Homogénea, en las cuales se involucra información de clima y tipo de suelo, cuya finalidad fue que las diferencias por los rendimientos obtenidos dentro de un área sean adjudicadas mayormente al manejo. Es decir, si conocemos el potencial ecológico, entonces las variaciones se pueden atribuir a variables de manejo.
- 4) Una vez reconocido lo anterior se planteó la importancia de conocer los tipos de Unidades de Producción que se encuentran en la micro región bajo estudio, los cuales se identificaron como Unidades de Producción que interrelacionan con el ambiente económico pero que mantienen un tipo de agricultura artesanal (el mismo agricultor, es el director y el peón de la empresa).

5) Se diagnosticó mediante la asociación técnico-productor, los factores que están reduciendo la producción del maíz; se midieron y observaron los cambios hechos a partir de las mejoras; y a través de los cambios tecnológicos han incrementado su producción y productividad, algunos de los cambios observados en 5 años, han sido principalmente en: densidad de población, reducción de labranza y agroquímicos, utilización de fertilización foliar, orgánica y variedades mejoradas.

6) El área problema seleccionado en asamblea para trabajar en un nivel más detallado fue el ataque de la "gallina ciega", la cual de acuerdo al diagnóstico, presentó variación del efecto de las prácticas en los resultados e inestabilidad del control a las plagas del suelo con la aplicación de insecticidas y por observaciones hechas en campo, en varios años.

7) Una vez identificado esta área problema se continuó con un segundo proceso a través de la modelación dinámica, herramienta que permitió tener una mayor profundidad en los fundamentos científicos de las relaciones e interrelaciones que explican el fenómeno observado (problema), con un enfoque holístico.

8) Además mediante la modelación dinámica es posible diseñar diferentes alternativas de solución que ayuden a resolver problemas de manera interdisciplinaria.

9) Se ha establecido por parte de los Productores Experimentadores, un Programa de Mejora Continua en base a los resultados del diagnóstico técnico; con atención

especial para el problema de gallina ciega, aunque el proceso de cambio se da en la medida en que además de entender mejor los procesos de producción, se hace posible dicho cambio.

10) El mayor porcentaje en especies de "gallina ciega" para esta región y en esos años (1999 y 2000) correspondió a *Phyllophaga ravidia*, que presentó su ciclo biológico anual.

11) Dentro del ciclo biológico de la "gallina ciega"; con la modelación dinámica es posible conocer los "momentos" con mayor susceptibilidad (como el primer instar) en que puede llevarse algún tipo de control de su población con mayor eficacia (químico ó biológico ó cultural ó integrado).

12) En los híbridos utilizados por los productores, para que el daño de raíz se considere significativo en peso a la parte aérea, dicho daño tenía que ser mayor del 60% en relación al potencial de raíz.

13) Los datos de campo indican que el daño ocasionado a la raíz del cultivo por efecto de la "gallina ciega" no es directamente proporcional al número de larvas, sino también esta relacionado con el ambiente físico (humedad y temperatura) y de manejo (materia orgánica, nutrición, labranza y control de maleza).

14) La reducción de labranza dejando el mantillo de rastrojo, mejoramiento de semillas, densidad de población, manejo de la nutrición y maleza; han permitido

reducir los costos de producción a más del 40%, al reducir los pasos y los insumos del proceso de producción, sin decremento de la producción (mayor productividad); además de manejar alternativas de solución con mayor respeto al medio ambiente al tener una tendencia de “convivir” con los insectos “plaga”.