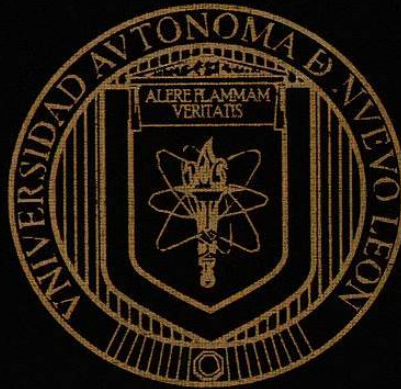


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**PROCESO DE CONFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN ACTUAL  
DE LA REGIÓN AGRÍCOLA DE RIOVERDE,  
SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO**

**POR**

**HILARIO CHARCAS SALAZAR**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CON ESPECIALIDAD EN AGUA-SUELO**

**MARÍN, N.L.**

**JULIO DE 2002**

TD  
Z5071  
FA  
2002  
.Ch3



1020090208

m

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA  
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



PROCESO DE CONFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN ACTUAL  
DE LA REGIÓN AGRÍCOLA DE RIOVERDE,  
SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

POR

HILARIO CHARCAS SALAZAR

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
CON ESPECIALIDAD EN AGUA-SUELO

MARÍN, N.L.

JULIO DE 2002

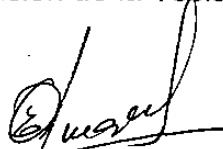
309892 Vista

TD  
75071  
FA  
2002  
.Ch3



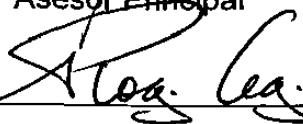
PROCESO DE CONFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN ACTUAL DE LA  
REGIÓN AGRÍCOLA DE RIOVERDE, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Aprobación de la Tesis




---

Ph. D. Emilio Olivares Sáenz  
Asesor Principal



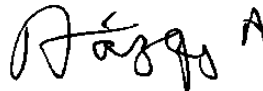
---

Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera  
Co-Asesor Externo



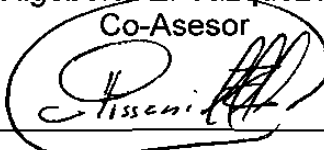
---

Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano  
Co-Asesor



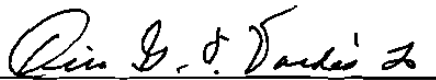
---

Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado  
Co-Asesor



---

Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga  
Co-Asesor



---

Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano  
Subdirector de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agronomía  
Universidad Autónoma de Nuevo León

Marín, N.L. Julio de 2002

## DEDICATORIA

A mi esposa, María Leonor; a mis hijas, Nadia y Diana;  
y a mi madre, Hermelinda.  
Por el apoyo incondicional durante mi formación académica.



## AGRADECIMIENTOS

### **A Instituciones**

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca concedida para realizar los estudios de doctorado.

Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por la formación académica recibida y el apoyo económico para la impresión del trabajo de tesis.

Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por recibirme como Investigador Visitante y permitirme usar sus instalaciones, vehículos, equipo de cómputo, información del laboratorio de aguas, así como por los recursos económicos para realizar las distintas etapas del trabajo de investigación de la Tesis de Doctorado.

Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, por el apoyo con nueve grupos de estudiantes y 18 profesores para realizar la encuesta en la región de Rioverde, S.L.P.

Distrito de Desarrollo Rural Núm. 130 de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, por proporcionarme la información del archivo del laboratorio de suelos y aguas.

Ejidos del municipio de Rioverde, S.L.P.: San José del Tapanco, Huizachal, Plazuela, San Diego, El Capulín y El Jabalí. Ejidos del municipio de Cd. Fernández, S.L.P.: El Refugio y Colonia Veinte de Noviembre. Por hospedar a los profesores y estudiantes de la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y por participar en la encuesta realizada en junio de 1997.

### **A personas**

Dr. Emilio Olivares Sáenz, por su confianza para aceptarme como su estudiante y su apoyo constante durante mis estudios doctorales.

Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera, por la dirección de este trabajo de tesis.

Dres. Ciro G. S. Valdés Lozano, Rigoberto E. Vázquez Alvarado y Juan Francisco Pissani Zuñiga, por sus consejos y sugerencias durante el desarrollo del programa doctoral.

Comisariados Ejidales: Sres. Armando Torres Campusano, Rito Elías Vega, Martín Oviedo Reséndiz, Antonio Segura Barragán, Alejandro

Mancilla, Javier Lucio Rojas, Raymundo Hernández Hernández y Marcelino Guevara Ávalos, por las facilidades brindadas durante la realización de la encuesta.

Ing. Joel Milán Navarro, Jefe del Área de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por las facilidades para la captura de la información de la encuesta.

Ing. Carlos Octavio Navarro González, Jefe del Distrito de Desarrollo Rural 130, por facilitar la información del archivo del laboratorio de análisis de aguas de dicho Distrito

QFB. Yolanda Gallegos González y Socorro Jasso Espino, por proporcionar la información del archivo del laboratorio de análisis de aguas del Instituto de Investigación de Zonas Áridas.

M.C. José Luis Flores Flores, por su asesoría constante durante el análisis estadístico de la información de aguas y suelos, y de la encuesta.

Sr. Gelacio Guerrero, por su participación en la realización del experimento en el ejido El Refugio, Cd. Fernández.

Ing. Fernando Carlín Castelán e Ing. Jessica Gretel Loza de León, por su apoyo en el establecimiento del experimento de maíz para elote.

Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez, por su asesoría para el análisis estadístico de la información experimental.

C.P. María Luisa Almendárez Marín, por su trabajo diligente en la búsqueda de información bibliográfica de que se carecía en la biblioteca del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas.

## RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

### **Hilario Charcas Salazar**

Candidato para el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas con Especialidad en Agua-Suelo.

### **Tesis**

Proceso de conformación y caracterización actual de la región agrícola de Rioverde, San Luis Potosí, México.

### **Áreas de estudio**

Fertilidad del suelo y sistemas tradicionales de aprovechamiento del suelo.

### **Biografía**

#### **Lugar y fecha de nacimiento**

San José del Tapanco, Rioverde, San Luis Potosí, México.  
14 de enero de 1956.

#### **Educación**

Profesional: Escuela de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. 1974-1978. Título: Ingeniero Agrónomo Fitotecnista (30 de junio de 1984).

Maestría: Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 1986-1988. Grado: Maestro en Ciencias (16 de noviembre de 1993).

#### **Experiencia profesional**

Ayudante de Investigación (1979-1980) Rama de Botánica. Colegio de Postgraduados. San Luis Potosí, S.L.P.

Profesor de Tiempo Completo (1980-1984). Cultivos Básicos e Introducción a la Agronomía. Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Investigador Auxiliar Adjunto (1984-1989). Centro Regional de Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas. Colegio de Postgraduados. Salinas de Hidalgo, S.L.P.

Mecánico Ensamblador (1990-1993). Komatsu Forklift Mfg. Co. of USA. La Palma, Ca. USA.

**Investigador Adjunto (1994-1995). Programa de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.**

**Investigador Visitante (1997- a la fecha). Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P.**

**Proceso de conformación y caracterización actual de la región agrícola de  
Rioverde, San Luis Potosí, México**

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Capítulo 1    Introducción general	1
Capítulo 2    Proceso de conformación agrícola de la región de Rioverde, San Luis Potosí, México <sup>1</sup> .	5
Capítulo 3    Evolución reciente de la producción agrícola: el caso del maíz para elote en San Luis Potosí, México.	27
Capítulo 4    Agua de riego en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México <sup>2</sup> .	70
Capítulo 5    Suelos irrigados en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México <sup>3</sup> .	112
Capítulo 6    Productividad del maíz para elote y grano en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México <sup>4</sup> .	145
Capítulo 7    Discusión general	170

---

<sup>1</sup> Publicado en Revista Geográfica. 2000. 128: 105-117.

<sup>2</sup> En prensa en Ingeniería Hidráulica en México. 2002. 17(4).

<sup>3</sup> En proceso en Terra. 2002.

<sup>4</sup> Enviado a Revista Chapingo, serie Horticultura. 2002.

## Capítulo 1

### Introducción general

En el presente trabajo de investigación se estudia el proceso de conformación y características actuales de la región agrícola de Rioverde, San Luis Potosí, México, ubicada entre los meridianos  $99^{\circ} 50'$  y  $100^{\circ} 10'$  al oeste de Greenwich y entre los paralelos  $21^{\circ} 45'$  y  $22^{\circ} 10'$  de latitud norte, y localizada en los municipios de Rioverde y Cd. Fernández. Esta región ocupa una llanura situada a una altitud aproximada de 900 m, que se extiende 60 km de norte a sur y 35 km de este a oeste; comprende una superficie de labor de 49495 ha, de las cuales 15132 cuentan con agua para riego y 34363 se dedican a la producción de cosechas de secano.

La región de estudio presenta las características siguientes: i) Clima semiseco y semicálido, con régimen de lluvias de verano y heladas ocasionales. La precipitación y evapotranspiración potencial media anual se presentan en las amplitudes de 375.1 a 604.5 mm y 1238.1 a 1283.3 mm, respectivamente, lo cual resulta en un déficit medio anual de 667.1 a 863.4 mm; y la temperatura media anual ocurre en la amplitud de  $19.7$  a  $20.9^{\circ}\text{C}$ . Estas condiciones climáticas sólo permiten el cultivo de especies muy precoces, poco productivas; por lo tanto, se requiere del riego para sembrar plantas de ciclo vegetativo más largo y más productivas. ii) Agua de riego proveniente de manantiales y pozos; el agua de ambas fuentes presenta fuerte variación en la composición y

concentración de las sales disueltas. Estas aguas afectan de manera distinta las propiedades físicas del suelo, los equipos de riego y el crecimiento de las plantas, lo cual se refleja en el rendimiento y rentabilidad de los cultivos. iii) Suelos; los phaeozems, vertisoles y chernozems regados con aguas de buena calidad, han permitido producir una gran diversidad de cultivos y obtener rendimientos altos; por el contrario, los solonchaks con aguas de mala calidad, presentan rendimientos bajos en la mayoría de los cultivos, y el incremento en el contenido de sales. iv) Sistemas de cultivo: bajo riego con agua de buena calidad en phaeozems, vertisoles y chernozems se producen naranja valenciana, como frutal más importante, y maíz para elote y/o grano en rotación con hortalizas (jitomate, chile, tomate, calabacita y sandía). Bajo riego con agua de mala calidad en solonchaks se siembra alfalfa, como cultivo forrajero principal. En seco, se siembra maíz, frijol, calabaza, garbanzo y cacahuate. v) Tenencia de la tierra; en el área de cultivo predomina la parcela ejidal, con una superficie de alrededor de 3 ha por ejidatario.

Como resultado del crecimiento de la población, actualmente existen problemas sociales, tales como fuerte presión sobre los recursos, lo cual se manifiesta en la reducción de la parcela familiar, uso ineficiente de la tierra, agua e insumos, desempleo y migración hacia las ciudades y a los Estados Unidos.

Para contribuir a resolver los problemas técnicos de la producción y algunos de carácter social en una región agrícola como la de Rioverde, S.L.P., se requiere establecer los fundamentos de una estrategia de desarrollo agrícola regional, por lo cual es necesario integrar acciones con enfoques tales como: i)

reconstruir la evolución histórica de la región agrícola, de tal manera que se puedan conocer los sistemas agrícolas precedentes y los errores y aciertos en las prácticas de manejo en cada uno de ellos; ii) caracterizar los sistemas agrícolas principales en la actualidad, con el propósito de conocer los factores limitativos de la producción, para concentrar en ellos los esfuerzos de investigación; iii) recopilar y procesar los datos de análisis de suelos y aguas del área de estudio, para conocer la evolución y estado actual de los efectos del riego y el historial de uso sobre la fertilidad del suelo, así como su impacto en la producción; y iv) estimar la productividad y rentabilidad actual y potencial del sistema más persistente a lo largo de la historia de la región.

Por lo anterior, bajo los enfoques de estudio antes mencionados, el objetivo general del presente trabajo fue plantear alternativas tecnológicas fundamentadas que permitan contribuir a mejorar los sistemas agrícolas regionales. Para alcanzar este objetivo general, los objetivos particulares del trabajo fueron los siguientes:

i) Analizar y describir los sistemas de producción que han dado lugar a la conformación agrícola actual de la región de Rioverde.

ii) Analizar y describir el sistema de producción más persistente a lo largo de la historia de la región (maíz para elote y/o grano), y jerarquizar los factores que lo limitan.

iii) Interpretar los datos de los análisis de aguas y suelos de los laboratorios que trabajan o han trabajado en la región de estudio.

iv) Evaluar la productividad y rentabilidad del sistema de producción de maíz para elote y/o grano.



Para cumplir con los objetivos anteriores, se parte de las hipótesis siguientes:

i) Los sistemas de producción agrícola se conforman a través de procesos históricos, por lo tanto, contienen elementos propios y adoptados de diferentes épocas históricas.

ii) El análisis de un sistema de producción permite reconocer y jerarquizar sus factores limitativos, por lo tanto, es posible explicar la persistencia y vigencia del sistema de producción de maíz para elote y/o grano.

iii) Los datos de análisis de aguas y suelos se utilizan para interpretar las propiedades físicas y químicas de los mismos, por lo que su estudio permite reconocer los efectos del riego en la fertilidad del suelo.

iv) La evaluación de la productividad y rentabilidad de un sistema de producción permite explicar su eficiencia tecnológica y económica, por lo que es posible plantear mejoras al sistema de producción de maíz para elote y/o grano.

Para probar las hipótesis anteriores, se realizaron diferentes trabajos de investigación. En el cuerpo de la tesis, dichos trabajos se presentan como cinco capítulos, los cuales fueron redactados como artículos científicos, y para el efecto, se apegaron a las normas de estilo de las revistas a las cuales se sometieron a consideración para su publicación.

## Capítulo 2

### PROCESO DE CONFORMACIÓN AGRÍCOLA DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

#### Resumen

En el proceso histórico de configuración agrícola de Rioverde, S.L.P., diversos cultivos comerciales se han sucedido; su predominio ha dependido de las condicionantes socioeconómicas generales y de la impersistencia inherente a los propios sistemas de producción. La evolución de los sistemas agrícolas se ha dado en dos vertientes principales: La primera se ha desarrollado desde estancias ganaderas que se dedicaban a la cría de ganado; luego, haciendas mixtas con actividades de cría de ganado y producción de cosechas, principalmente maíz, frijol, chile y garbanzo; después, haciendas mixtas en las que se producía principalmente caña de azúcar y maíz para el mercado; finalmente, ejidos que producen granos básicos y hortalizas. La segunda vertiente ha evolucionado de huertos del pueblo de Rioverde, cuya producción se dedicaba fundamentalmente al autoconsumo, a huertas de naranja orientadas a la producción comercial.

**Palabras clave:** sistemas de cultivo; sistemas agrícolas tradicionales; Rioverde, S.L.P.

## **Abstract**

In the historical process of development of the Rio Verde agricultural region of San Luis Potosí, diverse cash crops have arisen; their predominance have been dependent on the general socioeconomic conditions and on the instability inherent to their production systems. The evolution of agricultural systems has arisen in two principal ways. The first path has been developed from a) haciendas producing mainly grazing animals, b) haciendas combining animal production with the production of corn, beans, chick pea and chilies, c) haciendas producing mainly cash crops such as sugar cane and corn, and finally a regression to d) ejidos that produce basic grains and truck garden crops. The second path has evolved from a) small home gardens with a mixture of fruit and vegetable crops dedicated to self consumption by the early settlers of Rio Verde, to b) much larger orange orchards formed from consolidation of the home gardens and from further reclaim of surrounding lands in recent times.

**Key words:** cropping systems; traditional farming systems; Rioverde, S.L.P.

## **Introducción**

La región de estudio se ubica en los municipios de Rioverde y Ciudad Fernández, situados en la porción suroriental del estado de San Luis Potosí, a una altitud entre 880 y 1140 m (Figura 1). Comprende una superficie de labor de 49495 ha, de las cuales 15132 cuentan con agua para riego y 34363 se dedican a la producción de secano.

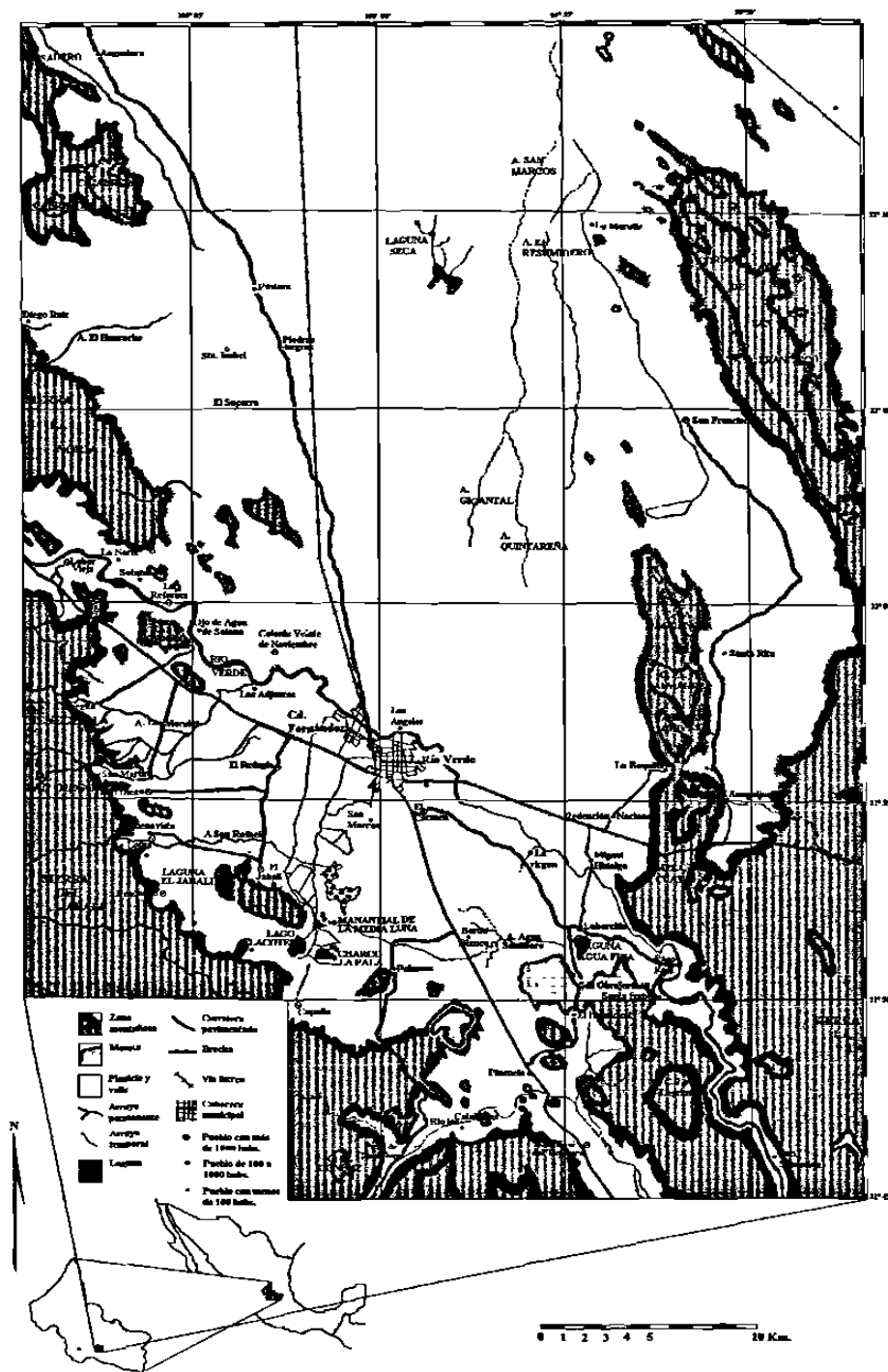


Figura 1. Región de Rioverde, S.L.P. México. (Adaptada de Michelet, D. 1996).

Actualmente, existe fuerte presión sobre los recursos, lo cual se manifiesta en reducción de la parcela familiar, uso ineficiente de la tierra, agua e insumos, desempleo y migración hacia las grandes ciudades y a los Estados Unidos. Para resolver estos problemas, se requiere analizar y describir los sistemas de producción agrícola de la región, lo cual debe contemplar, entre otras acciones, la reconstrucción de la evolución histórica de la región agrícola, de tal manera que se puedan conocer los sistemas agrícolas precedentes y los errores y aciertos en las prácticas de manejo en cada uno de ellos.

La hipótesis de que se parte es la siguiente: los sistemas de producción agrícola se conforman a través de procesos históricos, por lo tanto contienen elementos propios y adoptados de diferentes épocas históricas.

### **Materiales y métodos**

El procedimiento para lograr el objetivo planteado consistió en lo siguiente: análisis de las fuentes históricas disponibles que tratan sobre la producción agrícola de la región de Rioverde, S.L.P, para lo cual se consultaron las bibliotecas de las instituciones siguientes: Archivo Histórico del Gobierno del Estado de San Luis Potosí, Casa de la Cultura de San Luis Potosí y Universidad Autónoma Chapingo. La información se ordenó en cinco épocas históricas: prehispánica, conquista y colonización, independiente, reforma agraria y actual. Para cada una de ellas se hizo una síntesis de las condiciones socioeconómicas (tenencia de la tierra, retribución del trabajo, formas de comercialización, etc.), tecnológicas (especies cultivadas, herramientas de trabajo, prácticas de cultivo, infraestructura hidráulica, etc.) y de los sistemas

agrícolas predominantes. La investigación documental se utilizó para hacer inferencias sobre la información recabada. La comparación de los sistemas históricos con los actuales, permitió probar la validez de la hipótesis planteada.

## **Resultados y discusión**

### **Época prehispánica (250-1592)**

En el lapso del año 250 al 1000, la frontera de Mesoamérica en el estado de San Luis Potosí se situaba aproximadamente en una franja que pasaba al norte de la capital del estado, Guadalcázar, Cerritos, norte de Rioverde, Alaquines y continuaba hacia el este; era una frontera con pequeñas poblaciones de campesinos hacia el sur y grupos de cazadores-recolectores hacia el norte. En la región de Rioverde, las comunidades agrícolas estaban étnicamente más relacionadas con grupos mesoamericanos que con nómadas. Es probable que estas comunidades tuvieran una economía basada en la combinación de actividades de producción de cosechas, recolección y caza, en la que la importancia de cada actividad podía variar de un año a otro, pues el año que es malo para la producción de cosechas, puede ser bueno para la recolección y la caza (Armillas, 1987; Michelet, 1996). En relación con la producción de cosechas, es probable que hayan contado con sistemas de riego en las proximidades de los manantiales y los ríos Verde y Calabazas (Heldman, 1971; Michelet, 1996), y sistemas de secano con manejo de esorrentías en las áreas donde se dispersaban los arroyos intermitentes que bajan de la serranía. Lo anterior se infiere de dos tipos de evidencias: a) presencia de cerámica y utensilios de piedra relacionados con la preparación de alimentos, y b)

ubicación de los asentamientos cerca de manantiales, ríos y arroyos, así como en áreas de los suelos más fértiles, actualmente bajo cultivo. Dichas comunidades desaparecieron alrededor del año 1000; posteriormente, la región fue ocupada por tribus nómadas y seminómadas (Michelet, 1996).

### **Conquista y colonización (1592-1810)**

En 1543, la región de Rioverde formaba parte de La Gran Chichimeca. La cultura de los pueblos chichimecas era de cazadores-recolectores, que vivían dispersos y divididos en muchísimas parcialidades, cada una con su nombre y dialecto, aunque sin organización social y política compleja; para el área de estudio dichas parcialidades fueron los mascorros y coyotes (Meade, 1945; Powell, 1984).

El proceso de conquista y colonización de la región de Rioverde se logró mediante la combinación de tres acciones:

a) Diplomacia para pacificar y asentar a los principales grupos indígenas. Primeramente, se ganaba a los jefes chichimecas con regalos de alimentos y ropa; luego, se les prometía asignación de buenas tierras, exención de tributos y abastecimiento de ropa, ganado, semillas y aperos agrícolas, pues se tenía como propósito fomentar la agricultura y la cría de ganado. Algunos capitanes encargados de esta labor fueron: i) Miguel Caldera, quien en 1592 vino de San Luis Potosí, habló con los indígenas, les dio regalos y los colocó bajo su jurisdicción; ii) Gabriel Ortiz de Fuenmayor, quien en 1606 concedió a los chichimecas que habitaban el paraje de Rioverde tierra para su resguardo, siembras, huertas y pastos; y iii) Juan de Porras y Ulloa, quien en 1617, al

fundarse el pueblo de Rioverde, proporcionó a los indígenas doscientas fanegas de maíz, dos docenas de bueyes y cuatro docenas de rejas de arado; asimismo, les donó cincuenta vacas con dos toros, doscientas ovejas con sus padres, cien cabras con cuatro padres y veinticuatro cerdas con cuatro padres (Powell, 1984; Velázquez, 1987a).

b) Misión franciscana para incorporar a los chichimecas al modo de vida español. En 1617 se fundó la misión de Río Verde; sus actividades se dirigieron a la enseñanza de la doctrina cristiana, la instrucción en el cultivo de la tierra y la cría de ganado. El pueblo de Rioverde se formó con los grupos de chichimecas pacificados y con colonos otomíes. En el contorno de seis leguas (25 km) existían rancherías de indios coyotes, mascorros, caisanes, alaquines y guascamas. Los límites de la misión fueron los siguientes: por el oriente, hasta el río Alaquines; por el poniente, hasta la cumbre del cerro de Santa Catalina; por el norte, el valle de Guascamá y ciénega de Angostura; por el sur, hasta el río Bagres (Velázquez, 1987b). Los indios congregados gozaron de la categoría de fronterizos, la cual incluía, entre otros, los privilegios siguientes: a) libres de todo tributo, alcabala y servicio personal; b) prohibición para que ningún español ni otra persona se estableciera en los asentamientos indígenas; c) impedimento para que los ganados de los españoles entraran a agostar las tierras de labor de los pueblos indígenas. Estos privilegios los perdieron al consumarse la independencia de México (Verástegui G.O., 1978; Bazant, 1980; Velázquez, 1987b). Desde la fundación de la misión, los frailes franciscanos protegieron a los naturales de las usurpaciones de tierras; además, fomentaron



el cultivo de granos básicos, árboles frutales y hortalizas, para lo cual trajeron del centro del país semillas y plantas de origen mesoamericano y europeo. Para regar los huertos y sembradíos, construyeron acequias que trajeran el agua del manantial de la Media Luna (Chauvet, 1978; Verástegui G.O., 1978; Velázquez, 1987b).

c) Mercedes de tierras para estancias de ganado mayor y menor. En 1600 se registraron las primeras mercedes de tierra a ganaderos provenientes de Querétaro, quienes obtuvieron extensos agostaderos, manantiales y corrientes de agua, lo cual les permitió asegurar el abastecimiento de forraje y agua para sus hatos numerosos (Verástegui G.O., 1978; Bazant, 1980; Powell, 1984; Velázquez, 1987ab). Originalmente, la merced de estancia confería a los criadores de ganado el derecho de disponer de los pastos, pero no el de usar la tierra para cualquier otro propósito. La estancia estaba constituida por uno o varios sitios de ganado mayor (1756 ha) o menor (780 ha). En 1645, mediante la política de composición de tierras, se consolidó la propiedad y se autorizó a los estancieros sembrar sin limitación alguna. Los estancieros comenzaron a cercar los agostaderos, a roturar los pastizales y a desecar los humedales; asimismo, abrieron acequias que llevaran el agua del manantial de la Media Luna hasta sus campos de cultivo y construyeron presas de cal y canto que almacenaran las escorrentías provenientes de las serranías aledañas. A partir de entonces, la estancia se transforma en propiedad rural denominada hacienda, la agricultura adquiere mayor importancia que la ganadería, y se comienza a cultivar maíz, frijol, chile, cebada y garbanzo (Chevalier, 1976;

Anónimo, 1978; Bazant, 1980).

Durante la época colonial, los aperos de labranza y las técnicas de cultivo fueron básicamente las que introdujeron los españoles: arado de madera con reja de hierro, yugo de madera, coyundas y barzón. El arado de madera, de fabricación doméstica, sólo permitía aflojar la tierra superficialmente (Chevalier, 1976; Anónimo, 1978; Bazant, 1980).

### **Época independiente (1810-1917)**

Las haciendas que poseían las mejores tierras y fuentes de agua del valle de Rioverde eran las siguientes: por el norte, Diego Ruiz y Angostura; por el sur, El Jabalí, Riachuelo, San José del Tapanco y Plazuela; por el oriente, Acequia Salada; y por el poniente, San Diego y Ojo de Agua de Solano (Rodríguez B., 1976; Bazant, 1980). Con base en el giro principal de la producción, dichas haciendas se podían agrupar de la manera siguiente: a) caña de azúcar, granos básicos y cría de ganado: San Diego y El Jabalí; b) granos básicos y cría de ganado: Angostura, Diego Ruiz y San José del Tapanco; c) granos básicos: Riachuelo, Plazuela, Acequia Salada y Ojo de Agua de Solano (Iturribarría, 1859).

En las haciendas de la región se explotaban sus tierras en dos formas: directamente y por aparcería. Las tierras más fértiles, con riego y próximas al casco, se utilizaban en forma directa mediante peones acasillados y la contratación temporal de cuadrillas de peones de las rancherías aledañas. Las tierras de baja calidad o muy alejadas del casco, el hacendado las concedía en aparcería a labradores independientes; si el convenio era al tercio, de la

hacienda se les facilitaba habilitación, aperos y semilla, a cambio de dos terceras partes de la cosecha; si el trato era a medias, se les proporcionaba habilitación y semilla, y se les recogía la mitad de la cosecha. El reparto se hacía en el campo, y la hacienda tenía primacía de compra si el aparcerero vendía su parte (Pardo, 1910; Acosta, 1934).

En las rancherías existían labradores independientes, que por lo general eran dueños de una yunta y de una carreta. Estos labradores cultivaban sus pequeños terrenos, prestaban sus servicios en el acarreo de caña durante la zafra y trabajaban como aparceros de las haciendas. En los pueblos de Rioverde y Ciudad Fernández existían agricultores acomodados, que contaban con propiedades más extensas, y que contrataban el servicio de los labradores independientes, ya fuera bajo la forma de fleteros o como contratistas de labores (Pardo, 1910).

En la mayoría de las haciendas y pequeñas propiedades se cultivaba caña de azúcar, maíz, chile, frijol y garbanzo (Tenorio, 1880; Bazant, 1980). El cultivo de la caña era exclusivamente de riego y se sembraba en tres clases de tierras: a) terrenos arcillosos, ubicados en las haciendas de El Jabalí y San Diego, en los que se obtenían los mejores rendimientos de caña y azúcar cristalizables; b) terrenos de aluvión, localizados en las vegas de los ríos Verde y Calabazas, que producían altos rendimientos de caña con exceso de azúcar incristalizable; c) terrenos de ciénega, que en los primeros años después de la desecación producían excelente caña (Alvarado *et al.*, 1898). Las variantes que se cultivaban eran las siguientes: a) criolla, era una caña blanca, delgada y de

entrenudos cortos; b) habanera, era también una caña blanca, con entrenudos mayores, que producía mejores rendimientos, pero requería de los terrenos de mejor clase; y c) pinta, esta caña era veteada de rojo y blanco, y se apreciaba por su mayor resistencia a la sequía y a las heladas. El manejo que se daba a la caña consistía en tenerla limpia de arvences y regarla o desaguarla en las ciénegas; la cosecha se realizaba cuando la planta tenía de diez a doce meses, de noviembre a marzo. La plantación duraba en buena producción tres años, pero en tierras fértiles podía durar hasta seis. El giro principal de las haciendas cañeras era la fabricación de piloncillo (cono de medio kilogramo) y aguardiente. El rendimiento de piloncillo era muy variable; en los cañaverales viejos se obtenían de 750 a 1000 kg ha<sup>-1</sup>, en tierras de ciénega recién avenada, se llegaba a producir hasta 7.5 t ha<sup>-1</sup>, sin embargo, en promedio se recogían 2.5 t ha<sup>-1</sup>. Los trapiches se movían con tracción animal o con fuerza hidráulica; el equipo de estos pequeños ingenios consistía en lo siguiente: i) molino de fierro o bronce con cilindros horizontales, o bien, un molino de madera con cilindros verticales; ii) caldera; iii) evaporadoras de fuego directo, con fondo de fierro estañado y costados de madera, que eran copia de la evaporadora americana llamada Cools; iv) puntera a fuego directo o tacho al vacío para dar punto; y v) alambique. Los trapiches de mayor capacidad procesaban 3 t día<sup>-1</sup> de piloncillo, y los de menor capacidad sólo una t día<sup>-1</sup>. Las haciendas cañeras se disputaban el mercado limitado de la ciudad de San Luis Potosí (Tenorio, 1880; Alvarado *et al.*, 1898; Bazant, 1980).

En el municipio de Rioverde, el cultivo de maíz de riego y secano ocupaba 3287 ha; en las tierras de riego regularmente se obtenían dos cosechas, una de maíz “flojo” (tardío) y otra de “breve” (precoz); el rendimiento promedio de grano era aproximadamente de 1200 kg ha<sup>-1</sup>. En 180 ha de huertos estaban plantados 5000 árboles frutales, de los cuales 3000 eran aguacates, granados, limas, cidras, limoneros, guayabos, duraznos, chabacanos, chirimoyos, ciruelos, mangos, perales, manzanos, plátanos e higueras, y los 2000 restantes eran naranjos. Además, en 522 ha se cultivaba frijol, chile, cacahuete, camote, garbanzo, cebada, cebolla, ajo y papa. Los huertos y tierras de labor se regaban mediante un canal principal (Acequia Rioverde) que conducía el agua del manantial de la Media Luna, del cual se derivaban seis acequias que se dirigían de SO a NE y que finalmente vertían los excedentes al río Verde (Iturribarría, 1859, Tenorio, 1880). Las tierras de labor y huertos de Cd. Fernández se regaban mediante otro canal (Acequia Villana) que también traía el agua de la Media Luna (Rodríguez B., 1976). Las técnicas de cultivo y los aperos de labranza siguieron siendo los mismos de la época anterior, aunque algunos agricultores comenzaron a usar el arado de vertedera (Tenorio, 1880).

En esta época, se señalaba que para que la agricultura de la región progresara, era preciso promover, entre otras, las siguientes acciones: establecer un banco agrícola, fundar una escuela de enseñanza agrícola, fomentar cultivos especiales, desecar el pantano de Rioverde, adoptar maquinaria agrícola moderna, y construir el camino de Rioverde a San Luis

Potosí (Tenorio, 1880).

En 1902 la región de Rioverde quedó comunicada con el resto del país por medio del Ferrocarril Central Mexicano, que unía el puerto de Tampico con la ciudad de Aguascalientes. A partir de entonces, la agricultura experimentó un cambio favorable, pues se pudo colocar en los mercados nacional e internacional piloncillo, naranja, algodón, cacahuate, ganado y pieles (Meyer, 1978; Falcón, 1984; Ankerson, 1994). Además, en 1908 se estableció la Estación Agrícola Experimental de Rioverde, cuyas actividades se orientaron hacia la introducción y aclimatación de especies vegetales y animales, al mejoramiento de las prácticas agrícolas, y a la educación de los hijos de los campesinos. Los resultados de la experimentación se publicaron en forma de manuales para técnicos y agricultores (Anónimo, 1911). La estación agrícola desapareció en 1914 como consecuencia del movimiento armado (Anónimo, 1914).

### **Época de la Reforma Agraria (1917-1980)**

En 1923 se inició el primer reparto de parcelas ejidales, aunque las haciendas afectadas conservaron grandes extensiones de tierra hasta 1934, año en que se inició el gran reparto agrario (Acosta P., 1934; Falcón, 1984). El agua del manantial de La Media Luna se distribuía a las pequeñas propiedades y ejidos por cinco canales de tierra, lo cual disminuía considerablemente la eficiencia de su uso. En algunos ranchos y haciendas se generalizó el uso del arado de vertedera para las labores de roturación y preparación, pero el arado de madera se continuó usando, particularmente para las escardas. En estos

años, se recomendaba el uso de la sembradora mecánica a pequeños propietarios y ejidatarios que contaran con yunta o tiro de mulas y una superficie mayor de 5 ha; además, para realizar las escardas, se sugería a los mismos el empleo de la cultivadora Planet, que permitía el arroje de la humedad del suelo (Acosta, 1934).

El maíz siguió siendo el principal cultivo, tanto por ser la base de la alimentación, como por la superficie cultivada; en los ejidos se destinaban a este cultivo 2398 ha de riego y 8807 de temporal. Las labores de preparación consistían en dar un paso de arado, que regionalmente se designaba como rajar bordo, el cual se realizaba después de levantar la cosecha, durante los meses de noviembre y diciembre; el segundo paso de arado o cruza se hacía en marzo; estas labores se realizaban con arado de vertedera tirado por yunta de bueyes. La siembra de riego se realizaba en marzo, la de temporal en junio y julio, cuando se establecía la temporada de lluvias; se creía que la siembra temprana era insegura, pues después de las lluvias de marzo, las siguientes eran irregulares hasta principios de junio. La cantidad de semilla y la distancia entre matas variaban de acuerdo con la calidad del terreno, pero se utilizaban de 15 a 20 kg ha<sup>-1</sup>. La forma de siembra se conocía como rabo de buey, la cual consistía en que el sembrador caminaba detrás de la yunta depositando la semilla en el fondo del surco, luego, la yunta regresaba tapándola. Las labores de cultivo consistían en dar un paso con arado de madera, la cual se denominaba dar tierra. Las escardas se realizaban con azadón y localmente se denominaban desquelites; el número de labores y la época variaban con las

circunstancias climáticas. La fertilidad del suelo se mantenía dejando el terreno en descanso, y realizando las labores de preparación a mayor profundidad y en mayor número (Acosta, 1934).

La caña de azúcar ocupaba 1129 ha, de los cuales la mayor parte la cultivaban los pequeños propietarios; los ejidos sólo contaban con 187 ha; en la caña plantilla se obtenían de 60 a 70 toneladas por hectárea y en socas se lograban 40, rendimientos similares a los del resto del país; el rendimiento de piloncillo era de 6 toneladas por hectárea en las plantillas; el costo de elaboración del piloncillo era elevado; pues la pérdida de azúcares en el bagazo era alta, dada la maquinaria defectuosa y bastante primitiva (Acosta, 1934).

El cultivo de la naranja ocupaba 250 ha, con aproximadamente 50000 árboles, de los cuales estaban en producción el 70%; la mayor parte de las huertas pertenecían a pequeños propietarios, pues los ejidatarios carecían de recursos económicos para cultivar cítricos (Acosta, 1934); se explotaban las variedades siguientes: Criolla: precoz, muy fructífera, resistente a las heladas y con fruto de cáscara delgada; Valencia: tardía, con fruto de cáscara delgada y lisa, con buena cantidad de jugo; y San Miguel: muy productiva, fruto de cáscara delgada y pulpa de color rojo. Los sistemas de plantación que se recomendaban eran los siguientes: a) Marco real: el más usado y fácil de trazar, la disposición de los árboles es en cuadrados, las líneas se interceptan formando ángulos rectos, y las labores de cultivo se pueden realizar en dos direcciones perpendiculares. b) Triangular: los árboles forman triángulos equiláteros; las labores de cultivo se pueden realizar en tres direcciones; con



este sistema se logra una mejor ventilación e iluminación. c) Hexagonal: seis árboles están siempre equidistantes de un séptimo colocado en el centro; este sistema permite un mejor aprovechamiento de la tierra, sin reducir la distancia entre los árboles. d) Tresbolillo: la disposición de los árboles es en cuadrados, en cuyo centro está situado otro. El manejo que se daba a la huerta consistía en lo siguiente: a) primeros cuatro años: (i) preparación del terreno y transplante: se daban dos pasos de arado con yunta de bueyes o tractor, y un paso de rastra; luego, se procedía a marcar la forma en que quedaría dispuesta la plantación; posteriormente, se abrían los hoyos y se plantaban los árboles; (ii) intercalación de cultivos: entre las líneas de los naranjos se sembraba frijol, garbanzo, chile y jitomate, con el propósito de mantener el terreno libre de hierbas y obtener algún beneficio durante este lapso; (iii) poda de formación: se dejaban dos o tres ramas primarias que dieran la forma redonda al árbol. b) Quinto año en adelante: para entonces, las raíces ya ocupan la mayor parte del terreno, por tanto, ya no se realizaban labores profundas ni se intercalaban cultivos; las escardas se hacían con azadón, o bien, las hierbas se eliminan mediante chapeos con machete. El número y frecuencia de los riegos dependía de las características físicas del suelo, el sistema de cultivo, la intercalación de cultivos, la edad de la plantación y de la estación del año. En febrero y marzo se podaban las ramas secas y enfermas y los chupones. La cosecha se realizaba de enero a abril y de octubre a enero, aunque la naranja para exportación se cosechaba a fines de septiembre. Rioverde tenía como centros consumidores las ciudades de Tampico, México, San Luis Potosí y Saltillo. Para

el mercado de Tampico, existían como competidores Montemorelos, N.L. y Santa Engracia, Tamps (Chávez, 1909; Acosta, 1934; Mendoza, 1944).

En los años sesenta, en los ejidos y pequeñas propiedades se incrementó la superficie ocupada por chile serrano, jitomate, algodón y naranja; la superficie destinada a caña de azúcar disminuyó paulatinamente. En las hortalizas se comenzaron a utilizar fertilizantes químicos, insecticidas y tractores para labores de preparación, pero se siguió utilizando la yunta para la mayoría de las labores de cultivo. En el ciclo invierno-primavera se sembraba chile, jitomate y algodón; en el de verano-otoño maíz, frijol, cacahuete y garbanzo. La venta de la cosecha se realizaba en el mismo ejido a intermediarios que llevaban la cosecha a las ciudades de México, Monterrey, Guadalajara y Tampico (Alemán, 1966).

En los ejidos se impulsó la organización de sociedades de crédito. Los préstamos los otorgaba el Banco de Crédito Ejidal. Casi todas las personas que operaban con dicho Banco, desconocían por completo las condiciones en que les hacían el préstamo. Dicho desconocimiento, unido al analfabetismo, se prestó para que empleados sin escrúpulos abusaran de los campesinos (Alemán, 1966).

### **Época actual**

En los últimos 20 años se ha incrementado la superficie destinada a cítricos y alfalfa; el cultivo de la caña de azúcar prácticamente ha desaparecido. En el caso del maíz, la producción para grano descendió debido, entre otras causas, a los costos de producción muy elevados, al escaso margen de

ganancia y a las fuertes importaciones de grano. Bajo estas circunstancias, muchos campesinos comenzaron a dedicar mayor superficie de maíz para venta de elote, con la seguridad de que si no convenía cosechar elote, se cosechaba grano. Recientemente, la producción de elote se ha convertido en el propósito principal y el grano en un subproducto eventual. Lo anterior se debe a que con la venta de elote, es posible obtener un margen de ganancia superior que cuando se vende como grano. La producción de elote se obtiene fundamentalmente con técnicas de cultivo aún desajustadas a las nuevas condiciones de producción, como baja densidad de población y fertilización deficiente en composición, cantidad y oportunidad. Al comparar las formas de producción de elote en Rioverde con las practicadas en otras regiones más tecnificadas, parece evidente el gran potencial que aún queda por realizar en Rioverde (unas 9 contra 20 t ha<sup>-1</sup>), y en la posibilidad de lograrlo (mayor densidad y distinta distribución espacial y fertilización racional).

En el Chile, jitomate, tomate y calabacita se tienen fuertes problemas de sanidad y comercialización, lo cual ha provocado un aumento en los costos de producción, reducción en los márgenes de ganancia e inseguridad en la recuperación del capital invertido.

En 1980, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas estableció un campo agrícola experimental, sus trabajos de investigación se han orientado a la introducción de variedades e híbridos que han sido desarrollados para condiciones ecológicas parecidas a las de Rioverde, y al fomento de la aplicación intensiva de insumos agrícolas (fertilizantes e insecticidas). Los

resultados experimentales se han publicado en forma de folletos para agricultores; sin embargo, los campesinos se muestran escépticos sobre las recomendaciones técnicas, y persisten en sus métodos tradicionales de cultivo.

### **Conclusiones**

Con base en la información anterior, se puede concluir que la producción agrícola en el área de estudio ha evolucionado en dos vertientes principales: 1) Mercedes de estancias de ganado mayor y menor, cuyo desarrollo fue el siguiente: de estancias ganaderas dedicadas a la cría de ganado; haciendas mixtas con actividades de cría de ganado y producción de cosechas, en las que predominaba el cultivo del maíz, frijol, chile y garbanzo; haciendas mixtas en las que se producía principalmente caña de azúcar y maíz para el mercado; a ejidos que producen granos básicos y hortalizas. 2) Misión franciscana, cuya evolución fue la siguiente: de huertos cuya producción se dedicaba fundamentalmente al autoconsumo, a huertas de naranja orientadas a la producción comercial.

En las dos vertientes, los sistemas de producción agrícola actuales muestran elementos tecnológicos remanentes de épocas precedentes; así, en la primer vertiente, el sistema principal, maíz para elote, incluye cultivares criollos, siembra en matas y aprovechamiento de la fertilidad natural y residual. Por tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir, los sistemas de producción agrícola se conforman a través de procesos históricos, por lo que contienen elementos propios y adoptados de diferentes épocas históricas.

**Literatura citada**

- Acosta P., R. 1934. El valle agrícola y agrario de Rioverde, S.L.P. 44 p.
- Alemán, E. 1966. Investigación socioeconómica directa de los ejidos de San Luis Potosí. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas. México. 192 p.
- Alvarado, Hernández, Manzano, Noriega, Reyther y Tenorio. 1898. Datos relativos al cultivo de la caña de azúcar y elaboración de azúcar y panocha en la República. Estado de San Luis Potosí. Secretaría de Fomento, Colonización e Industria. Boletín de Agricultura, Minería e Industrias. 7 (1): 53-74.
- Ankerson, D. 1994. El caudillo agrarista. Saturnino Cedillo y la Revolución Mexicana en San Luis Potosí. Gobierno del estado de San Luis Potosí. INEHRM. SG. México. 304 p.
- Anónimo. 1911. Parte de los trabajos realizados por las Estaciones Experimentales. Estación Agrícola Experimental de Río Verde. Boletín de la Dirección de Agricultura. 1 (1): 84.
- Anónimo. 1914. Informe de los trabajos ejecutados en la Estación Agrícola Experimental de Río Verde, S.L.P. Boletín de la Dirección de Agricultura. 4(2): 161-166.
- Anónimo. 1978. Haciendas. En: Enciclopedia de México. 6: 348-356.
- Armillas, P. 1987. Chichimecas y esquimales: La frontera norte de Mesoamérica. En: La aventura intelectual de Pedro Armillas. De Rojas (Ed.). El Colegio de Michoacán. Zamora, Mich. pp 35-66.

- Bazant, J. 1980. Cinco haciendas mexicanas. Colegio de México. México. 229 p.
- Chauvet, F.J. 1978. Menores franciscanos. En: Enciclopedia de México. 8: 441-450.
- Chávez, E. 1909. Cultivo del naranjo. Estación Agrícola Experimental de Río Verde, S.L.P. Secretaría de Fomento. Boletín Núm. 3. México. 142 p.
- Chevalier, F. 1976. La formación de los grandes latifundios en México. Fondo de Cultura Económica. México. 510 p.
- Falcón, R. 1984. Revolución y caciquismo. San Luis Potosí, 1910-1938. Colegio de México. 306 p.
- Heldman, D. P. 1971. Relationships of the Rio Verde Valley, San Luis Potosi, Mexico, to the Huasteca, Doctoral Thesis. University of London. 545 p.
- Iturribarría, C. 1859. Memoria geográfica y estadística del Departamento de San Luis Potosí. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. 8:288-321.
- Meade, J. 1945. Panorama indiano de San Luis Potosí en la época prehispánica. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. 60 (4): 622-642.
- Mendoza T., O. 1944. El cultivo del naranjo en Río Verde, S.L.P. Tesis profesional. Escuela Particular de Agricultura de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua. 50 p.

- Meyer, L. 1978. El conflicto social y los gobiernos del maximato. En: Historia de la Revolución Mexicana. 1928-1934. Colegio de México. México. 13: 305-319.
- Michelet, D. 1996. Río Verde, San Luis Potosí. Instituto de Cultura San Luis Potosí, Lascasiana. CEMCA. México. 437 p.
- Pardo U., M. 1910. El Trabajo del buey. Cálculo económico de su costo. Bol. Núm. 5. Estación Agrícola Experimental de Rioverde, San Luis Potosí. Secretaría de Fomento. México. 12 p.
- Powell, P. W. 1984. La guerra chichimeca (1550-1600). FCE-SEP. Lecturas Mexicanas. Núm. 52. México. 308 p.
- Rodríguez B., N. 1976. Las misiones de Santa Catarina Mártir. Sociedad Potosina de Estudios Históricos. San Luis Potosí. 42 p.
- Tenorio, L. 1880. Datos estadísticos para el partido de Rioverde, del estado de San Luis Potosí, presentados a la Sociedad Agrícola Mexicana. Sociedad Agrícola Mexicana. 1(28): 452-454; 1 (29): 477-479; 1 (31): 515-520.
- Velázquez, P. F. 1987a. Colección de documentos para la historia de San Luis Potosí. Archivo Histórico del Estado. San Luis Potosí. Tomo 2. 453 p.
- Velázquez, P. F. 1987b. Colección de documentos para la historia de San Luis Potosí. Archivo Histórico del Estado. San Luis Potosí. Tomo 3. 561 p.
- Verástegui G. O., E. 1978. Río Verde, S.L.P. III. Los pobladores. Biblioteca de Historia Potosina. Cuadernos 58. San Luis Potosí, S.L.P. 35 p.

### Capítulo 3

## EVOLUCIÓN RECIENTE DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA: EL CASO DEL MAÍZ PARA ELOTE EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

### Resumen

La región de Rioverde se ubica en el sureste del estado de San Luis Potosí, México. En esta región, el maíz se ha cultivado ampliamente desde hace unos 400 años. Actualmente, se siembran unas 5000 ha de maíz para elote dos veces al año, en rotación con hortalizas, como chile, jitomate, tomate y calabacita. El objetivo del presente trabajo fue analizar y describir el sistema de producción de maíz para elote y/o grano, y jerarquizar los factores que lo limitan. El procedimiento de estudio consistió principalmente en realizar una encuesta entre los agricultores de la región. Con base en porcentajes y valores promedio, se construyeron cuadros que sintetizan las prácticas de manejo del cultivo. Luego, la información se ordenó y clasificó mediante análisis multivariable. Los resultados indican que la producción de maíz para elote se encuentra en un proceso de transición de producción tradicional a intensiva, en el cual los productores se disponen en grupos que representan diferentes estrategias de producción. Hasta ahora, los productores con mejores resultados son aquéllos que usan densidades de población bajas, aplican fertilizantes nitrogenados en cantidades moderadas y oportunamente, y venden el elote



antes o después del resto de los productores, de tal manera que obtienen mejores precios por su cosecha.

**Palabras clave:** maíz para elote; sistemas de cultivo; sistemas agrícolas tradicionales.

**Abstract**

The region of Rio Verde is located in the southeast of the state of San Luis Potosi, Mexico where maize has been produced for the last 400 years. Today in this region, some 5000 ha of maize are cultivated twice each year in rotation with other crops such chili, tomato, husk tomato and squash. The purpose of this study was to determine the relative importance and the level of technologies used in this regional system of agriculture for the production of immature corn cob. Data for this study were obtained by systematically interviewing the agriculturists in the region. Tables of percentages and mean values which synthesized the results of these interviews were constructed to give an insight into the practices of cultivation used by these producers. In addition, these data were ordinated and classified using multivariate techniques. These data indicate that the production of immature corn cob in the region is undergoing a transitional process from traditional practices to more intensive agro-industrial techniques. The producers with the best results are those that use lower densities of plants in their fields, use moderate amounts of nitrogenous fertilizers at the correct time and are able to bring their product to market earlier or later than other producers, thereby obtaining higher prices for their labors.

**Key words:** immature corn cob; cropping systems; traditional farming systems.

## Introducción

La región de Rioverde se ubica en el sureste del estado de San Luis Potosí, entre los meridianos 99° 50' y 100° 10' al oeste de Greenwich y entre los paralelos 21° 45' y 22° 10' de latitud norte; su altitud varía alrededor de los 900 m; el clima es semiseco y semicálido con precipitación y temperatura anual promedio de 497 mm y 21°C, respectivamente; está conformada por parte de los municipios de Rioverde y Cd. Fernández.

Con base en la ubicación geográfica y la fuente del agua de riego, las comunidades estudiadas se agrupan en dos zonas: a) Manantial de la Media Luna; comprende el área del Distrito de Riego 049 ubicada en el centro del valle del río Verde, y el valle de San José del Tapanco, situado en el límite sur. El agua de riego de esta zona presenta conductividad eléctrica de 1650  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$  a 25°C, baja relación de adsorción de sodio (RAS) y pH neutro. Los grupos de suelos predominantes son los Phaeozems. b) Bombeo de pozos; incluye dos áreas agrícolas importantes: i) El Refugio, cuyas aguas se caracterizan por valores de conductividad eléctrica de 250 a 2000  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$  a 25°C, valores de la RAS muy bajos y del pH ligeramente alcalinos. Los grupos de suelos predominantes son los Phaeozems. Y ii) Reforma-20 de Noviembre, con aguas de conductividad eléctrica menor de 2000  $\mu\text{mhos cm}^{-1}$  a 25°C, valores de la RAS muy bajos y del pH ligeramente alcalinos. Los grupos de suelos predominantes son los Vertisoles (Charcas *et al.*, 2002, en prensa).

En los años ochenta del siglo 19, en el área de estudio regularmente se obtenían dos cosechas de maíz, una de maíz “flojo” (tardío) y otra de “breve” (precoz); el rendimiento promedio de grano era de 17.4 fanegas (1218 kg)  $\text{ha}^{-1}$  y

la rentabilidad de la producción de grano, sin considerar el rastrojo, era del 1.04% (Tenorio, 1880). Según Chevalier (1976), Anónimo (1978) y Bazant (1980), los aperos de labranza y las técnicas de cultivo eran básicamente las que introdujeron los españoles: arado de madera con reja de hierro, tirado por yunta de bueyes; este arado sólo permitía aflojar la tierra superficialmente.

En El Refugio, Cd. Fernández, en 1908 se estableció la Estación Agrícola Experimental de Rioverde. Las actividades relacionadas con el cultivo del maíz, se orientaron hacia selección de los mejores cultivares regionales, mejoramiento de las prácticas agrícolas, introducción de cultivares de Estados Unidos, y asesoramiento a los agricultores de la región (Anónimo, 1911). Dicha Estación desapareció en 1914, como consecuencia del movimiento armado (Anónimo, 1914).

Posteriormente, en los años treinta, los ejidos (forma de tenencia campesina de la tierra resultante de la revolución) destinaban al cultivo del maíz 2398 ha de riego. Las labores de preparación consistían primero en dar un paso de arado, que regionalmente se designaba como rajar bordo, el cual se realizaba después de levantar la cosecha, durante los meses de noviembre y diciembre; el segundo paso de arado o cruza se hacía en marzo; ambas labores se realizaban con arado de reja y vertedera tirado por yunta de bueyes. La siembra se realizaba en marzo; la cantidad de semilla y la distancia entre matas variaban de acuerdo con la calidad del terreno, pero generalmente se utilizaban de 15 a 20 l ha<sup>-1</sup> (10.7 a 14.3 kg ha<sup>-1</sup>). La forma de siembra se conocía como arado de buey, porque el sembrador caminaba detrás de la yunta depositando la semilla en el fondo del surco y luego la yunta se regresaba para taparla. Las

labores de cultivo consistían en un paso con arado de madera, a lo cual se denominaba dar tierra (aporque). Las escardas se realizaban con azadón y localmente se denominaban desquelites; el número de estas labores y la época variaban con las circunstancias climáticas. El rendimiento de grano era de 15 hectolitros por hectárea ( $1071 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y 600 manojos de rastrojo (el manojito es un haz de cañas enteras de maíz con un peso aproximado de 5 kg) (Acosta, 1934). La rentabilidad del cultivo, considerando la producción de rastrojo, era de 94%. El rendimiento promedio tan bajo se explica porque el campesino sólo aprovechaba la fertilidad natural del suelo. El nivel de fertilidad del suelo se mantenía sembrando el maíz asociado con frijol o dejando el terreno en barbecho uno o más años.

Para los años sesenta el rendimiento del maíz de riego variaba de 2000 a  $3000 \text{ kg ha}^{-1}$ , y el rendimiento promedio era de  $2375 \text{ kg ha}^{-1}$  (Alemán, 1966). La amplitud de variación en el rendimiento y el incremento en el rendimiento promedio en 30 años pueden explicarse de la manera siguiente: 1) Los rendimientos bajos corresponden a campesinos que sólo aprovechaban la fertilidad natural del suelo para la producción de maíz. 2) Los rendimientos altos corresponden a campesinos que sembraban el maíz en rotación con chile o jitomate. En estos años, la superficie destinada a dichas hortalizas se incrementó de manera considerable; asimismo, para obtener altos rendimientos, los campesinos realizaban numerosas labores de preparación del suelo, aplicaban fertilizantes químicos y estiércol y daban numerosas labores de escarda, lo cual permitía una fertilidad residual y atenuaba la competencia de las arvenses. Así, el incremento en el rendimiento promedio del cultivo de maíz

se debió probablemente al aprovechamiento del efecto residual de los fertilizantes y a la disminución de la competencia de arvenses.

Las políticas gubernamentales de los años ochenta, destinadas a fomentar y regular el cultivo y abasto del maíz, repercutieron negativamente en la producción y rentabilidad de este cultivo (Aburto, 1979; CDIA, 1980; Montañez y Warman, 1985). Como consecuencia de la baja rentabilidad de la producción de grano y la demanda creciente de productos hortícolas de las ciudades en expansión, los campesinos de la región de Rioverde, inducidos por la presencia de intermediarios hortícolas, reorientaron el cultivo del maíz hacia la producción comercial de elote, lo cual les permitió obtener mejores precios por la cosecha, disminuir los costos de producción e incrementar la rentabilidad en un nivel aceptable.

En 1980 el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) inició sus actividades en la región de Rioverde. Las recomendaciones de dicho instituto para incrementar el rendimiento de grano en maíz de riego (Hernández, 1983; Hernández *et al.*, 1988) se referían a: 1) Mejoramiento de las prácticas agrícolas. 2) Utilización de cultivares mejorados traídos de regiones similares a la de Rioverde. Los híbridos y variedades recomendados fueron: i) precoces: H-422, H-433; ii) intermedios: VS-413, VS-521, VS-525, V-426, V-524, H-414; tardíos: H-417, H-509. Con estos cultivares fue posible obtener experimentalmente rendimientos de 6000 a 7200 kg ha<sup>-1</sup>. 3) Aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados. Las cantidades de fertilizantes recomendadas por hectárea fueron 140 o 160 kg de nitrógeno y 60 kg de fósforo.

Hasta ahora, los productores de maíz de la región mantienen una actitud de indiferencia hacia las recomendaciones hechas por el INIA. Esto se debe, entre otras causas, a que dicho Instituto ha orientado la investigación hacia el incremento del rendimiento de grano, mientras que a los agricultores ya desde entonces les interesaba cultivar maíces para elote, mediante el aprovechamiento del efecto residual de los fertilizantes que aplican para las hortalizas precedentes.

Actualmente, se siembran unas 5000 ha de maíz para elote dos veces al año, principalmente por ejidatarios que cuentan con parcelas de 3 ha en promedio. Este cultivo se siembra en rotación con hortalizas, como chile, jitomate, tomate y calabacita. La producción de elote se obtiene fundamentalmente con cultivares tradicionales y técnicas de cultivo aún desajustadas a las nuevas condiciones de producción, como son la siembra manual en matas o golpes, baja densidad de población y fertilización deficiente en composición, cantidad y oportunidad. La producción comercial de elote en la región aún no alcanza los niveles de productividad y rentabilidad que tiene en otras regiones del país, pero es factible de mejorarse como lo muestra lo conseguido por algunos campesinos locales destacados (Charcas *et al.*, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue analizar y describir el sistema de producción más persistente (maíz para elote y/o grano) a lo largo de la historia de la región, y jerarquizar los factores que lo limitan.

Para cumplir con el objetivo anterior, se planteó la hipótesis siguiente: el análisis de un sistema de producción permite reconocer y jerarquizar sus

factores limitativos, por lo tanto, es posible explicar la persistencia y vigencia del sistema de producción de maíz para elote y/o grano.

### **Materiales y métodos**

El procedimiento consistió primero en realizar una encuesta entre los agricultores de la región, la cual se preparó con base en los planteamientos de varios investigadores (Byerlee y Collins, 1980; Byerlee *et al.*, 1980; Martínez, 1981; Doorman, 1991; Perales, 1998). El cuestionario comprendió la temática siguiente: i) tenencia y usufructo de los medios de producción (tierra, agua, pozo, maquinaria, yunta, etc.); ii) fuente de financiamiento; iii) actividades fuera de la unidad de producción; iv) forma de aprovechamiento y manejo del agua y el suelo; y v) proceso de trabajo agrícola por cultivo, es decir, el conjunto de actividades requeridas para la producción de granos, hortalizas, frutas y forrajes. La primera versión del cuestionario se sometió a prueba con el propósito de desechar las preguntas redundantes, confusas e impropias; asimismo, para mejorar la secuencia de los diferentes temas y calcular el tiempo de llenado.

La encuesta se realizó en la segunda quincena de junio de 1997, para lo cual se contó con la participación de 270 estudiantes de nivel propedéutico y dieciocho profesores de la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, ayudados por dieciocho estudiantes avanzados de diferentes especialidades agronómicas de la misma Universidad. Previamente, los estudiantes y profesores recibieron capacitación acerca del contenido y llenado del cuestionario. Durante la encuesta, tres grupos de estudiantes se distribuyeron en cuatro comunidades ubicadas en el área de influencia del

manantial de La Media Luna (El Capulín, El Huizachal, Plazuela y San José del Tapanco), y seis en la zona de riego por bombeo de pozos (El Refugio, El Jabalí, San Diego y Veinte de Noviembre). Para las entrevistas cada grupo se dividió en parejas, de tal manera que mientras un estudiante hacía las preguntas el otro llenaba el cuestionario. Las entrevistas se hicieron sólo a los jefes de familia, para lo cual se concertaba con ellos un día antes. El tiempo y lugar de la entrevista dependieron de cada entrevistado; a veces fue necesario que los entrevistadores se incorporaran a las faenas agrícolas para luego realizar la entrevista. Durante el día, los profesores y estudiantes auxiliares hacían recorridos de supervisión para resolver posibles dudas a los encuestadores; por la noche, los profesores corroboraban que cada pareja de estudiantes contara con un campesino a quien entrevistar al día siguiente, y revisaban que los cuestionarios del día hubieran sido llenados cabal y correctamente.

La información se procesó primeramente en la hoja de cálculo Excel 97 para Windows 98. Con base en valores promedio y porcentajes, se construyeron cuadros en los cuales se sintetizan las prácticas de cultivo del maíz. Posteriormente, con el paquete computacional CANOCO (Ter Braak, 1988), dicha información se sometió a análisis multivariable para ordenarla y clasificarla. La ordenación se realizó con el programa DECORANA (Detrended Correspondence Analysis), el cual es un método de análisis indirecto de gradiente. Este método se derivó del análisis factorial de correspondencias y fue desarrollado para corregirle los problemas de ejes espurios y la compresión de los extremos del primer eje; está diseñado principalmente para ecólogos que



recolectan datos sobre la ocurrencia o abundancia de un grupo de especies en un grupo de muestras; el resultado de la ordenación es un diagrama bidimensional en el que las muestras están representadas por puntos y números, y las especies por cruces y nombres abreviados (Hill, 1979a; ter Braak, 1987). Para cumplir con el objetivo de jerarquizar los factores limitativos del sistema de producción de maíz para elote y/o grano, el diagrama de ordenación se interpreta de la manera siguiente: las variables (equivalentes a las especies) y los campesinos encuestados (equivalentes a las muestras) que ocupan posiciones marginales o aberrantes representan condiciones extremas, mientras que las y los situados entre el centro y los márgenes muestran una relación más clara con los ejes o gradientes. Asimismo, las posiciones de las variables representan centroides alrededor de los cuales se ubican los campesinos mejor relacionados con ellas. Por otra parte, la clasificación de la información se llevó a cabo con el programa TWINSpan, el cual es una técnica de clasificación jerárquica divisiva politética, basada en el propio DECORANA y diseñada originalmente para formalizar la clasificación fitosociológica de la vegetación. Este programa, primeramente construye una clasificación de las muestras; luego, con base en ella, clasifica a las especies; finalmente, con las dos clasificaciones se obtiene una tabla ordenada de dos entradas, que expresa de manera sucinta las relaciones sinecológicas de las especies (Hill, 1979b). En el presente trabajo, el arreglo jerárquico de las variables y campesinos encuestados se presenta en notación binaria a lo largo de los márgenes derecho e inferior, respectivamente; asimismo, los nombres y/o números de las

variables y campesinos encuestados aparecen a lo largo de los márgenes izquierdo y superior, respectivamente.

### **Resultados y Discusión**

La encuesta comprendió 449 jefes de familias campesinas; de ellos, 325 (72.4%) corresponden a personas que incluyen la producción de maíz para elote y/o grano en su rotación de cultivos. Asimismo, en cada comunidad estudiada, al menos dos terceras partes de los campesinos se dedican a cultivar maíz. En general, estas cifras son similares a las estadísticas publicadas para el año agrícola 1998/99; en efecto, en ese año se sembraron 10889 ha de maíz, de las cuales 6770 (62.2%) fueron dedicadas a maíz para elote (INEGI, 2000). Por tanto, se puede afirmar que la producción de maíz para elote es una de los cultivos más importantes en la región de estudio.

### **Proceso de trabajo agrícola**

**Labores previas a la siembra.** En general, se inician con un paso de arado; luego, un paso de rastra; posteriormente, se forman los surcos; finalmente, se abren las regaderas. Hecho lo anterior, se procede a dar el riego de presiembra. El tipo de labores, con excepción de la nivelación, coincide con las que se recomiendan en las guías y folletos elaborados por las instituciones de investigación y extensión gubernamentales (INIA, 1965; DGPEA, 1978; Hernández, 1983). El número y secuencia de las labores con arado y rastra dependen principalmente de lo siguiente: 1) Cultivo anterior; cuando el maíz sucede al jitomate, tomate, chile y calabacita, primeramente, se da un paso de rastra para desmenuzar los residuos de la cosecha y deshacer los surcos; luego, se da el paso de arado para aflojar el suelo; finalmente, se pasa la rastra

para desmenuzar los terrones que se forman con la labor anterior. Si el cultivo anterior fue maíz, frijol o avena, se da un paso de arado y luego uno de rastra.

2) Condiciones de humedad del suelo; cuando los terrenos tienen suelos de texturas arenosas o francas, y están en condiciones óptimas para la labranza, con sólo un paso de arado o dos de rastra quedan listos para ser surcados. Sin embargo, en suelos con texturas arcillosas, que raramente se trabajan en condiciones favorables de humedad, se tiene que arar al menos una vez y rastrear dos veces. La apertura de regaderas y el riego de presiembra dependen del período de cultivo; así, son prácticas indispensables en el lapso de enero a marzo; mientras que de junio a agosto, suelen ser innecesarias por coincidir con la temporada de lluvias. Las labores de preparación del suelo comienzan un mes antes de la siembra; esto es, en el ciclo invierno-primavera, se realizan durante diciembre y enero, y en el de verano-otoño, se hacen en mayo y junio. El riego de presiembra se anticipa unos ocho días a la fecha de siembra, para que el suelo se encuentre en condición óptima de humedad para realizarla.

De acuerdo con la información del Cuadro 1, la mayoría de los productores dan un paso de arado, uno de rastra y luego surcan. En dos comunidades de la zona del manantial de la Media Luna (El Huizachal y Plazuela) y en tres de la de bombeo de pozos (El Jabalí, San Diego y Veinte de Noviembre) el 50% o menos de los campesinos abren regaderas; esto se debe a que la mayoría prefiere sembrar hortalizas (cultivos más rentables) en el ciclo de invierno-primavera, y maíz de secano en el ciclo de verano-otoño, por ser el

cultivo menos rentable, pues de esta manera economizan en los riegos, sobre todo en la zona de bombeo donde el costo del agua es mayor.

La mayoría de los productores utiliza el tractor para arar y rastrear, pero, con excepción de tres comunidades (El Capulín, El Jabalí y Veinte de Noviembre), emplean la yunta de bueyes o mulas para surcar y abrir regaderas (Cuadro 2). Esta combinación de tracción animal y motorizada para realizar la labranza, se explica en gran medida por la insuficiencia de tractores e implementos. Así, para 1994 en la región se contaba sólo con 426 tractores en funcionamiento y 2512 yuntas de bueyes o mulas; con estos recursos se atendía una superficie de 49495 ha, de las cuales 15132 son de riego (INEGI, 1994). Con base en cálculos generales, esos tractores apenas cubrirían las necesidades de tracción en el área de riego, y quedarían por atender las 34363 ha de secano. Según Montañez y Warman (1985), en la producción de maíz de secano, la tracción mixta ocupa el segundo lugar a nivel nacional, destacando los estados de Jalisco, México, Puebla, Chiapas y Michoacán, Chihuahua, San Luis Potosí, Zacatecas y Durango. Esta variante de tracción se practica principalmente en las unidades de producción menores o iguales a 5 ha.

## CUADRO 1

LABORES PREVIAS A LA SIEMBRA Y PORCENTAJE DE PRODUCTORES DE MAÍZ QUE LAS REALIZAN EN OCHO COMUNIDADES DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P., MÉXICO

Zona/comunidad	Arado	Rastra	Surcado	Regaderas
<b>Manantial Media Luna</b>				
El Capulín	92	92	92	72
El Huizachal	79	93	79	43
Plazuela	85	69	92	38
San José del Tapanco	99	89	94	77
<b>Bombeo de pozos</b>				
El Refugio	77	91	95	60
El Jabalí	81	94	84	50
San Diego	94	97	100	50
Veinte de Noviembre	77	100	92	46

## CUADRO 2

**PORCENTAJE DE PRODUCTORES DE MAÍZ QUE UTILIZAN TRACTOR  
PARA LABORES DE PREPARACIÓN EN OCHO COMUNIDADES DE LA  
REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P., MÉXICO**

Zona/comunidad	Arado	Rastra	Surcado	Regaderas
<b>Manantial Media Luna</b>				
El Capulín	91.3	100.0	65.2	27.8
El Huizachal	90.9	100.0	27.3	0.0
Plazuela	72.7	100.0	33.3	20.0
S. J. del Tapanco	84.7	100.0	16.0	4.5
<b>Bombeo de pozos</b>				
El Refugio	74.7	100.0	47.8	34.5
El Jabalí	88.5	100.0	59.3	25.0
San Diego	90.0	100.0	37.5	12.5
Veinte de Noviembre	90.0	100.0	66.7	50.0

**Siembra.** Según la información declarada, esta labor se hace de acuerdo con el arreglo siguiente: surcos con un espaciamiento de 80 cm; golpes con una separación que varía de 43 a 71 cm; dos o tres granos por golpe; y profundidad de alrededor de 10 cm (Cuadro 3). Sin embargo, en observaciones directas en el campo, se advirtió que generalmente la población en maíz está distribuida en surcos de 84 cm y golpes o matas cada 70 cm, distancias que corresponden a la franja de trabajo del arado y al compás del paso del sembrador, respectivamente. Esta disposición da como resultado una densidad de población de unas 34000 plantas/hectárea. De acuerdo con Laird *et al.* (1955), dicha densidad de población corresponde a la óptima para cultivares tradicionales (criollos) y condiciones regionales promedio de fertilidad natural del suelo. Para producción de grano con fertilización nitrogenada y fosforada, actualmente se recomienda utilizar 60000 plantas por hectárea (Hernández *et al.*, 1988); sin embargo, hasta la fecha se carece de información sobre la densidad y fertilización apropiadas para la producción de maíz para elote en general, y menos para la región de estudio.

En el Cuadro 3 también se observa que la mayoría de los productores emplean tracción animal, posiblemente porque se sigue prefiriendo para sembrar y escardar. En efecto, la mayoría de los dueños de tractores cuentan con sembradora tipo Lister, la cual coloca la semilla en el fondo del surco (Aldrich y Leng, 1974); pero la usan poco porque esta disposición de la siembra dificulta el primer riego y retarda la primer escarda, ya que para entonces las plantas todavía no sobrepasan el bordo del surco. A la vez, los cultivares tradicionales presentan semilla con tamaño y forma variables, de tal manera

que se rompen u obstruyen los orificios de los platos de la sembradora. Además, la mayoría de los operadores de tractor carecen de pericia para manejar correctamente las sembradoras, lo cual provoca que queden espacios sin sembrar o con demasiada densidad de siembra. Por ello, algunos agricultores que utilizan el tractor para sembrar, sustituyen la sembradora por surcadores montados en la barra portaherramienta, a los cuales se les adapta una plataforma de madera donde se sientan las personas que realizan la siembra manualmente; asimismo al conjunto se le ata un riel o viga de madera que al ser arrastrado cubre la semilla con el suelo de los bordos.

**Riego.** La disponibilidad y costo del agua en la región es la siguiente: a) Zona del manantial de la Media Luna; en las comunidades ejidales de esta zona el agua se distribuye en diferentes formas de tandeo y el costo de un riego por hectárea es de \$ 10; en el Distrito de Riego, en cambio, existe un programa de riego para cada canal y se paga una cuota anual de \$ 250 por productor (alrededor de \$ 31 por riego por hectárea). b) Zona de bombeo de pozos; los agricultores dueños de uno o más pozos disponen del agua cuando y cuanto la requieren; el costo del agua varía de acuerdo con el tipo de energía que se utiliza para extraerla; así, con motor de combustión interna, el costo de un riego por hectárea es de \$ 60. Los agricultores que se ven obligados a comprar el agua pagan de \$ 160 a 240 por cada riego por hectárea. En ambas zonas de regadío, el número de riegos que se da al maíz depende principalmente del ciclo de cultivo; así, en el de invierno-primavera, generalmente se dan cuatro riegos a la cosecha de elote y cinco a la de grano; en el de verano-otoño, se requieren sólo de uno a dos.



## CUADRO 3

DENSIDAD DE SIEMBRA, DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN Y  
 PROPORCIÓN DE AGRICULTORES QUE SIEMBRAN MAÍZ  
 CON MAQUINARIA EN OCHO COMUNIDADES DE LA  
 REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P., MÉXICO

Zona/comunidad	Distancia (cm)		Granos/golpe	Tracción motorizada (%)
	Surcos	Matas		
<b>Manantial Media Luna</b>				
El Capulín	80	71	2	33.3
El Huizachal	80	53	2	15.4
Plazuela	80	51	2	16.7
San José del Tapanco	80	46	2	20.0
<b>Bombeo de pozos</b>				
El Refugio	80	48	2	19.6
El Jabalí	80	54	3	19.3
San Diego	80	43	3	19.3
Veinte de Noviembre	80	46	2	38.5

**Plagas.** En orden de importancia, las plagas mencionadas por los entrevistados son los gusanos cogollero, elotero, trozadores y barrenador del tallo, y las diabroticas, aunque Hernández *et al.* (1988) señalan que el maíz es atacado principalmente por el gusano cogollero y el barrenador del tallo. Para el combate de las plagas mencionadas se hacen una o dos aplicaciones de diversos insecticidas, entre los que destacan folidol, tamarón, gusación, paratión metílico y tiodán.

**Labores de cultivo.** Cuando sólo se dispone de tracción animal, se dan dos escardas con arado de vertedera, complementadas manualmente con azadón. Con tracción motorizada, se recomiendan también dos escardas con cultivadora, complementadas con una o dos deshierbas manuales (Hernández *et al.*, 1988). El número y secuencia de estas labores depende de la rotación de cultivos y el ciclo de cultivo. Cuando la rotación incluye hortalizas, el problema del control de arvenses en el maíz es mínimo; lo mismo sucede cuando la siembra de maíz se realiza en el ciclo invierno-primavera, pues la sinusia de arvenses es propia del verano lluvioso. La tracción animal se prefiere al tractor debido a que se puede emplear aun cuando el maíz esté muy crecido; además, la cantidad de plantas que se dañan con la yunta durante la labor es mucho menor. El empleo de herbicidas es poco frecuente, posiblemente porque en la vecindad de las parcelas de maíz suele haber sembradíos de hortalizas y porque éstas suelen suceder al maíz; además, existe poco conocimiento y pericia en la manejo de estos productos agroquímicos.

**Fertilización.** Pocos son los agricultores que producen maíz sin fertilizar. La mayoría hace una aplicación de fertilizantes alrededor de los cuarenta días

después de la siembra, simultáneamente con la primer escarda; asimismo, con excepción de la comunidad de El Refugio, sólo se aplican fertilizantes nitrogenados. Las mayores cantidades de fertilizantes se aplican en la zona de bombeo de pozos (Cuadro 4). Pocas personas realizan una segunda aplicación, la cual suele coincidir con la segunda escarda, o bien poco antes o durante el último riego que se da para que madure el elote. Los fertilizantes nitrogenados que más se emplean son el sulfato de amonio, la urea y el nitrato de amonio. Las mezclas de fertilizantes con mayor preferencia son la triple 17 y la 18-46-00 (fosfato de amonio). En el folleto para productores elaborado por INIFAP (Hernández *et al.*, 1988), se recomienda aplicar 160 y 60 kg de nitrógeno y fósforo por hectárea, respectivamente, repartidos en la siembra (la mitad del nitrógeno y todo el fósforo) y en la segunda escarda (el resto del nitrógeno). Estas recomendaciones nadie las sigue porque para el cultivo de hortalizas se aplican grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio, y se busca aprovechar con el maíz subsiguiente los residuos de esos fertilizantes.

**Cosecha.** La cosecha de elote se realiza alrededor de los tres meses y la de grano a los cuatro. El rendimiento regional promedio de elote es de 6 t, el de grano 2.4 y el de paja o rastrojo es de 872 manojos (Cuadro 5). Las comunidades que presentan los mejores rendimientos de elote y grano son El Refugio, Veinte de Noviembre y El Jabalí. Estas comunidades destacan por ser regionalmente los lugares donde se produce y distribuye la semilla de cultivares tradicionales; también, porque sus agricultores son los más receptivos al uso de cultivares mejorados e insumos agrícolas, y porque disponen del agua de riego de mejor calidad en la región (Charcas *et al.*, 2002, en prensa). En general, los

rendimientos de elote y grano son muy bajos en relación con los de otras regiones maíceras, como en el Bajío, en las que ya se producen alrededor de 20 t de elote y hasta 15 de grano por hectárea.

**Precio de la cosecha y costos de producción.** El precio regional promedio del elote es de \$ 626.0 t<sup>-1</sup>, del grano \$1204.0 t<sup>-1</sup> y del rastrojo \$ 1.0 manojo<sup>-1</sup>. Estos precios están sujetos a fluctuaciones muy amplias ocasionadas por los intermediarios y acaparadores. Actualmente, los bodegueros de las grandes centrales de abastos tienen gente comisionada en la región, que se encarga de localizar las parcelas con elote para regatear con los productores el precio. Estas personas, por una pequeña comisión, logran bajar tanto el precio del elote que el productor apenas si recupera los gastos del cultivo. En la región, el costo de producción promedio para elote es de \$ 2716.0 ha<sup>-1</sup>, mientras que para grano es \$ 3430.0 ha<sup>-1</sup>, esto es, \$ 714.0 más alto. Las labores más costosas son la cosecha, fertilización y labores de preparación (APÉNDICE A). En general, los costos del cultivo del maíz son altos, debido al exceso de labores y a que muchas de ellas se realizan manualmente o con tracción animal.

**Rentabilidad del cultivo.** La rentabilidad regional promedio de la producción de elote es de 96.6%, mientras que la de grano es de 31.7%. Según el Cuadro 6, por comunidad encuestada, la rentabilidad promedio de elote más alta corresponde a El Refugio (170.4%), y la de grano a Veinte de Noviembre (86.0%), aunque en San José del Tapanco se pierde al producirlo. Sin embargo, las utilidades que se obtienen tanto de la venta de elote como de la de grano dependen no sólo de rendimientos altos sino también de la oportunidad con que se venda la cosecha.

## CUADRO 4

PROPORCIÓN DE PRODUCTORES, MOMENTO DE LA FERTILIZACIÓN  
(DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA) Y FORMULACIONES APLICADAS AL  
MAÍZ EN OCHO COMUNIDADES DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.,  
MÉXICO

Zona/comunidad	Productores (%)	Días después de la siembra	Fórmula total aplicada
<b>Manantial Media Luna</b>			
El Capulín	84	36	57-00-00
El Huizachal	86	28	71-00-00
Plazuela (13)	85	24	39-00-00
S. J. del Tapanco	83	40	124-00-00
<b>Bombeo de pozos</b>			
El Refugio	96	39	109-83-91
El Jabalí	66	40	97-00-00
San Diego	84	35	85-00-00
V. de Noviembre	73	46	106-00-00

## CUADRO 5

DÍAS A LA COSECHA Y RENDIMIENTO PROMEDIO DEL CULTIVO DE MAÍZ  
EN OCHO COMUNIDADES DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P., MÉXICO

Zona/comunidad	Días a la cosecha		Rendimiento		
	Elote	Grano	Elote (t)	Grano (t)	Rastrojo (manojos)
<b>Manantial Media Luna</b>					
El Capulín	90	123	5.0	2.0	807
El Huizachal	91	134	3.0	1.0	622
Plazuela	92	123	—	2.0	917
S. J. del Tapanco	91	121	5.0	2.0	749
<b>Bombeo de pozos</b>					
El Refugio	93	123	9.2	3.4	1097
El Jabalí	97	129	7.0	3.0	938
San Diego	104	133	6.0	3.0	—
V. de Noviembre	95	126	8.0	3.0	975

## CUADRO 6

RENTABILIDAD (PESOS/HECTÁREA) DEL CULTIVO DE MAÍZ EN CINCO  
COMUNIDADES DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P., MÉXICO

Zona/comunidad	Elote	Grano
<b>Manantial Media Luna</b>		
S. J. del Tapanco	43.6	-14.7
<b>Bombeo de pozos</b>		
El Refugio	170.4	36.6
El Jabalí	90.5	29.7
San Diego	93.2	21.1
V. de Noviembre	84.6	86.0

### **Ordenamiento de la información**

En el APÉNDICE B se presenta la ordenación generada por el DECORANA de 10 variables relacionadas con la producción de maíz para elote de acuerdo con su aplicación por 85 campesinos encuestados. Hacia la izquierda, se encuentran los números y acrónimos de cada variable, con su respectivo valor de ordenación para cada uno de los primeros cuatro ejes. Hacia la derecha, aparecen dichos ejes con sus correspondientes valores característicos (EIG) y las variables en orden descendente. Los porcentajes de la variación total que explican los primeros cuatro ejes son: 21.7, 17.3, 12.4 y 9.7. Por tanto, dichos ejes resumen el 61.1 % de la variación total. A continuación se hace la interpretación sólo de los dos primeros ejes, pues son los que presentan los valores característicos más altos y los más fáciles de comprender. Estos resultados, se representan gráficamente en la Figura 1. En el primer eje, hacia el lado derecho, las posiciones extremas están ocupadas por las variables que definen la densidad de población del cultivo (Dima y Disu); mientras que hacia el extremo izquierdo, se sitúan las variables relacionadas con los costos de insumos (Plag y Fert); Así, se puede suponer que este eje corresponde a un gradiente de intensidad de cultivo. En el segundo eje, en la parte superior, ocurren en situación extrema las variables de costos de control de arvenses y plagas (Esca y Plag); y en la parte inferior aparecen las variables de costos de fertilización y riego (Fert, Rieg) y el rendimiento (Rend). Esta disposición de las variables indica que se trata probablemente de un gradiente de formas o estrategias de producción del cultivo.

090208



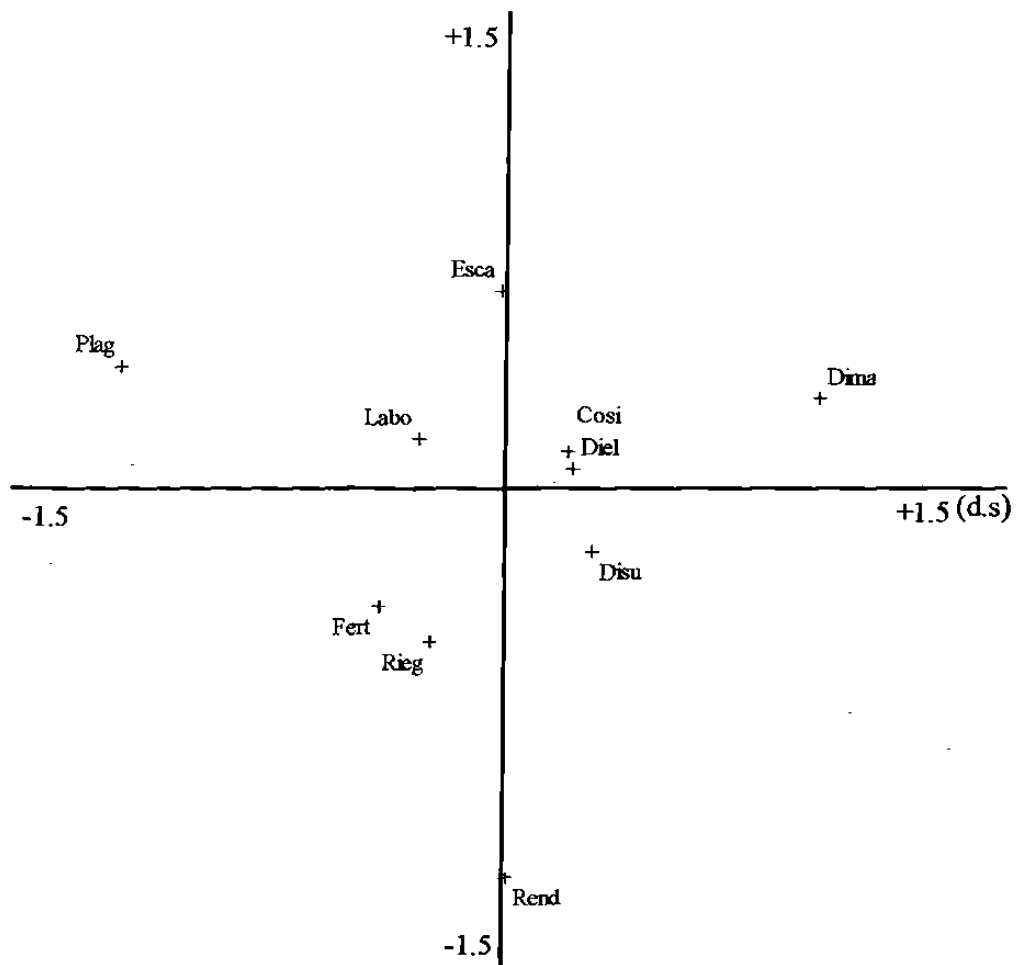


Figura 1. Diagrama de ordenación generado por el DECORANA para las prácticas y costos de producción de maíz para elote de 85 campesinos encuestados. La escala corresponde a unidades de desviación estándar (d.s). El primer gradiente se interpreta que corresponde a intensidad de cultivo y el segundo a las formas o estrategias de producción. Labo: labores previas; Disu: distancia entre surcos; Dima: distancia entre matas; Cosi: siembra; Diel: días a elote; Esca: escarda; Rieg: riego; Plag: plagas; Fert: fertilización; Rend: rendimiento.

En el APÉNDICE C se muestra la ordenación producida por el DECORANA de los 85 campesinos encuestados, de acuerdo con sus costos y prácticas de producción de maíz para elote. Hacia la izquierda, aparecen los números de cada uno de los campesinos encuestados, con su correspondiente valor de ordenación para cada uno de los primeros cuatro ejes. Hacia la derecha, los mencionados ejes muestran sus respectivos valores característicos (EIG) y los campesinos encuestados en orden decreciente. Como en el caso de la ordenación de las variables, sólo se interpretan los dos primeros ejes. La información de estos ejes, se exhibe gráficamente en la Figura 2. En el extremo derecho del primer eje, o gradiente de intensidad de cultivo, se ordenan los campesinos que utilizan baja densidad de población e invierten poco en insecticidas y fertilizantes (Núm. 1, 12, 36, 44 y 83); mientras que en el extremo izquierdo, se ubican los que emplean mayor densidad de población y gastan más en insecticidas y fertilizantes (Núm. 35, 37, 63, 65 y 85). Por tanto, conforme aumenta la densidad de población, se incrementa la inversión en insumos. En el segundo eje, o gradiente de formas o estrategias de producción del cultivo, los campesinos que invierten más en escardas y control de plagas se ubican en el extremo superior; estos productores a la vez gastan menos en riego y en la aplicación de fertilizantes, lo cual tiene como resultado la obtención de los rendimientos más bajos (Núm. 54, 62, 73, 81 y 84). Esta estrategia está orientada principalmente al aprovechamiento del efecto residual de los fertilizantes aplicados para el cultivo hortícola precedente. En el extremo inferior del gradiente, se encuentran los campesinos con mejores rendimientos, que dedican mayores recursos al riego y a la fertilización, pero que invierten poco en

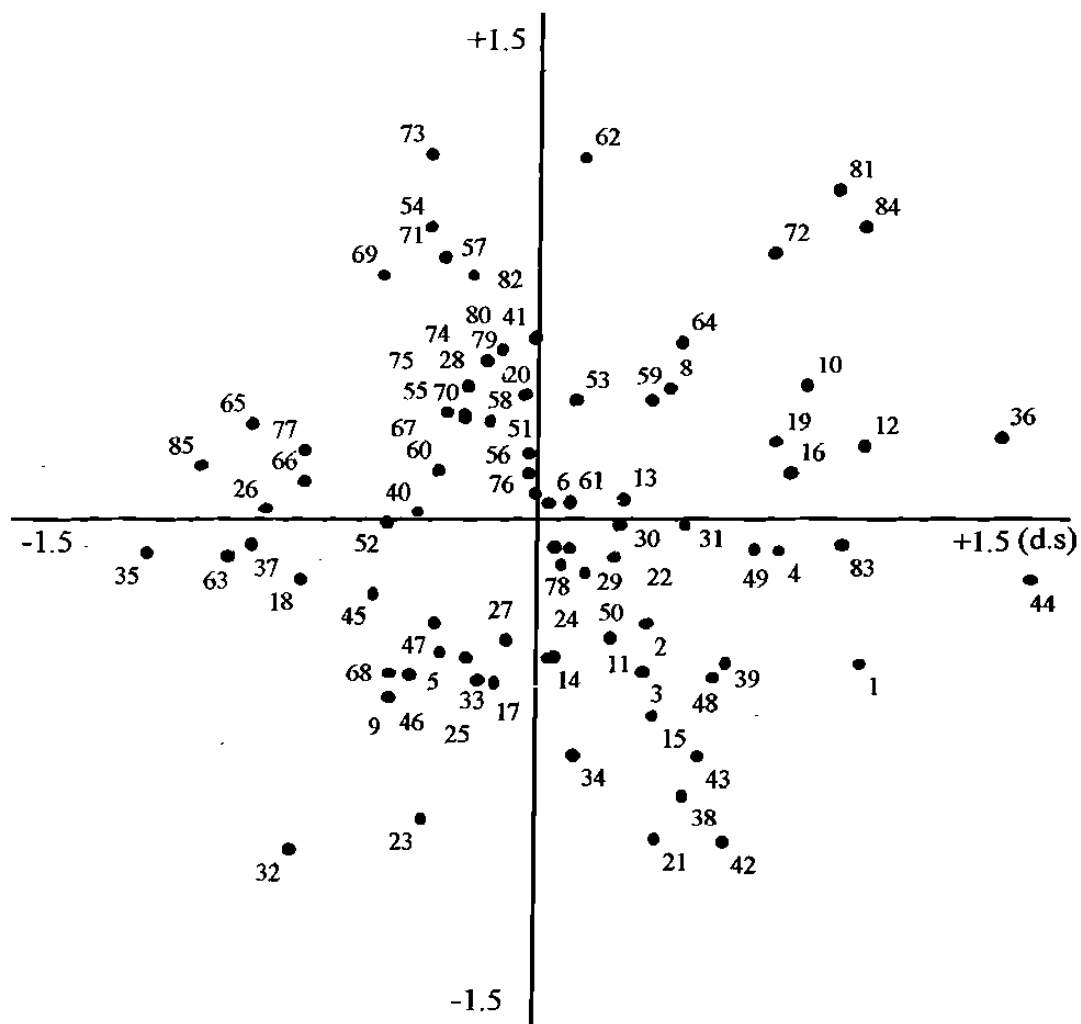


Figura 2. Diagrama de ordenación mediante DECORANA de 85 campesinos encuestados, según sus costos y prácticas de producción. La escala corresponde a unidades de desviación estándar (d.s). El primer gradiente corresponde a la intensidad de cultivo, el segundo representa formas o estrategias de producción.

en escardas y control de plagas (Núm. 21, 23, 32, 38 y 42); así, esta forma de producción está enfocada a obtener rendimientos altos mediante la aplicación de fertilizantes y mayor número de riegos. En general, los resultados de la ordenación muestran que la producción del maíz para elote se caracteriza por una gama de formas de cultivo, las cuales se suceden entre un extremo tradicional, en el que las prácticas de cultivo y la densidad de población están ajustadas al aprovechamiento de la fertilidad natural del suelo y el efecto residual de los fertilizantes, y un extremo intensivo, en que dichas prácticas y la densidad de población se ajustan al empleo intensivo de insumos.

#### **Clasificación de la información**

En el APÉNDICE D se muestra el resultado de la clasificación obtenida mediante TWISPAN. En el margen izquierdo están los números y acrónimos de las variables; en el derecho, aparecen los grupos de ellas conformados en notación binaria, con base en los niveles jerárquicos de la clasificación; en el superior, se encuentran los números correspondientes a los agricultores encuestados; y en el inferior, los grupos de ellos en disposición jerárquica. Las variables se clasificaron en cuatro grupos, los cuales se separan en dos conjuntos, que se describen a continuación (Figura 3): a) Conjunto primero; comprende al grupo 1 formado por las variables 12 Pota (potasio) y 11 Fosf (fósforo), el cual quedó definido desde el nivel 1 de clasificación y se relaciona con formas de producción intensiva que, independientemente de que también se aplique nitrógeno, implican el uso de fertilizantes potásicos y fosfóricos. b) Conjunto segundo; integrado por dos subconjuntos: i) el primer subconjunto contiene solamente al grupo 2, que consta de las variables 14 Rend

(rendimiento), 13 Fert (fertilización) y 10 Nitr (nitrógeno), delimitado en el nivel 2 de clasificación y vinculado con formas de producción intensiva que se basan sólo en la aplicación de fertilizantes nitrogenados; ii) al segundo subconjunto lo integran los grupos 3 y 4, definidos en el nivel 3 de clasificación. De estos dos grupos el 3 se formó con las variables 15 Prco (precio de cosecha), 8 Rieg (riego), 7 Esca (escarda), 2 Disu (distancia entre surcos) y 1 Labo (labores previas), las cuales reflejan características tanto de formas de producción intensiva como de tradicional. Finalmente, el grupo 4 lo constituyen las variables 9 Plag (plagas), 4 Cosi (costo de siembra), 6 Digr (días a grano), 5 Diel (días a elote) y 3 Dima (distancia entre matas), las cuales están relacionadas con cultivos tradicionales (menos precoces), baja densidad de población y nula o poca aplicación de fertilizantes nitrogenados; estas son las características de las formas de producción tradicional.

Los 85 campesinos encuestados se clasificaron en siete grupos, los cuales se dividen en dos conjuntos, con 12 Pota (potasio) como variable indicadora o determinante de su separación. A continuación se describen ambos conjuntos (Figura 4): a) Conjunto primero; comprende a todos los campesinos que aplican fertilizantes potásicos, y da lugar a dos subconjuntos: i) subconjunto primero, contiene solamente al grupo 1, integrado por dos campesinos (9 y 85), con 13 Fert (fertilización) como variable indicadora, pues ambos casos invierten muy poco en la fertilización; ii) subconjunto segundo, con 1 Labo (labores previas) como variable indicadora, comprende dos grupos, el primero (grupo 2), formado por dos campesinos (30 y 31), invierten poco en las labores de preparación; y el segundo (grupo 3), constituido por cuatro personas

(2, 27, 28 y 61) que por lo contrario gastan mucho en dichas labores. b) Conjunto segundo; todos los campesinos de este conjunto no aplican fertilizantes potásicos, y se integra por dos subconjuntos: i) Subconjunto primero, con 3 Dima (distancia entre matas), 15 Prco (precio de cosecha) y 10 Nitr (nitrógeno) como variables indicadoras, incluye dos grupos. El primero (grupo 4), abarca 18 individuos que se distinguen por utilizar densidades de población intermedias, aplicar fertilizantes nitrogenados en altas cantidades y obtener bajos precios por la cosecha; el segundo (grupo 5), comprende siete personas que se caracterizan por usar densidades de población bajas, aplicar fertilizantes nitrogenados en cantidades moderadas y obtener altos precios por la cosecha. ii) Subconjunto segundo, con 9 Plag (plagas), 6 Digr (días a grano) y 5 Diel (días a elote) como variables indicadoras, contiene dos grupos. El primero (grupo 6), comprende 42 campesinos que siembran cultivares precoces (generalmente mejorados) e invierten poco en el control de plagas; y el segundo (grupo 7), formado por diez individuos que utilizan maíces menos precoces e invierten mucho en el control de plagas.

Finalmente, los resultados obtenidos mediante DECORANA y TWISPAN confirman lo señalado por Perales (1992), en el sentido de que estos métodos son herramientas muy efectivas en la ordenación y clasificación de los productores, lo cual permite una interpretación más clara de los resultados.

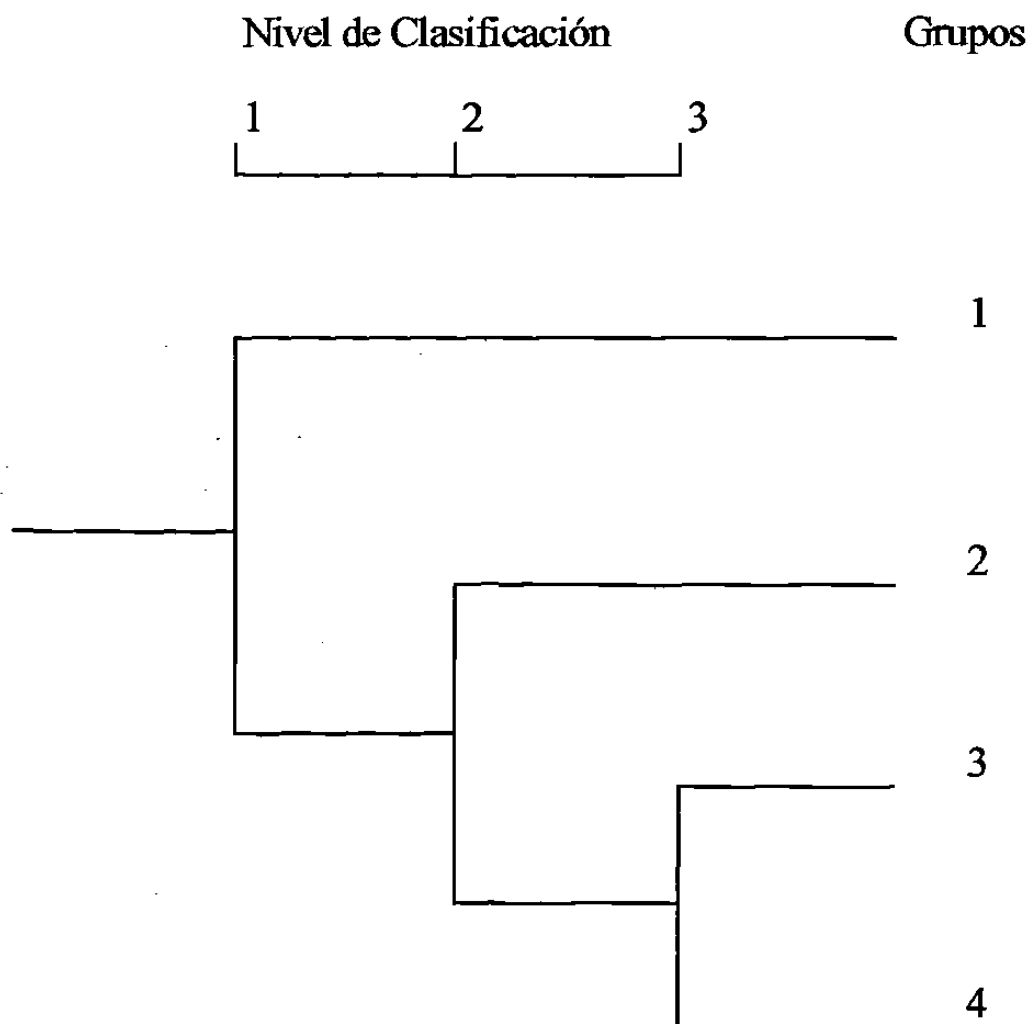


Figura 3. Clasificación mediante TWINSpan de las variables (prácticas y costos) que constituyen las formas de producción de maíz para elote, de acuerdo con su elección por 85 campesinos de la región de Rioverde, S.L.P., México.

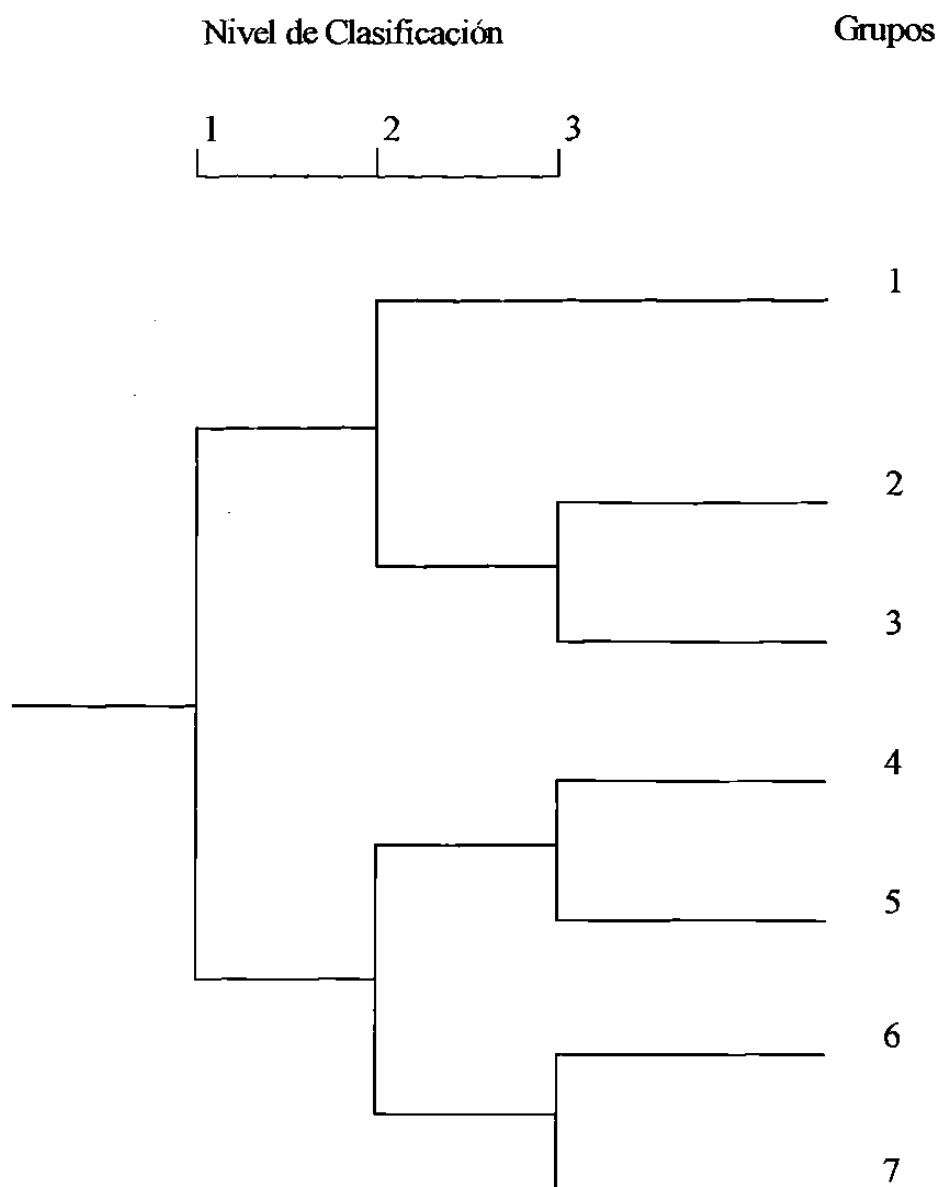


Figura 4. Clasificación mediante TWINSPLAN de los productores de maíz para elote, con base en las variables que constituyen las formas de producción que practican.



## Conclusiones

La producción de maíz para elote y/o grano en la región de estudio se encuentra en una transición de tradicional a intensiva, y se caracteriza por lo siguiente: predominio de la tracción motorizada para realizar las labores de preparación del suelo y de la tracción animal para realizar las de siembra y cultivo; siembra de cultivares criollos en golpes o matas a una densidad de población ajustada todavía a la fertilidad natural del suelo y al efecto residual de los fertilizantes; preponderancia de los fertilizantes nitrogenados, aplicados en cantidades desproporcionadas y fuera de tiempo; desajuste de la densidad de población con la cantidad y proporción de los nutrimentos disponibles; bajos rendimientos tanto de elote como de grano; y rentabilidad alta en la producción de elote, pero baja en la grano.

El proceso de transición de la producción tradicional a la intensiva ocurre en dos gradientes: el primero corresponde a la intensidad de cultivo, y se manifiesta en incrementos en la densidad de población asociados con el aumento en la aplicación de insumos. El segundo gradiente, se asocia a estrategias o formas de producción y se expresa en cambios en la relevancia de las prácticas de cultivo. Con base en dichos gradientes, los productores de maíz se disponen en siete grupos que representan diferentes estrategias o formas de producción. Los agricultores tradicionales aplican fertilizantes nitrogenados en bajas cantidades, invierten mucho en el control de plagas y siembran maíces intermedios (grupo 7); mientras que los agricultores modernos usan altas dosis de fertilizantes potásicos y fosforados, invierten mucho en las labores de preparación (grupo 3). Hasta ahora los productores con mejores resultados son

aquellos que usan densidades de población bajas, aplican fertilizantes nitrogenados en cantidades moderadas y obtienen altos precios por la cosecha (grupo 5). Con base en lo anterior, se acepta la hipótesis de que el análisis de un sistema de producción permite reconocer y jerarquizar sus factores limitativos, por lo que, es posible explicar la persistencia y vigencia del sistema de producción de maíz para elote y/o grano.

### Referencias

- Aburto H (1979) El maíz: producción, consumo y política de precios. En: Montañez C, Aburto H (Eds.) *Maíz , política institucional y crisis agrícola*. CIDER. Nueva Imagen. México. pp. 129-175.
- Acosta R (1934) El valle agrícola y agrario de Río Verde, S.L.P. 44 p.
- Aldrich SR, Leng ER (1974) Producción moderna del maíz. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 308 p.
- Alemán E (1966) Investigación socioeconómica directa de los ejidos de San Luis Potosí. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas. México. 192 p.
- Anónimo (1911) Parte de los trabajos realizados por las Estaciones Experimentales. Estación Agrícola Experimental de Río Verde. *Boletín de la Dirección de Agricultura*. 1(1): 84.
- Anónimo (1914) Informe de los trabajos ejecutados en la Estación Agrícola Experimental de Río Verde, S.L.P. *Boletín de la Dirección de Agricultura*. 4(2): 161-166.
- Anónimo (1978) Haciendas. En: *Enciclopedia de México*. 6: 348-356.
- Bazant J (1980) Cinco haciendas mexicanas. Colegio de México. México. 229 p.

- Byerlee D, Harrington L, Marko P (1980) Prácticas de los agricultores, problemas de producción y oportunidades para la investigación en la producción de cebada en el valle de Calpulalpan/Apan, México. *Documento de trabajo 80/5*. CIMMYT. México, D.F. 57 p.
- Byerlee D, Collins M (1980) Planeación de tecnologías apropiadas para los agricultores: conceptos y procedimientos. CIMMYT. México, D.F. 71 p.
- CDIA (1980) El cultivo del maíz en México. CDIA. México. 148 p.
- Charcas H, Aguirre JR, Olivares E (2000) Proceso de conformación agrícola de la región de Río Verde, San Luis Potosí, México. *Revista Geográfica*. 128: 105-117.
- Charcas H, Olivares E, Aguirre JR (2002) Agua de riego en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México. (Enviado a *Revista de Ingeniería Hidráulica en México*).
- Chevalier F (1976) La formación de los grandes latifundios en México. Fondo de Cultura Económica. México. 510 p.
- DGPEA (1978) Agenda técnica agrícola. San Luis Potosí. SARH. DGPEA. Chapingo, México. 114 p
- Doorman F (1991) La metodología del diagnóstico en el enfoque "Investigación Adaptativa". Universidad Nacional Heredia, Universidad Estatal de Utrecht, IICA. San José, Costa Rica. 301 p.
- Hernández JA (1983) El cultivo del maíz bajo riego en la zona media y altiplano de San Luis Potosí. *Folleto para Productores Núm. 3*. INIA-CIANOC-CAESAL. San Luis Potosí, S.L.P., México. 19 p.

- Hernández JA, Jasso C, Estrada J, Barrón JL (1988) Como producir maíz de riego en la zona media de San Luis Potosí. *Folleto para Productores Núm. 2*. INIFAP. CIFAP-SLP. San Luis Potosí, S.L.P., México. 7 p.
- Hill MO (1979a) DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell University Ithaca. New York. 52 p.
- Hill MO (1979b) TWINSPAN - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes. Cornell University Ithaca. New York. 90 p.
- INEGI (1994) San Luis Potosí. Resultados definitivos. VII. Censo agrícola-ganadero. INEGI. México. 955 p.
- INEGI (2000) Anuario Estadístico del Estado de San Luis Potosí. Edición 2000. INEGI. Gobierno del Estado de San Luis Potosí. México. 580 pp.
- INIA (1965) Guía para la asistencia técnica agrícola en México. SAG. INIA. México, D.F. 408 p.
- Laird RJ, Guillen M, Peregrina RP (1955) Fertilizantes comerciales y densidad óptima de población para maíz de riego en Guanajuato, Querétaro y Michoacán. *Folleto Técnico Núm. 16*. SAG. OEE. México, D.F. 63 p.
- Martínez JC (1981) Desarrollando tecnología apropiada a las circunstancias del productor: el enfoque restringido de sistemas de producción. *Reporte 1981*. CIMMYT. México, D.F. 28 p.
- Montañez C, Warman A (1985) Los productores de maíz en México: restricciones y alternativas. Centro de Ecología. México. 226 p.

- Perales H (1992) El autoconsumo en la agricultura de los popolucas de Soteapan, Veracruz. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 172 p.
- Perales H (1998) Conservation and evolution of maize in Amecameca and Cuautla valleys of Mexico. Ph.D. dissertation. University of California. Davis, California. 350 p.
- Tenorio L (1880) Datos estadísticos para el partido de Río Verde, del estado de San Luis Potosí, presentados a la Sociedad Agrícola Mexicana. *Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana*. 1(28): 452-454; 1(29): 477-479; 1(31): 515-520.
- Ter Braak CJF (1998) CANOCO – A FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis. Agricultural Mathematics Group. Wageningen. 95 p.

APÉNDICE A

COSTOS DE PRODUCCIÓN (PESOS) DEL CULTIVO DE MAÍZ PARA ELOTE Y GRANO EN CINCO COMUNIDADES  
DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P., MÉXICO

Zona/comunidad	Labores	Siembra	Escarda	Riego	Fertilización	Plagas	Cosecha	Total	
								Eloite	Grano
M. Media Luna									
S.J. Tapanco	683	210	541	395	757	191	795	2777	3572
Bombeo de pozos									
El Refugio	677	171	402	405	692	236	795	2583	3378
El Jabali	657	238	408	630	489	217	683	2639	3322
San Diego	885	209	514	520	411	186	576	2725	3301
V. Noviembre	625	209	502	565	768	186	721	2855	3576

## APÉNDICE B

Ordenación de variables relacionadas con costos de producción y distribución de la población realizada con DECORANA, en el cultivo de maíz elotero en la región de Rioverde, S.L.P.

Datos de elote estandarizado de 0 a 100

DCA Canonical axes:0 Covariables:0 Scaling:-3

DETR-POLY2

No transformation

Spec: Species scores

N	NAME	AX1	AX2	AX3	AX4	RANKED 1 FIG = 0.0544	RANKED 2 EIG = 0.0434	RANKED 3 EIG = 0.0312	RANKED 4 EIG = 0.0243
1	Labo	-0.2585	0.1557	-0.5309	-0.0876	Dima 0.9379	Esca 0.6185	Cosi 0.6107	Diel 0.6885
2	Disu	0.2632	-0.1979	0.1292	-0.0586	Disu 0.2632	Plag 0.3824	Fert 0.4466	Disu 0.5918
3	Dima	0.9379	0.2796	-0.1682	0.5918	Diel 0.2059	Dima 0.2796	Disu 0.3324	Dima 0.3085
4	Cosi	0.1911	0.1126	0.0969	-0.7509	Cosi 0.1911	Labo 0.1557	Rend 0.1684	Esca 0.1284
5	Diel	0.2059	0.0603	0.6107	-0.0121	Rend 0.0137	Cosi 0.1126	Plag 0.1292	Plag -0.0121
7	Esca	-0.0130	0.6185	0.0295	-0.1160	Esca -0.0130	Diel 0.0603	Labo 0.0969	Fert -0.0586
8	Rieg	-0.2224	-0.4827	0.3324	0.6885	Rieg -0.2224	Disu -0.1979	Diel 0.0295	Cosi -0.0876
9	Plag	-1.1651	0.3824	0.4466	0.3085	Labo -0.2585	Fert -0.3700	Dima -0.1682	Labo -0.1160
13	Fert	-0.3782	-0.3700	-1.0139	0.1284	Fert -0.3782	Rieg -0.4827	Esca -0.5309	Rieg -0.1896
14	Rend	0.0137	-1.2196	0.1684	-0.1896	Plag -1.1651	Rend -1.2196	Rieg -1.0139	Rend -0.7509

## APÉNDICE C

Ordenación de agricultores con base en 10 variables relacionadas con costos de producción y distribución de la población, en el cultivo de maíz elotero en la región de Rioverde, S.L.P.

Datos de elote estandarizado de 0 a 100  
 DCA Canonical axes:0 Covariables:0  
 DETR-POLY2  
 No transformation  
 Samp: Sample scores

Scaling:-3

N	AX1	AX2	AX3	AX4	RANKED 1 0.0544	RANKED 2 0.0434	RANKED 3 0.0312	RANKED 4 0.0243				
1	0.9101	-0.4314	-0.3170	-0.3523	44	1.3946	73	1.0750	51	1.0239	43	1.0183
2	0.3149	-0.3143	-0.4897	0.0235	36	1.3088	62	1.0660	8	0.9825	72	0.7042
3	0.3055	-0.4538	-0.5608	0.0145	12	0.9211	81	0.9670	15	0.8630	7	0.6873
4	0.6833	-0.1007	-0.1015	-0.0093	84	0.9162	54	0.8619	26	0.8524	30	0.5910
5	-0.2699	-0.3938	0.2570	0.2919	1	0.9101	84	0.8575	45	0.7948	41	0.5711
6	0.0332	0.0467	0.6338	-0.2371	83	0.8578	72	0.7828	40	0.7505	31	0.5229
7	0.0493	-0.4066	0.6958	0.6873	81	0.8448	71	0.7728	55	0.7191	42	0.5157
8	0.3757	0.3792	0.9825	0.1040	10	0.7598	57	0.7178	7	0.6958	74	0.5137
9	-0.4175	-0.5292	0.4189	0.2312	16	0.7141	69	0.7160	6	0.6338	34	0.4778
10	0.7598	0.3882	0.5182	-0.3832	4	0.6833	82	0.6015	72	0.6077	78	0.4659
11	0.2112	-0.3474	-0.0551	-0.3301	19	0.6708	41	0.5364	10	0.5182	77	0.4644
12	0.9211	0.2128	0.1609	-0.3664	72	0.6616	64	0.5178	53	0.5175	62	0.4294
13	0.2435	0.0607	-0.1762	-0.1438	49	0.6180	80	0.4973	74	0.4845	79	0.4224
14	0.0343	-0.4149	-0.1061	-0.5452	39	0.5388	74	0.4655	23	0.4779	19	0.4086
36	1.3088	0.2361	-0.4063	-0.3837	29	0.0962	16	0.1310	56	0.0457	66	0.1009
37	-0.8143	-0.0772	0.2692	-0.4086	24	0.0708	66	0.1098	44	0.0396	44	0.0880
38	0.4226	-0.8191	0.2466	0.1858	7	0.0493	76	0.0748	77	0.0277	15	0.0729
39	0.5388	-0.4275	-0.0078	-0.9055	78	0.0491	13	0.0607	64	0.0219	59	0.0493
40	-0.3378	0.0202	0.7505	0.3389	14	0.0343	61	0.0510	62	0.0186	28	0.0427
41	-0.0071	0.5364	-0.2441	0.5711	6	0.0332	6	0.0467	68	0.0072	17	0.0404
42	0.5360	-0.9575	0.2568	0.5157	76	-0.0066	26	0.0278	35	-0.0039	67	0.0239
43	0.4630	-0.7022	-0.4303	1.0183	41	-0.0071	40	0.0202	31	-0.0052	2	0.0235
44	1.3946	-0.1859	0.0396	0.0880	56	-0.0235	52	-0.0102	39	-0.0078	71	0.0205
45	-0.4626	-0.2229	0.7948	-0.0826	51	-0.0240	30	-0.0189	29	-0.0146	3	0.0145
46	-0.3607	-0.4608	-0.3974	0.3233	20	-0.0364	31	-0.0205	50	-0.0351	22	0.0138
47	-0.2861	-0.3064	-0.6741	0.1959	82	-0.0648	37	-0.0772	11	-0.0551	60	0.0091
48	0.5043	-0.4703	0.4673	-0.3141	27	-0.0824	83	-0.0820	4	-0.1015	4	-0.0093
49	0.6180	-0.0944	0.1117	-0.0693	79	-0.0837	78	-0.0870	14	-0.1061	26	-0.0214



## APÉNDICE C (Continúa)

N	AX1	AX2	AX3	AX4	RANKED 1 0.0544	RANKED 2 0.0434	RANKED 3 0.0312	RANKED 4 0.0243
72	0.6616	0.7828	0.6077	0.7042	9 -0.4175	68 -0.4605	43 -0.4303	37 -0.4086
73	-0.3037	1.0750	-0.2516	-0.3064	52 -0.4250	46 -0.4608	17 -0.4312	56 -0.4271
74	-0.1461	0.4655	0.4845	0.5137	69 -0.4384	48 -0.4703	66 -0.4439	53 -0.4701
75	-0.1953	0.3911	-0.2641	0.3662	45 -0.4626	25 -0.4780	27 -0.4631	70 -0.4738
76	-0.0066	0.0748	-0.7447	-0.0404	77 -0.6623	17 -0.4867	2 -0.4897	80 -0.4760
77	-0.6623	0.2007	0.0277	0.4644	66 -0.6649	9 -0.5292	59 -0.5325	14 -0.5452
78	0.0491	-0.0870	-0.2548	0.4659	18 -0.6712	15 -0.5860	3 -0.5608	68 -0.5622
79	-0.0837	0.4178	0.0575	0.4224	32 -0.6985	34 -0.6983	65 -0.6065	69 -0.6565
80	-0.0998	0.4973	-0.3256	-0.4760	26 -0.7772	43 -0.7022	28 -0.6159	82 -0.6987
81	0.8448	0.9670	0.2342	0.1205	65 -0.8130	38 -0.8191	47 -0.6741	32 -0.7530
82	-0.0648	0.6015	-0.1064	-0.6987	37 -0.8143	23 -0.8873	32 -0.6961	29 -0.8065
83	0.8578	-0.0820	0.2310	0.3936	63 -0.8848	21 -0.9469	57 -0.7045	51 -0.8283
84	0.9162	0.8575	-0.1965	0.2221	85 -0.9600	42 -0.9575	76 -0.7447	39 -0.9055
85	-0.9600	0.1557	0.2616	-0.3997	35 -1.1142	32 -0.9826	60 -0.9028	50 -0.9741

## APÉNDICE D

Clasificación jerárquica de variables de costos de producción y manejo del cultivo y productores de maíz elotero obtenida mediante TWINSPAN

Variables	Grupos de agricultores							Grupos de variables	
	7	6	5	4	3	2	1	2	1
224566714	56677857756781	111345882455677	47 112346	4 22422	313344556681133	3	226	33	8
0602357458	925123145939020462696413429064681578349818			3713245	328576778060174953		2781	01	95
3 Dima	4523535254222352555551563412444534233233-			5441544	51322335422333331		4332	44	21
5 Difr	33-33333133-5333343334453354333333333333			3333333	3333333313333434		3333	33	33
6 Digr	232212311222222212222222142221222221			2222222	21222221222-1222		2-21	22	22
4 Cos1	3423333434545544455553344555535324441-3			-244133	453354435335434545		4424	22	44
9 Pleg	14443423432332-12122-3222-12122-551222122			1323222	1455534424212--42		-23-	22	35
1 Labo	45641524554555224544424342354555251555254			4242255	55553455555445244		5555	32	55
2 Disu	3333333-33333455433335-5335333333-333333			45554-2	333343535-33333453		5353	35	33
7 Esca	4525455343555534221322343333212222222			3333345	2-332255545323344		4234	33	44
8 Rieg	2322212233132222123121213212323213111-212			4433315	2-3513423132225254		31-3	22	52
15 Pcco	1111--11212221121312122122311123222253-3			3254455	241222212221232352		3321	21	32
10 Nitr	-12221-335-----4--32-1-213333233123-2322-3			51-4233	554455545555452553		3245	22	12
13 Fert	312-12--22-132-2--22-1-113322253112-1211-2			32-3123	353335555443243343		3943	33	21
14 Rend	1-11--112122212231312133-2221-225421253413			4455555	553233412321441444		4411	21	52
11 Fosf	-----4-----			4455555	-----4		5453	33	24
12 Pota	-----4-----			4455555	-----4		5453	33	24
0000000000	0000000000000000000000000000000000000000			0000000	0000000000000000		1111	11	11
0000000000	0000000000000000000000000000000000000000			1111111	1111111111111111		0000	00	11
0000000000	1111111111111111111111111111111111111111			0000000	1111111111111111		0000	11	
0111111111	00000000000000111111111111111111111111			0000011	0000000000011111		0000	11	
0000111111	00000000011111000000000000000000000000			01111	00111111111000001		0011	11	
00011	0000000111000010000000000111111100011111				000111111100001				

## Capítulo 4

### AGUA DE RIEGO EN LA REGIÓN DE RIOVERDE, SAN LUIS POTOSÍ, MEXICO

#### Resumen

La región de Rioverde cuenta con 15132 ha bajo riego, las cuales se abastecen de dos fuentes: a) Manantial de la Media Luna y manantiales menores, con un caudal aproximado de  $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . b) Pozos; incluyen 239 pozos profundos y 67 a cielo abierto, de los cuales se extraen 74 millones de  $\text{m}^3 \text{ año}^{-1}$ . Las aguas de ambas fuentes presentan fuerte variación en la composición y concentración de las sales que llevan disueltas. El uso de estas aguas para riego afecta de manera distinta las propiedades físicas del suelo, los equipos de riego y el crecimiento de las plantas, lo cual se refleja en el rendimiento y rentabilidad de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue interpretar las propiedades químicas usando datos de los análisis de aguas de los laboratorios que han trabajado en la región de Rioverde, S.L.P. Los datos de análisis de aguas se recopilieron de los laboratorios del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas y del Distrito de Desarrollo Rural 130. Con base en valores promedio de conductividad eléctrica, relación de adsorción de sodio (RAS), pH y iones, se construyeron cuadros que sintetizan las características químicas de las aguas. Las muestras con datos completos, se sometieron a un análisis multivariable de ordenación

mediante componentes principales. Los resultados indican que las aguas de la región de estudio corresponden a los grupos Sulfatadas cálcicas y Bicarbonatadas cálcicas. Asimismo, Las aguas de mejor calidad se distribuyen en la zona sur; mientras que las de peor calidad se encuentran en la zona norte.

**Palabras clave:** riego, calidad del agua de riego, agua subterránea, manantiales, bombeo de pozos, acuíferos, hidrogeoquímica, Rioverde, S.L.P.

### **Abstract**

Approximately 15,132 ha of farmland in the region of Rioverde is irrigated, principally from two sources, the Manatíal de la Media Luna (which provides 7 m<sup>3</sup>/s of water) and from a series of small wells. The latter consist of 239 deep wells and 67 shallow wells, which together produce 74,000,000 m<sup>3</sup> per year. Water from both sources varied greatly in their composition and concentrations of salts in solution. The use of this water for irrigation had distinct effects on the physical and chemical properties of the soil, on the irrigation equipment and on plant growth, which were reflected in the productivity and profitability of the crops grown. The objective of this work was to characterize the quality of the water used for irrigation and its impact on agricultural production. Data were compiled from samples analyzed in the laboratories of the Instituto de Investigación de Zonas Desérticas and the Distrito de Desarrollo Rural #130. Average values for electrical conductivity, sodium absorption ratio, pH, cations and anions were obtained and organized in tables to determine classes of water as determined by their chemical characteristics. Later those data, which were complete for the chemical characteristics listed above, were categorized using multivariate ordination techniques. The results indicated that the water in the

region corresponded to the following geochemical groups: with calcium sulfates and with calcium bicarbonates. The best quality water for irrigation came from the spring and wells in the south of the region while the poorer quality waters occurred in the north.

**Key words:** Irrigation; irrigation water quality; groundwater; springs; pumping; aquifers; hydrogeochemistry; Rioverde, S.L.P.

## **Introducción**

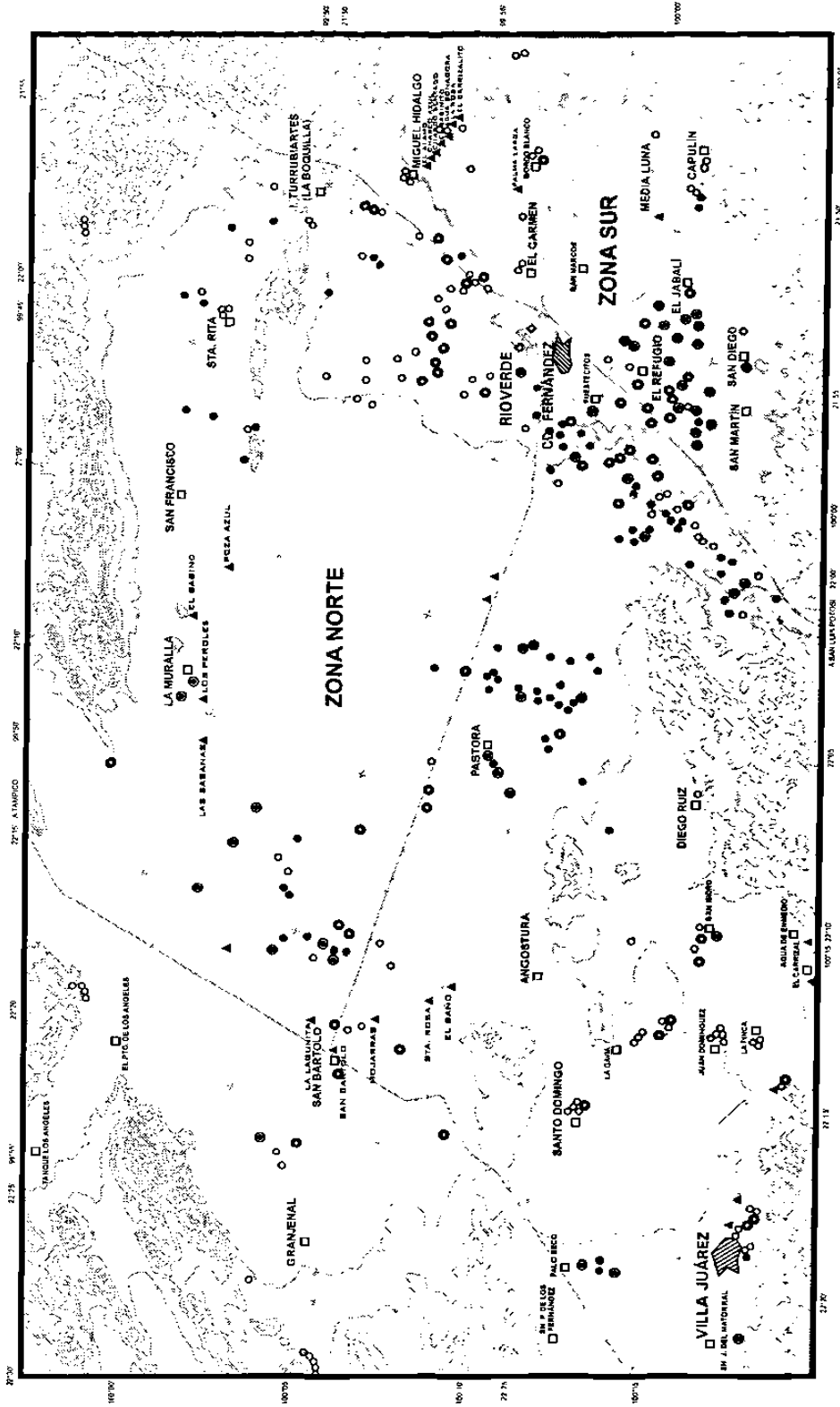
### **Localización del área de estudio**

Los municipios de Rioverde y Ciudad Fernández conforman la región agrícola de Rioverde, la cual es una de las más importantes del estado de San Luis Potosí. Es una llanura que se extiende 60 km de norte a sur y 35 km de este a oeste; está limitada hacia el este por las pequeñas sierras del Cordón de San Francisco y La Boquilla; hacia el oeste por el sistema de sierras de La Noria, Cieneguilla, San Diego y Jabalí; por el norte están los cerros Vetado y de Angostura; al sur el cerro de la Campana y la sierra de La Lágrima (Ilustración 1). Esta región comprende una superficie de labor de 49495 ha, de las cuales 15132 cuentan con agua para riego (INEGI, 1994). En el área de riego, los cultivos predominantes son: naranjo, jitomate, chile, tomate, calabacita, maíz elotero y alfalfa.



El área irrigada se abastece del agua subterránea, la cual proviene de dos fuentes (Ilustración 2):

a) Manantial de la Media Luna y manantiales menores. La Media Luna se encuentra al sur de la ciudad de Rioverde, y los manantiales menores por todo el valle. Brotan de la formación caliza El Doctor, la cual se considera el acuífero más importante, pues aporta un caudal de alrededor de  $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , con el cual se riegan aproximadamente 4500 ha. La Media Luna es el manantial más abundante; arroja un gasto promedio de  $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , que se utiliza para regar 3937 ha, ubicadas en el Distrito de Riego 049, conformado por ejidos y pequeñas propiedades. El agua se distribuye por medio de cuatro canales principales: i) el Principal, que corre hacia el norte y riega las tierras del Distrito de Riego 049; ii) el Potrero de Palos y el Capulín, que se dirigen al sur y riegan las tierras del ejido El Capulín; y iii) el San José, que va hacia el sureste y abastece a los ejidos Bordo Blanco, Obrajero, Huizachal, Plazuela, Riachuelo y San José del Tapanco. Los manantiales menores comprenden tres grupos: i) Charco Azul, Charco Sentado, El Sabinito, El Alamo, Agua Sonadora, La Rosa, El Carrizalito y Palma Larga, con los cuales se proveen de agua para riego los ejidos Laborcilla, Paso Real, Santa Isabel y Obrajero; ii) Los Peroles, Las Sabanas, El Sabino y Poza azul, que abastecen de agua para riego y/o aguajes de los poblados de San Francisco y La Muralla; y iii) El Baño, Santa Rosa, Mojarras, San Bartolo y La Lagunita, que se utilizan como aguajes y/o para pequeños regadíos de los poblados de San Bartolo y Angostura (Alvarado, 1973; SARH, 1979; Montañez, 1992).



**Ilustración 2.**  
 Localización de manantiales y pozos en la región de Rioverde, S.L.P., México.



b) Pozos. Están perforados en un acuífero de medio granular, que se distribuye de la manera siguiente: i) Zona norte; comprende el área entre los poblados de San Bartolo y San Francisco, en el límite septentrional, y los de Colonia Veinte de Noviembre y Miguel Hidalgo, en el meridional. ii) Zona sur; abarca el área localizada al oeste del canal Principal del Distrito de Riego 049 y una franja de terreno de la margen izquierda del río Verde, que va desde el ejido de Labor Vieja hasta el de Colonia Veinte de Noviembre. El agua de este acuífero se aprovecha mediante 239 pozos profundos y 67 a cielo abierto, equipados con motores eléctricos y de combustión interna y bombas de diferentes capacidades. La recarga se calcula que es alrededor de 66.2 millones de  $m^3$  año<sup>-1</sup>. Anualmente se extrae un volumen de 74 millones de  $m^3$ , por lo que se considera que el acuífero está sobrexplotado (Alvarado, 1973; SARH, 1979; Montañez, 1992).

### **Geología general**

La región está formada por rocas sedimentarias de origen marino y continental; además, por rocas ígneas extrusivas del terciario. Las rocas sedimentarias de origen marino forman las sierras altas que circundan la planicie del río Verde y las sierras bajas localizadas en los bordes de la misma. Estructuralmente, forman plegamientos anticlinales normales y recumbentes, con ejes orientados en una dirección noroeste-sureste y buzamiento hacia el suroeste. Los depósitos sedimentarios continentales son de dos tipos: clásticos de ambiente lacustre y fluvial, representados por gravas, arenas, limos y arcillas; y químicos, representados por travertino, caliches y tierras silíceas. Las

rocas ígneas están representadas por lavas riolíticas y basálticas (SARH, 1979; Labarthe *et al.*, 1989).

### **Estratigrafía**

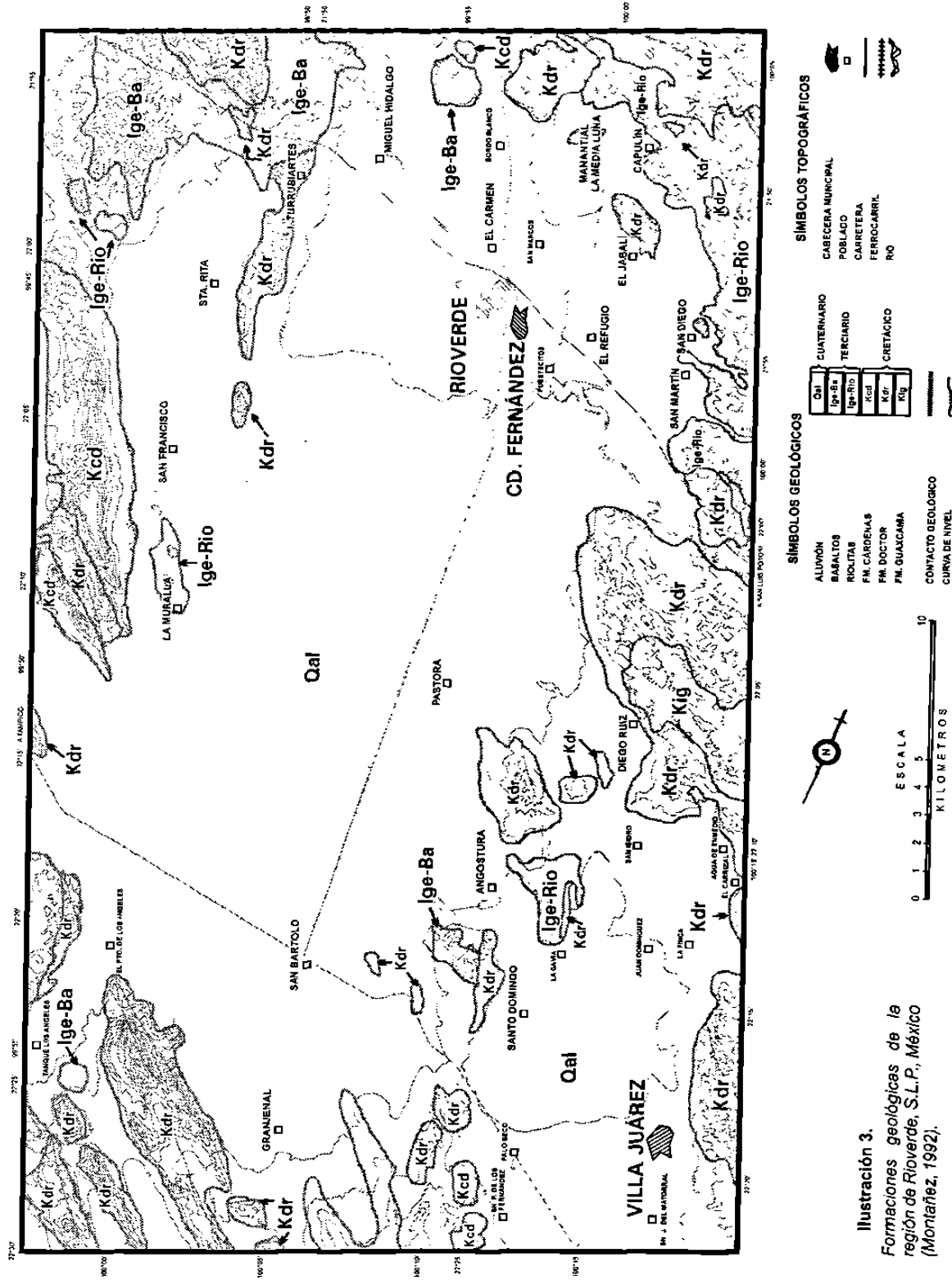
En la región aflora una secuencia integrada de la siguiente manera (Ilustración 3): formaciones sedimentarias marinas del jurásico y cretácico; formaciones ígneas y sedimentos continentales del terciario; así como basaltos y aluviones del cuaternario (SARH, 1979; Labarthe *et al.*, 1989).

### **Jurásico**

Este período está representado por la formación Huayacocotla, la cual aparece en un pequeño afloramiento ubicado en el camino de San José de las Flores a Alamos. Consiste en una intercalación de lutitas con areniscas; las capas presentan numerosos pliegues *chevron* y recostados. La formación Huayacocotla subyace discordantemente a la formación El Doctor, por lo que se le considera la unidad más antigua de la región. Se le atribuye una edad del sinemuriano-pliensbaquiano (Labarthe *et al.*, 1989).

### **Cretácico inferior**

La formación con esta edad se denomina Guaxcamá, y está constituida por yesos estratificados. Intercaladas entre los yesos, se encuentran capas de calizas dolomíticas, las cuales llegan a formar bancos gruesos. En la parte inferior de esta formación, interestratificadas entre los yesos, se encuentra un cuerpo de calizas microcristalinas y de calizas dolomíticas, fuertemente fracturadas. Se le atribuye una edad del aptiano (INEGI, 1985).



**Ilustración 3.**  
Formaciones geológicas de la  
región de Rioverde, S.L.P., México  
(Montañez, 1992).

### **Cretácico medio**

En toda la región aflora la formación El Doctor (facie San Joaquín). Al norte, forma los cerros de San Bartolo y Angostura; al este, la sierra de la Boquilla; al sureste, la sierra de las Lágrimas; al noroeste, la sierra de la Noria; al oeste, los cerros ubicados al pie de las sierras de Cieneguilla, San Diego y Jabalí; al sur, los cerros de la Capilla, Calera y Palomas. La formación El Doctor está constituida por capas de calizas con abundantes restos de microfósiles y huellas de disolución. En algunas capas, se presentan nódulos de pedernal, así como líneas estilolíticas. Las calizas pueden ser criptocristalinas, clásticas, dolomíticas y arrecifales. Las estructuras que forma son pliegues anticlinales y sinclinales de orientación NW-SE. Con base en los afloramientos del área, se estima que su espesor puede ser del orden de los 2000 m. Se le considera del albiano-genomaniano (SARH, 1979; Labarthe *et al.*, 1989).

### **Cretácico superior**

Al noreste de la sierra de la Boquilla, aflora la formación Cárdenas perteneciente a este subperíodo, la cual descansa concordantemente sobre la formación El Doctor. La formación Cárdenas está integrada por capas de calizas arcillosas intercaladas con lutitas. Debido a su alto contenido de arcilla, es atacada fácilmente por los agentes del intemperismo y la erosión, por lo que sólo se ha conservado en las partes bajas, donde ha quedado protegida. El espesor de esta formación se calcula en unos 200 m. Se le atribuye una edad del campaniano-maestrichtiano (SARH, 1979, INEGI, 1985).

### **Terciario**

Este período está representado por derrames riolíticos y basálticos de gran extensión, así como por depósitos tobáceos de poca extensión. Los derrames riolíticos se localizan principalmente al oeste del área de estudio, donde forman una capa extensa con dirección general NW-SE, la cual llenó todas las barrancas y hondonadas preexistentes. Algunas veces los derrames son de gran potencia y forman elevaciones como el cerro de Alisos; sin embargo, dejan descubiertas algunas eminencias de la formación El Doctor. Estos afloramientos corresponden generalmente a riolitas, aunque existen algunas áreas con afloramientos de tobas riolíticas. Las riolitas son rocas poco intemperizadas y presentan una matriz de fina a media de feldespato y ferrocristales de cuarzo, plagioclasa y ocasionalmente biotita. Las tobas riolíticas contienen cristales de cuarzo y plagioclasa en una matriz de textura arenosa. Con base en su posición estratigráfica y características litológicas, se les asigna una edad del mioceno. Los basaltos presentan una textura porfídica, y están constituidos por fenocristales de plagioclasa; en algunas zonas se les encuentra con abundante olivino (SARH, 1979, INEGI, 1985).

### **Cuaternario**

Los depósitos aluviales de este período consisten en gravas, arenas, limos y arcillas de origen calizo e ígneo, que provienen de los afloramientos vecinos (SARH, 1979; INEGI, 1985; Labarthe *et al.*, 1989).

Según su origen, los sedimentos se distribuyen de la siguiente manera: i) Clásticos. Los conglomerados afloran en los bordes de la planicie. En la porción oriental, están constituidos por fragmentos arredondados de caliza, incluidos en

una matriz de arcilla y arena, con caliche como cementante; estos materiales descansan sobre calizas cretácicas, están cubiertos por basaltos y aluviones y se les ubica en el pleistoceno, aunque pudieran ser del plioceno (SARH, 1979). En la margen occidental, existen afloramientos aislados de fragmentos redondeados a subredondeados de rocas volcánicas; se considera que son del cuaternario, aunque pueden pertenecer a la parte tardía del mioceno (Labarthe *et al.*, 1989). En la margen izquierda del río Verde, los sedimentos están compuestos de arcillas, tobas silíceas porosas y clásticos de caliza y caliche, los cuales fueron depositados en un ambiente lacustre, por lo que predominan los elementos finos. En la margen derecha, el espesor conocido de los materiales de relleno es alrededor de 184 m, y sus componentes son de una alternancia de capas de arcillas, arenas y gravas, con una cobertura de tobas areno arcillosas con evidencias de calcificación, y conglomerados y tobas pumíticas. ii) Químicos. El travertino se encuentra a lo largo del río Verde y en el área comprendida entre Rioverde y Plazuela; este material está constituido por cuerpos porosos, bien estratificados. El caliche se presenta con una distribución irregular y cubre las rocas calcáreas de las partes bajas de las sierras (Alvarado, 1973; Montañez, 1992).

### **Hidrología subterránea**

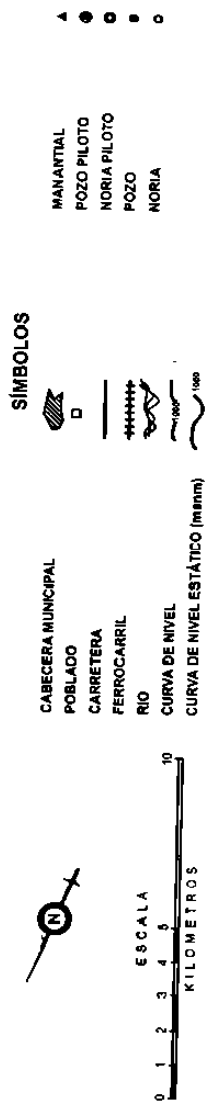
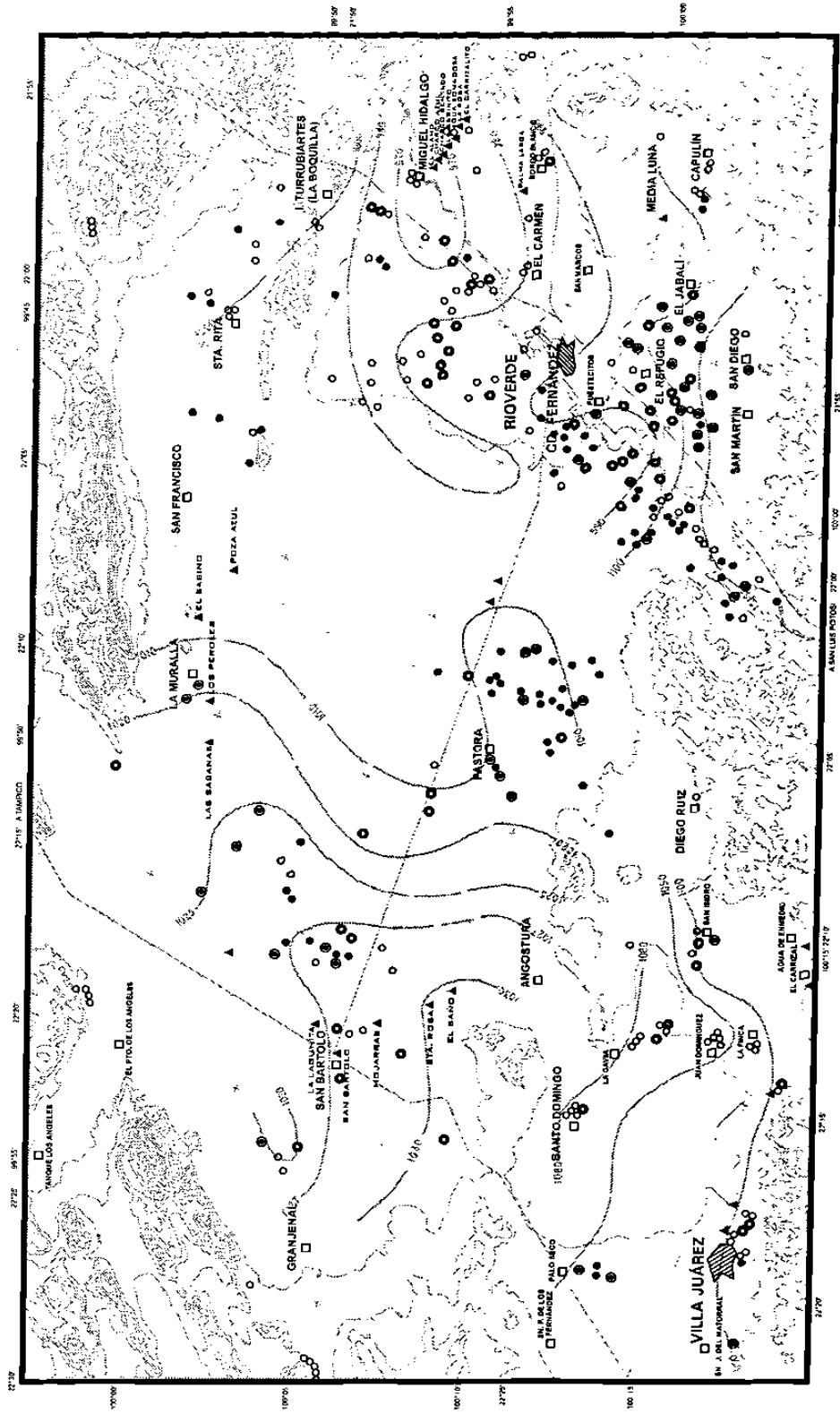
La región de Rioverde presenta una gran diversidad de características geohidrológicas que favorecen el aprovechamiento de las aguas subterráneas, incluyendo acuíferos en calizas cretácicas y granulares en depósitos aluviales.

### **Acuífero granular**

La recarga de este acuífero proviene fundamentalmente de la escorrentía de las sierras localizadas al occidente de la planicie. La descarga se efectúa a través de pozos y manantiales, los cuales están ubicados en aluviones. La configuración del nivel estático indica que el flujo del agua tiene una orientación noroeste-sureste (Ilustración 4). Las fronteras laterales e inferiores son las formaciones El Doctor, Cárdenas y rocas riolíticas (SARH, 1979).

En el área comprendida entre las localidades de San Bartolo, Diego Ruiz y San Francisco, las aguas provienen de la región cárstica del occidente, situada entre las sierras El Tablón, Picacho de la Cabra, Orejón, Bellaseña y La Noria. Las aguas son yesosas y presentan altos contenidos de sales, por lo que son las de menor calidad (Medina, 1966; Villalobos, 1974).

En la margen izquierda del río Verde, la formación granular está constituida principalmente por material de relleno depositado en un medio lacustre, por lo que se le considera de baja permeabilidad; además, existe una extensa cobertura de cuerpos calichosos de 1 a 17 m de espesor, que impide la recarga vertical del acuífero. El flujo del agua sigue una dirección paralela al río (SARH, 1979). En esta área también predominan las aguas yesosas, con altos contenidos de sales (Villalobos, 1974).



**Ilustración 4.**  
*Configuración del nivel piezométrico en la región de Rioverde, S.L.P., México (Montañez, 1992).*



En la margen derecha los depósitos son más permeables, pues presentan una granulometría más gruesa; asimismo, están ausentes la cobertura calichosa y los derrames de lavas basálticas. El flujo del agua se dirige hacia el río Verde. Destacan en forma notoria las aguas Bicarbonatadas cálcicas, con bajo contenido de sales, lo cual se explica por la naturaleza de los materiales que conforman el acuífero, y el poco tiempo de contacto del agua con los materiales (Montañez, 1992).

### **Acuífero calcáreo**

La caliza de la formación El Doctor se encuentra muy fracturada y cavernosa, debido a la disolución del carbonato de calcio; su excelente permeabilidad y amplia distribución propician zonas de captación que se ven favorecidas por conductos de disolución de donde brotan numerosos manantiales. La recarga de este acuífero es regional y proviene principalmente de las partes altas de la sierra de Alvarez. La descarga es por el manantial de la Media Luna y otros manantiales menores (Ilustración 4), los cuales arrojan un caudal total de alrededor de  $7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (SARH, 1979).

### **Aprovechamiento del agua subterránea**

La agricultura es de gran importancia y se sustenta fundamentalmente en las aguas subterráneas procedentes de acuíferos granulares y calizos. Los acuíferos granulares tienen baja potencialidad y en algunas áreas contienen agua de mala calidad. Los acuíferos calizos generan manantiales caudalosos, entre los que destaca el de la Media Luna (INEGI, 1985).

### **Manantial de la Media Luna**

El aprovechamiento de la Media Luna se inició en 1617, al fundarse la misión franciscana de Rioverde. La obra de riego consistió en la excavación de una acequia (acequia Rioverde) que permitió derivar y conducir el agua hasta los huertos y sembradíos del pueblo de Rioverde (Velázquez, 1987). Posteriormente, en 1731 se inició la construcción de otra acequia (acequia Villana), con el propósito de regar las tierras que estaban alrededor de Ciudad Fernández (Verástegui, 1979). Asimismo, la hacienda del Jabalí abrió dos acequias para regar las tierras que poseía al sur del manantial (acequias El Capulín y Potrero de Palos). En los años cuarenta, los ejidos ubicados al sur y sureste del valle obtuvieron derechos para aprovechar las aguas del manantial, para lo cual construyeron un quinto canal (acequia San José).

Finalmente, en 1980 se estableció el Distrito de Riego 049, para lo cual se juntaron las aguas de las acequias Rioverde y Villana en un solo canal (canal Principal) y se construyó una red de canales secundarios. A la vez, se construyó un sistema de drenes para disminuir el nivel del manto freático y prevenir problemas de ensalitramiento del suelo. Con estas obras, fue posible regar prácticamente todas las tierras ubicadas entre la margen derecha del río Verde y el manantial de la Media Luna, unas 4800 ha.

### **Pozos**

Alrededor de 1950 se inició el aprovechamiento del agua subterránea con propósitos de riego. Generalmente, los pozos se excavaban manualmente (pozos a cielo abierto), a una profundidad menor de 15 m. El equipo de bombeo

consistía en motores de combustión interna, de alrededor de 10 caballos de potencia, y bombas centrífugas con tubo de succión de 3 o 4 pulgadas.

Para 1966 se contaba con 226 pozos, de los cuales 179 (79.2%) eran a cielo abierto y 47 (20.8%) profundos, perforados a más de 50 m. Con estos pozos se regaban 4348 ha, principalmente sembradas con chile, jitomate, algodón, frijol y cítricos (Aleman, 1966; SRH, 1966).

En 1987 existían 306 pozos, de los cuales 239 (78.1%) eran profundos y sólo 67 (21.9%) a cielo abierto. Los pozos profundos estaban equipados con bombas cuyo diámetro de succión variaba entre 3 y 8 pulgadas. La superficie de riego era de 7942 ha, en la cual se producía principalmente naranja, alfalfa, maíz, jitomate, chile, tomate y calabacita (información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua y el Distrito de Desarrollo Rural 130).

### **Clasificación del agua para riego**

La calidad del agua para riego se define con base en los siguientes factores generales: i) composición química del agua, ii) tolerancia de los cultivos a las sales, iii) propiedades de los suelos, iv) condiciones de manejo de suelos y aguas, y v) condiciones climáticas (Kovda *et al.*, 1967; Richards, 1973; Palacios y Aceves, 1994).

En el presente trabajo, la calidad del agua se define sólo con base en sus características químicas, pues el área de estudio presenta una gran diversidad en cuanto a cultivos, suelos y prácticas de manejo de suelo y agua. Así, en forma más limitada, se reconoce que la calidad del agua para riego se define con base en los siguientes criterios: i) contenido de sales solubles, ii) efecto

probable del sodio sobre las características físicas de los suelos, y iii) contenido de elementos tóxicos para las plantas (Palacios y Aceves, 1994; Fipps, 1996).

El sistema de clasificación del agua para riego más utilizado es el propuesto por el Laboratorio de Salinidad de Estados Unidos en 1954, el cual ha sufrido algunas modificaciones (Kovda *et al.*, 1967; Fipps, 1996).

El contenido de sales solubles en el agua de riego se determina en forma indirecta midiendo su conductividad eléctrica (CE). La CE se expresa en micromhos  $\text{cm}^{-1}$  a  $25^{\circ}\text{C}$  ( $\text{CE} \times 10^6$ ). Los límites entre las diferentes clases de CE y la calificación correspondiente, son los siguientes (Fipps, 1996): 0 a 250, Excelente (C1); 250 a 750, Buena (C2); 750 a 2000, Permisible (C3); 2000 a 3000, Dudosa (C4); >3000, Impropia (C5).

El efecto probable del sodio sobre las características físicas de los suelos se estima en dos formas: a) Relación de adsorción de sodio (RAS). La RAS se calcula con la fórmula:  $\text{RAS} = \text{Na} / \sqrt{((\text{Ca} + \text{Mg})/2)}$ , donde todos los valores se expresan en  $\text{meq l}^{-1}$ . La amplitud de variación de la RAS se divide en cuatro clases (Fipps, 1996): 1 a 10, Baja (S1); 10 a 18, Media (S2), 18 a 26, Alta (S3); y >26, Muy alta (S4). b) Carbonato de sodio residual (CSR). El CSR se calcula con la fórmula:  $\text{CSR} = (\text{CO}_3 + \text{HCO}_3) - (\text{Ca} + \text{Mg})$ , donde todos los valores se expresan en  $\text{meq l}^{-1}$ . La amplitud de variación del CSR se divide en tres clases con sus calificaciones respectivas: < 1.25, Buena; 1.25 a 2.5, Condicionada; y > 2.5, No recomendable (Richards, 1973; Palacios y Aceves, 1994).

Los elementos tóxicos para las plantas que más a menudo contienen las aguas son: boro, ión cloruro, litio y sodio. La clasificación del agua con base en

el contenido del ión cloruro ( $\text{meq l}^{-1}$ ) es la siguiente: < 1.0, Buena; 1.0 a 5.0, Condicionada; y > 5.0, No recomendable (Palacios y Aceves, 1994).

El objetivo del presente trabajo fue interpretar las propiedades químicas usando datos de los análisis de aguas de los laboratorios que han trabajado en la región de Rioverde, S.L.P.; por lo tanto, se cumple parcialmente con el tercer objetivo que se mencionó en la introducción general.

Para el cumplimiento del objetivo anterior, se probó la hipótesis siguiente: los datos de análisis de aguas se utilizan para interpretar las propiedades químicas de las mismas, por lo que su estudio permite reconocer los efectos del riego en la fertilidad del suelo.

### **Materiales y métodos**

Durante los últimos 40 años, los laboratorios de dos instituciones han acumulado datos de análisis de una gran cantidad de muestras de aguas provenientes de los manantiales y pozos de la región de estudio. En total se recopilaron los datos de 1220 análisis de aguas, los cuales pertenecen a los laboratorios siguientes: 1) Instituto de Investigación de Zonas Desérticas (IIZD) de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, donde en el lapso de 1961 a 1985 se analizaron 215 muestras. Estos análisis comprenden datos de conductividad eléctrica, pH,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^-$  y  $\text{Cl}^-$ . 2) Distrito de Desarrollo Rural 130, en cuyo laboratorio de 1980 a 1997 se analizaron 1005 muestras de agua, de las cuales 911 sólo contienen datos de conductividad eléctrica, pH,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y RAS; las 94 restantes, también incluyen información sobre  $\text{SO}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{HCO}_3^-$ . Después de recopilar la información anterior, se utilizó la carta geológica (CETENAL, 1973) para ubicar los pozos y

manantiales donde fueron tomadas las muestras y obtener información sobre las formaciones geológicas en que están localizados. Asimismo, se hicieron recorridos de campo para verificar la localización de dichos puntos de muestreo. Con base en el trabajo precedente, se juzgó pertinente utilizar sólo los análisis que presentaban referencias suficientes para la localización de los puntos de muestreo. La información primeramente se procesó en la hoja de cálculo Excel 97 para Windows 98. Con base en la clasificación de Richards (1973), modificada por Fipps (1996), se elaboraron cuadros con los valores promedio de conductividad eléctrica, RAS, pH y cloruros (Cl<sup>-</sup>). Posteriormente, las 94 muestras que contaban con datos de conductividad eléctrica, RAS, pH y los principales cationes y aniones, se sometieron a un análisis multivariable de ordenación mediante componentes principales, contenido en el paquete computacional CANOCO (ter Braak, 1988).

## **Resultados y discusión**

### **Manantiales**

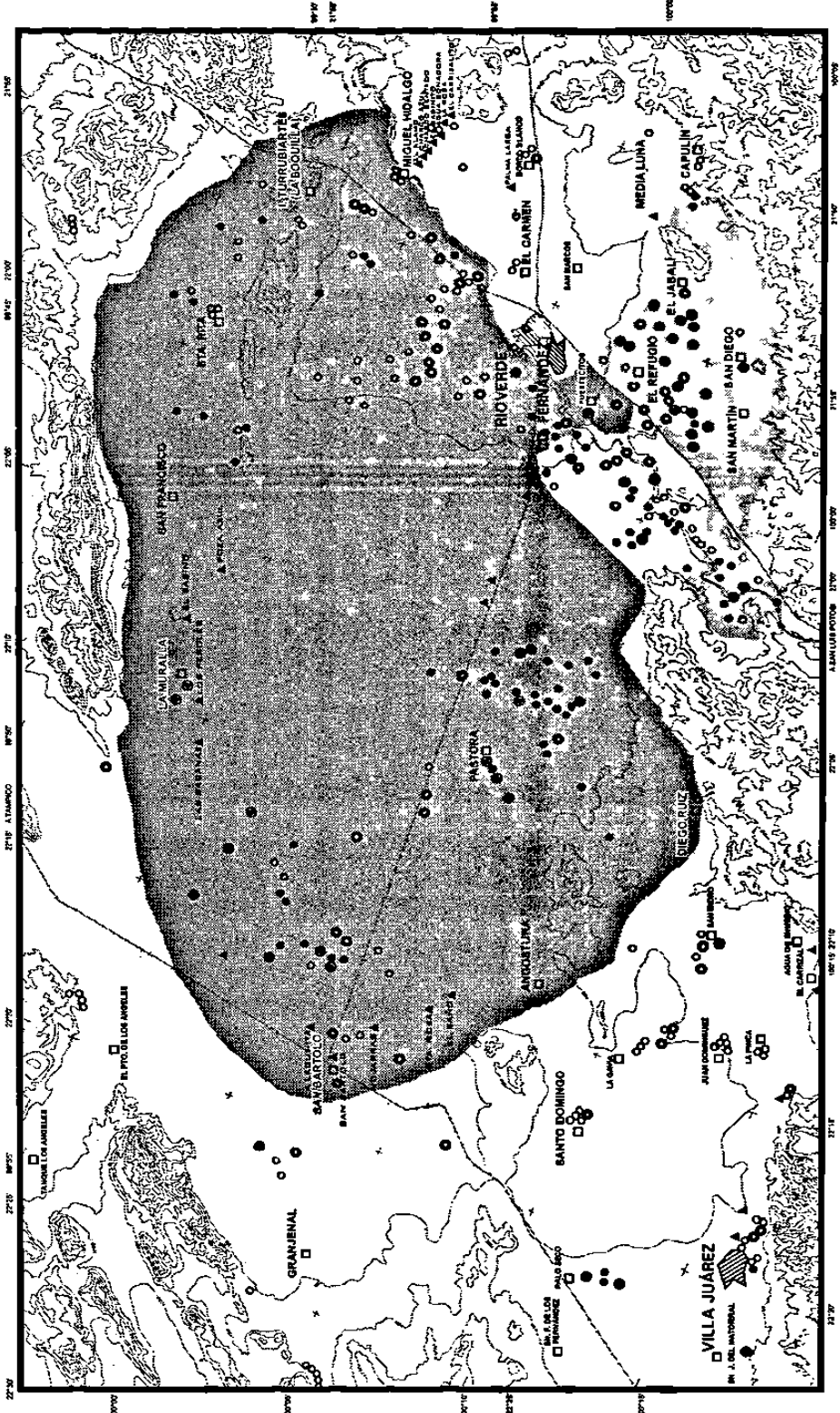
Con base en su ubicación geográfica y la calidad del agua, los manantiales del área de estudio pueden agruparse en dos zonas: a) Norte, comprende los manantiales situados entre los poblados de San Bartolo, Angostura y San Francisco. b) Sur, incluye La Media Luna, Los Ateojitos y los pequeños manantiales ubicados entre los poblados de El Carmen, Miguel Hidalgo y Bordo Blanco (Ilustraciones 2 y 5).

Los análisis considerados son 109 y corresponden a doce manantiales y a diferentes fechas de muestreo; el mayor número pertenece a la Media Luna (79) y Los Anteojitos (17). Los valores de conductividad eléctrica, RAS y pH de

las clases de agua se presentan en el Cuadro 1. En la zona norte, la concentración de sales es alta, pues la conductividad eléctrica varía desde 2359 a 3195 micromhos  $\text{cm}^{-1}$  a 25°C. Sin embargo, los valores de la RAS son bajos. Por otra parte, los valores del pH son ligeramente alcalinos. Las amplitudes de variación de la conductividad eléctrica y la RAS indican que las aguas de los manantiales de esta zona corresponden a las clases C4S1 y C5S1. El agua de la clase C4S1 puede usarse para riego siempre y cuando se trate de cultivos muy tolerantes a las sales, se aplique en abundancia y el drenaje del subsuelo sea adecuado (Fipps, 1996).

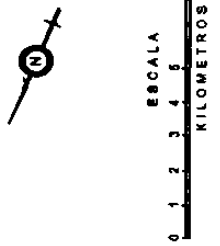
En los manantiales de la zona sur la concentración de sales es menor, pues la conductividad eléctrica varía de 1650 a 1980 micromhos  $\text{cm}^{-1}$  a 25 °C. Asimismo, la RAS es muy baja, y se presenta en una amplitud de 0.1 a 0.2. El pH varía desde ligeramente ácido a ligeramente alcalino. Los valores de la conductividad eléctrica y la RAS indican que las aguas de esta zona pertenecen a la clase C3S1. Esta clase de aguas puede usarse para riego en suelos con buen drenaje y prácticas especiales de control de la salinidad; asimismo, para cultivos tolerantes a las sales (Richards, 1973; Palacios y Aceves, 1994; Fipps, 1996).

El área del Distrito de Riego 049 cuenta con una red de cuatro drenes principales de alrededor de tres metros de profundidad, los cuales permiten eliminar el exceso de agua de los suelos con textura arcillosa; además, como el agua de la Media Luna y manantiales menores cuesta muy poco, los agricultores acostumbran aplicar fuertes láminas de riego. Por lo anterior, hasta la fecha no se han presentado problemas de salinidad en el suelo.



**SÍMBOLOS**

	CABECERA MUNICIPAL
	POBLADO
	CARRIETERA
	FERROCARRIL
	RIO
	CURVA DE NIVEL
	MANANTIAL
	POZO PILOTO
	NORIA PILOTO
	POZO
	NORIA
	CLASE DE AGUA
	C181 Ó C281
	C381
	C481 Ó C581



**Ilustración 5.**  
 Distribución de las clases de agua de manantiales y pozos de la región de Rioverde, S.L.P., México.



CUADRO 1

VALORES DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA, RELACIÓN DE ADSORCIÓN DE SODIO, pH Y CLASE DE AGUA EN DIFERENTES MANANTIALES DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona/Manantial*	CE x 10 <sup>6</sup> (μmhos cm <sup>-1</sup> ) a 25 °C	Relación de adsorción de sodio	pH	Clase de agua
Norte				
Santa Rosa (1)	3195	0.4	7.3	C5S1
La Lagunita (1)	2875	0.2	7.8	C4S1
Los Baños (1)	2449	0.3	8.1	C4S1
Los Peroles (4)	2359	0.3	7.6	C4S1
Sur				
Media Luna (79)	1650	0.1	7.2	C3S1
Anteojitos (17)	1738	0.1	7.3	C3S1
Palma Larga (1)	1885	0.2	7.2	C3S1
Charco Azul (1)	1980	0.1	7.8	C3S1
Agua Sonadora (1)	1680	0.1	6.5	C3S1
El Sabino (1)	1800	0.2	6.5	C3S1
El Carrizalito (1)	1800	0.1	6.5	C3S1
La Rosa (1)	1800	0.1	6.5	C3S1

\* Entre paréntesis se anota el número de muestras consideradas para cada manantial. En el caso de los manantiales Los Peroles, Media Luna y Anteojitos, los valores de los atributos corresponden a los promedios.

Las aguas de todos los manantiales considerados presentan valores en el contenido del ión cloruro que varían entre 1 y 5 meq l<sup>-1</sup>, lo cual las ubica en la clase de agua calificada como Condicionada (Cuadro 2). Sin embargo, los cultivos que se siembran en la región son relativamente tolerantes a este ión, y como ya se señaló para el caso del Distrito de Riego 049, se aplican fuertes láminas de riego y se cuenta con buen drenaje, por lo que tampoco se han apreciado problemas con cloruros.

En relación con el carbonato de sodio residual (CSR), todas las aguas muestran valores de cero o negativos, por consiguiente, se les considera en la clase calificada como Buena.

Según el Diagrama Triangular de Piper (citado por González-Reyes, 1993), las aguas de todos los manantiales corresponden al grupo Sulfatadas Cálcidas (Ilustración 6), lo cual indica que tienen el mismo origen; sin embargo, se observa que los manantiales de la zona norte presentan los valores más altos para estos iones (Cuadro 3). Lo anterior parece deberse a que la zona de recarga de todos los manantiales se ubica en formaciones calizas, pero antes de que las aguas broten en el valle, cruzan por substratos geológicos de distinta naturaleza. Así, las aguas de la zona norte fluyen por oquedades dentro de yesos y brotan en aluviones, mientras que las de la zona sur lo hacen a través de calizas y aluviones (Medina, 1966; SARH, 1979; Montañez, 1992). Con base en lo anterior, se puede afirmar que los manantiales de la zona norte constituyen un acuífero diferente a los del sur.

## CUADRO 2

CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE DIFERENTES MANANTIALES DE LA  
REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P., CON BASE EN EL CONTENIDO DE  
CLORUROS.

Zona/Manantial*	Cl <sup>-</sup> Meq l <sup>-1</sup>	Calificación de la clase de agua
<b>Norte</b>		
Santa Rosa (1)	2.0	Condicionada
La Lagunita (1)	2.2	„
Los Baños (1)	1.8	„
Los Peroles (3)	3.3	„
<b>Sur</b>		
Media Luna (12)	1.9	„
Anteojitos (2)	1.1	„
Palma Larga (1)	3.7	„
Charco Azul (1)	0.7	Buena
Agua Sonadora (1)	2.6	Condicionada
El Sabino (1)	2.6	„
El Carrizalito (1)	2.9	„
La Rosa (1)	4.9	„

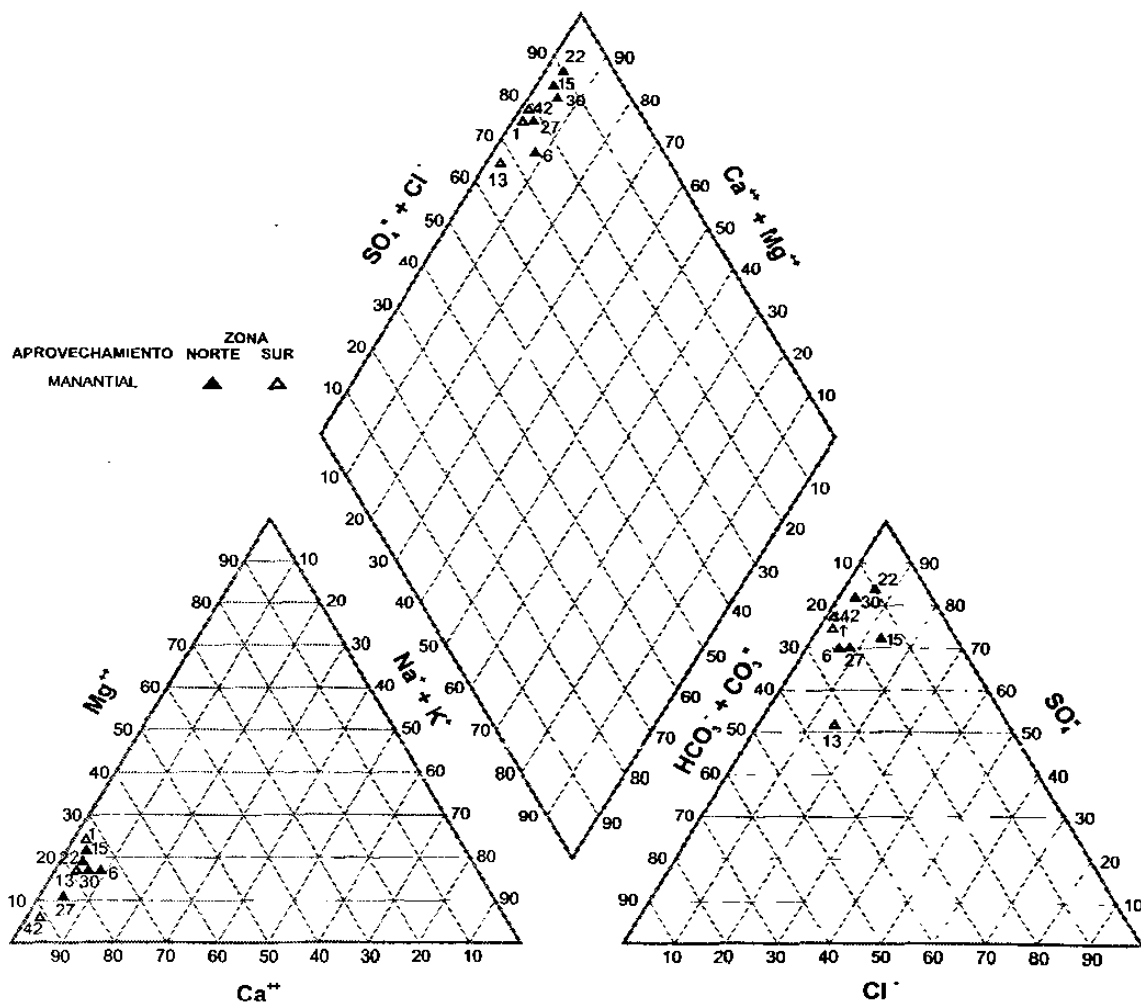
\* Entre paréntesis se anota el número de muestras consideradas para cada manantial. En el caso de los manantiales Los Peroles, Media Luna y Anteojitos, los valores del atributo corresponden al promedio.

CUADRO 3

CONCENTRACIÓN DE LOS PRINCIPALES IONES (meq l<sup>-1</sup>) EN LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona/Manantial*	Cationes				Aniones		
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
<b>Norte</b>							
La Lagunita (1)	31.20	7.80	0.99	0.18	3.85	2.20	32.15
Santa Rosa (1)	30.25	7.15	1.64	0.47	4.95	2.00	29.58
Los Baños (1)	24.60	3.00	1.07	0.16	6.00	1.80	17.85
Los Peroles (3)	21.93	5.93	1.66	0.13	8.27	3.26	28.56
<b>Sur</b>							
Media Luna (26)	14.64	5.83	0.51	0.08	4.68	1.92	17.88
Anteojitos (2)	21.60	1.80	0.49	0.11	4.70	1.10	18.91
Palma Larga (1)	18.50	4.00	0.70	0.10	8.40	3.74	12.52
Charco Azul (1)	19.80	7.40	0.21	0.03	3.69	0.74	26.44

\* Entre paréntesis se anota el número de muestras consideradas para cada manantial. En el caso de los manantiales Los Peroles, Media Luna y Anteojitos, los valores de concentración de los iones corresponden a los promedios.



**Ilustración 6.** Clasificación de muestras de aguas de manantiales de la región de Rioverde, S.L.P., México según el Diagrama Triangular de Piper.

## **Pozos**

Los pozos se agrupan de la misma manera que los manantiales (Ilustraciones 2 y 5): a) Pozos de la zona norte; se ubican entre los poblados de San Bartolo, Angostura y San Francisco, en el límite septentrional, y Colonia Veinte de Noviembre y Miguel Hidalgo, en el límite meridional; es una zona poco productiva, pues los terrenos son planos, con mal drenaje y con suelos arcillosos que presentan problemas de salinidad. b) Pozos de la zona sur, están localizados entre los poblados de Puestecitos, El Jabalí y San Martín, y en la franja de la margen izquierda del río Verde, que va de Labor Vieja a la Colonia Veinte de Noviembre; es la zona más productiva de la región, pues los terrenos presentan pendiente suave, buen drenaje y suelos con texturas arenoarcillosa, franca y arcillosa.

Para toda el área de bombeo de pozos, se consideraron 319 análisis de aguas. La clasificación y distribución de estas aguas se presenta en el Cuadro 4. Las clases de agua que predominan son: C2S1 (38.25%), C5S1 (31.35%) y C3S1 (18.49%). La clase C2S1 ocurre en el área comprendida entre los poblados de El Jabalí, La Loma, San Diego y El Refugio; la C5S1, en la zona norte y una porción de la margen derecha, que abarca desde Adjuntas hasta el canal Principal; la C3S1, en una franja de ambas márgenes del río Verde, que va desde los poblados de Ojo de Agua y La Reformita hasta la Colonia Veinte de Noviembre y Adjuntas.

## CUADRO 4

DISTRIBUCIÓN DE LAS CLASES DE AGUA Y VALORES PROMEDIO DE TRES ATRIBUTOS EN DOS ZONAS DEL ÁREA DE BOMBEO DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona	Clase	PH	CE x 10 <sup>6</sup> (µmhos cm <sup>-1</sup> ) a 25 °C	Relación de adsorción de sodio	Núm. de muestras	
					Absoluto	Relativo
Norte	C4S1	7.2	2550	0.6	21	6.58
	C5S1	7.3	4501	1.1	94	29.47
Sur	C1S1	7.3	240	0.2	2	0.63
	C2S1	7.4	451	0.4	122	38.25
	C3S1	7.2	1334	0.4	59	18.49
	C4S1	7.2	2515	0.3	15	4.70
	C5S1	7.1	3590	0.6	6	1.88
Total					319	100.00

En general, se puede afirmar que las aguas de mejor calidad (C1S1 y C2S1) ocurren en áreas donde los rellenos aluviales están constituidos por materiales de origen ígneo; mientras que las de peor calidad (C4S1 y C5S1) se presentan en sitios donde los sedimentos predominantes provienen de formaciones calizas y yesos; asimismo, las aguas C3S1 se encuentran en los lugares donde existe una mezcla de materiales de origen ígneo y calizo.

La calidad del agua en relación con el contenido de cloruros presenta una distribución similar a la concentración de sales solubles. Al pie de las serranías se encuentran las aguas con contenidos menores; pero a medida que circulan dentro de la planicie, los valores de cloruros se incrementan en distancias cortas. En la zona norte predominan las clases calificadas como Condicionada y No recomendable; en la sur, las calificadas como Buena y Condicionada. En general, los valores más altos de cloruros ocurren en la zona norte (Cuadro 5); esto se debe a que ahí las aguas están en contacto con horizontes evaporíticos.

Los valores del carbonato de sodio residual en el área de bombeo son similares a los que ocurren en el área de los manantiales.

Con base en el Diagrama Triangular de Piper (citado por González-Reyes, 1993), las aguas de los pozos se relacionan principalmente con dos grupos geoquímicos (Cuadro 6 e Ilustración 7): i) Aguas sulfatadas cálcicas; al igual que en los manantiales, estas aguas proceden de las formaciones calizas que rodean la planicie, fluyen por grietas de calizas y oquedades de yeso, alumbran en pozos y norias perforados en yesos y aluvión, y se distribuyen por casi toda la planicie. ii) Aguas bicarbonatadas cálcicas; provienen de



formaciones ígneas, fluyen y descargan por un aluvión con materiales del mismo origen, y se presentan en el área comprendida entre los poblados de El Jabalí, San Diego y El Refugio, así como en pequeñas porciones de Labor Vieja y Ojo de Agua. Lo anterior, confirma la existencia de dos acuíferos, como ya se señaló para el caso de los manantiales.

### **Análisis de los datos de atributos de las aguas de riego mediante componentes principales**

Los resultados indican que los primeros tres componentes principales explican el 79.2% de la variación total (Cuadro 7); el primero resume 56.1% y los atributos con mayor peso son: conductividad eléctrica, magnesio, sulfatos, sodio y calcio; el segundo resume 13.9% de la variación y los atributos con mayor peso son el pH y la RAS; el tercero explica 9.1% de la variación y el atributo con mayor peso es el ión bicarbonato, aunque su importancia es poca.

La ordenación de las muestras de agua con base en las diez características químicas estudiadas, sobre los primeros dos componentes principales, se presenta en la Ilustración 8. El ordenamiento de las muestras sobre el primer componente, corresponde a su arreglo de acuerdo con un gradiente de conductividad eléctrica y de concentraciones de los iones magnesio, sulfatos, sodio y calcio; por ejemplo, las muestras 8, 21, 26, 31, 32, 33, 43, 45, 50, 53, 92 y 93 presentan valores altos en dichas variables, mientras que las 36, 46, 55, 60 y 70 tienen valores bajos. En el segundo componente, la ordenación se da con base en un gradiente de pH; por ejemplo, las muestras 6, 27 y 29 muestran valores altos del atributo mencionado, pero las 24, 25, 67 y 72 presentan valores bajos. Geográfica y geoquímicamente, las aguas con valores

más altos de conductividad eléctrica, magnesio, sulfatos, sodio y calcio corresponden a la zona norte del área de estudio y al grupo de aguas sulfatadas cálcicas; mientras que las que exhiben valores bajos de tales atributos, pertenecen a la zona sur y al grupo de aguas bicarbonatadas cálcicas, o bien al de sulfatadas cálcicas con concentraciones muy bajas en todos los iones.

En la Ilustración 9 se presentan las relaciones que guardan las variables consideradas con los dos primeros componentes. Se observa que la conductividad eléctrica y todos los iones (ocho variables) están más relacionados con el primer componente principal (CP1). Como las ocho variables están muy correlacionadas, la conductividad eléctrica, por ser la variable más importante (el vector con mayor magnitud), puede caracterizar por sí misma todas las muestras de agua. Por otra parte, el pH y la RAS están mejor relacionados con el segundo componente principal (CP2); sin embargo, como el pH corresponde al vector con mayor magnitud, puede caracterizar mejor las muestras de agua que la RAS.

Con base en estos resultados, y en los de la clasificación previa de las muestras de agua, la calidad química del agua de riego de la región estudiada, referida a las condiciones dominantes de cultivos, suelos y prácticas de manejo, se puede caracterizar apropiadamente con sólo las variables siguientes: i) conductividad eléctrica, la cual está correlacionada particularmente con los iones más abundantes; y ii) pH. Esto permitirá ahorrar dinero y trabajo de laboratorio, como lo recomiendan Palacios y Aceves (1994).

## CUADRO 5

**CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS CON BASE EN EL CONTENIDO DE  
CLORUROS, EN DOS ZONAS DEL ÁREA DE BOMBEO DE LA REGIÓN DE  
RIOVERDE, S.L.P.**

Zona	Calificación de la clase de agua	Núm. de muestras	
		Absoluto	Relativo
Norte	Buena	2	2.22
	Condicionada	20	22.22
	No recomendable	14	15.56
Sur	Buena	27	30.00
	Condicionada	20	22.22
	No recomendable	7	7.78
Total		90	100.00

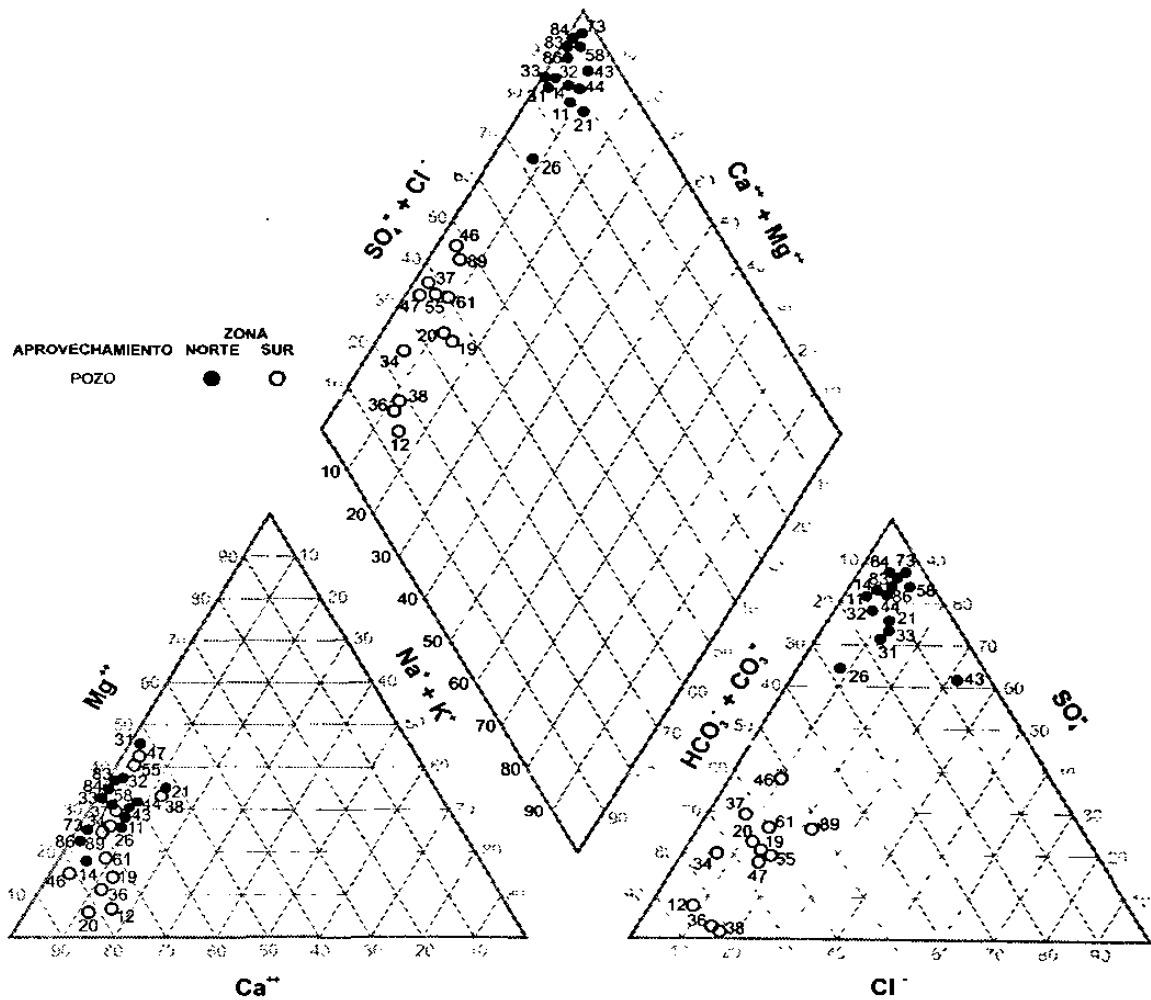


Ilustración 7. Clasificación de muestras de aguas de pozos de la región de Rioverde, S.L.P., México según el Diagrama Triangular de Piper.

CUADRO 6

CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE LOS PRINCIPALES IONES (meq l<sup>-1</sup>) EN LAS AGUAS DE LOS POZOS DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona/Grupo de agua*	Cationes				Aniones		
	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>
Norte, Ca>Mg>Na>K							
SO4>Cl>HCO3 (19)	27.81	19.33	2.56	0.31	3.87	6.51	42.39
SO4>HCO3>Cl (20)	28.86	12.28	1.82	0.28	7.05	3.97	35.98
Sur, Ca>Mg>Na>K							
SO4>HCO3>Cl (27)	12.76	3.34	0.42	0.12	3.31	1.26	16.42
HCO3>SO4>Cl (10)	3.36	1.2	0.22	0.06	2.36	0.54	1.34

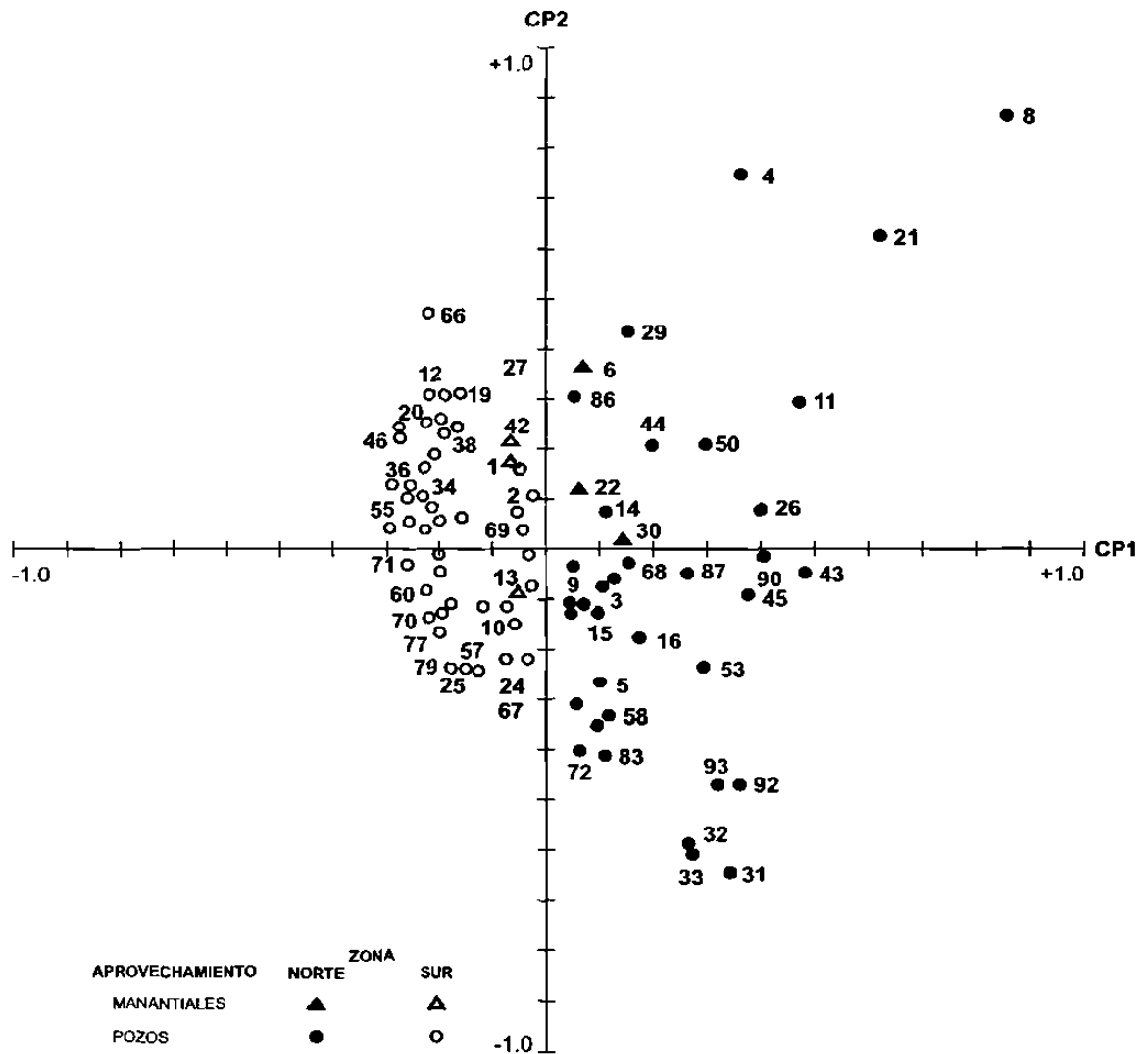
\* Entre paréntesis se anota el número de muestras consideradas para cada grupo de agua.

## CUADRO 7

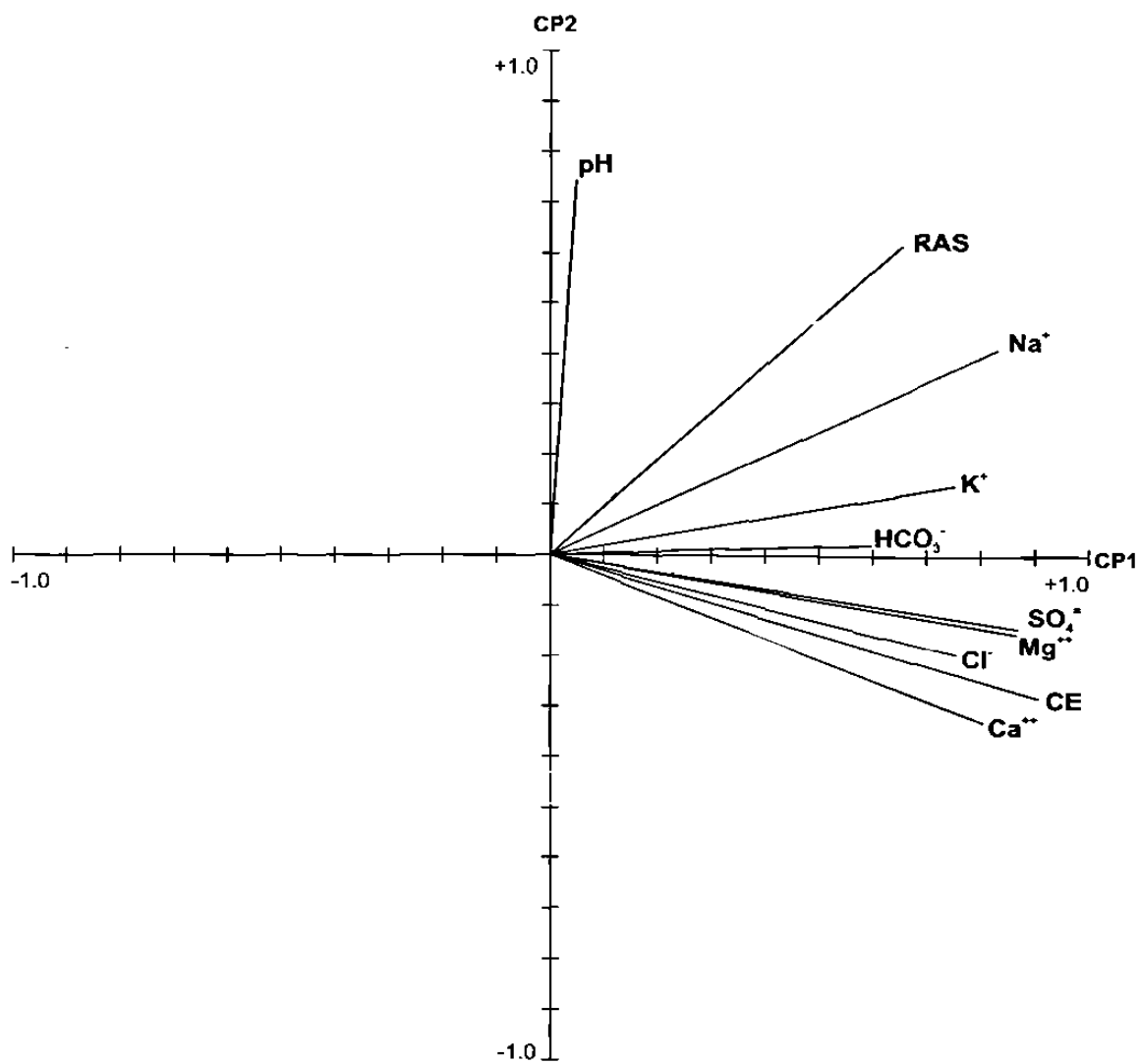
CORRELACIONES ENTRE LOS TRES PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES (CP) Y 10 VARIABLES QUÍMICAS DE 94 MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Variable	CP1 (56.1)*	CP2 (13.9)*	CP3 (9.1)*
Conductividad eléctrica	<b>0.9040</b>	-0.2778	0.0498
Calcio	<b>0.8042</b>	-0.3273	0.3841
Magnesio	<b>0.8738</b>	-0.1491	-0.2129
Sodio	<b>0.8352</b>	0.4171	-0.1513
Potasio	0.7546	0.1416	-0.3960
Bicarbonatos	0.5956	0.0257	<b>0.5650</b>
Cloruros	0.7543	-0.1932	-0.0432
Sulfatos	<b>0.8665</b>	-0.1439	0.0727
RAS	0.6509	<b>0.6229</b>	-0.1605
PH	0.0479	<b>0.7463</b>	0.4300

\* Porcentaje de variación explicada por cada componente principal



**Ilustración 8.** Ordenación de 94 muestras de agua de manantiales y pozos de la región de Rioverde, S.L.P., México, con base en diez atributos químicos, sobre los dos primeros componentes principales (CP1 Y CP2).



**Ilustración 9.** Relación entre diez atributos químicos de 94 muestra de agua y los dos primeros componentes principales ( CP1 Y CP2). (CE: conductividad eléctrica; RAS: relación de adsorción de sodio).