

DIAGNÓSTICO TÉCNICO PARA EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN EL CULTIVO DEL MAÍZ

Technical Diagnosis for Technology Change in the Corn Crop

Valerio Palacios Corona¹, Marcelino Vázquez García², Diego R. González Eguiarte^{2‡},
Everardo Villarreal Farías³ y Keir F. Byerly Murphy¹

RESUMEN

En el presente trabajo se sistematizó información de la especie maíz (*Zea mays* L.) para identificar problemas técnicos y conocer la productividad del cultivo en una microregión. El diagnóstico técnico tuvo como propósito que el propio productor, auxiliado por un técnico, comprendiera mejor la realidad e incrementara su capacidad para tomar decisiones sobre lo que debe hacerse 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 creía, con base en los criterios estadísticos que tomó en consideración con su propia lógica y, por otro lado, con la participación del productor. El objetivo final del modelo fue que el productor se adueñara del mismo, como herramienta para el desarrollo y cambio tecnológico de su propia empresa, en forma sistematizada. Durante 1995 y 1996 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, variedades utilizadas, fecha de aplicación de la segunda fertilización y aplicación de fertilizante foliar. La media de rendimiento para el cultivo del maíz en la región fue de 3.5 Mg ha⁻¹; en cambio, el grupo involucrado en el estudio logró un rendimiento promedio superior a 5 Mg ha⁻¹ y una disminución de 40% de los costos de producción.

Palabras clave: *Zea mays* L., productividad agrícola.

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Pacífico Centro. Parque los Colomos s/n Guadalajara, Jal., México.

² CUCBA. Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Nextipac, Municipio de Zapopan, Jal., México.

[‡] Autor responsable (diegonz@cucba.udg.mx)

³ IIDE, S.A. de C.V. Querétaro, Qro., México

Recibido: febrero de 2005. Aceptado: diciembre de 2006.

Publicado en Terra Latinoamericana 25: 321-332.

SUMMARY

In this study information on maize (*Zea mays* L.) was systemized to identify technical problems and to determine productivity in a micro-region. A technical diagnosis was performed to help the grower, guided by a technical assistant, to better understand his own reality and to increase his capacity for decision-making in terms of what to do in his own production unit. The model assumes that the process is also important for the technician, since it helps him to conciliate, on one hand, what he believed, based on statistical criteria using his own logic and, on the other, the grower's logic. The final objective was that the farmer would also be able to appropriate the process systematically as a tool for developing and changing technology in his own operation. During 1995 and 1996 management parameters considered most relevant in maize production were discussed with maize growers. These parameters were plant population density, varieties, second fertilizer application date, and leaf application of fertilizer. The average yield for the micro-region is 3.5 Mg ha⁻¹, whereas the group of participating growers had an average of above 5 Mg ha⁻¹ and a 40% decrease in production costs.

Index words: *Zea mays* L., agricultural productivity.

INTRODUCCIÓN

En el estado de Jalisco, el maíz es el principal cultivo por la mayor superficie que ocupa. En el ciclo primavera-verano de 2002 se sembraron 702 827 ha (SIEA, 2002). El incremento constante del precio de los insumos, además del bajo precio del maíz en el ámbito internacional, ha ocasionado que el cultivo de este cereal sea una actividad cada vez menos rentable (INIFAP-GRUMA, 1997). Por este motivo, los pequeños productores buscan alternativas tecnológicas, diferentes de las del modelo agrícola industrial, que les permitan elevar su productividad sin depender de la inversión de

grandes cantidades de energía en forma de insumos (Odum, 1985). Estas tecnologías deben diseñarse con base en los recursos disponibles en la microregión y en la unidad de producción (Palacios, 1997). Una de las estrategias para lograr el cambio tecnológico es la aplicación del modelo productor-experimentador (PE), basado en el trabajo de equipo entre técnicos y productores, y fundamentado en la cultura del dato y 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 el productor, auxiliado por un técnico, comprende mejor la realidad y aumenta su capacidad para tomar decisiones sobre lo que se debe hacer en su unidad de producción (SINDER, 2001). La presente investigación tuvo como objetivo realizar un diagnóstico técnico para que el productor mejore su productividad mediante el cambio tecnológico de su proceso de producción de maíz con el uso del modelo productor-experimentador durante 1995 y 1996 en una microregión del municipio de Teuchitlán, Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Primera Etapa: Ubicación, Adiestramiento y Potencial

La microregión donde se llevó a cabo el estudio se encuentra entre las coordenadas 20° 33' y 20° 48' N y 103° 45' y 104° 00' O en el municipio de Teuchitlán, Jalisco.

El trabajo se realizó en los ciclos primavera-verano de 1995 y 1996 y consistió en un proceso de ubicación y adiestramiento del técnico asesor para conocer el potencial del ambiente y las condiciones de producción de la microregión.

En la primera etapa se reconocieron tres aspectos importantes: a) las áreas de respuesta homogénea presentes en la microregión; b) los tipos de unidad de producción existentes; y c) las modalidades de producción de maíz.

Áreas de respuesta homogénea (ARH). Se les denomina áreas de respuesta homogénea a aquellas donde las condiciones de clima y suelo tienen similitud en su potencial productivo, y las variaciones en rendimiento son fundamentalmente resultado de las diferencias en la tecnología usada por el productor (Palacios y Villarreal, 1998).

La caracterización ecológica para conocer el potencial productivo de la microregión y poder precisar diferentes

áreas de respuesta homogénea se realizó en las siguientes fases.

Primera fase: se determinó la estación de crecimiento por la disponibilidad de humedad y temperatura favorable para el desarrollo de los cultivos (Palacios y Villarreal, 1998; INIFAP, 1993). Para ello, se utilizaron datos obtenidos de las estaciones climatológicas cercanas. Primero se calculó el inicio de la estación de crecimiento, considerando la precipitación (P) mayor o igual a 0.5 de la evapotranspiración (ETP). Posteriormente, se calculó el fin de la estación de crecimiento, mediante la relación $P < 0.33ETP$. Para determinar el tiempo en días julianos de estas dos fechas en que hay disponibilidad de humedad, se utilizaron datos de P a 70% de probabilidad y datos promedio de ETP a 0.5 y 0.33%, en períodos decenales. Una vez obtenidas estas dos fechas, se calculó la duración del período de crecimiento, mediante la diferencia entre la imagen que se obtiene en el gráfico de la fecha juliana de fin de la estación de crecimiento y la imagen de la fecha juliana de inicio de la estación de crecimiento.

Segunda fase: se hizo un trazado de isolíneas de la estación de crecimiento sobre el mapa de la región (1:50 000).

Tercera fase: se identificaron las pendientes de los suelos en la microregión con el equipo de cartas topográficas del INEGI (SPP, 1981).

Cuarta fase: se caracterizó el uso potencial del suelo delimitando las áreas para uso agrícola en la microregión.

Quinta fase: se delimitaron las unidades de suelos utilizando la carta edafológica del INEGI (SPP, 1981), mediante sobreposición de los mapas para obtener las áreas de respuesta homogénea.

Sexta fase: se realizaron simulaciones de la producción de maíz haciendo variar los factores ambientales (luz, temperatura, evaporación, textura, profundidad de suelo y pendiente), mediante el programa de cómputo MSPEC.IM (INIFAP-GRUMA, 1997), dentro de cada área de respuesta homogénea.

Séptima fase: se seleccionó un área de respuesta homogénea (ARH1) en la que se llevó a cabo el diagnóstico técnico.

Tipos de unidades de producción. Dentro del ARH1 se eligió como área de trabajo el ejido El Amarillo, dentro del municipio de Teuchitlán, para estudiar las unidades de producción de acuerdo con Villarreal y Byerly (1984). Estas unidades se seleccionaron con base en: superficie, clima, unidad de suelo y especies explotadas. Para tal fin, se utilizaron las fuentes de información: a) INEGI

(SPP, 1981), b) Padrón de Usuarios del Distrito de Desarrollo Rural (DDR) y c) visitas a las localidades de mayor población dentro del ejido para sondear a informantes clave. También se identificó la condición de humedad del suelo (riego, punta de riego, temporal y humedad residual), aunque el presente estudio se realizó sólo en condiciones de temporal. Por último, se consideró el potencial climático y edáfico de la unidad de producción.

El propósito de las unidades de producción se determinó mediante el criterio de los modelos teóricos consignados por Villarreal y Byerly (1984). Por una parte, el modelo de Unidad de Producción Familiar Autosuficiente (UPFA) minimiza las interrelaciones con el ambiente socioeconómico; además, utiliza a la familia como mano de obra, tiene como propósito fundamental producir para autoconsumo y maneja varias especies vegetales o animales en la explotación. Por otra parte, el modelo de Unidad de Producción Empresarial Especializada (UPEE) tiene una interdependencia total con el ambiente socioeconómico, utiliza mano de obra contratada y su propósito de producción es empresarial, tratando de producir, transformar y comercializar sus productos, que normalmente son una o dos especies en explotación.

De acuerdo con el Sistema Nacional de Extensión Rural (SINDER, 2001), la Comisión Técnica de Productores-Experimentadores (PE) se conformó en una asamblea de la comunidad, la cual seleccionó a los agricultores integrantes que representaron las unidades de producción típicas de la región, tomando en cuenta la superficie, las condiciones ambientales y las especies en explotación.

Unidades de producción. Para ubicar a los productores dentro del modelo de producción, se tomaron en cuenta sus procesos y sus recursos (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: el qué hacer y el cómo ejecutar; es decir, si las actividades las realiza el mismo productor, su modelo de acción humana se consideró como artesanal o integral. El contraste, cuando la toma de decisiones la realiza el administrador o el ingeniero, y el productor solamente ejecuta lo que se le ordena, se le consideró en el modelo industrial (Villarreal y Byerly, 1984).

Segunda Etapa: Fases del Diagnóstico Técnico. Primavera verano 1995 y 1996

Variabales agronómicas y su influencia sobre el rendimiento. Para cada una de las parcelas de los PE se registraron variables de manejo y agronómicas. En 1995 y 1996, se estudiaron 50 y 74 parcelas, respectivamente (Cuadro 1). Al final del ciclo se cosecharon 10 m de surco en tres puntos aleatorios por parcela, en donde se determinó el número de plantas, los espacios vacíos y el peso seco de grano a 14% de humedad.

Análisis de la información. La información obtenida se sistematizó en una base de datos en Excel de Windows®. Se realizó un análisis de correlación para seleccionar aquellas variables de manejo asociadas con el rendimiento. Con el programa de computo SAS (SAS Institute, 1996) se realizaron análisis de regresión de las variables seleccionadas con el rendimiento, para analizar su relación y cuantificar su influencia sobre el rendimiento. Para las variables discretas se hicieron comparaciones de medias mediante pruebas de rango múltiple de Duncan ($P < 0.05$), cuando la correlación mostró un efecto significativo.

Potencial de la especie de maíz. El rendimiento potencial se estimó con base en 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 limitan el rendimiento, mediante el modelo de simulación MSPEC.IM (Van Keulen y Wolf, 1986; INIFAP-GRUMA, 1997).

Programa de acción e investigación para corregir los factores limitantes. Se convocó a reunión de discusión y planeación, donde los resultados del diagnóstico de 1995 permitieron identificar algunas prácticas agronómicas que sirvieron para modificar el manejo en el ciclo 1996. Cuando la causa de un problema no fue del todo clara en el diagnóstico de 1995, se planearon y ejecutaron experimentos cuyos resultados se presentarán en futuros artículos.

Transferencia del modelo. Los mecanismos desarrollados para promover la transferencia del modelo fueron: a) en parcelas de productores se hicieron recorridos individuales y en pequeños grupos se observaron los contrastes y las respuestas del cultivo para entender las relaciones "causa-efecto", después de analizar integralmente la información; y b) la presentación

Cuadro 1. Variables de manejo medidas en la parcela de los productores participantes en 1995 y 1996.

Variable	Unidad de medida	Variable	Unidad de medida
1995 y 1996			
Quema	No o Si [†]	Fherbicida 2	Fecha 2 ^a aplicación en días julianos
Nivelación	No o Si [†]	Cult. anterior	Cultivo anterior [†]
Cinceleo	No o Si [†]	Rdto. anterior	Rendimiento del ciclo anterior
Encalado	No o Si [†]	Nitrógeno total	kg ha ⁻¹
Barbecho	No o Si [†]	Fósforo total	kg ha ⁻¹
Rastras	No o Si [†]	Potasio total	kg ha ⁻¹
No. de rastras	El número de pasos de rastra	No. de fert.	Número de fertilizaciones en el ciclo
Fsiembra	Fecha de siembra en días julianos [‡]	Fert. foliar	Se aplicó o no fertilización foliar
Fherbicida	Fecha 1 ^a aplicación en días julianos	Dfoliar	Fecha aplicación fertilizante (días julianos)
Ffertilización 1	Fecha 1 ^a fertilización en días julianos	Variedad de maíz	Variedad utilizada [†]
Finsecticida	Fecha aplicación al suelo, en días julianos	Plantas m ⁻¹	Número de plantas en un metro
Escarda	No o Si [†]	Esp. vacíos	Espacios sin plantas en un metro
Ffertilización 2	Fecha 2 ^a fert., en días julianos	Rendimiento	Rendimiento grano a 14% humedad
Ffertilización 3	Fecha 3 ^a fert., en días julianos	Pot. por luz [§]	Rendimiento potencial por luz
Insect. siembra	Se aplicó o no [†]	Pot. por hum. [§]	Rendimiento potencial por humedad
1996			
kg semilla	kilogramos de semilla por hectárea	Insect. 2	Se aplicó o no al follaje
Tipo fert.	Fert. a la siembra (variable "muda") a cada tipo	Fert. 3	Se aplicó o no 3 ^a fertilización
Cant. fert. 1	Cantidad/ha de fertilizante a la siembra	Fert. 4	Se aplicó o no 4 ^a fertilización
Cant. fert. 2	Cantidad/ha de fertilizante 2 ^a aplicación		

[†] Variable cualitativa: muda. Son variables con un valor asignado para contabilizarse (Draper y Smith, 1998).

[‡] 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 y Wolf, 1986; INIFAP-GRUMA, 1997).

de los resultados y aprendizajes obtenidos por los PE de la Comisión Técnica a sus organizaciones, con la finalidad de que los miembros conduzcan experimentos o ejecuten cambios en sus prácticas de manejo para optimizar su propio proceso de producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Áreas de Respuesta Homogénea

La Figura 1 muestra los municipios de Teuchitlán, Ahualulco y Ameca en la microregión Valles de Jalisco, donde se determinaron seis áreas de respuesta homogénea (ARH) en superficies con vocación agrícola (pendientes < 2%). De acuerdo con las características mostradas en el Cuadro 2, la estación de crecimiento es de 120 a 150 días, con 70% de probabilidad de ocurrencia; es decir, durante este periodo los cultivos tienen disponibilidad de humedad y temperatura adecuadas, con una precipitación mayor que la evapotranspiración ($P/ETP > 1$). En cuanto a suelos,

predominan los de tipo Feozem, Vertisol, Regosol y Cambisol. Para modelar el balance de humedad en el suelo, se consideraron la textura y la profundidad; los rendimientos potenciales se estimaron con base en luz, temperatura y humedad, y mediante el modelo de simulación MSPEC.IM (Van Keulen y Wolf, 1986; INIFAP-GRUMA, 1997).

Tipos de Unidades de Producción y Modalidades de la Producción

En el ejido El Amarillo, Teuchitlán, laboran 100 ejidatarios pequeños que cultivan maíz, caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.), y agave (*Agave tequilana* Weber) var. Azul, combinados con actividades ganaderas, y que representan al agricultor típico de la región.

La mayoría de los ejidatarios realiza sus labores con maquinaria agrícola y el rendimiento es función, fundamentalmente, de la semilla mejorada utilizada y los fertilizantes químicos, así como de herbicidas e

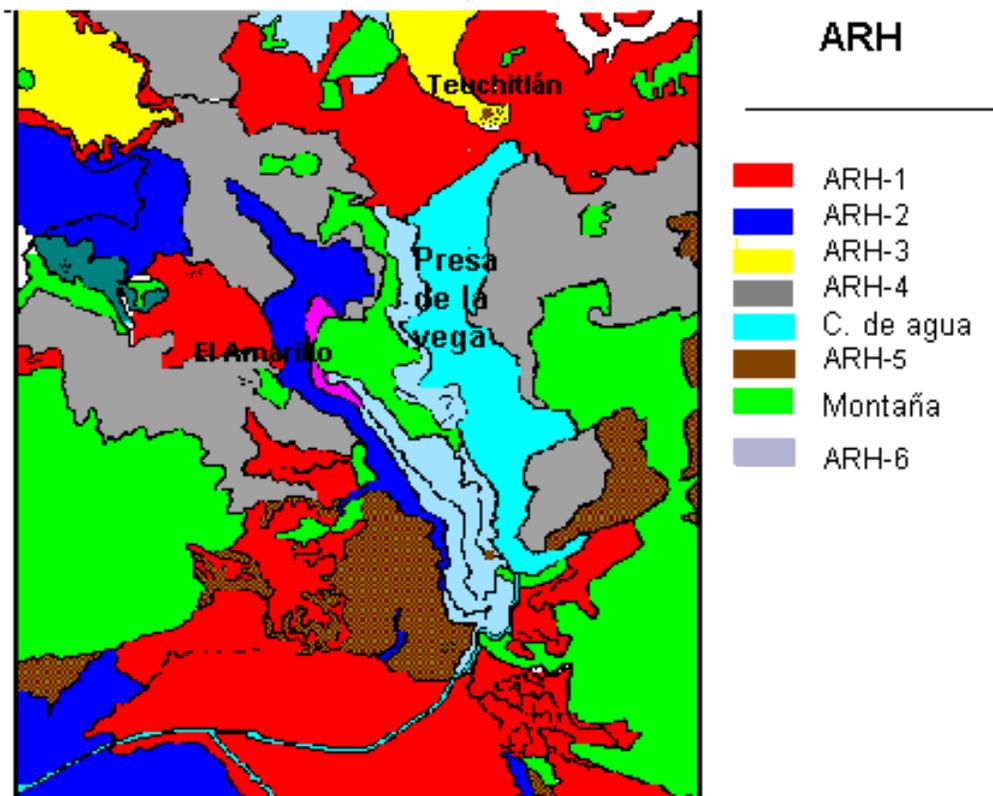


Figura 1. Áreas de respuesta homogénea en la región Valles de Jalisco.

insecticidas (Palacios y Villarreal, 1998). De la cosecha, vendieron más de 50% del grano, lo que significa que los productores funcionan dentro de una economía de mercado, conservando las características de un modelo artesanal, como lo clasifican Villarreal y Byerly (1984). En sus parcelas predominan los suelos profundos (más de 1 m) de textura franca y arcilla ligera, con una estación de crecimiento de 120 a 150 días.

Once de los 100 ejidatarios integraron la Comisión Técnica de Productores-Experimentadores que, en general, cultivaban uno, dos o tres cultivos, en

una superficie de 6 a 15 ha; siete de ellos con actividades agrícolas combinadas con las de ganadería (Cuadro 3).

Diagnóstico Técnico en 1995

En el Cuadro 4 se presentan las diferentes variables consideradas en el diagnóstico técnico. Debido al elevado número de variables de manejo involucradas, en el presente artículo se discuten con mayor amplitud únicamente aquéllas con mayor impacto en las reuniones de las comisiones de productores experimentadores.

Cuadro 2. Características de las áreas de respuesta homogénea (ARH).

ARH	Estación de crecimiento días	Unidad de suelo	Textura	Profundidad de suelo [†]	Rendimiento potencial	
					1995	1996
					- - - - kg ha ⁻¹ - - - -	
ARH1	120-150	Feozem háplico	Franco	Profundo	9196	9480
ARH2	120-150	Vertisol pélico	Arc. ligera	Profundo	8750	9310
ARH4	120-150	Planosol	Arcillosa	Delgado	4420	5425
ARH5	120-150	Cambisol crómico	Arc. ligera	Profundo	8750	9310
ARH6	120-150	Regosol dístrico	Franco-arenosa	Profundo	8232	9300

[†] Profundo: > 1 m; delgado: 0.1 a 1 m.

[‡] ND = no determinado.

Cuadro 3. Comisión técnica de productores-experimentadores del ejido El Amarillo, Teuchitlán, Jalisco, en 1995 y 1996.

Productor	Cultivos-rotación	Ganado	Superficie
			ha
Fernando Villegas	Maíz-garbanzo-caña de azúcar	Sí	15
Catarino Magallón	Maíz-garbanzo	Sí	14
Samuel Montes	Maíz-caña de azúcar	No	10
Roberto Sánchez	Maíz-garbanzo	Sí	14
Alberto Magallón	Maíz-garbanzo, agave	Sí	8
Santiago Arreola	Maíz-caña de azúcar	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

En el ciclo 1995, la "fecha de siembra" con signo negativo expresa que los productores que sembraron más temprano alcanzaron mayor rendimiento cuando la siembra se realizó dentro del periodo 14 de junio - 5 de julio. Igualmente, al aplicar el herbicida más temprano se lograron mayores rendimientos. El efecto significativo de la "aplicación de insecticida" a la siembra fue indicativo de un buen control de la alta incidencia de plagas rizófagas y su beneficio en el rendimiento. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Ramírez *et al.* (2005). El "cultivo anterior" (maíz o

garbanzo), así como el rendimiento del año anterior, resultaron significativos. El uso de fertilizante foliar incrementó el rendimiento.

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 existente en un metro lineal, dentro del rango explorado, el rendimiento se incrementó en 845.4 kg de grano de maíz por hectárea. Este resultado concuerda con los datos reportados por Ramírez *et al.* (2005), quienes expresan que con una densidad de población de 75 000 plantas por hectárea se alcanzó un rendimiento máximo observado de 12.5 Mg ha⁻¹. Por lo tanto, el número de plantas por metro fue un factor de manejo que estuvo limitando siempre la producción del maíz en la microregión. 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" es una variable relacionada con plantas por metro y se refiere a la distribución de las plantas en campo; es decir, al espacio que debería ocupar una planta en su sitio previamente programado por el productor para su distribución, por lo tanto, es determinante para el rendimiento.

El Cuadro 4 muestra que el "cinceleo" y el "barbecho" no afectaron el rendimiento, lo que contrasta con lo consignado por Langdale y Leonard (1983), Lal *et al.*

Cuadro 4. Relación del rendimiento con las variables de manejo en el ciclo primavera-verano 1995. Datos provenientes de 50 parcelas.

Variable	Mín	Máx	Media	r (0.05)	SE [†]	Variable	Mín	Máx	Media	r (0.05)	SE
Quema	0	1	0.90	0.070	NS	Fherbicida 2	192	230	213.80	0.076	NS
Nivelación	0	1	0.04	-0.035	NS	Cult. anterior	0	2	0.17	0.286	*
Cinceleo	0	1	0.07	-0.085	NS	Rdto. anterior	100	6300	3408.00	0.335	*
Encalado	0	1	0.16	-0.032	NS	Nitrógeno total	82	410	181.80	0.115	NS
Barbecho	0	1	0.28	-0.028	NS	Fósforo total	4	113	15.80	-0.016	NS
Rastra	0	1	0.32	-0.059	NS	Potasio total	0	60	36.70	0.094	NS
No. de rastras	0	3	1.28	-0.110	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	-0.310	*	Dfoliar	191	220	208.90	-0.082	NS
Fertilización 1	164	185	169.20	-0.163	NS	Variedad	0	2	1.44	0.275	*
Finsecticida	171	206	191.40	-0.130	NS	Plantas m ⁻¹	1	6	3.60	0.4942	*
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	3528.00		
Fertilización 3	217	235	225.00	0.061	NS	Potencial luz [‡]		11 090			
Insect siembra	0	1	0.46	0.264	*	Potencial humedad [‡]		9196			

* Significativo (Duncan, $P < 0.05$). [†] SE = significancia estadística. [‡] Rendimiento potencial estimado mediante el modelo de simulación MSPEC.IM (Van Keulen y Wolf, 1986; INIFAP-GRUMA, 1997).

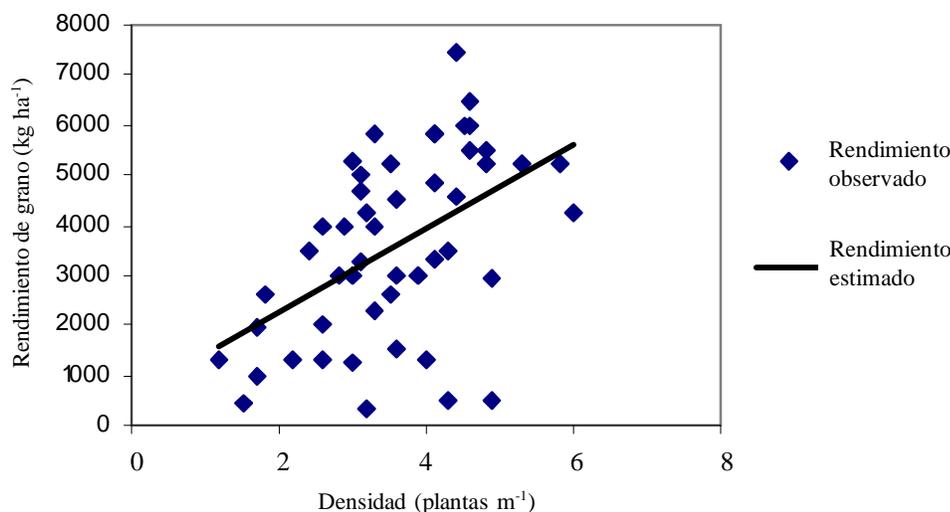


Figura 2. Relación entre el número de plantas por metro lineal y el rendimiento observado en el ejido El Amarillo, municipio de Teuchitlán, Jalisco. 1995.

(1991) y Havlin *et al.* (2005), 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 estos suelos. Los rastreos y la escarda tampoco influyeron en el rendimiento, lo cual coincide con los resultados de Langdale y Leonard (1983), Lal *et al.* (1991), Havlin *et al.* (2005), quienes consignan resultados a favor de la labranza cero. Por último, la fecha de aplicación de insecticida no influyó en el rendimiento, aunque sí lo hizo su aplicación. Estos resultados significan que para el control de plagas rizófagas hay un rango amplio en el que se puede lograr 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 (Ramírez *et al.*, 2005) que consignan que el rendimiento se determina con la aplicación preemergente de herbicida. En relación con la "fertilización", no se manifestaron 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.

De acuerdo con la información del Cuadro 5, 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, lo cual coincide con lo consignado por Ramírez *et al.* (2005).

El modelo de correlación también reflejó un efecto significativo en la variable discreta fertilización foliar (Cuadro 5), lo que significa que el suelo no está aportando uno o varios de los nutrientes que incluyó el producto utilizado (Kannan, 1980; Asher, 1991).

Diagnóstico Técnico en 1996

El Cuadro 6 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 lo que informan Langdale y Leonard (1983), Lal *et al.* (1991) y Havlin *et al.* (2005).

Los productores que fertilizaron más tarde en la segunda aplicación lograron menores rendimientos (Figura 3). Asimismo, el nitrógeno total aplicado influyó positivamente en el rendimiento obtenido (Cuadro 6); es decir, a mayor cantidad de fertilizante el rendimiento

Cuadro 5. Rendimiento en variedades de maíz y aplicación de fertilizante foliar. Ejido El Amarillo, municipio de Teuchitlán, Jalisco. 1995.

Variedad [†]	Media	Fertilización foliar [‡]	Media
F2	2125 b	Con	4433 a
A7573	3830 a	Sin	3270 b
P3288	3495 a		

Valores seguidos de distinta letra son estadísticamente diferentes (Duncan, $P < 0.05$).

[†] Diferencia mínima significativa = 1118.

[‡] Diferencia mínima significativa = 1199.

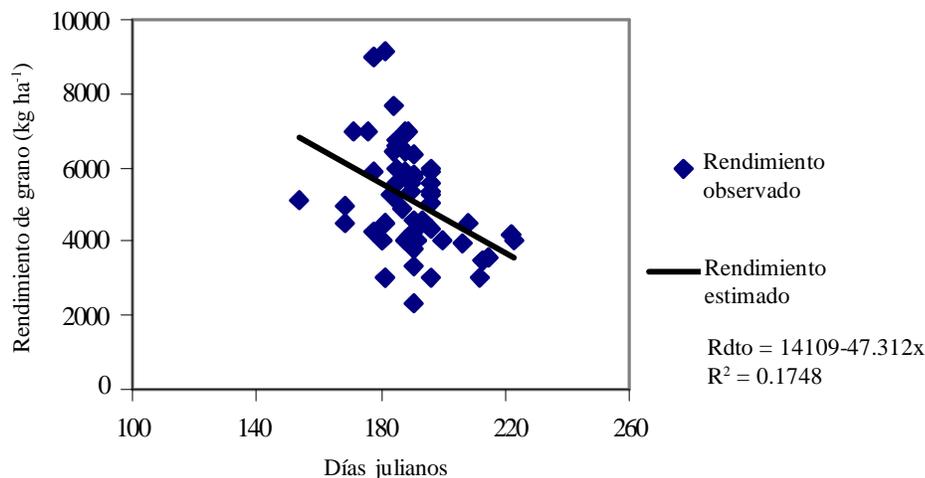


Figura 3. Relación entre la fecha en que se hace la segunda fertilización y el rendimiento observado en el cultivo del maíz. El Amarillo, Teuchitlán, Jalisco, 1996.

se incrementó, resultado que concuerda con el obtenido por Ramírez *et al.* (2005). Con respecto a la segunda aplicación para el control de plagas del follaje (Cuadro 6), ésta resultó benéfica para el rendimiento y coincide con los resultados de Ramírez *et al.* (2005).

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.

Cuadro 6. Resultados del análisis de correlación y significancia en las variables de manejo del maíz. Ciclo primavera-verano 1996. Datos provenientes de 74 observaciones.

Variable	Mín	Máx	Media	r(0.05)	SE [†]	Variable	Mín	Máx	Media	r(0.05)	SE
Quema	0	0	0			Fósforo total	2	115	24.00	0.1310	NS
Nivelación	0	0	0			Potasio total	0	0	0.00		
Cinceleo	0	1	0.05	0.165	NS	No. de fert.	2	4	2.72	0.1900	NS
Encalado	0	1	0.58	0.040	NS	Fert. foliar	0	1	0.35	0.5140	*
Barbecho	0	10.19	0.19	-0.227	*	Dfoliar	171	227	193.50	-0.3940	*
Rastreo	0	1	0.47	-0.117	NS	Variedad	0	5	1.41	0.0080	NS
No. de rastreos	0	2	0.74	-0.481	*	Tipo de fert.	0	3	0.73	0.0480	NS
Fsiembra	150	172	157.88	-0.132	NS	Cant. fert. 1	100	1000	250.40	0.1970	NS
Fherbicida	161	199	172.30	0.204	NS	Cant. fert. 2	75	800	295.90	0.4720	*
Fertilización 1	150	171	157.80	0.197	NS	Insect. 2	0	1	0.94	0.4660	*
Finsecticida	150	171	157.70	-0.076	NS	Fert. 3	0	1	0.58	0.3360	*
Escarda	0	1	0.08	-0.150	NS	Fert. 4	0	1	0.07	N/A.	
Fertilización 2	154	223	190.82	-0.329	*	Plantas m ⁻¹	3	8	4.19	-0.1200	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	5095.00		
Fherbicida 2	164	199	188.62	0.029	NS	Potencial luz [‡]		11 580			
Cult. anterior	0	2				Potencial humedad [‡]		9480			
Rdto. anterior	300	7450	3528.00								
Nitrógeno total	46	400	199.00	0.518	*						

[†]Significancia estadística con una probabilidad de 85%.

[‡]Rendimiento potencial, estimado mediante el modelo de simulación MSPEC.IM (Van Keulen y Wolf, 1986; INIFAP-GRUMA, 1997) con base en datos diarios de clima considerando como fecha de siembra el día 170 del año 1996.

Cuadro 7. Relación entre el rendimiento de grano de maíz y la aplicación de fertilizante foliar. El Amarillo, Teuchitlán, Jalisco. 1996.

Fertilización foliar	Media
	kg ha ⁻¹
Con	6100 a [†]
Sin	4200 b

[†] Valores seguidos de distinta letra son estadísticamente diferentes (Duncan, $P < 0.05$).

Diferencia mínima significativa = 1319.

Con respecto al fertilizante foliar (Cuadro 6), entre más temprano se aplicó éste, mayor fue su efecto benéfico en el rendimiento; en sí misma, la aplicación del fertilizante foliar resultó ser estadísticamente significativa (Cuadro 7).

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 3528 kg ha⁻¹ (Cuadro 4), 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 5100 kg ha⁻¹ (Cuadro 6), la precisión en el manejo, como la densidad de población y la 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 diálogo 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 entendieron los fenómenos y se dispusieron a cambiar las prácticas de siembra en 1996, utilizando mayor número de plantas por metro hasta un máximo de seis, además de utilizar semillas híbridas en lugar de las F2. En cambio, con los resultados de 1996, además de los cambios anteriores, se dispusieron a planear para años subsecuentes la aplicación de fertilizante foliar y no retrasar la segunda aplicación de fertilizante. 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.

Cambios tecnológicos. En el año 1995, la diferencia entre el máximo rendimiento obtenido por el mejor productor (7450 kg ha⁻¹) y el rendimiento potencial estimado por humedad (9196 kg ha⁻¹) fue de 1746 kg ha⁻¹. En 1996, el mejor productor logró 9161 kg ha⁻¹ y el potencial estimado por humedad fue de 9480 kg ha⁻¹, por lo tanto la diferencia fue de sólo 319 kg, lo que 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⁻¹ (9480 - 9196); sin embargo, la diferencia en la media de rendimiento (5095 - 3528) entre años fue de 1567 kg ha⁻¹, lo que indica que también como grupo de agricultores se obtuvo un mejor aprovechamiento del clima. Si se compara este rendimiento, 5095 kg ha⁻¹, obtenido en 1996 en condiciones de temporal en las 74 parcelas de la muestra en El Amarillo, Jal., con la media regional (3000 kg ha⁻¹), queda evidencia en la producción del esfuerzo realizado por esta organización y de la influencia de la tecnología. La discusión de estos resultados deberá considerar que de los cambios identificados como deseables, independientemente de su significancia estadística, habrá unos que son factibles y otros que aun siendo deseables no son factibles (Cuadro 8). La fecha de siembra en 1995 fue de un promedio de 170 días julianos; en cambio, en 1996 fue de 158 días julianos. 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 estas siembras fueron a los 150 y 172 días, respectivamente. Luego entonces, se explica por qué la fecha de siembra afectó significativamente el rendimiento en 1995 y no lo afectó en 1996.

Otro cambio que es importante resaltar es la fecha de aplicación de herbicida, con un promedio de 186 días en 1995 y de 172 días en 1996; este hecho también explica el porqué en 1995 su efecto fue significativo negativamente en el rendimiento y ya no lo fue en 1996. El insecticida en la siembra durante 1995 ejerció un efecto significativo; 46% de los productores que lo aplicaron lograron mayor rendimiento que los que no lo utilizaron; en 1996, 90% aplicaron insecticida, pero ya no fue significativo el efecto de esta variable. En 1995 hubo productores que sembraron materiales genéticos de segunda generación; otros lo hicieron con variedades mejoradas, debido a que ya habían constatado que el rendimiento se incrementaba significativamente por

Cuadro 8. Comparación de resultados de análisis de correlación y significancia de los ciclos primavera-verano 1995 y 1996.

n = 50 Variable	Manejo				n = 74 Variable	Manejo			
	1995			SE [†] P > f		1996			SE P > f
	Mín	Máx	Media			Mín	Máx	Media	
Quema	0	1	0.90	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
Ffert 1	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
Ffert 2	190	229	205.00	NS	Ffert 2	154	223	190.82	* (-)
Ffert 3	217	235	225.00	NS	Ffert 3	169	223	207.60	NS
Insect. siembra	0	1	0.46	* (+)	Insect. siembra	0	1	0.90	NS
Fherbicida 2	192	230	213.80	NS	Fherb 2	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 total	82	410	181.80	NS	Nitrógeno total	46	400	199.00	* (+)
Fósforo total	4	113	15.80	NS	Fósforo total	2	115	24.00	NS
Potasio total	0	60	36.70	NS	Potasio total	0	0	0.00	
No. de fert.	2	3	2.52	NS	No. de fert.	2	4	2.72	NS
Fert. foliar	0	1	0.30	* (+)	Fert. foliar	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	1	6	3.60	* (+)	Semilla (kg)	15	30	20.86	* (-)
Esp. vacíos	0	6	2.57	NS	Tipo de fert.	0	3	0.73	NS
					Cant. fert 1	100	1000	250.40	* (+)
					Cant. fert 2	75	800	295.90	* (+)
					Insect. 2	0	1	0.94	* (+)
					Fert. 3	0	1	0.58	* (+)
					Fert. 4	0	1	0.07	NS
					Plantas m ⁻¹	3	8	4.19	NS
					Esp. vacíos	0	3	1.59	NS
Rendimiento	300	7450	3528		Rendimiento	2287	9161	5095.00	
Potencial luz [‡]		11 090			Potencial luz [‡]		11 580		
Potencial humedad [‡]		9196			Potencial humedad [‡]		9480		

* Significativo con una probabilidad de 85%.

† SE = significancia estadística. ‡ Rendimiento potencial, estimado mediante el modelo de simulación MSPEC.IM (Van Keulen y Wolf, 1986; Villarreal, 1997) con base en datos diarios de clima, considerando como fecha de siembra el día 170 del año 1996.

efecto del genotipo. En 1996, todos los productores sembraron semillas mejoradas y el efecto de genotipo sobre el rendimiento ya no fue significativo. El promedio de plantas por metro, en 1995, fue de 3.5 y, en 1996, de 4.19. Sólo el primer año su efecto fue significativo sobre el rendimiento. Con respecto a cambios no factibles puede

citarse la eliminación del barbecho y rastreo por la mayoría de los productores, lo cual no fue posible por falta de maquinaria especializada como sembradoras de labranza de conservación.

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 han llevado a cabo con base en insumos ya conocidos y con recursos disponibles, entre ellos la asesoría del investigador. En la medida en que se hace el cambio en la tecnología, se alcanza un impacto de 40% de reducción en costos de producción al eliminar el barbecho, y los rastreos, y al reducir los agroquímicos. Cabe destacar que la diferencia en productividad es mayor a medida que pasa el tiempo, debido a las mejoras que se van realizando y que los mercados exigen mayor eficiencia en los procesos productivos. Aquí también es necesario destacar que este sistema productor-experimentador dispone de una herramienta que permite cuantificar y analizar la eficiencia productiva.

CONCLUSIONES

- Se diferenciaron seis Áreas de Respuesta Homogénea dentro de la región de estudio, lo cual permitió seleccionar una de ellas para realizar el diagnóstico técnico.
- El tipo de productor predominante en la región posee menos de 20 ha con ganado bovino y funciona dentro de una economía de mercado, conservando las características de un modelo de acción humana artesanal.
- 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 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 de la aplicación de la fertilización foliar. Esto es, que una vez que los productores lograron una adecuada densidad de población y materiales genéticos apropiados, pudieron incrementar su producción y las variables por mejorar se relacionaron con la nutrición del cultivo.
- La media de rendimiento para el cultivo del maíz en la región para el periodo de estudio fue de 3.5 Mg ha⁻¹; en cambio el grupo involucrado en el estudio logró alcanzar un rendimiento promedio superior a 5 Mg ha⁻¹.
- Con el modelo propuesto, al reducir algunas prácticas agrícolas, como barbecho, rastreos e insumos, los costos de producción se redujeron en más de 40%.
- Después de aplicar el método de diagnóstico por dos años, los productores-experimentadores participantes han hecho uso de los resultados del diagnóstico para mejorar su sistema de cultivo y han establecido un programa de mejora continua. El proceso de cambio tecnológico se dio en la medida en que, además de entender mejor los

procesos de producción, se hicieron posibles dichos cambios.

- En términos generales, resultó evidente que la participación del técnico investigador con el grupo de trabajo resultó esencial para registrar y cuantificar los cambios a través del tiempo, en la medida que se tuvo la información de las unidades de producción y se estimó el potencial de producción con base en la luz y la humedad. Así mismo, es una realidad la intención de los productores-experimentadores de seguir superando su propio promedio de producción.

LITERATURA CITADA

- Asher, C. J. 1991. Beneficial elements, functional nutrients, and possible new essential elements. pp. 703-723. *In*: J.J. Mortvedt (ed.). Micronutrients in agriculture. 2nd ed. SSSA Book Series. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA.
- Draper, N. R. and H. Smith. 1998. Applied regression analysis. 3rd ed. John Wiley. New York, NY, USA.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2005. Soil fertility and fertilizers. An Introduction to nutrient management. 5th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ, USA.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 1993. Determinación potencial de especies vegetales para el estado de Jalisco. Síntesis ejecutiva. Publicación Técnica 20. SARH-INIFAP-CIRPAC. Guadalajara, Jalisco, México.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)-GRUMA (Grupo Maseca). 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.
- Kannan, S. 1980. Mechanisms of foliar uptake of plant nutrients: accomplishments and prospects. *J. Plant Nutr.* 2: 717-735.
- Lal, R., E. Regnier, D. J. Eckert, W. M. Edwards, and R. Hammond. 1991. Expectations of cover crops for sustainable agriculture. pp. 1-11. *In*: W. L. Hargrove (ed.). Cover crops for clean water. Soil and Water Conservation Society. Ankeny, IO, USA.
- 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. Coll. Agr. Spec. Pub. 23. University of Georgia. Athens, GA, USA.
- Odum, P. E. 1985. Ecología. Interamericana. México, D. F.
- Palacios C., V. 1997. Fertilizante orgánico. Tecnología para una rentabilidad sostenible. Publicación especial INIFAP-Gruma. Guadalajara, Jalisco, México.
- 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, INCA-RURAL. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México, D. F.
- Ramírez, D. J. L., B. M. Chuela, M. V. A Vidal, P. J. J Wong, O. H. Córdova, D. L. Soltero, M. J. Franco, D. H. L. Vallejo, E. A. Arregui, M. A. Valencia, H. F. Caballero, M. H. Delgado,

- P. J. Ron, G. J. J. Sánchez y C. G. Vázquez. 2005. H-375 Híbrido de maíz de grano blanco para riego y buen temporal en la región Centro Occidente, y riego en el Noroeste de México. Folleto Técnico 1. SAGARPA-INIFAP. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.
- SAS Institute. 1996. SAS/STAT Software: changes and enhancements. Release 6.11. SAS Institute. Cary, NC, USA.
- SIEA (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2002. <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/integra/agricola/avance/jal.c> (Consulta: enero 15, 2004).
- SINDER (Sistema Nacional de Extensión Rural). 2001. Guía para la aplicación del modelo productor experimentador. SAGARPA. Alianza para el Campo. México, D. F.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1981. Síntesis Geográfica de Jalisco. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México, D. F.
- Van Keulen, H. and J. Wolf. 1986. Modeling agricultural production. Weather, Soil and Crops. Pudoc. Wageningen, The Netherlands.
- Villarreal, F. E. y M. 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, D. F.