

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



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
HILARIO CHARCAS SALAZAR



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

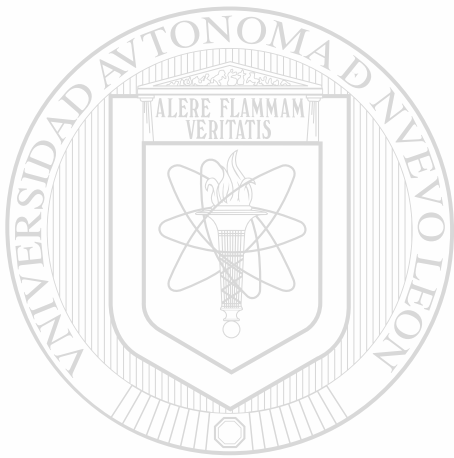
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CON ESPECIALIDAD EN AGUA-SUELO

MARÍN, N.L.

JULIO DE 2002

309892 Victoria

TD
Z5071
FA
2002
.Ch3



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

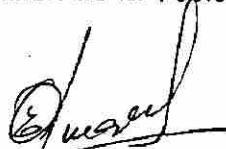
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



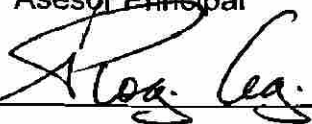
FONDO
TESIS

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

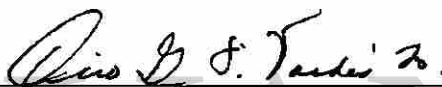
Aprobación de la Tesis



Ph. D. Emilio Olivares Sáenz
Asesor Principal



Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera
Co-Asesor Externo



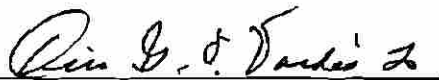
Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano
Co-Asesor



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



Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga
Co-Asesor



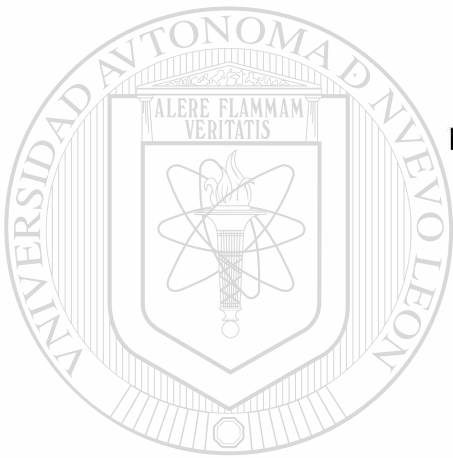
Ph. D. Ciro G. S. Valdés Lozano
Subdirector de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agronomía
Universidad Autónoma de Nuevo León

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.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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 Hídricos, 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 Carlin 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. ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.

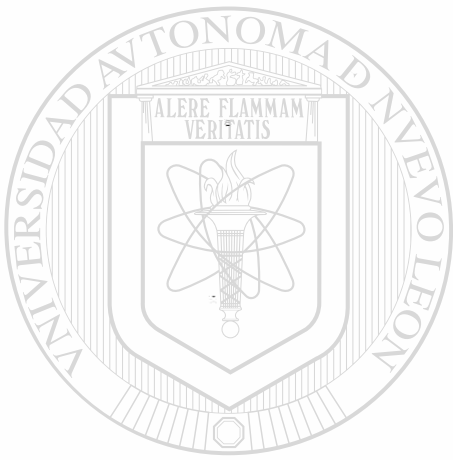
Profesor de Tiempo Completo (1980-1984). Cultivos Básicos e Introducción a la Agronomía. Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

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.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

Contenido	Pág.
Capítulo 1 Introducción general	1
Capítulo 2 Proceso de conformación agrícola de la región de Rioverde, San Luis Potosí, México ¹ .	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 ² .	70
Capítulo 5 Suelos irrigados en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México ³ .	112
Capítulo 6 Productividad del maíz para elote y grano en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México ⁴ .	145
Capítulo 7 Discusión general	170

¹ Publicado en Revista Geográfica. 2000. 128: 105-117.

² En prensa en Ingeniería Hidráulica en México. 2002. 17(4).

³ En proceso en Terra. 2002.

⁴ 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° 50' y 100° 10' al oeste de Greenwich y entre los paralelos 21° 45' y 22° 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°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 secoano, 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.

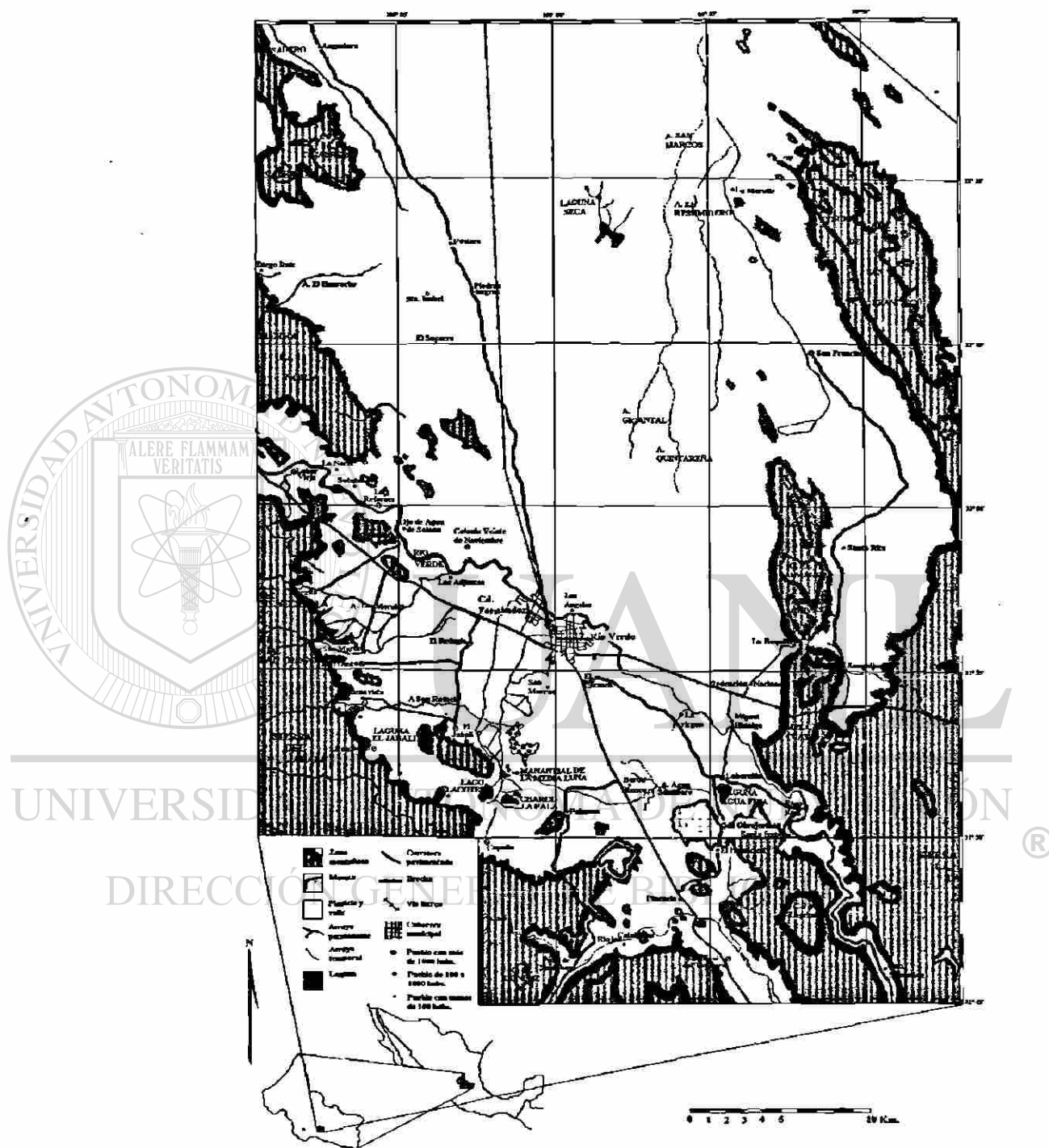


Figura 1. Región de Rioverde, S.L.P. México. (Adaptada de Michelet, D. 1996).

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 escorrentías 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 (Ituribarría, 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⁻¹, en tierras de ciénega recién avenada, se llegaba a producir hasta 7.5 t ha⁻¹, sin embargo, en promedio se recogían 2.5 t ha⁻¹. 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⁻¹ de piloncillo, y los de menor capacidad sólo una t día⁻¹. 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⁻¹. 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⁻¹. 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⁻¹), 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) 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⁻¹ (10.7 a 14.3 kg ha⁻¹). 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 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 kg ha^{-1} , y el rendimiento promedio era de 2375 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⁻¹. 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
Manantial Media Luna				
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
Bombeo de pozos				
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
Manantial Media Luna				
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
Bombeo de pozos				
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

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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		
Manantial Media Luna				
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
Bombeo de pozos				
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 deshieras 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 maiceras, 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⁻¹, del grano \$1204.0 t⁻¹ y del rastrojo \$ 1.0 manojo⁻¹. 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⁻¹, mientras que para grano es \$ 3430.0 ha⁻¹, 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
Manantial Media Luna			
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
Bombeo de pozos			
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

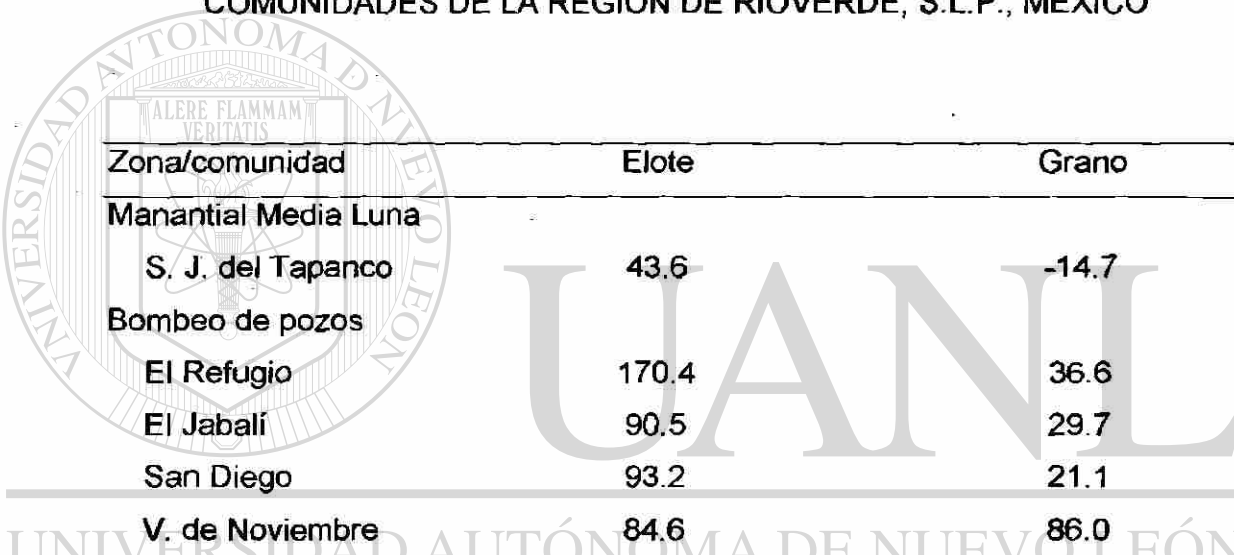
CUADRO 5

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)
Manantial Media Luna					
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
Bombeo de pozos					
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
Manantial Media Luna		
S. J. del Tapanco	43.6	-14.7
Bombeo de pozos		
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

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.

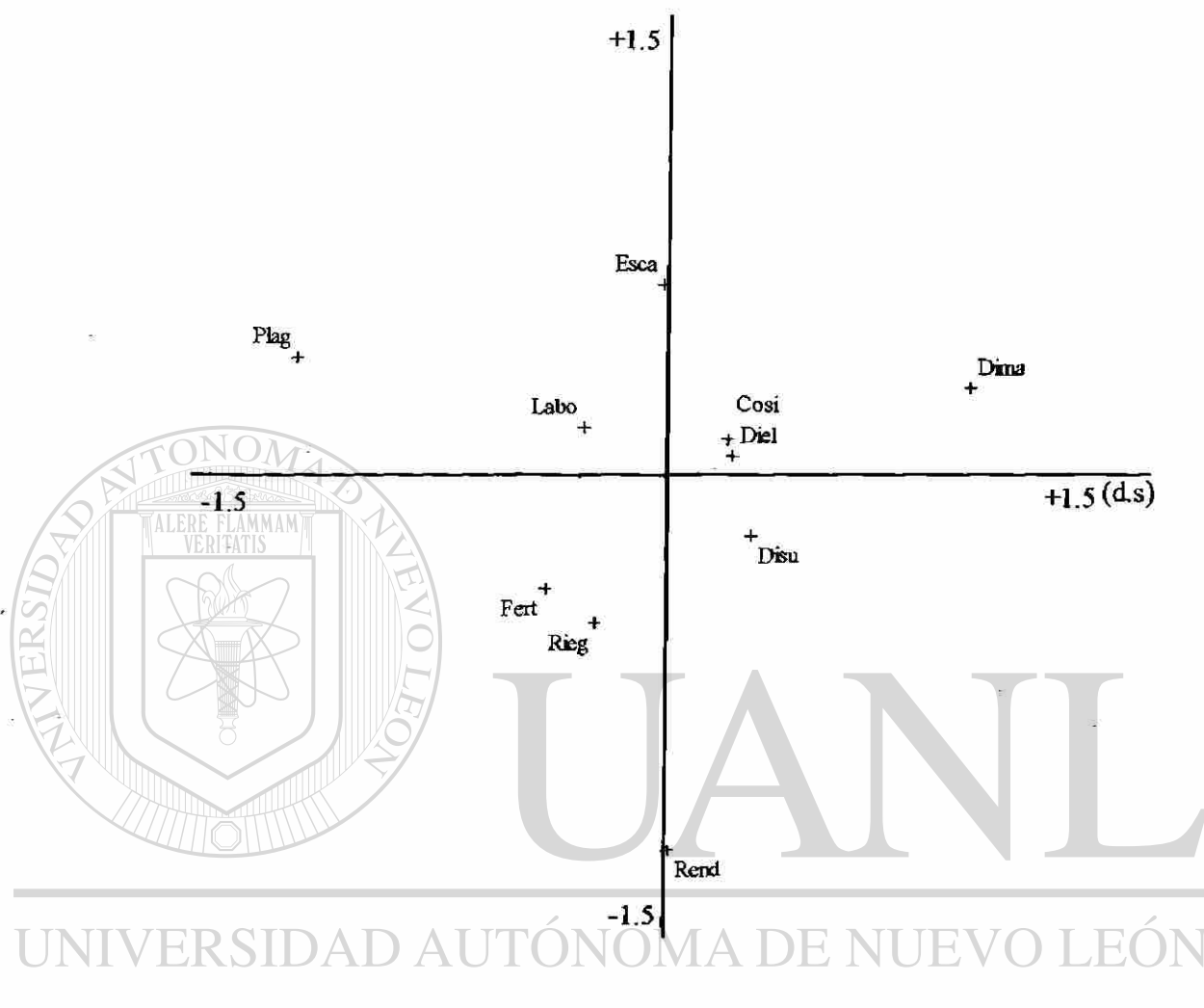
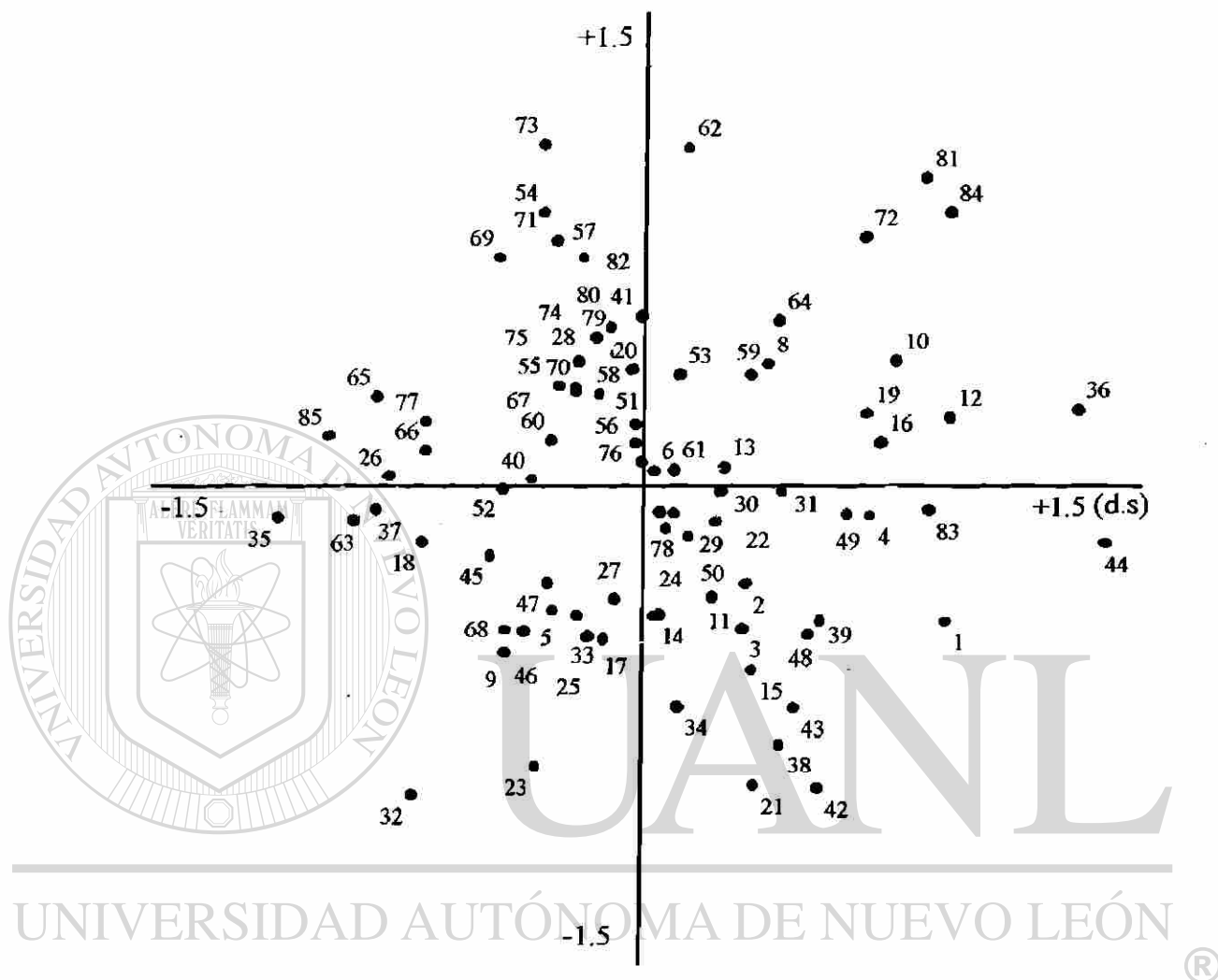


Figura 1. Diagrama de ordenación generado por el DECORANA para las prácticas y costos de producción de maíz para elote de 85 campesinos encuestados. La escala corresponde a unidades de desviación estándar (d.s). El primer gradiente se interpreta que corresponde a intensidad de cultivo y el segundo a 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



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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 cultivares 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 Proco (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.

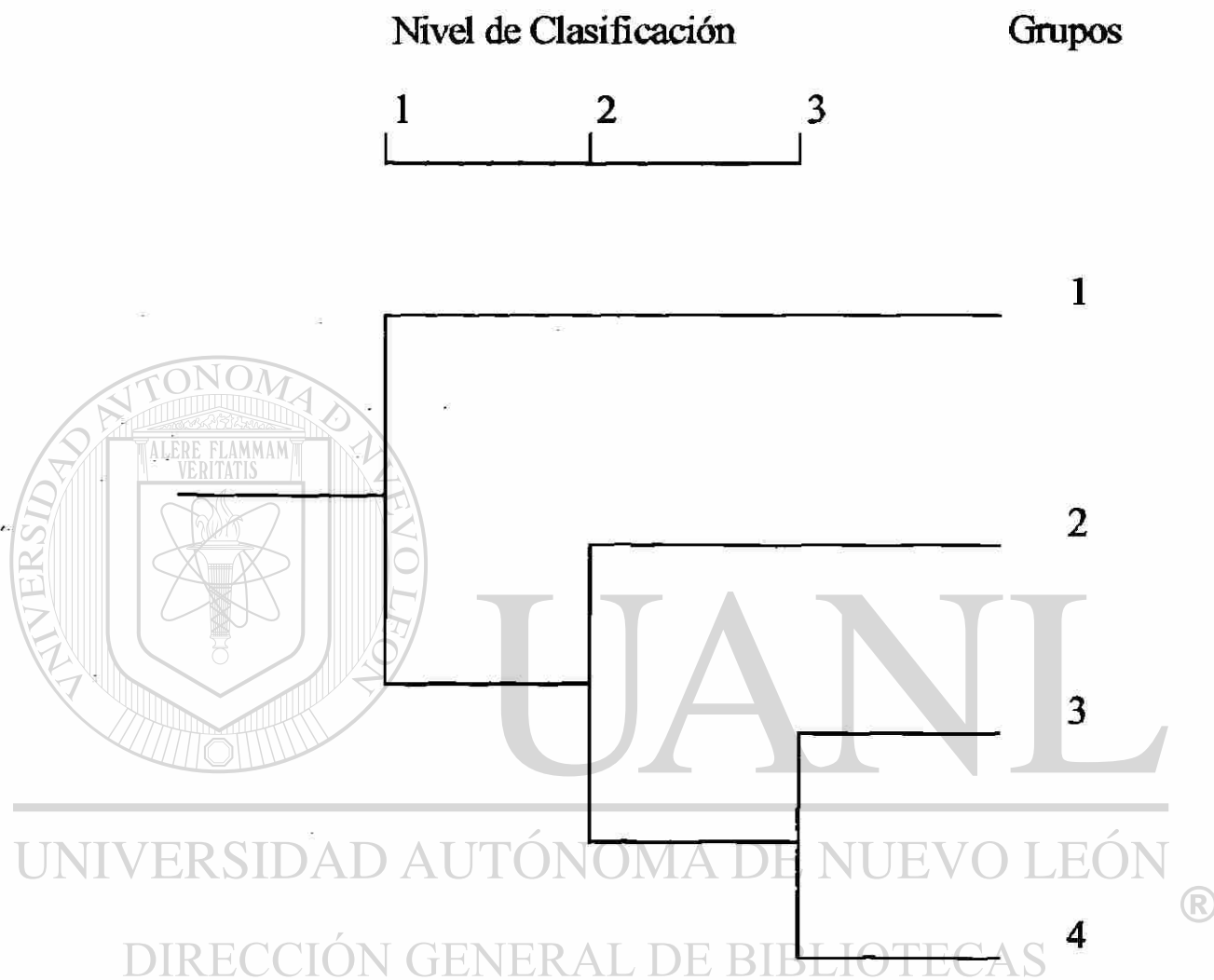


Figura 3. Clasificación mediante TWINSpan de las variables (prácticas y costos) que constituyen las formas de producción de maíz para elote, de acuerdo con su elección por 85 campesinos de la región de Rioverde, S.L.P., México.

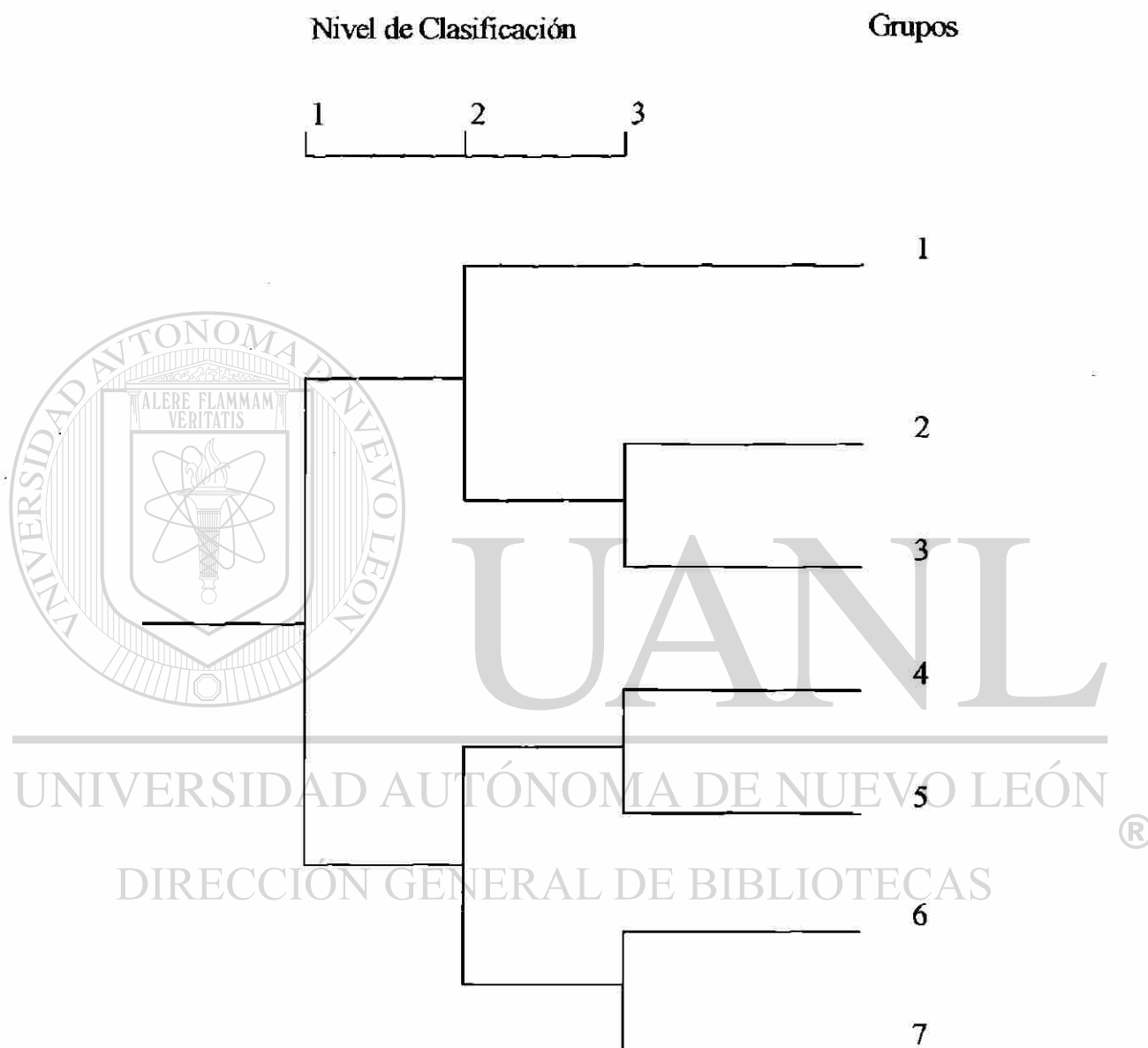


Figura 4. Clasificación mediante TWINSpan de los productores de maíz para elote, con base en las variables que constituyen las formas de producción que practican.

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 nutrientes 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 Sotepan, 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	RANKED 2	RANKED 3	RANKED 4
						FIG = -0.0544	EIG = 0.0434	EIG = -0.0312	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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.

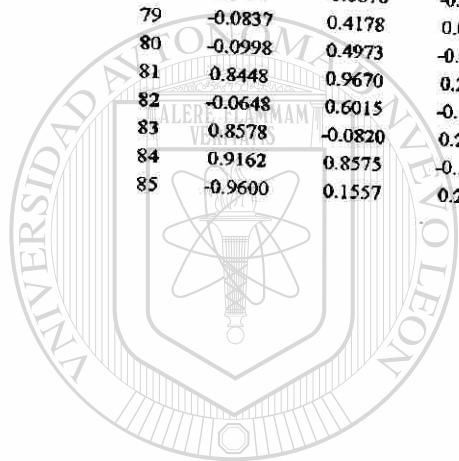
Datos de elote estandarizado de 0 a 100
 DCA Canonical axes:0 Covariables:0
 DETR-POLY2
 No transformation
 Samp: Sample scores

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	1.0123
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

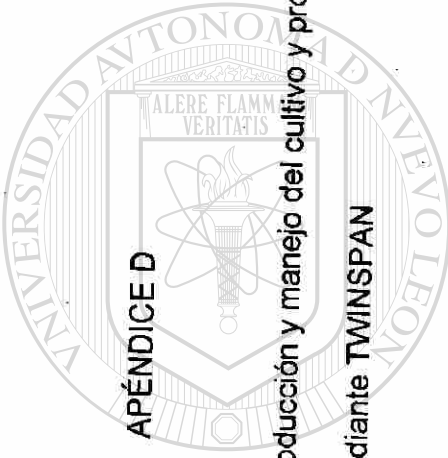


UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





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	8	95	21	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	
2245656714	56677857756781	111345882455677	47	112346	4	22422	313344556681133	3	226	33	1							
0002357458	9251231458390204	62696413429064681	578349818		3713245		328576778060174953		2781	01	8							
5133334434	4523535242223525555551553412444534233233-				5441544		513223354322333331		4332	44	21	0000						
5534355555	33-33333133-533334333445395433333333333333				33333333		33333333133334344		3333	33	33	0000						
5424244443	232212311222222212222222142212222221				22222222		212222212222-1222		2-21	22	22	0000						
4445334245	34233343454554445555533444555535324441-3				-244133		453354435335434545		4424	22	44	0001						
55555545421	14443423432332-12122--3222-12122-55122122				1332222		14555334424212--42		-23-	22	35	0001						
55345455-2	45641524554555224544424342354555251555254				4242255		55533455555445244		5555	32	55	0010						
4343332333	3333333-3333333455433335-5335333333-333333				45554-2		333343335-33333453		5353	35	33	0010						
5533335433	452545534355553424213923433332122222222				33333345		2-3322555545323344		4234	33	44	0010						
1444321232	23222122331322212312121212323213111-212				4433315		2-3513423132225254		31-3	22	52	0010						
2322223223	1111--11212221121312122122311123232253-3				3254455		241222212221232352		3321	21	32	0011						
3-13343213	-12221-935-----4--32-1-213333333123-2322-3				51-4233		554455545555452553		3245	22	12	01						
3-13424222	312-12--22-132-2--22-1-113332253112-4211-2				32-3123		35333555443243343		3443	33	21	01						
3433324245	1-11--112122212231312133-2221-225421253413				4455555		553233412321441444		4411	21	52	01						
4-----	-----				44555555		-----4		5453	33	24	1						
0000000000	00				00000000		-----		5453	33	24	1						
0000000000	00				00000000		0000000000000000		1111	11	11	11						
0000000000	11				11111111		1111111111111111		0000	00	11	11						
0111111111	0000000000000011111111111111111111111111				00000000		1111111111111111		0000	11	11	11						
0000111111	0000000000111100000000000000000000000000				011111		00111111111100001		0000	11	11	11						
00011	0000000111000010000000000000000000000000						0001111111100001											

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 recopilaron 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 m³/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 m³ 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.

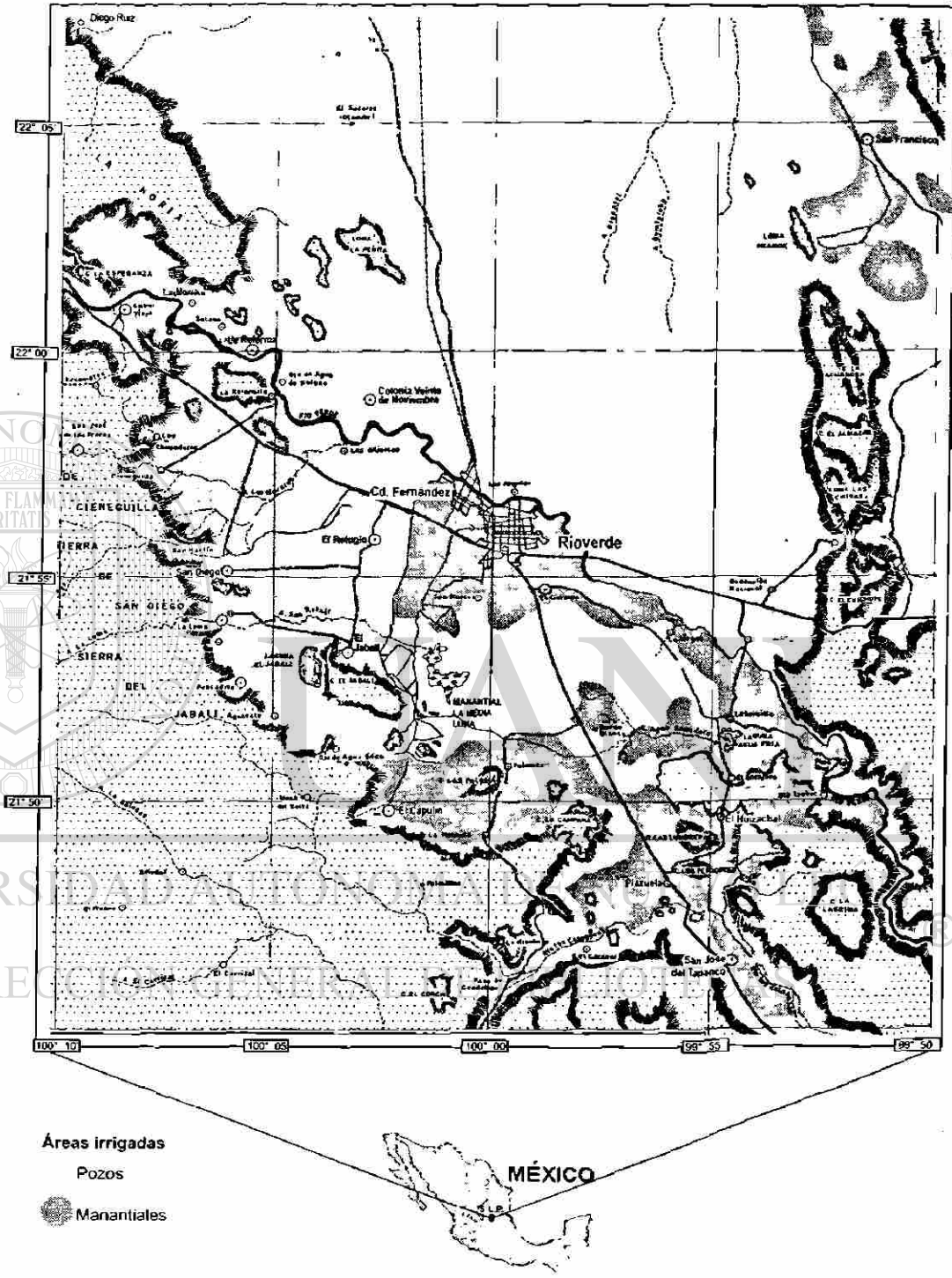


Ilustración 1. Región de Rioverde y sus áreas irrigadas.

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).

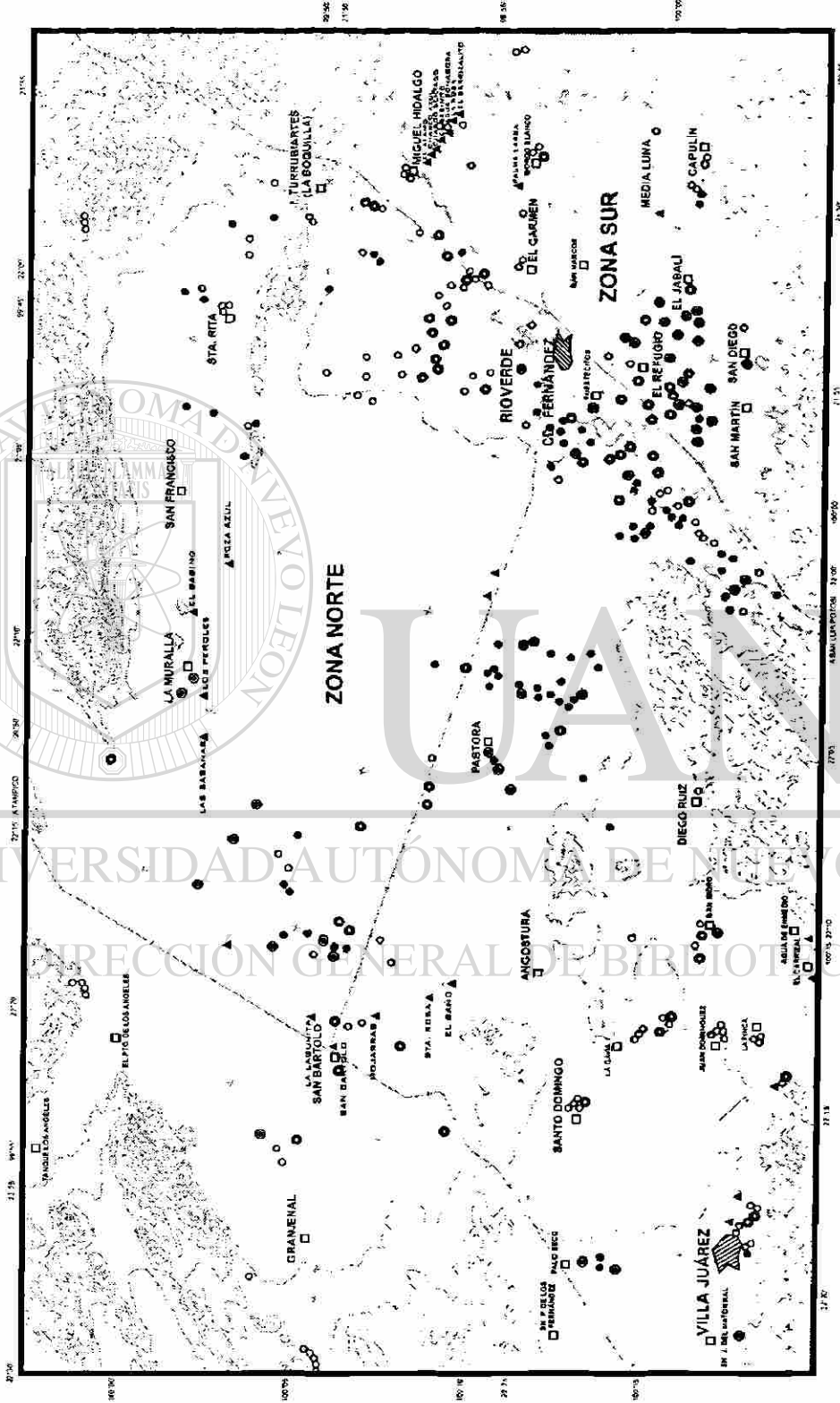


Ilustración 2.
 Localización de manantiales y pozos en la región de Rioverde, S.L.P., México.

SÍMBOLOS

- MANANTIAL
- POZO PILOTO
- NORIA PILOTO
- POZO
- MORIA
- CABECERA MUNICIPAL
- POBLADO
- CARRETERA
- FERROCARRIL
- RIO
- CURVA DE NIVEL



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⁻¹. Anualmente se extrae un volumen de 74 millones de m^3 , por lo que se considera que el acuífero está sobreexplotado (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).

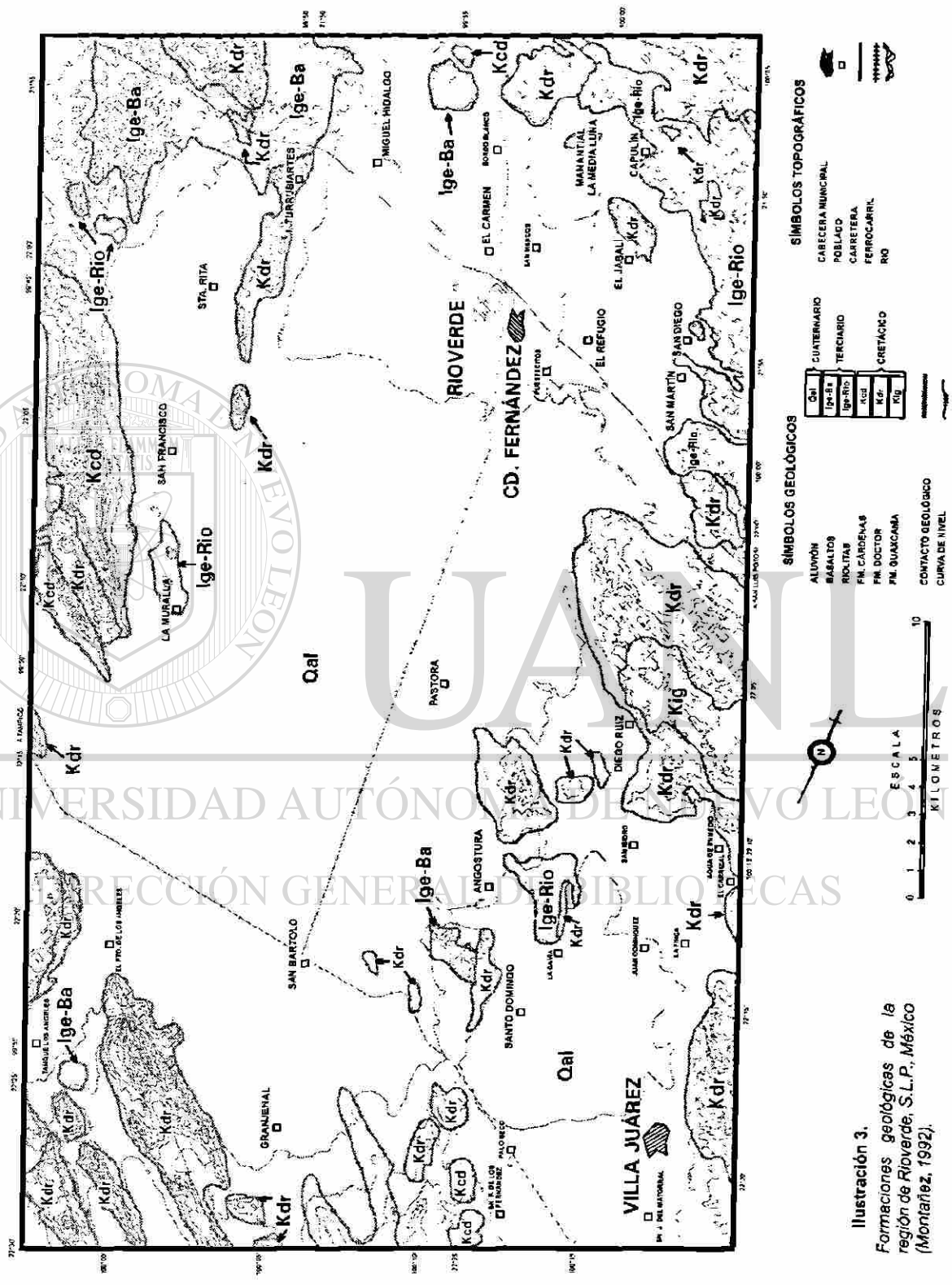


Ilustración 3.
Formaciones geológicas de la
región de Rioverde, S.L.P., México
(Montañez, 1992).

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 macrofósiles 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 pumílicas. 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).

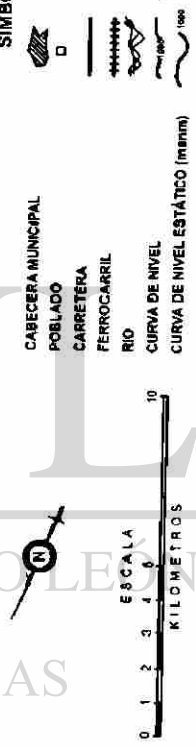
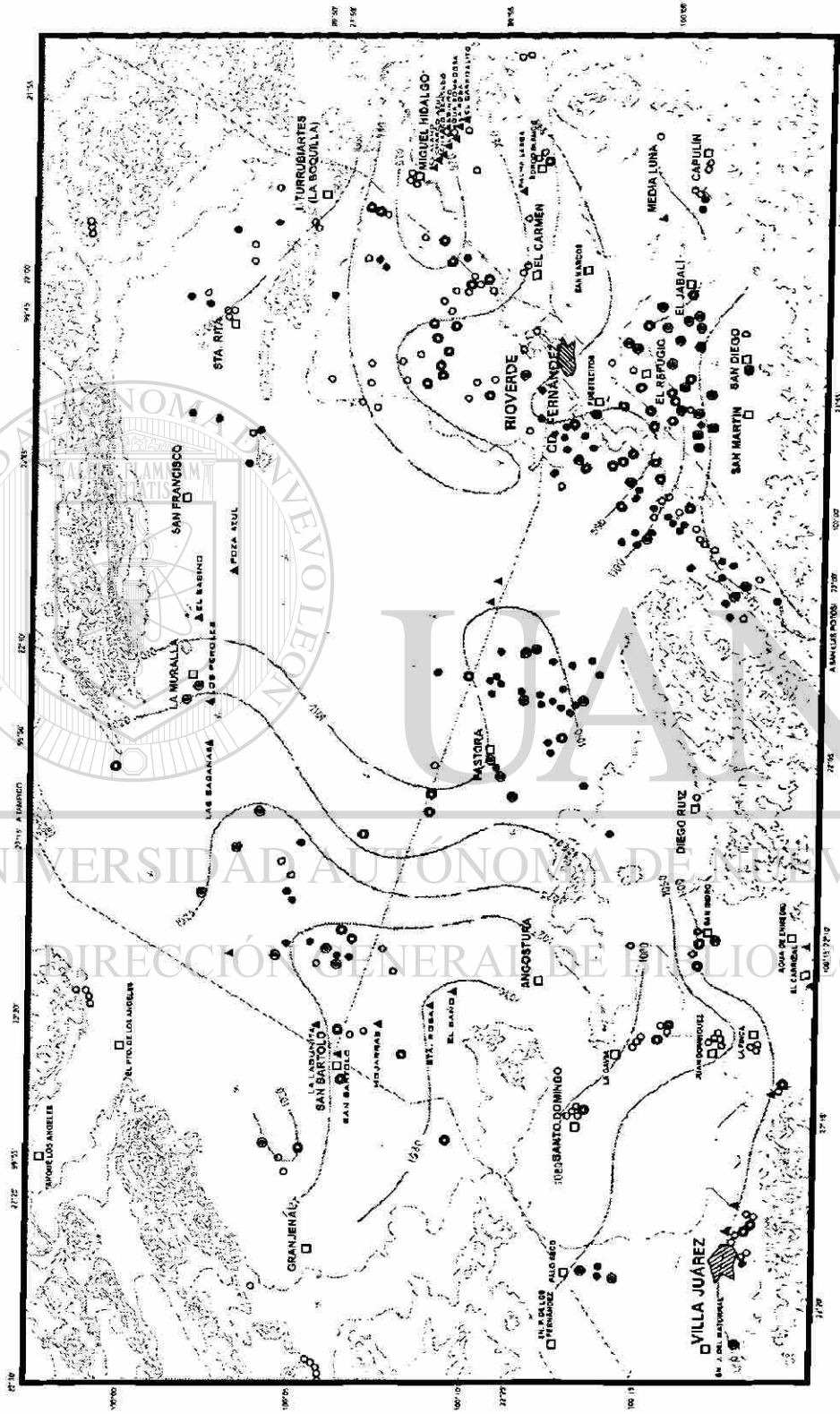


Ilustración 4.
Configuración del nivel piezométrico en la región de Rioverde, S.L.P., México (Montañez, 1992).

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 ensaltramiento 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 (Alemán, 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 cm^{-1} a 25°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 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 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 (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, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , SO_4^- y 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, Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+ y RAS; las 94 restantes, también incluyen información sobre SO_4^- , Cl^- y 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⁻). 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 Ateojitos (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 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 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.

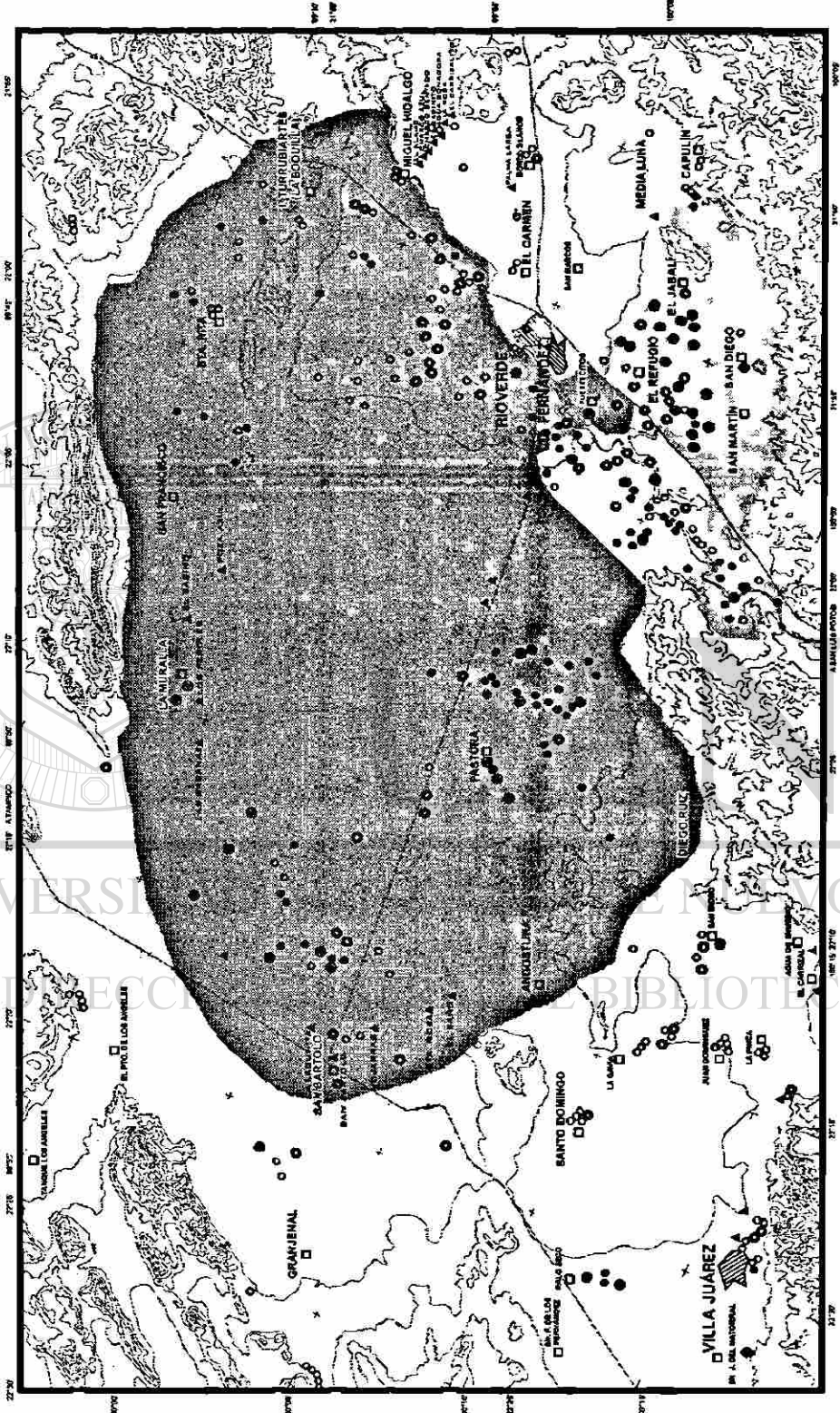
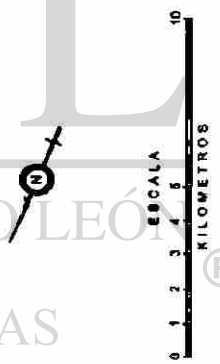


Ilustración 5.
 Distribución de las clases de agua de manantiales y pozos de la región de Rioverde, S.L.P., México.

SÍMBOLOS

	CABECERA MUNICIPAL
	POBLADO
	CARNETERA
	FERROCARRIL
	RIO
	CURVA DE NIVEL
	MANANTIAL
	POZO PILOTO
	NORIA
	POZO
	NORIA



CLASE DE AGUA

	C781 Ó C281
	C381
	C481 Ó C581

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 ⁶ (μmhos cm ⁻¹) 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⁻¹, 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 ⁻ Meq l ⁻¹	Calificación de la clase de agua
Norte		
Santa Rosa (1)	2.0	Condicionada
La Lagunita (1)	2.2	"
Los Baños (1)	1.8	"
Los Peroles (3)	3.3	"
Sur		
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⁻¹) EN LAS AGUAS DE LOS MANANTIALES DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona/Manantial*	Cationes				Aniones		
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼
Norte							
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
Sur							
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.

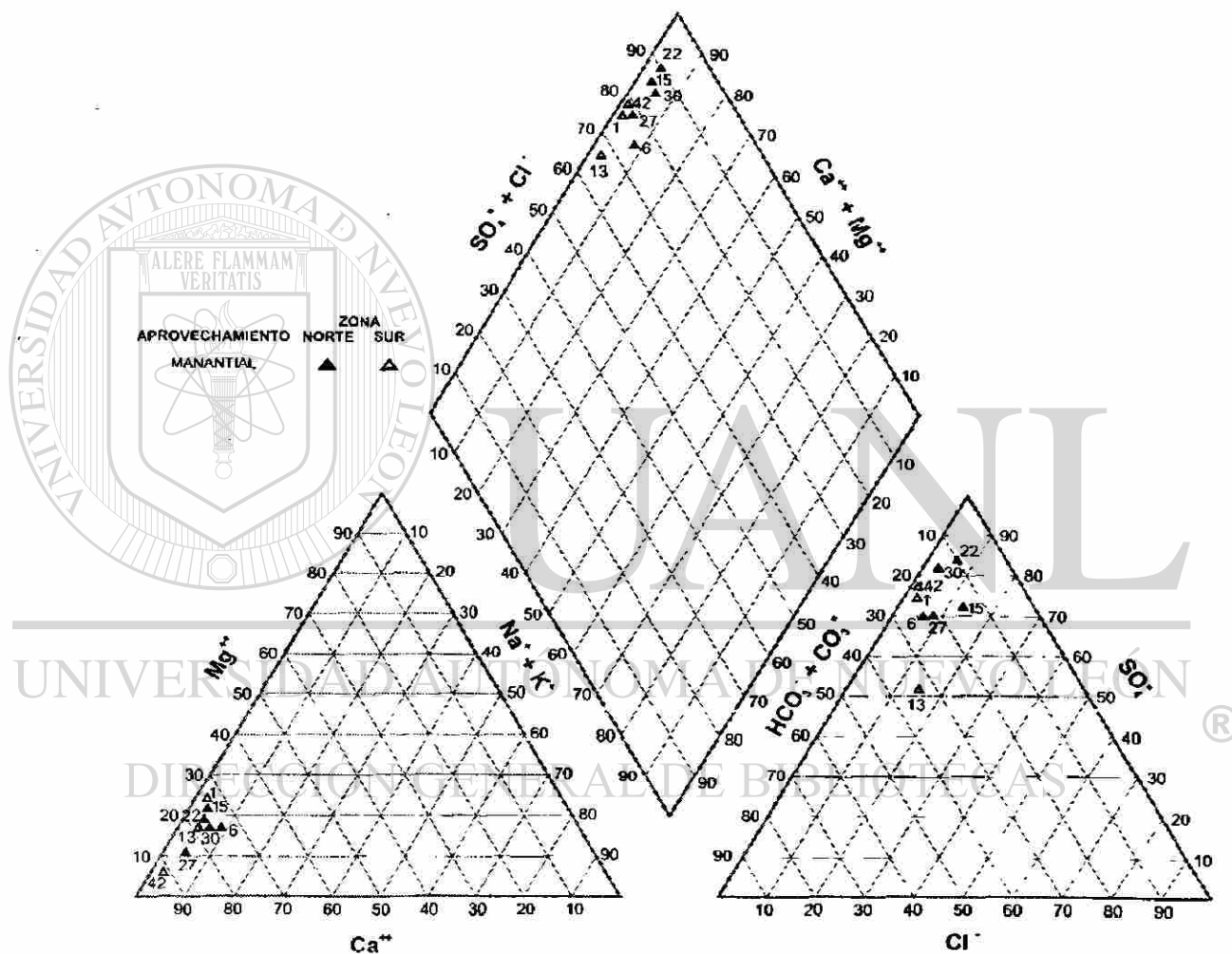


Ilustración 6. Clasificación de muestras de aguas de manantiales de la región de Rioverde, S.L.P., México según el Diagrama Triangular de Piper.

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 arenarcillosa, 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 ⁶ (μmhos cm ⁻¹) 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

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

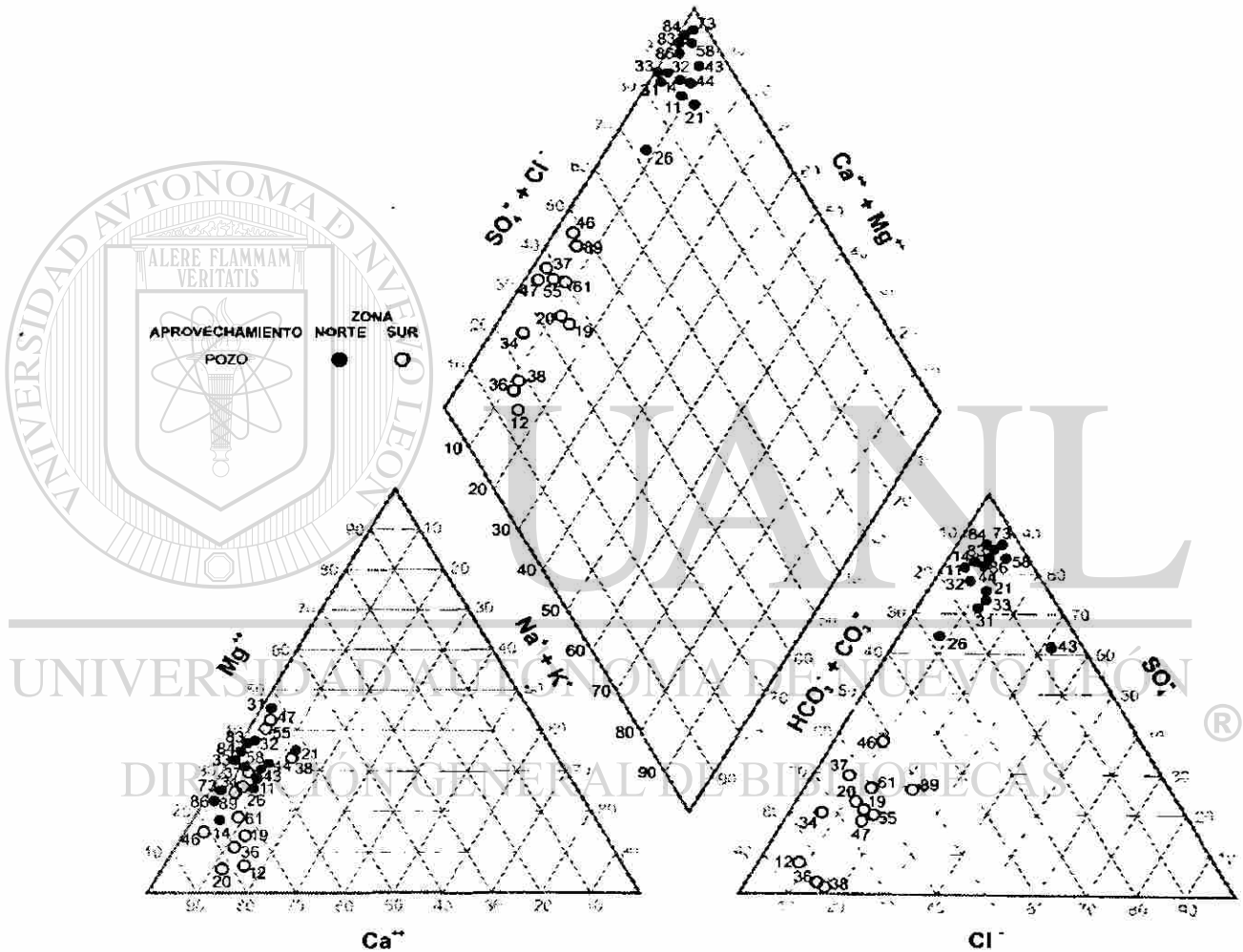


Ilustración 7. Clasificación de muestras de aguas de pozos de la región de Rioverde, S.L.P., México según el Diagrama Triangular de Piper.

CUADRO 6

CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE LOS PRINCIPALES IONES (meq l⁻¹) EN LAS AGUAS DE LOS POZOS DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona/Grupo de agua*	Cationes				Aniones		
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼
Norte, Ca>Mg>Na>K							
SO ₄ >Cl>HCO ₃ (19)	27.81	19.33	2.56	0.31	3.87	6.51	42.39
SO ₄ >HCO ₃ >Cl (20)	28.86	12.28	1.82	0.28	7.05	3.97	35.98
Sur, Ca>Mg>Na>K							
SO ₄ >HCO ₃ >Cl (27)	12.76	3.34	0.42	0.12	3.31	1.26	16.42
HCO ₃ >SO ₄ >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.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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	0.9040	-0.2778	0.0498
Calcio	0.8042	-0.3273	0.3841
Magnesio	0.8738	-0.1491	-0.2129
Sodio	0.8352	0.4171	-0.1513
Potasio	0.7546	0.1416	-0.3960
Bicarbonatos	0.5956	0.0257	0.5650
Cloruros	0.7543	-0.1932	-0.0432
Sulfatos	0.8665	-0.1439	0.0727
RAS	0.6509	0.6229	-0.1605
PH	0.0479	0.7463	0.4300

* Porcentaje de variación explicada por cada componente principal

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

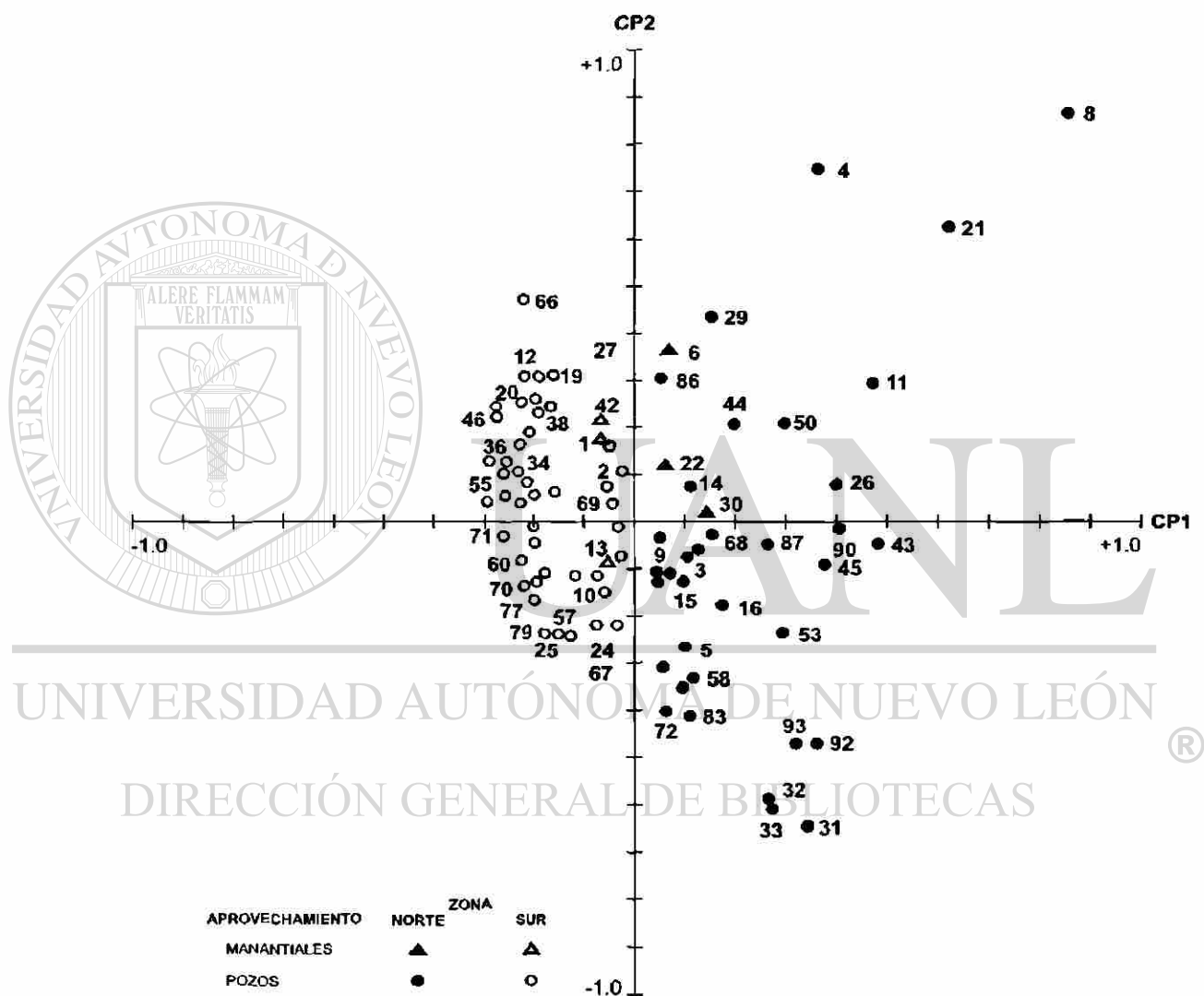


Ilustración 8. Ordenación de 94 muestras de agua de manantiales y pozos de la región de Rioverde, S.L.P., México, con base en diez atributos químicos, sobre los dos primeros componentes principales (CP1 Y CP2).

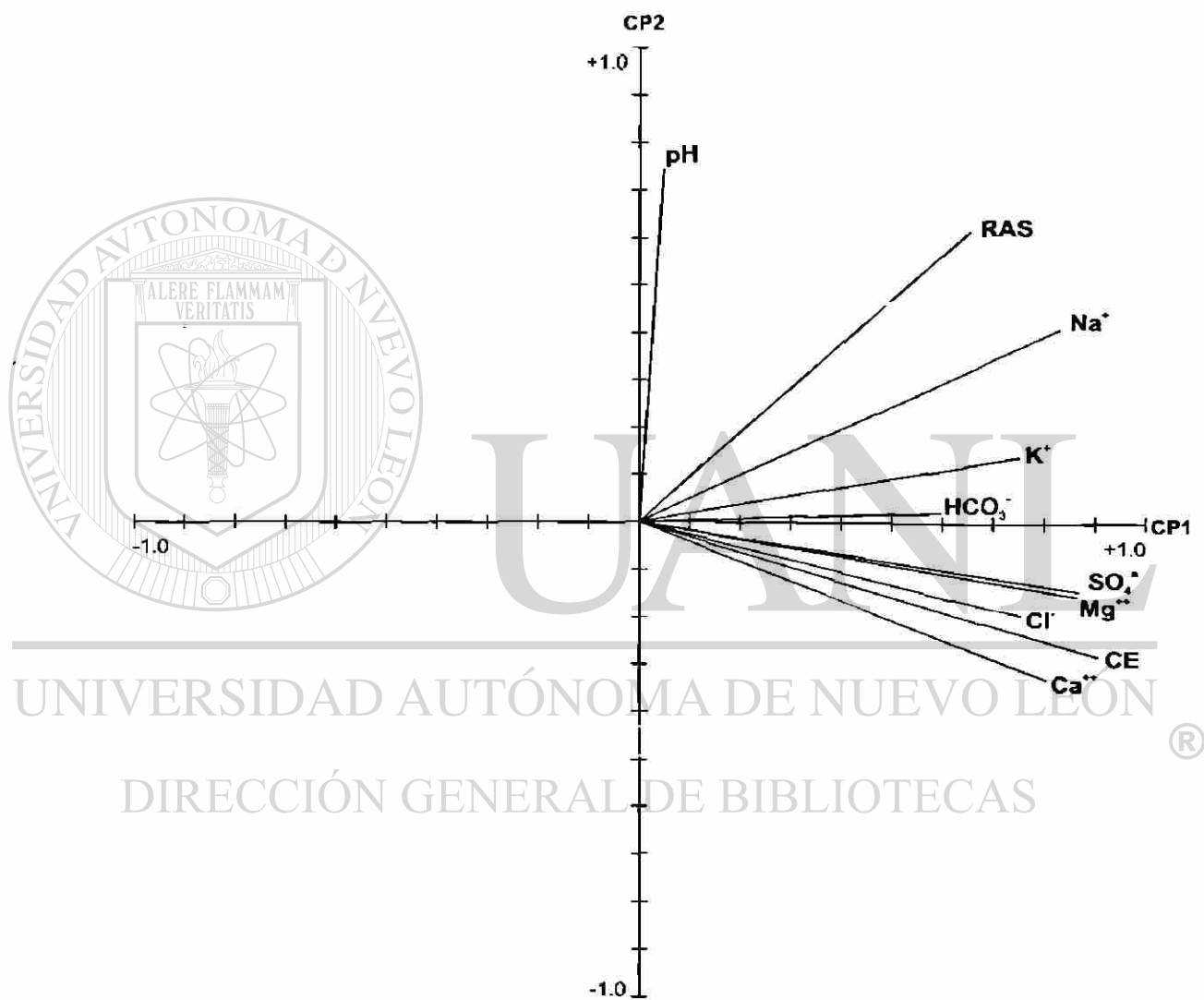


Ilustración 9. Relación entre diez atributos químicos de 94 muestra de agua y los dos primeros componentes principales (CP1 Y CP2). (CE: conductividad eléctrica; RAS: relación de adsorción de sodio).

Conclusiones

Las aguas de la región de Rioverde corresponden a los grupos geoquímicos sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas cálcicas. Las aguas de mejor calidad (clases C1S1, C2S1 y C3S1) corresponden a los manantiales y pozos de la zona sur. El uso de estas aguas en suelos profundos con buen drenaje y bajo contenido de sales, ha permitido producir una gran diversidad de cultivos y obtener altos rendimientos. Aunado a lo anterior, la inversión en infraestructura hidráulica y equipo de bombeo, han convertido a esta zona en la más productiva de la región.

Las aguas de menor calidad (clases C4S1 y C5S1) ocurren en los manantiales y pozos ubicados en la zona norte. Estas aguas, aplicadas en suelos someros, con mal drenaje y alto contenido de sales, sólo permiten obtener bajos rendimientos en la mayoría de los cultivos. Por lo anterior, la zona norte es la menos productiva de la región.

En la región de Rioverde la calidad química del agua para riego se puede establecer con sólo determinar su conductividad eléctrica y su pH.

Con base en lo anterior, se acepta la hipótesis de que 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.

Referencias

- Alemán, E. 1966. *Investigación socioeconómica directa de los ejidos de San Luis Potosí*. Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas. México. 192 p.

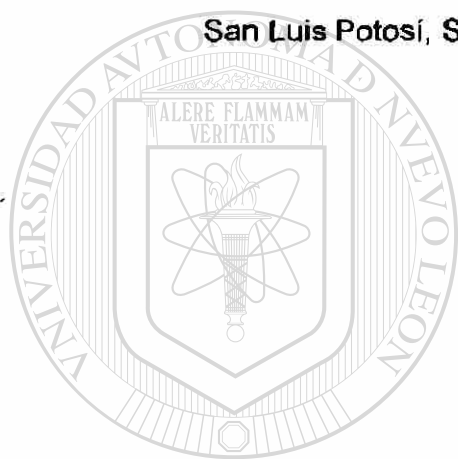
- Alvarado, A.R. 1973. *Estudio geohidrológico de la cuenca del río Verde, estado de San Luis Potosí*. Trabajo Recepcional. Escuela de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. S.L.P. 40 p.
- CETENAL. 1973. Carta Geológica. Escala 1:50000. Hojas Angostura F-14-A-86, San Francisco F-14-A-87, El Refugio F-14-C-16 y Rioverde F-14-C-17.
- Fipps, G. 1996. *Irrigation water quality standards and salinity management strategies*. B-1667, Texas Agricultural Extension Service. Texas, A&M University System. College Station, Texas. USA. 19 p.
- González R., F.J. 1993. *Programa en GW Basic para la clasificación agrológica y geoquímica de aguas naturales*. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. 51 p.
- INEGI. 1985. *Síntesis geográfica del estado de San Luis Potosí*. INEGI. México, D.F. 186 p.
- INEGI. 1994. *San Luis Potosí. Resultados definitivos. VII. Censo agrícola-ganadero*. Tomo I. México. 505 p.
- Kovda, V.A.; Yaron, B. and Shalhevet, Y. 1967. *Quality of irrigation water*. In: Kovda, V.A.; Hagan, A.M.; Ven Den Berg, C. (Eds). *International sourcebook on irrigation and drainage of arid lands in relation to salinity and alkalinity*. FAO-UNESCO. París , Francia. pp. 246-282.
- Labarthe, G.; Tristán, M.; Aguillón, A.; Jiménez, L S.; Romero, A. 1989. *Cartografía geológica 1:50 000 de las Hojas El Refugio y Mineral El Realito, estados de San Luis Potosí y Guanajuato*. Folleto Técnico Núm. 112. Instituto de Geología, UASLP. San Luis Potosí, S.L.P., México. 76 p.

- Medina, F. 1966. *Estudio geohidrológico de la región Cerritos-Villa Juárez, S.L.P.* Folleto Técnico Núm. 10. Instituto de Geología y Metalurgia, UASLP. San Luis Potosí. México. 24 p.
- Montañez, A. 1992. *Hidrogeoquímica del municipio de Rioverde, San Luis Potosí.* Trabajo Recepcional. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. S.L.P. 91 p.
- Palacios, O. y Aceves, E. 1994. *Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola.* Centro de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 49 p.
- Richards, L.A. 1973. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.* Limusa. México. 172 p.
- SARH. 1979. *Servicios de prospección y levantamientos geológicos y geofísicos en la zona de San Ciro, San Luis Potosí.* Geohidrología Mexicana, S.A. Contrato GZA-79-42-ED. SARH. Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica. Dirección General de Programas de Infraestructura Hidráulica. Subdirección de Geohidrología y de Zonas Áridas. México, D.F. (sp).
- SRH. 1966. *Inventario de aprovechamientos superficiales y subterráneos para riego. San Luis Potosí.* Irrigación y Control de Ríos, Dirección de Pequeña Irrigación. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, D.F. 117 p.
- Ter Braak, C. J. F. 1988. *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.

Velázquez, P.F. 1987. *Colección de documentos para la historia de San Luis Potosí*. Archivo Histórico del Estado. San Luis Potosí. Tomo 3. 561 p.

Verástegui, E. 1979. *Río Verde, S.L.P. V. Dominio español y la independencia*. Cuadernos Núm. 74. Biblioteca de Historia Potosina. San Luis Potosí, S.L.P. 42 p.

Villalobos, C. I. 1974. *Carta hidrogeoquímica del estado de San Luis Potosí, 1974*. Folleto Técnico Núm. 42. Instituto de Geología y Metalurgia, UASLP. San Luis Potosí, S.L.P. México. 35 p.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Capítulo 5

SUELOS IRRIGADOS EN LA REGIÓN DE RIOVERDE, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

RESUMEN

La región de Rioverde, San Luis Potosí, México, cuenta con 15132 ha bajo riego. Los suelos irrigados corresponden a Phaeozems, Vertisoles, Chernozems y Solonchaks. Durante 20 años, el laboratorio del Distrito de Desarrollo Rural 130 ha acumulado datos de análisis de los suelos; sin embargo, se carece de un análisis de tal información, que permita conocer la variación regional de las propiedades físicas y químicas y la fertilidad de los suelos, así como las repercusiones del riego en dichas propiedades. El objetivo del estudio fue interpretar las propiedades físicas, químicas y de fertilidad usando los datos de los análisis de suelos de los laboratorios que han trabajado en la región de Rioverde, S.L.P. La información se procesó con el paquete Excel 97 para Windows 98, y se sometió a un análisis multivariable de ordenación mediante componentes principales. Los resultados indican que los suelos se caracterizan por lo siguiente: clases de textura, arcilla, franco arenosa y franco arcillosa; niveles de materia orgánica, pobre y medio; niveles de pH, neutro, ligeramente alcalino y medianamente alcalino; conductividad eléctrica, $\leq 4 \text{ dS m}^{-1}$ en la zona sur y porción occidental de la margen izquierda del río

Verde, y $> 4 \text{ dS m}^{-1}$ en la porción oriental de las zonas norte y margen izquierda del río Verde; porcentaje de sodio intercambiable, $< 5 \%$; niveles de fósforo asimilable, muy rico y rico; niveles de potasio asimilable, medio y muy rico. El análisis multivariable de las muestras de suelo indica que con sólo la determinación de los porcentajes de arena, arcilla y materia orgánica se puede conocer el estado actual de un suelo del área de estudio y las prácticas de manejo requeridas para su aprovechamiento racional.

Palabras clave: *Suelos agrícolas, riego, propiedades físicas y químicas, fertilidad.*

SUMMARY

The Rioverde region, San Luis Potosí, México, comprises 15,132 irrigated hectares. Irrigated soils correspond to Phaeozems, Vertisols, Chernozems and Solonchaks. Over the last 20 years, the laboratory of the 130 Rural Development District has gathered soil analysis data; however, an analysis this information is

still lacking, that would allow to determine the regional variation in soil fertility, physical and chemical properties, as well as the effect of irrigation on these properties. This study aims to identify the main attributes of irrigated soils in the Rioverde region, S.L.P., based on the existing laboratory data. The information was processed using the Excel 97 for Windows, conducting a multivariate ordination through a principal components analysis. Findings indicate that soils are characterized as follows: texture classes: clay, clayey-sandy loam, clayey loam; organic matter level: poor and moderate; pH level: neutral, slightly alkaline and moderately alkaline; electric conductivity, $< 4 \text{ dS m}^{-1}$ at the southern and western portions of the Verde river's left bank, and $> 4 \text{ dS m}^{-1}$ at the eastern

portion of the river's north zone and left bank; available potassium levels: moderate and very rich. The multivariate analysis of soil samples indicates that it is possible to determine the soil's current condition in the study area, as well as management practices required for a rational use, by only determining sand, clay and organic matter contents.

Index words: Farm soils, irrigation, physicochemical characteristics, fertility.

INTRODUCCIÓN

Localización de la región de estudio

La región agrícola de Rioverde 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 (Figura 1). Comprende una superficie de labor de 49495 ha, de las cuales 15132 cuentan con agua para riego (INEGI, 1994). El área irrigada se abastece del agua subterránea, la cual proviene de manantiales que brotan de la formación caliza El Doctor y de perforaciones sobre un acuífero de

medio granular. Las aguas de estas dos fuentes, se caracterizan por presentar una fuerte variación en la composición y concentración de las sales que llevan disueltas (Charcas *et al.*, 2000).

Agua de riego. Con base en la ubicación geográfica y la calidad del agua de riego, los manantiales y pozos pueden agruparse en dos zonas (Charcas *et al.*, 2000): 1) Norte; comprende el área entre los poblados de San Bartolo y San Francisco, en el límite septentrional, y Colonia Veinte de Noviembre y Miguel Hidalgo, en el límite meridional; las aguas de esta zona presentan las características siguientes: a) alta concentración de sales, pues los valores de



Figura 1. Situación de la región de Rioverde y sus áreas irrigadas (adaptado de Michelet, 1996).

conductividad eléctrica son mayores de 2.0 dS m^{-1} a 25°C ; b) valores bajos de la relación de adsorción de sodio (RAS); y c) valores del pH ligeramente alcalinos. De acuerdo con Fipps (1996), estas aguas pueden usarse siempre y cuando se siembren cultivos muy tolerantes a las sales, se aplique agua en abundancia y el drenaje del subsuelo sea adecuado. 2) Sur; abarca el área localizada entre la margen derecha del río Verde y el borde de las serranías del oeste y suroeste, así como la franja de la margen izquierda del río, que se extiende desde Labor Vieja hasta la Colonia Veinte de Noviembre. Las aguas de esta zona se caracterizan por: a) presentar menor concentración de sales, puesto que los valores de conductividad eléctrica varían de 0.250 a 2.0 dS m^{-1} a 25°C ; b) valores de la RAS muy bajos; y c) valores del pH que varían desde ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos. Estas aguas pueden usarse en suelos con buen drenaje y prácticas especiales de control de la salinidad; asimismo, se deben seleccionar cultivos tolerantes a las sales (Richards, 1973; Palacios y Aceves, 1994; Fipps, 1996).

Geología. Los sedimentos lacustres alternan con el travertino. En la porción norte, los sedimentos están compuestos de arcillas, tobas silíceas porosas y clásticos de caliza y caliche. En la porción sur y suroeste, los materiales de relleno consisten de una alternancia de capas de arcillas, arenas y gravas, con una cobertura de tobas areno arcillosas y pumíticas. En estos sedimentos se han desarrollado los suelos más fértiles de la región de estudio (Alvarado, 1973; Montañez, 1992).

Suelos agrícolas. Con base en la información de los puntos de verificación de la Carta Edafológica, Escala 1:50000 (CETENAL, 1973), y el Mapa mundial de

suelos (FAO-UNESCO, 1991), los principales suelos agrícolas irrigados pertenecen a las clases siguientes: Phaeozems háplicos (PHh), Phaeozems cálcicos (PHc), Vertisoles eútricos (VRe), Chernozems cálcicos (CHK) y Solonchaks háplicos (SCh). Las tres primeras clases comprenden alrededor del 90% de la superficie de riego. A continuación se describen las principales características físicas y químicas de dichas clases.

a) Phaeozems háplicos (PHh). Clase textural, media (suelos franco arcillo arenosos, franco arcillosos, franco arenosos y francos); pH, 7.6; materia orgánica, 1.3 %; capacidad de intercambio catiónico, 18.7 cmol (+) kg⁻¹; saturación de bases, 100 %; cationes intercambiables, calcio, magnesio, sodio y potasio en concentraciones de 17.2, 2.0, 0.2 y 0.4 cmol (+) kg⁻¹, respectivamente; conductividad eléctrica, < 2.0 dS m⁻¹ a 25 °C; porcentaje de saturación de sodio (PPS), < 15.0; fósforo disponible, 3.5 mg kg⁻¹; profundidad, > 100 cm; drenaje interno, muy drenado o excesivamente drenado.

b) Phaeozems cálcicos (PHc). Clase textural, media (suelos franco arcillosos); pH, 8.0; materia orgánica, 3.3 %; capacidad de intercambio catiónico, 24.6 cmol (+) kg⁻¹; saturación de bases, 100 %; cationes intercambiables, calcio, magnesio, sodio y potasio en concentraciones de 40.5, 7.8, 0.3 y 2.5 cmol (+) kg⁻¹, respectivamente; conductividad eléctrica, < 2.0 dS m⁻¹ a 25 °C; PPS, < 15.0; fósforo disponible, 0.6 mg kg⁻¹; profundidad, > 100 cm; drenaje interno, muy drenado o excesivamente drenado.

c) Vertisoles eútricos (VRe). Clase textural, fina (suelos arcillosos); pH, 7.7; materia orgánica, 1.8 %; capacidad de intercambio catiónico, 40.4 cmol (+) kg⁻¹; saturación de bases, 100 %; cationes intercambiables, calcio, magnesio,

sodio y potasio en concentraciones de 32.1, 9.9, 0.4 y 1.1 cmol (+) kg⁻¹, respectivamente; conductividad eléctrica, < 2.0 dS m⁻¹ a 25 °C; PPS, < 15.0; fósforo disponible, 2.5 mg kg⁻¹; profundidad, > 100 cm; drenaje interno, moderadamente drenado o muy drenado.

d) Chernozems cálcicos (CHk). Clase textural, media y fina (suelos arcillosos, franco arcillosos, franco limosos y francos); pH, 7.8; materia orgánica, 3.6 %; capacidad de intercambio catiónico, 11.1 cmol (+) kg⁻¹; saturación de bases, 100 %; cationes intercambiables, calcio, magnesio, sodio y potasio en concentraciones de 32.4, 2.2, 0.2 y 0.6 cmol (+) kg⁻¹, respectivamente; conductividad eléctrica, < 2.0 dS m⁻¹ a 25 °C; PPS, < 15.0; fósforo disponible, 0.6 mg kg⁻¹; profundidad, > 100 cm; drenaje interno, muy drenado.

e) Solonchaks háplicos (SCh). Clase textural, media (suelos franco arcillosos, franco arenosos); pH, 8.1; materia orgánica, 2.5 %; capacidad de intercambio catiónico, 20.0 cmol (+) kg⁻¹; saturación de bases, 100 %; cationes intercambiables, calcio, magnesio, sodio y potasio en concentraciones de 62.1, 14.0, 2.4 y 2.1 cmol (+) kg⁻¹, respectivamente; conductividad eléctrica, > 4.0 dS m⁻¹ a 25 °C; PPS, < 15.0; fósforo disponible, 5.7 mg kg⁻¹; profundidad, > 100 cm; drenaje interno, drenado y muy drenado.

El objetivo del estudio fue interpretar las propiedades físicas, químicas y de fertilidad usando los datos de los análisis de suelos de los laboratorios que han trabajado en la región de Rioverde, S.L.P., como en el trabajo anterior, sólo se cumple parcialmente con el tercer objetivo señalado en la introducción general.

Para cumplir con el objetivo anterior, se probó la hipótesis siguiente: los datos de análisis de suelos se utilizan para interpretar las propiedades físicas, químicas y de fertilidad de los mismos, por lo que su estudio permite reconocer los efectos del riego en la fertilidad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilaron los datos de análisis de suelos del laboratorio del Distrito de Desarrollo Rural 130. Luego, se utilizaron las cartas geológica, edafológica y de uso del suelo (CETENAL, 1973) para ubicar los puntos donde fueron tomadas las muestras de suelo, asimismo para obtener información acerca de la presencia, distribución y uso de las unidades de suelos agrícolas. Con la información anterior, se hicieron recorridos de campo para verificar la localización de los puntos de muestreo y obtener información adicional sobre las características de los suelos. La información se procesó con el paquete Excel 97 para Windows 98. La caracterización de los suelos se hizo con base en los criterios y parámetros usados en el laboratorio del Distrito de Desarrollo Rural 130, así como en los de uso generalizado en la literatura agronómica. Asimismo, las 492 muestras de suelo que contaban con datos completos de textura, conductividad eléctrica, RAS, pH, materia orgánica, N, P y K, se sometieron a un análisis multivariable de ordenación mediante componentes principales y análisis canónico de correspondencias; ambos análisis se realizaron con el programa CANOCO (Ter Braak, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en la procedencia geográfica, la calidad del agua de riego y las unidades de suelos, las muestras de suelo se agrupan en tres zonas (Figura 1):

a) Norte; se ubica entre los poblados de San Francisco, en el límite oriental, y Diego Ruiz, en el límite occidental. Es una zona que se riega con aguas que presentan valores de conductividad eléctrica mayores $> 2 \text{ dS m}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, valores de la RAS < 2.0 y valores del pH ligeramente alcalinos (7.2 a 8.1). Las clases de suelo predominantes son Phaeozems cálcicos, Vertisoles eútricos y Solonchaks háplicos.

b) Margen izquierda del río Verde; abarca una franja de terrenos que se extiende desde el poblado de la Boquilla, en el límite oriental, hasta el poblado de La Noria, en el límite occidental. En la porción oriental, las aguas tienen valores de conductividad eléctrica $> 2000 \text{ dS m}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, mientras que en la occidental los valores son menores a dicha cifra; en ambas porciones, los valores de la RAS < 2.0 y los del pH son ligeramente alcalinos (7.2 a 8.1). Por otra parte, hacia el oriente predominan los suelos de las unidades Chernozems cálcicos y Solonchaks háplicos, pero en el occidente sólo se presentan los Vertisoles eútricos.

c) Sur; incluye toda el área de la margen derecha del río Verde hasta las estribaciones de las serranías del occidente. Esta zona comprende las dos áreas agrícolas más importantes siguientes. El área de El Refugio, cuyas aguas se caracterizan por presentar valores de conductividad eléctrica que varían de 0.250 a 2.0 dS m^{-1} a $25 \text{ }^\circ\text{C}$; asimismo, los valores de la RAS son < 1.0 y los del pH son ligeramente alcalinos (7.2 a 8.1); los suelos corresponden a Phaeozems

háplicos. El Distrito de Riego 049 (manantial de la Media Luna y manantiales menores), cuyas aguas tienen valores de conductividad eléctrica que varían de 1.650 a 1.980 dS m⁻¹ a 25 °C, valores de la RAS < 1.0 y pH desde ligeramente ácido a ligeramente alcalino (6.5 a 7.8); los suelos pertenecen a las clases Phozems háplicos y Chemozems cálcicos.

Textura

En general, las muestras de suelo se agrupan en tres clases de textura: arcillosa, franco arcillosa y franco arcillo arenosa. La importancia de cada clase depende del área geográfica donde fueron tomadas las muestras de suelo. Así, en la zona norte predomina el orden siguiente: arcillosa>franco arcillosa>franco arcillo arenosa. En ambas márgenes del río Verde, prevalece la secuencia arcillosa>franco arcillo arenosa>franco arcillosa. En relación con la fracción arcilla, se presentan dos gradientes: uno de norte a sur, relacionado con la pendiente general de la planicie, la cual es consecuencia de los eventos geológicos que dieron origen al valle; y otro de este a oeste, relacionado con la pendiente perpendicular al río Verde, resultante de los procesos de erosión y drenaje (Cuadro 1). La información anterior es similar a la de los puntos de verificación de la carta edafológica de CETENAL.

Los tres tipos de textura señaladas comparten, con diferente grado de intensidad, las características de la fracción arcilla, es decir, superficie específica muy elevada, y partículas con carga eléctrica superficial y comportamiento coloidal. Estas características tienen, entre otras, las implicaciones agrícolas siguientes: 1) Capacidad de intercambio catiónico alta. Cuanto más arcilla haya en un suelo, tanto más elevada es la capacidad de

intercambio de cationes. Los suelos de la clase franco arcillosa tienen de 15 a 20 cmol (+) kg⁻¹, mientras que los suelos de la clase arcillosa exceden por lo general de 20 cmol (+) kg⁻¹. 2) Capacidad de retención y suministro de agua elevada. A medida que aumenta la cantidad de arcilla, también aumenta la capacidad para retener el agua; asimismo, el suministro de agua a la planta es mayor en los suelos arcillosos que en los arenosos. 3) Permeabilidad baja. Al incrementarse el contenido de arcilla, disminuye la tasa de movimiento del agua y del aire a través del suelo, lo cual puede ocasionar problemas de encharcamiento y falta de oxígeno. 4) Dificultad de laboreo. En los suelos arcillosos dura poco tiempo el tempero, por lo que resulta difícil realizar las labores en el momento oportuno. Así, cuando el suelo está muy húmedo, la arada no lo disgrega, sino que forma grandes prismas invertidos; por el contrario, cuando está seco, esta labor requiere gran tracción y forma muchos terrones, que algunas veces no se destruyen con la rastra, sino que se hunden en el suelo (Russell, 1973; Tamhane *et al.*, 1978; Porta *et al.*, 1994).

Materia orgánica

Con base en el contenido de materia orgánica (%), las muestras de suelo se agrupan en tres niveles: pobre (0.0-2.0), medio (2.1-3.0) y rico (>3.0). En general, predominan los suelos de nivel pobre y medio. En la zona norte, en el área de Pastora (porción accidental), poco menos de la mitad de las muestras corresponde a suelos ricos en materia orgánica; sin embargo, en el área de San Francisco (porción oriental), las dos terceras partes pertenecen a suelos pobres. En la margen izquierda del río Verde, tanto en el área de La Reforma (porción occidental) como en el norte de Rioverde (porción oriental) los porcentajes de

los tres niveles son similares. En la zona sur, en el área del Refugio, casi dos terceras partes de las muestras son de suelos pobres; mientras que en el Distrito de Riego 049, a cada nivel le corresponde alrededor de una tercera parte (Cuadro 2). Estos resultados son un reflejo de las prácticas de cultivo de la región, las cuales se caracterizan por la aplicación de fertilizantes químicos, la incorporación muy escasa de residuos de cosecha y la nula aplicación de estiércol. Cabe destacar, que el área hortícola más importante de la región, El Refugio, es una de las dos áreas que cuentan con la mayor proporción de suelos pobres en materia orgánica. Esto adquiere relevancia debido a que en ella se obtienen altos rendimientos mediante la aplicación excesiva y desproporcionada de fertilizantes químicos, y que se ha convertido en el ejemplo a seguir para los agricultores de la región. La información anterior coincide con la que se ha obtenido para los Phaeozems y Vertisoles de otras regiones del país (Morazzani y Ortega, 1972; Ramírez-Silva y Pérez-Zamora, 1990; Venegas *et al.*, 1991; Alvarado y Cruz, 1993; Pérez, 1993; Osuna *et al.*, 1994; Pérez, 1996; Pérez *et al.*, 1998; Salgado-García *et al.*, 2000). En los manuales de agronomía se señala que el bajo contenido de materia orgánica en los suelos, disminuye notablemente la eficacia de los fertilizantes químicos y dificulta las labores de labranza, por lo que se recomienda utilizar rotaciones de cultivos con requerimientos contrastantes, además de la incorporación de residuos de cosechas y abonos verdes, aplicación de estiércol y disminución de las labores de labranza al mínimo requerido (Buckman y Brady, 1966; Demolon, 1972; Russell, 1973; Porta *et al.*, 1994).

CUADRO 1

PORCENTAJE DE MUESTRAS PARA LAS PRINCIPALES CLASES DE TEXTURA EN LOS SUELOS IRRIGADOS (CAPA SUPERFICIAL 0-30 cm) DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona geográfica	N	Franco arcilloarenosa	Franco arcillosa	Arcillosa	Otras
Norte					
Pastora	81	8.6	13.6	72.8	5.0
San Francisco	22	0.0	13.6	81.8	4.6
Margen izquierda del río Verde					
Reforma-V. Noviembre	332	21.7	14.8	53.0	10.5
Norte de Rioverde	109	15.6	16.6	56.0	11.8
Sur					
El Refugio	242	30.6	13.6	41.7	14.1
Distrito de Riego 049	306	16.0	14.0	56.9	13.1

CUADRO 2

PROPORCIÓN DE MUESTRAS CON DIFERENTE RIQUEZA DE MATERIA ORGÁNICA (%) EN SUELOS IRRIGADOS (CAPA SUPERFICIAL 0-20 cm) DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona geográfica	<i>n</i>	≤2.0 (Pobre)	2.1-3.0 (Medio)	>3.0 (Rico)
Norte				
Pastora	104	26.9	26.9	46.2
San Francisco	21	66.7	14.3	19.0
Margen izquierda del río Verde				
Reforma-V. Noviembre	267	46.1	26.6	27.3
Norte de Rioverde	132	42.4	31.1	26.5
Sur				
El Refugio	203	60.1	22.2	17.7
Distrito de Riego 049	219	37.0	29.7	33.3

pH

Las muestras de suelo se agrupan en cuatro clases en cuanto a su reacción: neutros (6.6-7.5), ligeramente alcalinos (7.6-8.0), medianamente alcalinos (8.1-8.5) y fuertemente alcalinos (>8.5). En la zona norte, los suelos ligeramente alcalinos y medianamente alcalinos comprenden más del 84% de las muestras consideradas para las porciones occidental y oriental. En la margen izquierda del río Verde, las tres primeras clases de pH ocurren en proporciones similares. En la región sur, en el área del Refugio predominan los suelos medianamente alcalinos, mientras que en el Distrito de Riego 049 dominan los ligeramente alcalinos (Cuadro 3). La información anterior concuerda con la obtenida para Phaeozems de Colima y Oaxaca (Pérez, 1993, 1996; Pérez et al., 1998) y para Vertisoles de Morelos (Osuna et al., 1994), asimismo con los datos generalizados para las unidades de suelos registrados en la región (FitzPatrick, 1984; FAO-UNESCO, 1991). Algunos efectos

esperables para las clases de suelos ligeramente alcalinos y medianamente alcalinos, son: 1) Disminución en la disponibilidad de fósforo, pues con valores

de pH mayores de 7.5 el fósforo se encuentra en formas pocos solubles (fosfato tricálcico). 2) Deficiencias de hierro, manganeso, zinc, cobre, boro y cobalto; particularmente destacan problemas de clorosis. 3) Supresión de organismos benéficos; los organismos fijadores de nitrógeno asociados a cultivos de origen templado, disminuyen su actividad rápidamente a valores de pH superiores a 7.4. 4) Se favorecen organismos causantes de enfermedades en las plantas; tal es el caso del marchitamiento por *Verticillium* en el jitomate y otras solanáceas

(Worthen y Aldrich, 1956; Allaway, 1957; Hardy, 1970; Buckman y Brady, 1966; Russell, 1973; Porta *et al.*, 1994).

Salinidad

Con base en los valores de conductividad eléctrica (dS m^{-1} a 25 °C), las muestras de suelo se agruparon en dos clases: suelos normales (0.0-4.0) y suelos salinos (>4.0) (Cuadro 4). En general, en este respecto se presentan dos gradientes, uno de norte a sur, y otro de este a oeste, los cuales coinciden con los gradientes en el contenido de arcilla. En la zona norte, las muestras del área de San Francisco provienen de Solonchaks háplicos, mientras que las de Pastora proceden principalmente de Phaeozems cálcicos y Vertisoles eútricos. En esta zona, los suelos en forma natural han estado sujetos a un ciclo anual de inundación y secamiento, lo cual ha conducido a la acumulación de sales. En la margen izquierda del río Verde, las muestras proceden principalmente de Vertisoles eútricos, Chernozems cálcicos y Solonchaks háplicos. Aunque esta zona también está bajo la influencia de los ciclos anuales de inundación y secamiento, el problema de acumulación de sales se atenúa por el drenaje natural hacia el río Verde. En la zona sur se registra la menor proporción de suelos salinos; las muestras del área del Refugio corresponden a Phaeozems háplicos y las del Distrito de Riego 049, provienen de Chernozems cálcicos y Phaeozems háplicos. Esta zona presenta buen drenaje, debido a la red de drenes que se construyó al establecerse el Distrito de Riego 049, a principios de los ochenta. Así, los suelos con problemas de sales en la región se localizan principalmente en pequeñas depresiones que se han abierto al cultivo recientemente.

Con base en la información anterior y en el historial de uso de las áreas de riego señaladas, se puede afirmar que el problema de salinidad de los suelos de la región de estudio, es el resultado de la transformación en regadío de terrenos impropios para el cultivo. En la zona norte y en la porción oriental de la margen izquierda del río Verde, el problema de los suelos salinos se ha agravado por el uso de aguas con alto contenido de sales. En estos lugares, las prácticas de lavado y drenaje de los suelos resultan antieconómicas; por lo tanto, procede poner en práctica lo que Richards (1973) denomina como agricultura de suelos salinos; es decir, el riego, el lavado y las prácticas de cultivo deben dirigirse hacia el control de la salinidad. Asimismo, deben elegirse cultivos tolerantes a las sales y aplicarse mejoradores químicos cuando sea necesario.

Sodificación

Con excepción del área de San Francisco, el porcentaje de sodio intercambiable de la mayoría de los suelos es menor del 5%. Esta cifra es muy inferior a 15%, con la cual se tienen serias dificultades para mantener el suelo permeable (Richards, 1973; Russell, 1973; Porta *et al.*, 1994). Asimismo, dicha cifra está por debajo del valor máximo del 5%, a partir del cual se pierden las propiedades físicas favorables de los suelos arcillosos (Dudal, 1967).

CUADRO 3

PORCENTAJES DE LOS TIPOS DE REACCIÓN EN MUESTRAS DE SUELOS IRRIGADOS (CAPA SUPERFICIAL 0-30 cm) DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona geográfica	N	Neuro (6.6-7.5)	Ligeramente alcalino (7.6-8.0)	Medianamente alcalino (8.1-8.5)	Fuertemente alcalino (>8.5)
Norte					
Pastora	153	5.2	48.4	41.8	4.6
San Francisco	33	15.2	66.7	18.1	0.0
Margen izq. del río Verde					
Reforma-V. Noviembre	335	35.5	23.6	37.0	3.9
Norte de Rioverde	228	38.6	30.7	27.2	3.5
Sur					
El Refugio	261	32.9	23.7	42.1	1.3
Distrito de Riego 049	396	34.8	42.7	19.7	2.8

CUADRO 4

PROPORCIÓN DE MUESTRAS SEGÚN SU NIVEL DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (dS m^{-1} a 25 °C) PROCEDENTES DE SUELOS IRRIGADOS (CAPA SUPERFICIAL 0-30 cm) DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona geográfica	<i>n</i>	0.0-4.0 (Normal)	>4.0 (Salino)
Norte			
Pastora	153	52.3	47.7
San Francisco	33	9.1	90.9
Margen izquierda del río Verde			
Reforma-20 Nov.	335	74.9	25.1
Norte de Rioverde	228	65.8	34.2
Sur			
El Refugio	262	92.4	7.6
Distrito de Riego 049	396	82.3	17.7

Nutrientes

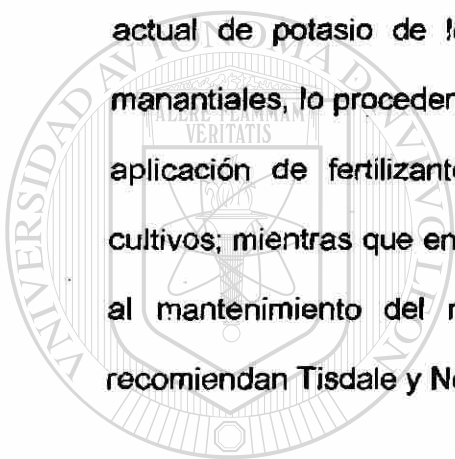
Los datos del contenido de nitrógeno en las muestras de suelo están calculados con base en los de materia orgánica, por lo que sería redundante presentarlos. Así, sólo se presenta la información correspondiente a fósforo y potasio.

Fósforo. Con base en el contenido de fósforo (mg kg^{-1}), las muestras de suelo se agrupan en cuatro niveles: pobre (≤ 4.0), medio (4.1-8.0), rico (8.1-18.0) y muy rico (>18.0) (Cuadro 5). En toda la región de estudio, la mayoría de las muestras analizadas corresponde a los niveles muy rico y rico. Esta abundancia del fósforo se puede explicar por la aplicación de altas cantidades de fertilizantes fosfóricos a las hortalizas que se siembran en rotación anual con el maíz. Sin embargo, como ya se señaló anteriormente, la mayoría de los suelos presenta valores de pH que varían entre 7.6 y 8.5, por lo que gran parte del fósforo puede estar en forma poco asimilable. Este problema se puede resolver

mediante la aplicación combinada de fertilizantes fosfóricos con nitrogenados de residuo ácido, o bien, con la incorporación periódica de residuos de cosecha y de estiércol (Buckman y Brady, 1966; Tisdale y Nelson, 1970; Demolon, 1972; Aldrich y Leng, 1974).

Potasio. De acuerdo con el contenido de potasio (mg kg^{-1}), las muestras se agrupan en cuatro niveles: pobre (≤ 102.0), medio (102.1-146.0), rico (146.1-222.0) y muy rico (>222.0) (Cuadro 6). Las muestras analizadas corresponden principalmente a los niveles medio y muy rico. Los suelos con nivel medio predominan en las áreas de riego de manantiales, con mayor antigüedad de

cultivo, y los suelos con nivel muy rico en las áreas de bombeo de pozos, más recientes. Lo anterior indica que los suelos de la región de estudio pueden encontrarse en un proceso de agotamiento de la reserva de potasio, debido a que: a) las prácticas usuales de fertilización no incluyen la aplicación de fertilizantes potásicos; b) es nula la incorporación de estiércol y residuos de cosecha; y c) se cultivan especies que requieren altas cantidades de potasio. Por lo tanto, deben tomarse medidas para mantener o mejorar el contenido actual de potasio de los suelos de la región de estudio. En el área de manantiales, lo procedente, como podría demostrarse experimentalmente, es la aplicación de fertilizantes potásicos para aumentar el rendimiento de los cultivos; mientras que en el área de bombeo, la aplicación debe estar orientada al mantenimiento del nivel de riqueza de este nutrimento, tal como lo recomiendan Tisdale y Nelson (1970) y Aldrich y Leng (1974).



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CUADRO 5

PROPORCIÓN DE MUESTRAS DE ACUERDO CON SU CONTENIDO DE FÓSFORO (mg kg^{-1}), DE SUELOS IRRIGADOS (CAPA SUPERFICIAL 0-20 cm) DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona geográfica	<i>n</i>	≤ 4.0 (Pobre)	4.1-8.0 (Medio)	8.1-18 (Rico)	>18.0 (Muy rico)
Norte					
Pastora	104	10.6	6.7	21.1	61.60
San Francisco	22	4.5	0.0	4.5	91.00
Margen izquierda del río Verde					
Reforma-20 Nov.	324	7.4	4.9	14.8	72.90
Norte de Rioverde	118	8.5	4.2	17.8	69.50
Sur					
El Refugio	206	4.4	3.4	14.1	78.10
Distrito de Riego 049	246	1.6	2.8	7.3	88.30

CUADRO 6

PROPORCIÓN DE MUESTRAS SEGÚN SU CONTENIDO DE POTASIO (mg kg^{-1}), DE SUELOS IRRIGADOS (CAPA SUPERFICIAL 0-20 cm) DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Zona geográfica	n	≤ 102.0 (Pobre)	102.1-146.0 (Medio)	146.1-222.0 (Rico)	> 222.0 (Muy rico)
Norte					
Pastora	104	1.9	21.1	1.0	76.00
San Francisco	22	0.0	100.0	0.0	0.00
Margen izquierda del río Verde					
Reforma-20 Nov.	324	0.1	42.6	0.0	57.30
Norte de Rioverde	118	0.0	42.4	4.2	53.40
Sur					
El Refugio	206	3.9	38.3	4.4	53.40
Distrito de Riego 049	246	2.0	67.1	5.7	25.20

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Análisis multivariable de propiedades físicas y químicas de los suelos

Los resultados del análisis de componentes principales para 10 atributos de las 492 muestras estudiadas, muestran que los primeros cuatro componentes principales explican el 70.02% de la variación total (Cuadro 7). El primer componente resume 29.06% y ordena las muestras de suelo de acuerdo con los contenidos de arena, materia orgánica, potasio y nitrógeno; el segundo resume 16.77 % de la variación y ordena las muestras de acuerdo con los contenidos de arcilla y arena; el tercero da cuenta del 13.05% de la variación y ordena las muestras con base en el porcentaje de sodio intercambiable y la conductividad eléctrica; y el cuarto explica el 11.14% de la variación y ordena las muestras de acuerdo con el contenido de limo.

La disposición espacial de las muestras de suelo sobre los primeros dos componentes principales, se presenta en la Figura 1. El arreglo de las muestras sobre el primer componente, corresponde a su ordenación sobre un gradiente de contenido de materia orgánica (las muestras 335 y 369 presentan valores altos, mientras que las 307 y 317 los tienen bajos). En el segundo componente, la ordenación sucede sobre un gradiente de contenido de arcilla (las muestras 282 y 283 tienen valores muy altos, y las 335 y 476 los tienen muy bajos).

Con base en los resultados generados por el CANOCO (Ter Braak, 1988), en la Figura 3 se presenta la ordenación de las variables evaluadas. La arcilla y arena destacan como variables contrapuestas, aunque la primera con alguna mayor importancia por su menor ángulo con respecto al eje de ordenación y por su relación estrecha con el porcentaje de sodio intercambiable y la conductividad eléctrica. Luego, como la materia orgánica y los tres

nutrimentos están muy correlacionados, como lo muestra la disposición y semejanza de sus vectores con magnitud y ángulo similares con respecto a los ejes de ordenación, la materia orgánica puede elegirse como la variable más significativa de ellas. Así, los porcentajes de arcilla, arena y materia orgánica resultan ser los atributos más significativos para la caracterización de los suelos de la región, de acuerdo con las condiciones dominantes de cultivo y prácticas de manejo. La evaluación de estos tres atributos puede orientar fácilmente los cambios en las prácticas actuales de cultivo para mantener o mejorar la fertilidad del suelo en un nivel apropiado de rentabilidad y persistencia.

CONCLUSIONES

Los suelos irrigados de la región de Rioverde, S.L.P., se caracterizan por lo siguiente:

a) Predominio de la fracción arcilla en dos gradientes, uno de norte a sur, relacionado con la pendiente general de la planicie, y otro de este a oeste,

relacionado con la pendiente dominante. Las clases de textura principales son: arcilla, franco arcillo arenosa y franco arcillosa.

b) Contenido de materia orgánica (%) en los niveles pobre (0.0-2.0) y medio (2.1-3.0).

c) pH en los niveles neutro (6.6-7.5), ligeramente alcalino (7.6-8.0) y medianamente alcalino (8.0-8.5).

d) Conductividad eléctrica en dos gradientes, coincidentes con los gradientes de la fracción arcilla. En las zonas margen izquierda del río Verde (porción occidental) y sur, el riego de suelos con conductividad eléctrica ≤ 4 dS

m^{-1} a 25 °C, profundos y con buen drenaje, utilizando aguas que tienen una conductividad eléctrica de $\leq 2 \text{ dS m}^{-1}$ a 25 °C, no ha causado acumulación de sales. Por el contrario, en las zonas norte y margen izquierda del río Verde (porción oriental), el riego de suelos salinos, poco profundos y con mal drenaje, aplicando aguas que presentan un conductividad eléctrica $> 2 \text{ dS m}^{-1}$ a 25 °C, si ha provocado la acumulación de sales.

e) Porcentaje de sodio intercambiable $< 5 \%$.

f) El fósforo asimilable (mg kg^{-1}) se presenta en los niveles muy rico (8.1-18.0) y rico (>18.0), mientras que el potasio asimilable (mg kg^{-1}) se encuentra en los niveles medio (102.1-146.0) y muy rico (> 222.0).

Los resultados del análisis multivariable de un número importante de muestras de suelos de la región, indican que con sólo la determinación de los porcentajes de arena, arcilla y materia orgánica se puede conocer el estado actual de un suelo del área de estudio y las prácticas de manejo recomendables para su aprovechamiento racional.

Con base en lo anterior, se acepta la hipótesis de que los datos de análisis de suelos se utilizan para interpretar las propiedades físicas, químicas y de fertilidad de los mismos, por lo que su estudio permite reconocer los efectos del riego en la fertilidad del suelo.

CUADRO 7

CORRELACIONES ENTRE LOS CUATRO PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES (CP) Y 10 VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE SUELOS IRRIGADOS DE LA REGIÓN DE RIOVERDE, S.L.P.

Variable	CP1 (29.06)	CP2 (16.77)	CP3 (13.05)	CP4 (11.14)
Conductividad eléctrica	0.5178	0.1709	0.6605	0.0971
PSI	0.2128	0.3838	0.7069	-0.1880
PH	0.4835	-0.1324	0.0727	-0.5241
Materia orgánica	0.6359	-0.2992	-0.1617	0.1746
Arena	-0.6805	-0.6267	0.2571	-0.2380
Limo	0.3997	-0.0647	0.2823	0.7852
Arcilla	0.5186	0.7109	-0.4227	-0.1727
Nitrógeno	0.6035	-0.5180	-0.0432	0.0495
Fósforo	0.5512	-0.3675	-0.1524	-0.1174
Potasio	0.6153	-0.3294	-0.0197	-0.2244

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

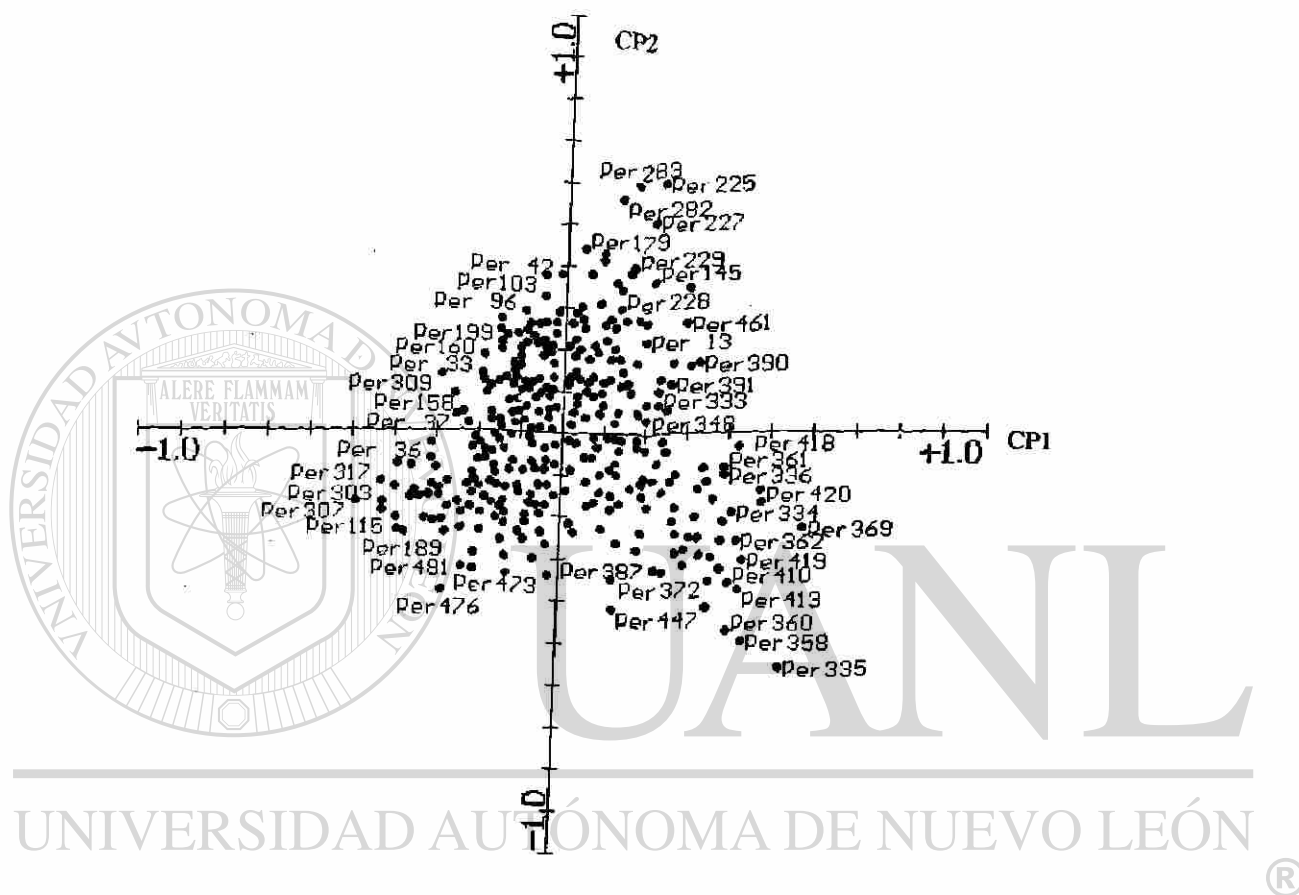


Figura 2. Ordenación de 492 muestras de suelo con base en diez atributos físicos y químicos, sobre los dos primeros componentes principales.

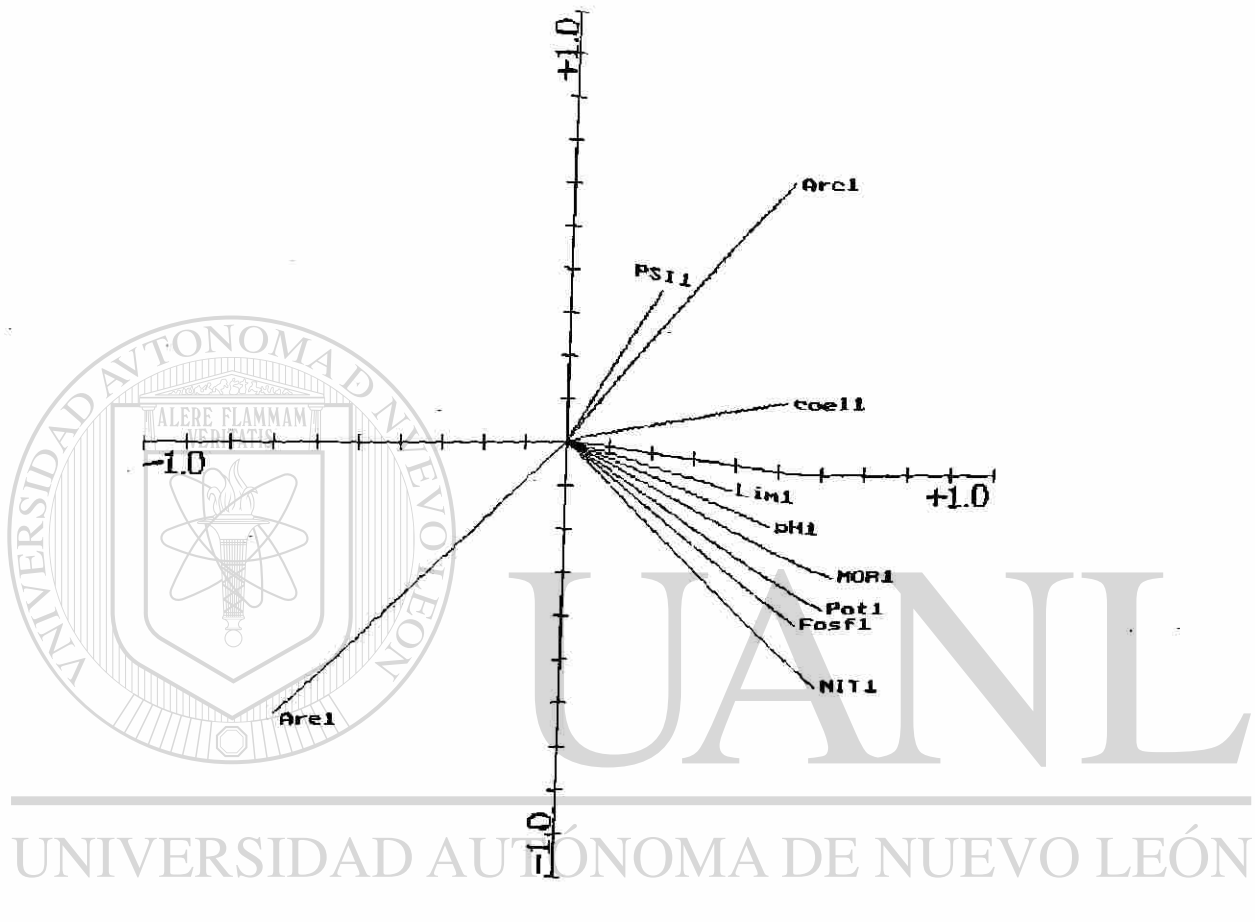


Figura 3. Ordenación de las diez variables físicas y químicas evaluadas en 492 muestras de suelo de la región de Rioverde, S.L.P. PSI1: porcentaje de sodio intercambiable; Arc1: arcilla; coel1: conductividad eléctrica; Lim1: limo; pH1: pH; MOR1: materia orgánica; Pot1: potasio; Fosf1: fósforo; NIT1: nitrógeno; Are1: arena.

LITERATURA CITADA

Aldrich, S.R. y E. R. Leng. 1974. Producción moderna del maíz. Traducción al español de O. Martínez T. y P. Leguisamón. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.

Alvarado, A.R. 1973. Estudio geohidrológico de la cuenca del río Verde, estado de San Luis Potosí. Trabajo Recepcional. Escuela de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P.

Alvarado L., J.; J. Cruz D. 1993. Relaciones cantidad-intensidad (Q/I) de potasio en suelos tropicales. Terra. 11(2): 127-134.

Allaway, W.H. 1957. pH, soil acidity, and plant Growth. pp. 67-71. In: Soil. The yearbook of agriculture 1957. USDA. Washington, D.C.

Buckman, O.H y N.C. Brady. 1966. Naturaleza y propiedades de los suelos. Traducción al español de R. Salord B. Editorial Montaner y Simón. Barcelona, España. 590 p.

CETENAL. 1973. Cartas Edafológica, Geológica y Uso del suelo. Escala 1:50000. Hojas Angostura F-14-A-86, San Francisco F-14-A-87, El Refugio

F-14-C-16 y Rioverde F-14-C-17.

Charcas S., H., E. Olivares S. y J.R. Aguirre R. 2000. Agua de riego en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México. (Enviado a Revista de Ingeniería Hidráulica en México).

Demolon, A. 1972. Principios de agronomía. Crecimiento de los vegetales cultivados. Tomo II. 2a. edición. Traducción al español de J. Pérez M. Editorial Omega. Barcelona, España. 587 p.

- Dudal, R. 1967. Suelos arcillosos oscuros de las regiones tropicales y subtropicales. Cuadernos de Fomento Agropecuario No. 83. FAO. Roma, Italia. 169 p.
- FAO-UNESCO. 1989. Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos 60. FAO. Roma, Italia. 142 p.
- Fipps, G. 1996. Irrigation water quality standards and salinity management strategies. Texas Agricultural Extension Service. Texas, A&M University System. College Station, Texas. B-1667. 19 p.
- FitzPatrick, E.A. 1984. Suelos. Su formación, clasificación y distribución. Traducción al español de A. Marino A. Editorial CECOSA. México. 416 p.
- Hardy, F. 1970. Edafología tropical. Traducción al español de R. Bazán. Editorial Herrero. México. 416 p.
- INEGI. 1994. San Luis Potosí. Resultados definitivos. VII. Censo agrícola-ganadero. Tomo I. México. 505 p.
-
- Michelet, D. 1996. Rioverde, San Luis Potosí. Instituto de Cultura San Luis Potosí, Lascasiana. CEMCA. México. 437 p.
- Montañez C., P. 1992. Hidrogeoquímica del municipio de Rioverde, San Luis Potosí. Trabajo Recepcional. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. 91 p.
- Morazzani H., R.; E. Ortega T. 1972. Contenido de las distintas formas de potasio en suelos tropicales y subtropicales de México. Agrociencia, Serie C. 7: 37-46.

Osuna C., F. J.; A. Turrent F.; R. Moreno D. 1994. Respuesta de la nueva variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) Morelos A-92 a la densidad de población, a la fertilización, y a la fecha de transplante en condiciones de riego, en dos localidades del estado de Morelos. *Terra*. 12 (2): 225-239.

Palacios, O. y E. Aceves. 1994. Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola. Centro de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 49 p.

Pérez Z., O. 1993. Colección e interpretación de datos climatológicos del Campo Experimental Tecomán. *Terra*. 11 (2): 158-165.

Pérez Z., O. 1996. Caracterización de los suelos de la llanura costera norte de Tecomán, Colima. *Terra*. 14 (3): 229-240.

Pérez N., J.; V. Volke H.; M. Martínez M.; N. Estrella Ch. 1998. Erosión, productividad y rentabilidad de dos suelos del estado de Oaxaca. *Agrociencia*. 32 (2): 113-118.

Porta C., J., M. López-Acebedo R. y C. Roquero de L. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.

807 p.

Ramírez S., J. H.; O. Pérez Z. 1990. Efecto de plataformas elevadas (planchas) en la producción de maíz de temporal en vertisoles típicos y gleícos del estado de Quintana Roo, México. *Terra*. 8 (1): 36-44.

Richards, L.A. 1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Traducción al español de N. Sánchez D., E. Ortega T., R. Vera Z. y R. Chena G. Editorial Limusa. México. 172 p.

Russell, E.W. 1973. Soil conditions and plant growth. 10th. Edition. Longman, New York. 849 p.

Salgado G., S.; R. Núñez E.; J. J. Peña C.; J. D. Etchevers B.; D. J. Palma L.; R. M. Soto H. 2000. Respuesta de la soca de caña de azúcar a la fertilización NPK. *Agrociencia*. 34 (6): 689-698.

Tamhane, R.V., D.P. Motiramani, Y.P. Bali y R.L. Donahue. 1978. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Traducción al español de A. Romero del V. Editorial Diana. México. 483 p.

Ter Braak, C.J.F. 1988. CANOCO – a FORTRAN program for Canonical Community Ordination. Microcomputer Power, Ithaca, New York, USA. 95 p.

Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Traducción al español de J. Balasch y C. Piña. Editorial Montaner y Simón. Barcelona, España. 760 p.

Venegas G., J.; M. Velásquez M.; J. L. Pimentel E. 1991. Respuesta del maíz al

fósforo en la Ciénega de Chapala. *Terra*. 9 (2): 197-203.

Worthen, E.L. y S.R. Aldrich. 1956. Farm soils. Their fertilization and management. 5th. Edition. Wiley. New York, USA. 439 p.

Capítulo 6

PRODUCTIVIDAD DEL MAÍZ PARA ELOTE Y GRANO EN LA REGIÓN DE RIOVERDE, SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Resumen

En Rioverde, S.L.P., México, el maíz se produce principalmente para elote. La producción de elote se caracteriza por: tracción motorizada y animal para labores de cultivo; cultivares tradicionales en densidad baja ajustada a una fertilización complementaria de la fertilidad residual del cultivo previo; rendimientos bajos de elote y de grano; rentabilidad alta en la producción de elote, pero baja en la de grano. En general los campesinos siembran tres hectáreas cada seis meses; así, necesitan mejores rendimientos para incrementar sus ingresos. Con este trabajo se comparó el rendimiento y rentabilidad de cinco cultivares tradicionales y cuatro mejorados utilizados para elote, sembrados en forma tradicional e intensiva. Se experimentó en dos localidades con suelo similar, pero con diferente tipo de riego (pozos o manantiales). Los tratamientos se asignaron en bloques completos al azar, cinco repeticiones y arreglo en parcelas divididas. La forma de manejo tradicional aventaja a la intensiva en la producción de elote y grano. Asimismo, los cultivares mejorados superan a los tradicionales en la producción de elote y

grano, en ambas formas de producción. El rendimiento y la rentabilidad fueron similares en ambas localidades.

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

Summary

Immature corn on the cob is the main form of maize grown in the Rio Verde region of San Luis Potosi, Mexico. It is produced in a variety of ways: land is cultivated by motor and animal traction; traditional cultivars are fertilized and planted at a density determined by the residual amount of fertilizer used on previous crops; low yields of grain and corn on the cob; low return from grain but the return for immature corn cob is high. Most farmers plant three corn hectares every six months. They need to increase their yields to increase their earnings. The object of this study was to compare the yields and monetary returns from traditional and improved cultivars of maize, planted under traditional and intensive forms of production. Two localities in the area of Rio Verde with the same soil type but which differed in the irrigation technique used (wells or springs) were studied experimentally. The yields of nine cultivars of maize were studied using a random block design with the two forms of production as treatments (low density/residual fertility versus high densities/recommended levels of fertilizer) and five repetitions of each treatment. No significant differences were observed between the two treatments in the production of immature corn cob and grain production. The improved cultivars produced more immature corn cob and grain than traditional cultivars under both experimental treatments.

There was no apparent difference in production and financial returns between the experiments using spring water and water pumped from the wells.

Key Words: corn, immature corn cob, traditional farming systems, cropping systems.

Introducción

La región agrícola 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; el régimen de lluvias es de verano; las heladas son ocasionales.

En esta región, el maíz para grano se ha cultivado ampliamente desde hace unos 400 años; sin embargo, las políticas gubernamentales de los años ochenta repercutieron negativamente en la producción y rentabilidad de este cultivo (Aburto, 1979; CDIA, 1980; Montañez y Warman, 1985). Como consecuencia de lo anterior, y de la demanda creciente de productos hortícolas de las ciudades en expansión, los campesinos de la región de Rioverde, inducidos por los 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. Desde entonces, la producción de elote adquirió importancia hasta convertirse actualmente en el propósito predominante en las 5000 hectáreas que se cultivan con maíz dos veces al año (Charcas *et al.*, 2000).

Con base en el grado de manejo del cultivo, la producción de maíz para elote se encuentra en una transición de tradicional a intensiva, y se caracteriza por lo siguiente: rotación del maíz con hortalizas; predominio de la tracción motorizada para realizar las labores de preparación del suelo y de la tracción animal para realizar las de siembra, escarda y aporque; siembra de cultivares criollos en golpes o matas a una densidad de población ajustada al efecto residual de los fertilizantes aplicados a las hortalizas precedentes; preponderancia de los fertilizantes nitrogenados, aplicados en cantidades desproporcionadas y fuera de tiempo; bajos rendimientos tanto de elote como de grano; y rentabilidad alta en la producción de elote, pero baja en la grano. Hasta ahora, los productores con mejores resultados son aquellos que usan densidades de población bajas, aplican fertilizantes nitrogenados en cantidades moderadas y consiguen altos precios por la cosecha.

El rendimiento promedio de elote logrado con cultivares tradicionales ("criollos") es de 6 t ha^{-1} , equivalente a 2.4 t ha^{-1} de grano. La rentabilidad máxima actual es alrededor del 170%, lo cual significa \$ 4402 ha^{-1} , y corresponde a los productores que producen 9.2 t ha^{-1} , pero la mayoría de los campesinos sólo puede sembrar tres hectáreas como máximo cada seis meses; por ello, se requiere incrementar la productividad y mantener o mejorar la rentabilidad para poder aumentar en forma significativa los ingresos netos de los productores de maíz.

En el cultivo del maíz, los cultivares mejorados expresan plenamente su potencial de rendimiento cuando se siembran en altas densidades de población y se les proporciona los nutrimentos en la cantidad, proporción, tiempo y forma

adecuados. Por el contrario, los cultivares tradicionales responden mejor a bajas densidades de población, sobre todo en los suelos que presentan baja fertilidad (Purseglobe, 1972; Martin *et al.*, 1976; Evans, 1993). Asimismo, la fertilización del maíz debe concordar con las necesidades específicas del cultivo, las cuales están determinadas por la naturaleza del producto (grano, forraje o elote), la capacidad de producción del cultivar y las condiciones edáficas y climáticas (Jacob y Uexküll, 1964). Actualmente, se conoce la cantidad en que deben aplicarse los principales nutrimentos (N, P y K) para lograr un determinado rendimiento. Así, para producir 25 kg de grano de maíz, incluyendo el rastrojo, se requiere 1.0 kg de nitrógeno (NO_3), 0.4 de fósforo (P_2O_5) y 0.8 de potasio (K_2O) (Martin *et al.*, 1976). En el caso del nitrógeno, la absorción es lenta durante el primer mes después de la siembra y se incrementa a un máximo de $4.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ durante la floración masculina; por tanto, se recomienda aplicar una tercera parte del nitrógeno y todo el fósforo y potasio al momento de la siembra, y el resto del nitrógeno cuando la planta llega a la altura de la rodilla (Purseglobe, 1972). La aplicación del fertilizante en banda paralela a la semilla, permite que la planta lo aproveche rápidamente, y se reduce la fijación e inmovilización de los nutrimentos (Loomis y Connor, 1992).

El maíz ha alcanzado los rendimientos medios más altos en los países desarrollados de la zona templada, donde se cultiva en condiciones óptimas de clima y suelo y con un nivel de manejo tecnológico alto; en contraste, en los países en desarrollo de la zona tropical, aun bajo riego y con un nivel de manejo tecnológico alto, los rendimientos promedio son más bajos. Lo anterior se debe

a que los cultivares tropicales son poco eficientes para producir grano, pues presentan una baja relación grano/paja y plantas altas con tendencia al acame, por lo que responden menos al manejo (Paliwal y Sprague, 1981).

En la India ha sido posible obtener entre 4000 y 5000 kg ha⁻¹ de grano de maíz, mediante el empleo de cultivares mejorados y la aplicación de dosis de fertilización nitrogenada entre 88-132 kg ha⁻¹ y fosfatada y potásica entre 44-88 kg ha⁻¹ (Purseglobe, 1972; Dayanand, 1999). En la Faja Maicera de los Estados Unidos se obtienen 6270 kg ha⁻¹ (100 bushel acre⁻¹) mediante la siembra de cultivares que maduran alrededor de los 120 días, y con la aplicación de 168, 57 y 135 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente (Purseglobe, 1972).

En México, hasta 1980, la mayoría de los cultivares mejorados recomendados para las regiones cálidas y semicálidas, eran maíces que disponían de una base genética reducida y presentaban el inconveniente de ser muy altos y susceptibles al acame (Reyes *et al.*, 1961; Neve *et al.*, 1962). Lo anterior, aunado al mayor costo de la semilla y a la incapacidad de la instituciones de gobierno para producir y distribuirla oportunamente, repercutió en una baja aceptación por parte de los productores de maíz (Paliwal y Sprague, 1981). A partir de entonces, los esfuerzos en el mejoramiento del maíz se han encauzado a producir cultivares con una mayor base genética y que se adapten a las condiciones de producción de los agricultores (Gerón *et al.*, 1981; Paliwal y Sprague, 1981; Sprague, 1981; Aguilar *et al.*, 1990; Sierra *et al.*, 1990; Coutiño, 1994).

La investigación en fertilidad de suelos de los años cuarenta y cincuenta mostró que el 95% de los suelos del país reaccionaban a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, pero sólo del 25 al 30% a los fosfatados y menos del 5% a los potásicos (Colwell, 1947; Stakman *et al.*, 1969). A pesar de que ya transcurrió medio siglo y se ha intensificado el uso del suelo, persiste la idea de que es innecesario fertilizar con potasio. Así, para la región de Rioverde se sigue recomendando la fertilización del maíz para grano con la fórmula 160-60-00, repartida en dos aplicaciones: 80-60-00 en la siembra y 80-00-00 en la segunda escarda (Hernández *et al.*, 1988).

El objetivo del trabajo fue evaluar la productividad y rentabilidad del sistema de producción del maíz para elote y/o grano.

Para cumplir con el objetivo anterior, se planteó la hipótesis siguiente: la evaluación de la productividad y rentabilidad de un sistema de producción permite explicar su eficiencia tecnológica y económica, por lo tanto, es posible

plantear mejoras al sistema de producción de maíz para elote y/o grano.

Materiales y métodos

El trabajo experimental se realizó en el ciclo de cultivo de iniverno-primavera de 1998, en las localidades de San José del Tapanco (Rioverde) y El Refugio (Cd. Fernández), bajo condiciones de riego y en parcelas de agricultores cooperantes. Cada experimento consistió en evaluar nueve cultivares de maíz para elote (cinco tradicionales y cuatro mejorados), sembrados bajo dos formas de cultivo (tradicional e intensiva). En San José del Tapanco se midieron las variables siguientes: rendimiento de elote, grano y forraje verde; altura total de la planta e inserción del elote; peso, longitud y

diámetro del elote. En la localidad de El Refugio sólo se obtuvieron datos de rendimiento de elote y grano.

La semilla de los cultivares tradicionales se adquirió de agricultores de renombre regional, que se dedican a la producción de maíz para elote, y que parte de su producción de grano la comercializan como semilla para producir elote. Dichos agricultores pertenecen a las comunidades de El Refugio (Mpo. de Cd. Fernández), El Jabalí y San José del Tapanco (Mpo. de Rioverde). La semilla de los cultivares mejorados comerciales se obtuvo de los distribuidores regionales de las compañías semilleras del país.

La forma de cultivo tradicional consistió en utilizar una densidad de población de 34000 plantas ha⁻¹, distribuida en golpes (con dos granos) separados 70 cm y en surcos espaciados 84 cm, y la fórmula de fertilización 100-60-60, aplicada en una sola dosis al momento de la primer escarda; esta forma de siembra y fertilización, la utilizan los productores de maíz para elote

más exitosos de la región. Para el cultivo intensivo se utilizó una densidad de población de 59500 plantas ha⁻¹, distribuida en golpes (con dos granos) separados 40 cm y en surcos espaciados 84 cm, con fertilización 150-60-00, fraccionada en dos aplicaciones, 50-60-00 al momento de la siembra y 100-00-00 en la primer escarda. Esta forma de cultivo se basó en las recomendaciones para la producción de maíz para grano de Hernández *et al.* (1988), modificadas para elote y siembra manual con tracción animal.

Los tratamientos formados por la combinación de los nueve cultivares y los dos sistemas de manejo se distribuyeron en bloques completos al azar con cinco repeticiones; asimismo, se arreglaron en parcelas divididas, en las cuales

la parcela grande fue el sistema de cultivo y la parcela menor los cultivares. La parcela experimental fue de cuatro surcos de 10 m de longitud, con separación de 84 cm. El rendimiento de elote y forraje verde se estimó de los dos surcos centrales, excluyendo un metro en cada extremo. El rendimiento de grano se estimó de los surcos del borde, descartando también un metro de cada extremo. La altura total de la planta y de inserción del elote se derivó del promedio de diez plantas. La dimensión y peso del elote se obtuvo del promedio de tres elotes.

Con base en la relación beneficio costo se consideraron las ventajas tanto de los dos sistemas de producción como de cada uno de los cultivares.

El tratamiento estadístico de los datos consistió en análisis de varianza, y donde se detectó un valor de F significativo, se procedió a la comparación múltiple de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) con el paquete SAS.

Resultados y discusión

a) San José del Tapanco

En el Cuadro 1 se presentan los cuadrados medios para los factores de variación formas de producción, cultivares e interacción entre ambos, para las variables bajo estudio. Los resultados anteriores muestran que el rendimiento de elote fue estadísticamente similar entre formas de producción, pero con diferencias significativas entre cultivares e interacción significativa entre ambos factores. En cambio, el rendimiento de forraje verde presentó diferencias significativas entre formas de producción y entre cultivares, aunque su interacción no fue significativa. El rendimiento de grano mostró diferencias significativas sólo entre cultivares.

Cuadro 1. Cuadrados medios para ocho variables de elote y grano de maíz cultivado en San José del Tapanco, Rioverde, S.L.P., México. 1998.

Fuente de variación	G.L.	Rendimiento t ha ⁻¹			Altura de la planta (cm)		Características del elote			
		Elote	Forraje verde	Grano	Total	Inserción del elote	Peso con brácteas (gr)	Longitud sin brácteas (cm)	Diámetro sin brácteas (cm)	
Repeticiones	4	53.3	56.3	27.7	452.2	524.3	0.0629	4.34	0.07	
Formas de producción (A)	1	0.3	1272.4 *	10.5	4216.2 *	4424.0 *	0.2588 *	2.30	0.19	
Error (a)	4	28.1	64.7	10.3	540.3	384.4	0.0026	1.46	0.03	
Cultivares (B)	8	120.4 *	321.6 *	12.6 *	14536.4 *	12771.6 *	0.0896 *	5.75 *	1.12 *	
AxB	8	10.0 *	9.8	0.9	108.2	90.4	0.0064	1.16	0.03	
Error (b)	64	4.5	13.9	0.9	122.9	66.4	0.0238	1.37	0.04	
Total	89									

* P ≤ 0.05

Que el rendimiento de elote y grano en ambas formas de producción haya sido estadísticamente similar, probablemente se debió al buen nivel de fertilidad de la parcela donde se estableció el experimento. En efecto, según Charcas *et al.* (2002), los suelos de Rioverde donde se rota el maíz con hortalizas son ricos en fósforo y potasio y presentan un efecto residual de la fertilización nitrogenada de 90 a 160 kg.

Producir maíz para elote y grano con la forma intensiva representa una pérdida de \$ 405 ha⁻¹, cantidad que corresponde al costo adicional de 90 kg de N (NO₃) y de su aplicación. Por lo tanto, esta forma de producción resulta menos rentable que la forma tradicional.

En la interacción forma de producción x cultivar, los cultivares mejorados, excepto Huracán, incrementaron el rendimiento de elote en la forma intensiva, mientras que los tradicionales, salvo Hipólito, lo disminuyeron. Al comparar los promedios de rendimiento de elote, resultó que los cultivares mejorados Asgrow

7573, Aspros 910 y Dekalb 880, sembrados bajo la forma intensiva, produjeron los rendimientos más altos; asimismo, el mejor cultivar mejorado (Asgrow 7573) supera al mejor tradicional (Hipólito) en 6.7 t ha⁻¹ (Cuadro 2). Si se considera un precio promedio de \$ 626 t⁻¹, el valor de la cosecha de elote menos el costo de la semilla del cultivar mejorado (\$ 670), la diferencia entre estos cultivares es de \$ 3524. Estos resultados coinciden con la información que presentan Aldrich y Leng (1974), Loomis y Connor (1992), Evans (1993) y Dayanand (1999), sobre la interacción manejo x cultivar.

En la producción de forraje verde, los rendimientos promedio con la forma de producción intensiva fueron 37.4 t ha⁻¹, y con la regional, 29.9 t ha⁻¹,

(una diferencia de 7.5 t ha^{-1}). Así, parece posible incrementar el rendimiento de forraje verde mediante la forma de producción intensiva; sin embargo, los ingresos que se obtienen con la venta de 7.5 t de forraje, apenas son suficientes para cubrir los gastos de la fertilización adicional.

En el Cuadro 3 se presentan los rendimientos medios de forraje verde y grano de los cultivares, los cuales varían de 26.0 a 45.3 t ha^{-1} y de 3.0 a 6.4 t ha^{-1} , respectivamente. Con base en la comparación múltiple de medias, los cultivares pueden agruparse en: i) cultivares mejorados, con rendimientos de grano mayores de 5.2 t ha^{-1} , y de forraje verde menores de 32.3 t ha^{-1} ; ii) cultivares tradicionales, con rendimientos de grano y forraje verde en las amplitudes de 3.5 a 4.5 y 32.0 a 37.8 t ha^{-1} , respectivamente; iii) cultivar tradicional Gabino, que presenta el rendimiento de grano más bajo (3.0 t ha^{-1}), pero el más alto (45.3 t ha^{-1}) de forraje verde. Cabe destacar que los cultivares mejorados aventajan a los tradicionales en la producción de grano, pero

producen menos forraje; esto puede atribuirse a baja eficiencia en la asignación de materia seca al grano de los cultivares tradicionales, lo cual repercute en su índice de cosecha bajo, como lo señalan Norman *et al.* (1995); a la vez, que el mejor cultivar mejorado (Asgrow 7573) supera al mejor criollo (Luis) en 1.9 t ha^{-1} de grano, pero es inferior en 10 t ha^{-1} de forraje verde. Si sólo se considera la producción de grano, con un precio promedio de $\$ 1204 \text{ t}^{-1}$, el valor de la cosecha de grano menos el costo de la semilla del cultivar mejorado ($\$670$), generaría una diferencia entre estos cultivares extremos de $\$ 1617$.

Cuadro 2. Rendimientos promedio de elote ($t\ ha^{-1}$) de nueve cultivares de maíz sembrados bajo formas tradicional e intensiva. San José del Tapanco, Rioverde, S.L.P., México. 1998.

Cultivar	Forma de manejo		Incremento (%)
	Tradicional	Intensiva	
Asgrow 7573	15.1 ab ²	17.1 a	13.2
Aspros 910	13.5 abcde	15.1 ab	11.8
Huracán	14.1 abcd	13.8 abcd	- 4.4
Dekalb 880	12.9 abcde	15.1 ab	17.0
Luis	10.1 cdef	9.7 def	- 4.0
Hipólito	9.3 def	10.4 bcdef	11.8
Chón	9.6 def	7.6 fg	- 20.8
Prisciliano	8.8 efg	7.3 fg	- 17.1
Gabino	7.8 fg	4.2 g	- 46.2

²Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de D.S.H. a una $P \leq 0.05$.

Cuadro 3. Rendimiento medio ($t\ ha^{-1}$) de elote, grano y forraje verde en maíz para elote. San José del Tapanco, Rioverde, S.L.P. México. 1998.

Cultivar	Grano	Forraje verde
Asgrow 7573	6.4 a ^z	27.8 de
Aspros 910	5.7 ab	32.3 cd
Huracán	5.6 ab	32.0 cd
Dekalb 880	5.2 abc	26.0 e
Luis	4.5 bcd	37.8 b
Hipólito	4.0 cde	32.0 cd
Chón	4.1 cde	33.9 bc
Prisciliano	3.5 de	35.9 bc
Gabino	3.0 e	45.3 a

^zValores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales según, la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Características de la planta relacionadas con facilidad de cosecha, problemas de polinización y del acame

Las variables altura total de planta y a la inserción del elote muestran diferencias significativas entre las medias correspondientes a formas de producción y entre cultivares, pero su interacción resultó no significativa (Cuadro 1). Con respecto a la forma de producción regional, la forma intensiva presentó incrementos promedio de 13.7 y 14.0 cm en las alturas de planta y de inserción del elote, respectivamente. Lo anterior se refleja en un incremento en el rendimiento de forraje; sin embargo, en los cultivares tradicionales, también significa mayor proporción de plantas improductivas (horras) debido a fallas totales o parciales en la polinización provocadas por desarrollo deficiente de los estigmas (Loomis y Connor (1992), así como un mayor riesgo de acame, particularmente cuando la lluvia ocurre en periodos prolongados o se presenta con vientos. Por lo tanto, cuando se siembran cultivares tradicionales, las

densidades de población y dosis de fertilización recomendadas para la producción de grano pueden ser contraproducentes para la producción de elote.

Con base en las alturas promedio de planta y de inserción del elote y su comparación mediante la prueba de Tukey, los cultivares pueden reunirse en tres grupos (Cuadro 4): i) porte alto, con sólo el cultivar tradicional Gabino, que presenta serios problemas para la recolección del elote, pues la planta se tiene que abatir para desprender el elote, lo cual posteriormente dificulta la cosecha del forraje; ii) porte intermedio, comprende los cultivares tradicionales Luis, Chón, Prisciliano e Hipólito, que, aunque en menor grado, también presentan problemas para la recolección del elote, sobre todo para trabajadores bajos; y

iii) porte bajo, lo forman los cultivares mejorados, en los que la recolección del elote se realiza con rapidez y facilidad. En este último grupo es factible aumentar la densidad de población y dosis de fertilización sin que se presenten los problemas de acame del cultivo y de polinización deficiente.

Características del elote relacionadas con la calidad comercial

De acuerdo con el Cuadro 1, el peso medio del elote con brácteas presentó diferencias significativas entre formas de producción y entre cultivares, pero no en la interacción entre estos factores. Las diferencias en longitud y en diámetro del elote sin brácteas fueron significativas entre cultivares, pero no entre formas de producción ni en la interacción de ambos factores.

Con respecto a la forma de producción regional, la forma intensiva generó un decremento medio de 38 g en el peso del elote, lo cual se relaciona con una disminución del tamaño del elote (diámetro). Esta respuesta se debe a plasticidad morfológica de la planta de maíz en relación con la densidad de

población, pues a medida que se incrementa el número de plantas por unidad de superficie, en el elote o en la mazorca disminuyen el número de granos y el peso por grano (Milthorpe y Moorby, 1982; Loomis y Connor, 1992). Por ello, las densidades de población recomendadas para la producción de grano pueden ser inadecuadas para la producción de elote.

Con base en el peso y tamaño medio del elote y su comparación mediante la prueba de Tukey, pueden reconocerse dos grupos de cultivares

Cuadro 4. Altura media (cm) en cultivares de maíz para elote. San José del Tapanco, Rioverde, S.L.P. México. 1998.

Cultivar	Inserción del elote	Total
Gabino	183 a ²	280 a
Luis	155 b	260 b
Chón	147 bc	255 b
Prisciliano	145 bc	246 bc
Hipólito	138 c	237 c
Aspros 910	118 d	212 d
Huracán	97 e	196 de
Asgrow 7573	82 f	185 e
Dekalb 880	78 f	167 f

²Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey a una $P < 0.05$.

(Cuadro 5): i) cultivares mejorados y tradicionales con un peso promedio entre 450 y 517 g y una longitud media entre 20.4 y 21.6 cm, entre los cuales destacan Asgrow 7573 y Luis; y ii) el cultivar mejorado Aspros 910, el de menor tamaño, con un peso medio de 423 g y una longitud de 19.2 cm.

b) El Refugio

En el Cuadro 6 se presentan los cuadrados medios de los factores de variación formas de cultivo, cultivares y la interacción de ambos factores, para las variables rendimiento de elote y grano. Estos resultados indican que el rendimiento de elote y grano muestran diferencias significativas sólo entre cultivares (Cuadro 6). La similitud estadística en los rendimientos medios de ambas formas de producción indica que en esta localidad el nivel de fertilidad del suelo es bueno; lo anterior concuerda con la información sobre la fertilidad de los suelos de la región que presentan Charcas *et al.* (2002).

De acuerdo con los rendimientos promedio y su comparación múltiple (Cuadro 7), los cultivares se pueden agrupar en: i) cultivar mejorado Aspros 910, con el rendimiento medio de elote más alto (14.5 t ha^{-1}), aunque el de grano fue intermedio (5.8 t ha^{-1}); ii) cultivares mejorados y tradicionales con rendimientos intermedios de elote (10.9 a 12.2 t ha^{-1}) y de grano (5.4 a 6.2 t ha^{-1}); y iii) cultivar mejorado Dekalb 880, con rendimiento de elote intermedio (11.6 t ha^{-1}), pero el más bajo de grano (4.9 t ha^{-1}). En general, en esta localidad el rendimiento de elote de los cultivares mejorados fue menor y el de los tradicionales mayor que en San José del Tapanco; aun así, con excepción del cultivar tradicional Hipólito, los cultivares mejorados superaron a los

tradicionales. El cultivar Aspros 910 superó al tradicional Hipólito en 2.3 t. Estos dos cultivares ocuparan el segundo y sexto lugar, respectivamente, en la localidad de San José del Tapanco.

Finalmente, el rendimiento promedio de elote del experimento en la localidad de El Refugio fue de 11.5 t ha⁻¹, y en José del Tapanco 11.2 t ha⁻¹; esta diferencia de 0.3 t ha⁻¹ equivale a unos \$ 180. Por lo tanto, se puede concluir que en ambas localidades el rendimiento y la rentabilidad es similar.

Conclusiones

El sistema de producción tradicional permite una producción de elote y grano similar al intensivo, pero ligeramente inferior de forraje verde; por lo tanto, resulta ser la forma más rentable de producir elote y grano.

En ambos sistemas de producción, los cultivares mejorados superan a los tradicionales en la producción de elote y grano. Asimismo, con la forma intensiva los cultivares mejorados incrementan el rendimiento de elote y grano, mientras que los tradicionales lo disminuyen.

En ambos tipos de riego, el rendimiento y rentabilidad del maíz para elote son similares.

Actualmente, es posible mejorar la productividad del maíz para elote y grano tan sólo con el uso de los cultivares mejorados Asgrow 7573 y Aspros 910, o de los cultivares tradicionales Luis e Hipólito.

Con base en lo anterior, se acepta la hipótesis de que la evaluación de la productividad y rentabilidad de un sistema de producción permite explicar su eficiencia tecnológica y económica, por lo tanto, es posible plantear mejoras al sistema de producción de maíz para elote y/o grano.

Cuadro 5. Peso (kg) y tamaño (cm) medio del elote en maíz para elote cultivados en San José del Tapanco, Rioverde, S.L.P. México. 1998.

Cultivar	Peso	Longitud	Diámetro
Asgrow 7573	0.517 a ²	21.6 a	4.6 cd
Luis	0.503 a	20.8 ab	5.0 ab
Dekalb 880	0.500 a	21.0 a	4.3 de
Con	0.498 a	20.6 ab	5.0 ab
Hipólito	0.495 ab	21.6 a	4.8 bc
Prisciliano	0.495 ab	20.4 ab	5.0 ab
Huracán	0.450 ab	21.5 a	4.2 e
Aspros 910	0.423 b	19.2 b	4.4 de

²Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Cuadro 6. Cuadrados medios para rendimiento de elote y grano de maíz cultivado en El Refugio, Cd. Fernández, S.L.P., México. 1998.

Fuente de variación	G.L.	Rendimiento t ha ⁻¹	
		Elote	Grano
Repeticiones	4	9.0	3.48
Formas de producción (A)	1	16.0	0.40
Error (a)	4	45.9	2.83
Cultivares (B)	8	23.4 *	2.15 *
AxB	8	6.2	0.67
Error (b)	64	7.1	0.84
Total	89		

* $P \leq 0.05$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Cuadro 7. Rendimiento medio ($t\ ha^{-1}$) de cultivares de maíz para elote. El Refugio, Cd. Fernández, S.L.P. México. 1998.

Cultivar	Elote	Grano
Aspros 910	14.5 a ²	5.8 ab
Hipólito	12.2 ab	6.3 a
Asgrow 7573	12.2 ab	6.3 a
Huracán	11.8 ab	6.1 ab
Dekalb 880	11.6 ab	4.9 b
Luis	10.9 ab	5.4 ab
Prisciliano	10.6 b	5.6 ab
Chón	10.5 b	5.5 ab
Gabino	9.0 b	5.4 ab

²Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales, ® según la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Literatura citada

- ABURTO, H. 1979. El maíz: producción, consumo y política de precios, pp. 129-175. *In*: Maíz, política institucional y crisis agrícola. C. Montañez; H. Aburto (eds.). CIDER. Nueva Imagen. México.
- AGUILAR C., G.; CASTILLO G., R.A.; MORALES I., A.; SIERRA M., M.; PRECIADO O., R.E.; MARTÍNEZ C., J.J.; GÓMEZ M., N.; VALDIVIA B., R.; BARRÓN F., S. 1990. V-532 variedad de maíz para suelos mecanizados de la península de Yucatán y del estado de Tabasco. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 13(2): 205.
- ALDRICH, S.R.; LENG, E.R. 1974. Producción moderna del maíz. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 308 p.
- CDIA. 1980. El cultivo del maíz en México. CDIA. México. 148 p.
- COLWELL, W.E. 1947. Fertilizante comercial conteniendo nitrógeno y fósforo para aumentar los rendimientos de maíz. Folleto de Divulgación Núm. 1. OEE. SAG. México, D.F. 11 p.
- COUTIÑO E., B. 1994. Nuevos híbridos de maíz para regiones tropicales de México. *Agricultura Técnica en México*. 20(1): 15-25.
- CHARCAS S., H; AGUIRRE R., J.R; OLIVARES S., E. 2000. Proceso de conformación agrícola de la región de Río Verde, San Luis Potosí, México. *Revista Geográfica*. 128: 105-117.
- CHARCAS S., H; AGUIRRE R., J.R; OLIVARES S., E. 2002. Suelos irrigados en la región de Rioverde, San Luis Potosí, México. (Aceptado por la *Revista Terra*).

DAYANAND. 1999. Maize, pp. 41-61. *In*: Techniques and management of field crop production. P.S. Rathore (ed.). Agrobios. India.

EVANS, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press. New York, NY. USA. 500 p.

GERÓN X., F.; SIERRA M., M.; ALCÁZAR A., J.J.; BALDERAS M., M. 1981. "VS-525" una nueva variedad de maíz de polinización libre para las regiones tropicales de México. SARH. INIA. CIAGOC. Folleto Técnico. Núm. 4. Veracruz, Ver. México. 8 p.

HERNÁNDEZ A., J.A.; JASSO CH., C.; ESTRADA A., J.; BARRÓN C., J.L. 1988. Cómo 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.

JACOB, A.; VON UEXKÜLL, H. 1964. Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Veenman & Zonen. Wageningen, Holanda. 626 p.

LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. 1992. Crop ecology. Productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press. New York, NY. 538 p.

MARTIN, J.H.; LEONARD, W.H.; STAMP, D.L. 1976. Principles of field crop production. 3rd Ed. Macmillan. New York. USA. 1118 p.

MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 259 p.

MONTAÑEZ, C.; WARMAN, A. 1985. Los productores de maíz en México: restricciones y alternativas. Centro de Ecología. México. 226 p.

NEVE, J.; COTA, O.; OSLER, R.D.; PALACIOS R., G. 1962. H-412. Nuevo maíz híbrido para el valle del Yaqui y otras regiones cálidas secas. Agricultura Técnica en México. 2(1): 24-25.

NORMAN, M.J.T; PEARSON, C.J.; SEARLE, P.G.E. 1995. The ecology of tropical food crops. 2nd Ed. Cambridge University Press. New York, NY. USA. 430 p.

PALIWAL, R.L.; SPRAGUE, E.W. 1981. Mejoramiento de la adaptación y de la confiabilidad de los rendimientos de maíz en el mundo en desarrollo. CIMMYT. México, D.F. 20 p.

PURSEGLOBE, J.W. 1972. Tropical crops. Monocotyledons. Longman. London. 607 p.

REYES C., P.; MARQUEZ S., F.; ORTIZ C., J.; JOHNSON, E.C. 1960-1961. H-507. Nuevo maíz híbrido para zonas tropicales. Agricultura Técnica en México. 11: 9-11.

SIERRA M., M.; PRECIADO O., R.E.; MARTÍNEZ C., J.J.; GÓMEZ M., N.; VALDIVIA B.; R.; CABALLERO H.; F.; ALCÁZAR A., J.J.; RODRÍGUEZ M.,

F.A.; ARROYO L., M.C. 1990. V-530 una nueva variedad de maíz para las áreas tropicales de México. Revista Fitotecnia Mexicana. 13(2): 204.

SPRAGUE, E.W. 1981. Mejoramiento de la producción de maíz en América Latina. CIMMYT. México, D.F. 10 p.

STAKMAN, E.C.; BRADFIELD, R.; MANGELSDORF, P.C. 1969. Campañas contra el hambre. UTEHA. México, D.F. 343 p.

Capítulo 7

Discusión general

En la introducción general se señalaron el objetivo general y los particulares, y las hipótesis correspondientes; asimismo, se presentaron los trabajos de investigación que permitieron probar cada una de las hipótesis.

Con base en los resultados, se hacen las siguientes consideraciones:

a) La producción agrícola en el área de estudio ha evolucionado en dos vertientes principales: 1) Mercedes de estancias de ganado mayor y menor, que derivaron en ejidos que producen granos básicos y hortalizas. 2) Misión franciscana con huertos dedicados al autoconsumo, que dieron lugar a huertas de naranja valenciana orientadas a la producción comercial. En ambas vertientes destaca el sistema de producción de maíz para elote, aunque en las

huertas de naranja valenciana sólo se presenta durante los primeros cinco años de conformación de la huerta. La producción de maíz para elote incluye elementos tecnológicos remanentes de épocas precedentes, tales como: cultivares criollos, siembra en matas, uso de tracción animal para labores de escarda; asimismo, incluye elementos modernos, tales como: aplicación de fertilizantes químicos, uso de tracción motorizada para las labores de preparación del suelo, empleo de insecticidas para el control de plagas. Por lo tanto, quedó demostrada la validez de la primera hipótesis; asimismo, se

identificó uno de los sistemas agrícolas más importante de la región, el cual fue estudiado en la siguiente etapa.

b) La producción de maíz para elote en la región de estudio se encuentra en una transición de tradicional a intensiva. Esta transición ocurre en dos gradientes: i) intensidad de cultivo; que se manifiesta en incrementos en la densidad de población asociados con aumentos en la aplicación de insumos; ii) forma de producción, que se expresa en cambios en la relevancia de las prácticas de cultivo.

Con base en dichos gradientes, los productores de maíz se ordenan en grupos que representan diferentes estrategias o sistemas de producción. Los agricultores tradicionales aplican fertilizantes nitrogenados en bajas dosis, invierten mucho en el control de plagas y siembran maíces intermedios; los agricultores modernos usan altas dosis de fertilizantes potásicos, fosforados y nitrogenados e invierten mucho en las labores de preparación del suelo. 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. Con lo anterior, se aceptó la segunda hipótesis; y con ello, fue posible diseñar los tratamientos para la fase experimental.

c) En la región de estudio, la calidad química del agua para riego se puede establecer con sólo determinar su conductividad eléctrica y su pH. Las clases de agua de mejor calidad (C1S1, C2S1 y C3S1) pertenecen a los manantiales y pozos de la zona sur; estas aguas, aplicadas en suelos profundos con buen drenaje y bajo contenido de sales, permiten producir una

gran diversidad de cultivos y obtener altos rendimientos. Las clases de agua de menor calidad (C4S1 y C5S1) ocurren en la zona norte; y como se aplican en suelos someros con mal drenaje y alto contenido de sales, sólo permiten obtener bajos rendimientos en la mayoría de los cultivos. Por lo anterior, la zona sur es la más productiva de la región, y en ella se encuentra la mayor parte de la inversión en infraestructura hidráulica y equipos de bombeo.

d) Los resultados del análisis de la información de suelos indican que con sólo la determinación de los porcentajes de arena, arcilla y materia orgánica se puede conocer el estado actual de un suelo del área de estudio y las prácticas de manejo recomendables para su aprovechamiento racional.

Los suelos irrigados se caracterizan por lo siguiente: textura, franco arcillo arenosa y franco arcillosa; materia orgánica, niveles pobre (0.0-2.0) y medio (2.1-3.0); pH, niveles neutro (6.6-7.5), ligeramente alcalino (7.6-8.0) y medianamente alcalino (8.0-8.5); conductividad eléctrica, ≤ 4 dS m⁻¹ a 25 °C en las zonas margen izquierda del río Verde (porción occidental) y sur, > 4 dS m⁻¹ a 25 °C en las zonas norte y margen izquierda (porción oriental); porcentaje de sodio intercambiable, < 5 %; fósforo asimilable, niveles muy rico (8.1-18.0) y rico (> 18.0); potasio asimilable, niveles medio (102.1-146.0) y muy rico (> 222.0); .

En las zonas de la margen izquierda del río Verde (porción occidental) y sur, el riego de suelos con conductividad eléctrica ≤ 4 dS m⁻¹ a 25 °C, profundos y con buen drenaje, utilizando aguas que tienen una conductividad eléctrica de ≤ 2 dS m⁻¹ a 25 °C, no ha causado acumulación de sales. Por el contrario, en las zonas norte y margen izquierda del río Verde (porción oriental),

el riego de suelos salinos, poco profundos y con mal drenaje, aplicando aguas que presentan un conductividad eléctrica $> 2 \text{ dS m}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$, si ha provocado la acumulación de sales.

Con base en lo anterior, se aceptó la tercer hipótesis; además, se estuvo en la posibilidad de distribuir correctamente los experimentos con maíz para elote.

e) Los resultados de los experimentos indican que el sistema de producción tradicional permite una producción de elote y grano similar al intensivo, pero ligeramente inferior de forraje verde; por lo tanto, resulta ser la forma más barata de producir elote y grano. En ambos sistemas de producción, los cultivares mejorados superan a los tradicionales en la producción de elote y grano. Asimismo, con la forma intensiva los cultivares mejorados incrementan el rendimiento de elote y grano, mientras que los tradicionales lo disminuyen. Actualmente, es posible mejorar la productividad del maíz para elote y grano tan

sólo con el uso de los cultivares mejorados Asgrow 7573 y Aspros 910, o de los cultivares tradicionales Luis e Hipólito. Con base en lo anterior, se aceptó la cuarta hipótesis.

Con los resultados anteriores, se está en la posibilidad de plantear una estrategia de desarrollo agrícola regional, que sería la continuación del presente trabajo.

