



**MARZO 2006**

**ISSN: 1665-8892**

## **I. AGRICULTURA ORGÁNICA**

Efecto de la aplicación de biosólidos en la producción de alfalfa en los suelos del Valle Imperial, Ca. EEUU. 1

**María Isabel Escobosa García, M. Bali Khaled, Juan Guerrero, Roberto Soto Ortiz, Salvador Ruiz Carvajal, Víctor Cárdenas Salazar, Raúl De la Cerda López, Luis Fernando Escobosa G., Jesús Adolfo Román Calleros y Daniel Araiza Zúñiga**

## **III. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

Fenología y rendimiento de variedades de frijol en diferentes fechas de siembra y condiciones de humedad. 7

**Arnulfo Pajarito Ravelero**

Características tecnológicas de la agricultura de riego del acuífero Villa Juárez, Durango. Norte de México. 17

**Ignacio Orona Castillo, J. Antonio Cueto Wong, Bernardo Murillo Amador, José Reta Sánchez, José Luis García Hernández, Guillermo González Cervantes y Enrique Troyo Diéguez**

Función de producción del frijol mediante la línea fuente de aspersión. 29

**Abel Román López, Marco A. Inzunza Ibarra, Ernesto Alonso Catalán Valencia, S. Felipe Mendoza Moreno y Magdalena Villa Castorena**

Rendimiento y calidad de algodón (*Gossypium hirsutum L.*) sembrado en surcos ultra estrechos con la variedad NuCOTN 35<sup>B</sup>. 37

**Eulalio Delgado Rico, Cirilo Vázquez Vázquez, Salvador Godoy Avila, Enrique Salazar Sosa, José Dimas López Martínez y Rafael Figueroa Viramontes**

## **IV. RELACIÓN AGUA-SUELO-PLANTA**

Acolchado plástico y cuatro láminas de riego determinadas con diferentes métodos para evapotranspiración en el cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum L.*). 43

**Rafael Figueroa Viramontes, Cirilo Vázquez Vázquez y Fernando Cabral Valdez**

Extracción sustentable de agua a través de energía solar en comunidades rurales del municipio de La Paz, B.C.S., México. 49

**Luis F. Beltrán Morales, Dalia Bali Cohen, José Urciaga-García, José Luis García Hernández, Bernardo Murillo Amador, Alfredo Beltrán Morales, Enrique Troyo Diéguez, Ricardo Valdez Cepeda y Alfredo Ortega Rubio**

Modelación semidistribuida de los escurrimientos superficiales en una región semiárida del norte de México. 59

**Juan Estrada Avalos, José A. Cueto Wong, Miguel Rivera González, Guillermo González Cervantes e Ignacio Sánchez Cohen**

Metodologías para el diseño de la programación de riegos en riego por goteo. 69

**Marco A. Inzunza Ibarra, Abel Román López, S. Felipe Mendoza Moreno, Ernesto A. Catalán Valencia y Magdalena Villa Castorena**

# CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA AGRICULTURA DE RIEGO DEL ACUÍFERO VILLA JUÁREZ, DURANGO. NORTE DE MÉXICO

## Technological Characteristics of Irrigated Agriculture a the Villa Juarez, Durango Aquifer. North of Mexico

Ignacio Orona Castillo<sup>1</sup>, J. Antonio Cueto Wong<sup>1</sup>, Bernardo Murillo Amador<sup>3</sup>, José Reta Sánchez<sup>2</sup>, José Luis García Hernández<sup>3</sup>, Guillermo González Cervantes<sup>1</sup> y Enrique Troyo Diéguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta Atmósfera. (CENID-RASPA) margen derecha Canal Sacramento km 6+500, Gómez Palacio, Dgo., México. E-mail: orona.ignacio@inifap.gob.mx

<sup>2</sup>Campo Experimental Laguna del INIFAP. Matamoros, Coahuila.

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, Baja California Sur.

### RESUMEN

El presente estudio forma parte importante de un proyecto que busca predecir riesgos de contaminación por nitratos en un acuífero que constituye la reserva de agua potable de la Comarca Lagunera, formada por parte de los estados de Durango y Coahuila en el norte de México. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar los cultivos de la zona agrícola del acuífero Villa Juárez y a partir de ello estimar la eficiencia económica del agua utilizada en cada cultivo, para lo cual fue necesario recurrir a fuentes documentales y estadísticas generadas por instituciones gubernamentales presentes en la región, así como al diseño y aplicación de una encuesta a productores rurales asentados en el 26 por ciento de la superficie agrícola total. Los resultados encontrados indican que la producción de forrajes representa más del 90 por ciento de la agricultura regional, en la que más del 80 por ciento de los agricultores emplea fertilizantes y otros productos químicos. Sin embargo, la cantidad y tipo de fertilizantes aplicados se realiza sin un diagnóstico previo, lo que pudiera estar impactando la economía del productor o bien incrementando el riesgo de contaminación del acuífero en cuestión. Respecto a la eficiencia económica del agua, se encontró también que pese a que la producción de forrajes es la actividad más importante, la rentabilidad del agua utilizada en su producción es menor que la obtenida para frutales y hortalizas, concluyéndose que a pesar de que la agricultura es una actividad

importante en la zona, es necesario mejorar la práctica del uso de agroquímicos, pues es una zona en la que subyace la principal reserva de agua potable para una población superior al millón de habitantes.

**Palabras clave:** Comarca Lagunera, Forrajes, Eficiencia económica, Contaminación.

### SUMMARY

The present study constitutes an important part of a broader project that seeks to predict risks of contamination by nitrates in an aquifer considered as the reserve of drinkable water of the Region Lagunera, formed by part of Durango and Coahuila states in the North of Mexico. The objective of the present study was to characterize the crops of the agricultural zone of the Villa Juarez aquifer and estimate the economic efficiency of the water used in each crop. It was necessary to use statistical and documentary information generated by government institutions present in the region, as well as to design and apply a survey to rural farmers in the 26 percent of the total agricultural surface. The results indicate that the production of forages represents more than 90 percent of the regional agriculture, in which more than the 80 percent of the farmers employ fertilizers and other chemical products. However, the quantity and type of fertilizers applied occurs without a prior diagnosis then, it could be either causing impact on economic impact of the farmers or raising the risk of aquifer

contamination well the environmental medium. Regarding the economic efficiency of the water, it was found also that even though the production of forages is the most important activity, the profit value of water used in its production is lower than that obtained for fruits and horticultural crops, being concluded that in spite of the agriculture is an important activity in the zone, it is necessary to improve the practices of agrochemicals, use because of it is a zone in which underlies the main reserve of drinkable water for a population over the million of inhabitants.

**Key words:** *Comarca Lagunera, Forages, Economic efficiency, Contamination.*

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio es producto de investigación documental y trabajo de campo realizados en el acuífero Villa Juárez, situado en el estado de Durango, localizado en la parte media-baja de la Región Hidrológica 36, cuenca del Río Nazas, en el marco del proyecto “Calibración de modelos de simulación de flujo de agua y nitrógeno para predecir riesgos de contaminación por nitratos en acuíferos someros”, el cual tuvo como objetivo calibrar modelos de simulación de flujo de agua y nitrógeno a diferentes escalas para predecir el riesgo de contaminación por nitratos provenientes de actividades agropecuarias en el acuífero de Ciudad Juárez, Durango principal reserva de agua potable de la Región Lagunera, que alberga más de un millón de habitantes.

Como parte fundamental del proyecto fue necesaria la caracterización de los cultivos agrícolas que se siembran así como la cantidad y tipo de fertilizantes que están siendo aplicados a fin de estimar, mediante modelos de simulación el grado de contaminación que está afectando al acuífero, mismo que constituye la principal reserva de agua potable para la Región Lagunera. El objetivo de este trabajo es mostrar la situación de los cultivos presentes en la zona de trabajo y a partir de los rendimientos y láminas de riego obtenidas estimar la eficiencia económica del agua utilizada en cada cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Primeramente se diseñó y aplicó una encuesta a productores agrícolas que permitió obtener las características principales de los cultivos de la zona. El cuestionario captó información de una superficie de 3, 889.5 ha que representa el 27 por ciento de la tierra agrícola sembrada en el año 2003 en el municipio de Cd. Lerdo, Durango, sitio donde se encuentra asentado el acuífero Villa Juárez. El número de encuestas aplicadas fue de 26 de las cuales 21 se dirigieron a pequeñas propiedades, una a un grupo solidario, tres a ejidos y una a un anexo ejidal. El levantamiento se hizo a finales de 2004 y una vez capturada la información, se procesó en el software Excel, donde se estimaron los valores de las variables presentadas.

Con la finalidad de validar los datos captados en campo respecto a rendimientos se recurrió a los reportados en las estadísticas publicadas en la región por SAGARPA. La identificación correcta de los agroquímicos para el control de plagas y enfermedades se hizo con base al diccionario de especialidades agroquímicas publicado en el año 2003.

El cálculo de la eficiencia económica del agua se realizó a partir del valor de la producción reportado por SAGARPA en el año 2001, dividido entre el volumen de agua requerido por cultivo por hectárea, obtenido en la encuesta aplicada al productor.

El contexto del estudio se desarrolló con información secundaria, proveniente de instituciones gubernamentales oficiales, como la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; la Comisión Nacional del Agua y los Censos de Población para el Estado de Durango.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de la Zona de Estudio

La Comarca Lagunera se localiza en la Región Hidrológica 36, cuenca endorreica que cubre una superficie de 92 mil km<sup>2</sup> distribuidos en parte de los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas. Se caracteriza por ser una zona

agropecuaria e industrial importante utilizando en sus actividades económicas aguas superficiales y subterráneas generadas las primeras en las partes altas de la sierra madre occidental y sus estibaciones y las segundas, extraídas en la parte baja de la cuenca (Orona, 1993).

La situación del agua en la comarca es como sigue: el número de pozos funcionando se eleva a 3,823, los cuales extraen anualmente un volumen de 1,251.89 Mm<sup>3</sup>. La recarga estimada del acuífero asciende a 760.57 Mm<sup>3</sup> por lo que el déficit hídrico es de 491.32 Mm<sup>3</sup>. Asimismo, del agua subterránea extraída se destina 87 por ciento a uso agropecuario, 11 por ciento a uso público y 2 por ciento a uso industrial, Cuadro 1 (CNA, 1999).

**Cuadro 1. Situación y usos del agua en la Comarca Lagunera.**

Actividad	No. Pozos	Extracción Mm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>
Agrícola	2 707	1 031.40
Doméstica y abrevadero	573	57.06
Uso público	459	136.60
Industrial	84	26.83
Totales	3 823	1 251.89
Recarga		760.57
Déficit		491.32

De acuerdo al Departamento de Aguas Subterráneas de la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1999), el nivel estático de los acuíferos localizados en la Comarca Lagunera, durante el periodo 1975-1998 ha descendido en promedio 41.7 m y la profundidad para el año 1998 para los municipios de la región se muestra en el Cuadro 2.

### Acuífero Villa Juárez

Este acuífero es del tipo libre, constituido por material granular, cuenta con un área aproximada de 214 km<sup>2</sup>; es explotado por 254 aprovechamientos subterráneos por medio de los cuales anualmente se extraen 57.12 Mm<sup>3</sup>; la recarga se estima en 100.34 Mm<sup>3</sup> por lo que se considera tiene una condición subexplotada. Su principal fuente de recarga es el agua que año con

año circula a través del río Nazas, con destino, a las áreas del Distrito de Riego No. 17, con un volumen promedio de 1,200 Mm<sup>3</sup>. La profundidad promedio del nivel estático para el año 1998 de acuerdo a CNA (1999) fue de 11.2 m.; por su parte, Martínez (2001) encontró los niveles freáticos a una profundidad que va de 3 a 43 m.

Este acuífero cuenta con una red de monitoreo piezométrico integrada por 55 pozos piloto, revisados dos veces por año en el periodo de tránsito de avenidas de agua superficial a través del Río Nazas, provenientes de la presa Francisco Zarco (Las Tórtolas), así como en tiempos de no escurrimientos durante el periodo de los meses de noviembre a febrero. Esta zona se localiza en el municipio de Lerdo en el Estado de Durango y gran parte de este valle integra la reserva de agua potable de la Región Lagunera, publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 13 de agosto de 1991, localizándose dentro de las zonas de veda decretadas en las siguientes fechas: 6 de diciembre de 1958 y 17 de abril de 1965. Los usos del agua extraída del citado acuífero se presentan en la Figura 1.

**Cuadro 2. Nivel freático de los acuíferos localizados en los municipios de la Comarca Lagunera, 1998.**

	Profundidad del nivel freático
Durango	
Gómez Palacio	129.82
Lerdo	11.20
Tlahualilo	107.16
Mapimí	107.70
Nazas	26.22
Simón Bolívar	75.12
San Luis del Cordero	30.20
Rodeo	25.80
San Pedro del Gallo	36.66
San Juan de Guadalupe	No determinado
Coahuila	
Torreón	136.18
San Pedro de las Colonias	89.94
Francisco I. Madero	116.80
Matamoros	143.02
Viesca	135.12

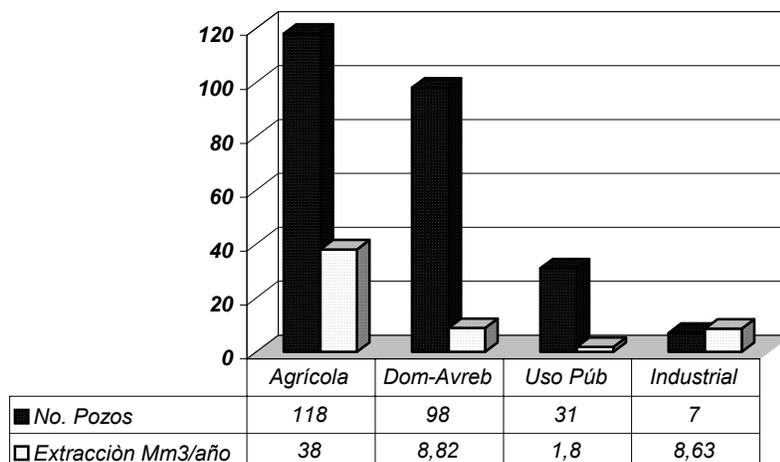


Figura 1. Usos del agua extraída del acuífero Villa Juárez, municipio de Lerdo, Durango.

El uso de aguas subterráneas en este acuífero se distribuye de la siguiente manera: 66.4 por ciento se destina a la agricultura, 15.4 al servicio doméstico y abrevaderos, 3.1 por ciento uso público y 15 por ciento a la producción industrial.

Inicialmente se planteó la hipótesis de que la concentración de nitrógeno como nitrato en el agua era producto de la actividad ganadera, por los establos que se encuentran en la zona del municipio de Lerdo, pero se han desarrollado estudios que lo discuten sin llegar a culminar en conclusiones. Castellanos (1982) señala que además de los agroquímicos aplicados a diversos cultivos en los ranchos dedicados a producir leche, son comunes dosis de estiércol bovino superiores a  $100 \text{ t ha}^{-1}$ , subproducto que ha sido caracterizado en diversos estudios, encontrándose que contiene cantidades considerables de nitrógeno, fósforo, potasio, elementos secundarios, microelementos pero también de sales solubles.

La superficie agrícola reportada por las instituciones oficiales para el municipio de Lerdo Durango, ubicado en la zona agrícola del acuífero Villa Juárez, indican que para el año 2001 (SAGARPA, 2001) ocupaba 14,594 ha distribuidas el 51 por ciento para el ciclo primavera-verano; 38.6 por ciento con cultivos perennes y el 10 por ciento restante para cultivos de invierno. Figura 2.

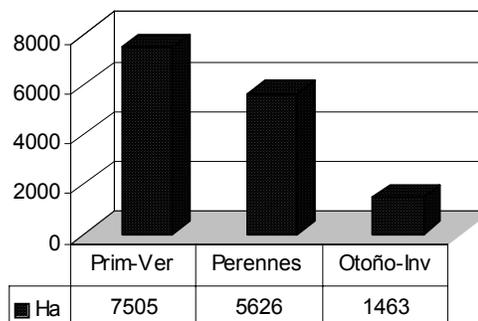


Figura 2. Superficie agrícola en el municipio de Lerdo, Durango, localizado en el acuífero Villa Juárez. 2001.

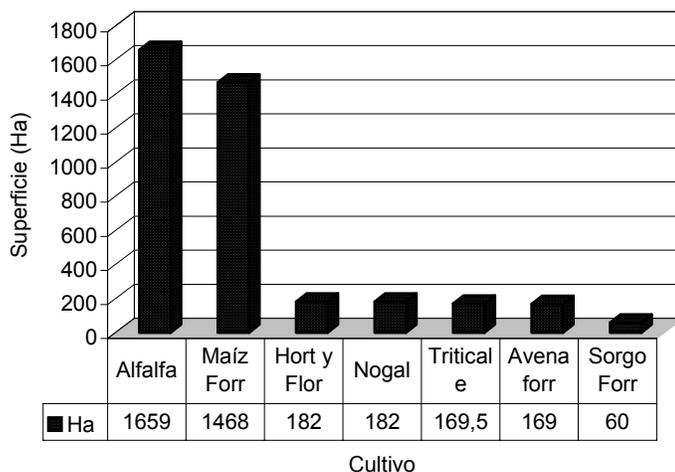
Cabe destacar que más del 90 por ciento de la superficie cultivada se encuentra ocupada por cultivos forrajeros que son consumidos mayoritariamente en establos localizados sobre el mismo acuífero. Para el año 2001 el inventario ganadero de la SAGARPA reportó 87,783 bovinos y 49,140 caprinos con una producción de 336,582.589 miles de litros equivalentes a un mil 242 millones de pesos.

#### Cultivos Agrícolas Sobre el Acuífero Villa Juárez, Durango

Los cultivos más importantes en la zona son: alfalfa, maíz forrajero, hortalizas y flores,

triticale, nogal, avena forrajera y sorgo forrajero. De éstos, el más común en los sistemas de producción lo constituye la alfalfa, seguida por el maíz forrajero, la avena, el triticale y el sorgo

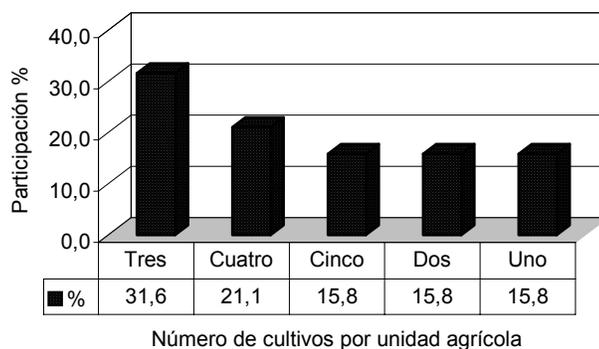
forrajero, presentes en el 73, 80, 42, y 16 por ciento de las unidades productivas encuestadas. La Figura 3 muestra la superficie ocupada por cultivo.



**Figura 3. Superficie ocupada por cultivo en el área agrícola del acuífero Villa Juárez, Durango, 2004.**

De los 19 sistemas de producción agrícola localizados en la zona, el 31 por ciento combina tres cultivos; el 21 por ciento combina cuatro, y los que combinan cinco, dos y un cultivos representan

cada uno el 15.8 por ciento, (Figura 4). A continuación se hace un análisis general por cultivo.



**Figura 4. Proporción del número de cultivos por sistema de producción agrícola en la superficie del acuífero Villa Juárez, Durango, 2004.**

#### Alfalfa (*Medicago sativa*)

Este cultivo está presente en siete de cada diez unidades de producción consideradas; registra rendimientos que oscilan entre los 90 y 100 t ha<sup>-1</sup> en verde obtenidos generalmente en

diez cortes anuales, pues durante los meses fríos (enero-febrero) desarrolla muy poco.

Las variedades más comunes son ICuf y El Camino, seguidas por Sundor y Júpiter. Para el cultivo utilizan en promedio 35.8 kg de semilla por hectárea y los sistemas de riego utilizados son el

de gravedad (62.5 % de los productores); multicompuertas (18.75 %); de gravedad combinado con pivote central, (12.5 %) y el de aspersion (6.25 % de los productores).

El número de riegos anual bajo el sistema de gravedad, es de 12; bajo aspersion (incluido el de pivote central) lo realizan cada 21 días, aunque este tiempo cambia de acuerdo al administrador de la unidad de producción; sin embargo, de acuerdo a Rivera *et al.* (2004), los rendimientos más altos en alfalfa se obtienen aplicando una lámina de riego equivalente al 80 por ciento de la evapotranspiración de referencia, que para el caso de la Región Lagunera ascendería aproximadamente a un valor de 180-190 cm año<sup>-1</sup>.

Considerando que la lámina de riego promedio bajo sistema de gravedad en la zona estudiada es de 15 cm con promedio de 12 riegos se aplica al cultivo una lámina de 180 cm anualmente, valores que coinciden con lo recomendado por Rivera *et al.* (2004).

En la producción de alfalfa, además del agua se utilizan fertilizantes químicos en el suelo y en el follaje de la planta; sin embargo, para definir la cantidad, momento y frecuencia de su aplicación, sólo el 15.7 por ciento de los dedicados a este cultivo determina con base a recomendaciones técnicas del análisis del estado nutricional del suelo, la cantidad y tipo de nutrimentos a aplicarse, lo que pudiese representar dos cosas: dejar de obtener mayores rendimientos por falta de nutrientes o estar aplicándolos en exceso; esto último en detrimento tanto de la economía del productor, como del medio físico en que se desarrolla el cultivo; pues es posible que se esté contaminando con ello el suelo y el acuífero local, que en este caso representa la reserva de agua de la Comarca Lagunera.

De acuerdo al estudio de campo, ocho de cada diez productores de alfalfa aplican fertilizantes granulados al cultivo y cuatro de cada diez los aplica además en forma foliar.

Al investigar el tipo y monto anual de productos granulados se encontró que el fertilizante MAP lo aplica el 70 por ciento de los productores que usan fertilizantes de este tipo, a razón de 355 kg ha<sup>-1</sup> la mezcla física (al parecer se trata de una mezcla que contiene N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O a

razón de 0-6-10) utilizada en 13 por ciento de los predios, se hace a razón de 450 kg ha<sup>-1</sup>, y la urea, utilizada en el 6.5 por ciento de los predios, se hace a razón de 200 kg ha<sup>-1</sup>.

La interrogante que queda ante esta situación es ¿Qué impacto están teniendo estos volúmenes de fertilizantes químicos tanto en la economía del productor como en el medio ambiente (suelo y acuífero donde se está aplicando)?.

Con relación a fertilizantes foliares, son micronutrimentos requeridos por el cultivo; sin embargo, al igual que en los granulados, el tipo y cantidad aplicada se hace sin análisis foliar. La pregunta ante esta situación es la misma que la anterior.

Al averiguar los criterios que utilizan para fertilizar, el 80 por ciento de los productores que respondieron al cuestionamiento, afirmaron que lo hacen por tradición y experiencia; sólo el 20 por ciento restante lo hace con el apoyo de asesoría técnica.

Otro componente tecnológico utilizado en alfalfa lo representan los insecticidas, utilizados en mayor o menor cantidad por el 55 por ciento de los productores. Los productos utilizados se presentan en el Cuadro 3, mismos que son para controlar plagas como pulgón, chinches, trips y gusano soldado cuyos nombres correctos se validaron consultando a Rosenstein (2003).

**Cuadro 3. Productos químicos utilizados en los predios que siembran alfalfa.**

Producto químico	Frecuencia	%
Metamidofós 600*	7	43.75
Pivot 100**	3	18.75
Parathión metílico 500*	2	12.5
Tamarón 600*	2	12.5
Cipermetrina 200*	1	6.25
Endosulfán 50 PH*	1	6.25

\* Insecticida \*\* herbicida

El número de aplicaciones promedio ascendió a diez, a razón de un litro por evento. La pregunta aquí es ¿qué efectos están teniendo estos productos en el medio físico de la zona y en la salud de su población?.

### Maíz (*Zea mays*)

Otro de los cultivos presentes en la zona es el maíz forrajero. Se siembra en ocho de cada diez predios del lugar, cubriendo el 38 por ciento de la superficie agrícola estudiada. Generalmente está asociado a predios que tienen alfalfa y/o avena forrajera, pero nunca como cultivo único.

Se siembra en dos períodos que cubren de febrero a mayo y de mayo a agosto. El rendimiento promedio para el primer período es de 57.3 t ha<sup>-1</sup> y de 38.4 t ha<sup>-1</sup> para el segundo. La diferencia en rendimientos se debe a la variación climática (mayor temperatura en el segundo período). Las variedades comerciales utilizadas son diversas, entre las que destacan AS900, Berensen, Asgrow y Jaguar 95. La cantidad de semilla utilizada en la siembra fluctúa entre los 22 y los 40 kg ha<sup>-1</sup>; sin embargo, el promedio registrado fue de 31 kg.

Los sistemas de riego utilizados en el cultivo son el de gravedad, multicompuertas y pivote central; sin embargo, bajo el primero se siembra más del 90 por ciento de la superficie, seguido por el de multicompuertas y pivote central. Bajo gravedad se aplican en promedio cuatro riegos de una lámina promedio de 15 cm, lo cual arroja una lámina total de 60 cm.

El 76 por ciento de los productores de maíz forrajero utilizan fertilizantes granulados en el cultivo siendo los productos más comunes el MAP y la urea utilizados por el 50 por ciento de los productores; la mezcla física (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O a razón de 12-30-12) se utiliza por el 20 por ciento de éstos.

Las aplicaciones de MAP, urea y mezcla física se hacen a razón de 165.6, 197.5 y 283 kg ha<sup>-1</sup>. El 77 por ciento de los productores aplica estos productos sin asesoría técnica; es decir, no saben exactamente si están aplicando lo necesario para el cultivo o si están afectando al ambiente con agroquímicos que eventualmente contaminan el acuífero regional.

El control de plagas con productos químicos es una práctica común en el 61 por ciento de los productores de maíz forrajero; aplican productos como el clorpirifos 3G, folimat y lorsban 3 por ciento, entre otros, a razón de un litro por hectárea por ciclo productivo para

combatir gusano cogollero, araña roja y gusano trozador.

### Avena (*Avena sativa*)

Este cultivo, al igual que el maíz, se siembra para uso forrajero. Lo siembran cuatro de cada diez unidades de producción y se identifica con sistemas de producción que combinan alfalfa y maíz para forraje. La superficie destinada al mismo fue de 169 ha que representan el 4.4 por ciento de la superficie agrícola de la región; es decir, 10 por ciento de lo que representa el cultivo de alfalfa y 11 por ciento de lo del maíz forrajero. Debido a que el rendimiento por unidad de superficie reportado por los entrevistados fue muy variable, se reporta el registrado por las estadísticas de SAGARPA, que para el año 2001 fue de 44 t ha<sup>-1</sup>.

El 90 por ciento de la superficie está bajo riego por gravedad y el diez por ciento restante involucra pivote central y multicompuertas. En riego por gravedad se asignan cuatro riegos por ciclo con una lámina de 15 cm por riego, lo que significan 60 cm. durante su período. El cultivo en la región se siembra en la época invernal, ya que cubre de noviembre a enero.

Cabe señalar que a diferencia de los cultivos analizados, este es fertilizado por el 100 por ciento de los que lo siembran. De los predios que utilizan el sulfato de amonio (36 % del total), lo hacen a razón de 275 kg ha<sup>-1</sup>; de los que utilizan urea (45 %), utilizan 215 kg ha<sup>-1</sup>; de los que usan MAP y mezcla física -N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O a razón de 12-30-12- (18 % del total), lo hacen a razón de 125 y 190 kg ha<sup>-1</sup>, hecho que denota amplio uso de estos productos. El total de productores de avena carece de análisis de suelo que le permitan definir los montos y tipos de fertilizantes aplicados. La aplicación de pesticidas es prácticamente nula en el cultivo, pues las plagas disminuyen por las bajas temperaturas que prevalecen. Eventualmente aparece el pulgón, para el que utilizan endosulfán 50 PH, a razón de un litro ha<sup>-1</sup>.

### Triticale

Utilizado también como cultivo forrajero, alcanza una superficie similar a la de avena y nogal. Se localiza en predios con alfalfa y maíz forrajero, reemplazando en algunos casos a la

avena y en algunos otros como cultivo complementario.

El cultivo es sembrado por 1.5 de cada diez unidades de producción localizadas en la zona. La densidad de siembra varía de 80 a 180 kg ha<sup>-1</sup>; sin embargo, el promedio es de 130 kg ha<sup>-1</sup>. El 95 por ciento de la superficie sembrada se atiende con riego por gravedad y el resto con otros sistemas de riego (aspersión principalmente). La utilización de fertilizantes es práctica común en el 75 por ciento de los productores del cultivo, empleando para ello la urea, el MAP y la mezcla física -N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O a razón de 12-30-12- a razón de 217, 150 y 300 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Dado que este cultivo no aparece en las estadísticas del año 2001, es posible que sea cultivo de reciente introducción. Para aquel año aparece el zacate ballico, mismo que para el año de estudio no se registró en campo.

#### Nogal (*Carya illinoensis*)

Este cultivo, al igual que el de hortalizas y flores, cubre una superficie de 182 ha que significan 4.7 por ciento del área agrícola cultivada. El rendimiento estimado fue de 1.32 t ha<sup>-1</sup>, teniendo como variedades la Western y Wichita a razón de 70 árboles ha<sup>-1</sup>, lo que indica que están plantados a tresbolillo con distancia entre hileras y columnas de 12 x 12 m. El sistema de riego en el cultivo es el de gravedad asignándose de siete a ocho riegos por año con una lámina de 20 cm, lo que equivale a un total de 140-160 cm año<sup>-1</sup>.

La aplicación de fertilizantes se hace a razón de 210 kg de N; 45 kg de P, y 45 kg de K por hectárea, utilizando además fertilizantes foliares como el Nitrothed plus (12 lt), Nitrothed Zn (57 lt), Banathed (4 lt) y Goligen (10 lt). Las plagas más comunes son el barrenador del ruezno y de la nuez para lo cual aplican insecticidas como el Azinfos 35 PH a razón de cinco y cuatro litros por hectárea. En este caso la cantidad de agroquímicos utilizados depende del tamaño del árbol frutal y del número de árboles que se tienen plantados por hectárea. Con el fin de determinar las cantidades y tipos de fertilizantes granulados que se aplican, sólo en el 38 por ciento de la superficie ocupada por el cultivo se hacen análisis

de suelos, en el 62 por ciento restante, se determinan por experiencia y tradición.

Los riegos se aplican mensualmente de febrero a septiembre, pues a partir del mes de octubre y principios de noviembre se tiene el período de cosecha. Las lluvias de invierno cubren las necesidades hídricas del árbol, el cual extiende su período de dormancia hasta el mes de febrero, cuando se inicia el riego. Normalmente el cultivo forma parte de sistemas de producción que involucran cultivos forrajeros como alfalfa, maíz y avena, pero eventualmente se le puede encontrar como cultivo único en unidades de producción de grandes superficies (70 ha).

#### Sorgo (*Sorghum vulgare*)

Cultivo utilizado como forraje, que participa con el 1.5 por ciento de la superficie agrícola cultivada. Se encontró en una de diez unidades de producción estudiadas asociado principalmente con maíz forrajero y alfalfa. El rendimiento promedio registrado fue de 44 t ha<sup>-1</sup> en verde y la cantidad de semilla usada en la siembra es de 20 kg ha<sup>-1</sup>. Se le cultiva bajo riego por gravedad durante el período marzo-julio, para lo cual se utilizan cuatro riegos de 18 cm en promedio para su cosecha en verde; lo que arroja una lámina de 72 cm por ciclo.

Su fertilización es una práctica común en las unidades productivas en que se produce, utilizando en promedio 300 kg ha<sup>-1</sup> de urea y 100 kg de MAP por ciclo. Al igual que en otros cultivos, la cantidad y tipo de fertilizantes aplicado se determina con base a la experiencia y tradición.

El control de plagas (gusano cogollero y araña roja) involucra el uso de una aplicación de Lorsban 3 por ciento o Clorpirifos 3G a razón de 1 lt ha<sup>-1</sup>.

Cabe señalar, que el uso de estiércoles en la agricultura es una práctica común en la región. Así, del total de productores encuestados 46 por ciento complementan la fertilización de sus cultivos con estos subproductos de la producción lechera aquí presente. Las cantidades aplicadas fluctúan entre 60 y 300 t ha<sup>-1</sup>, con un volumen promedio de 90 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, sólo el 40 por ciento de ellos aplican cada año, 43 por ciento lo hacen cada tres años y el resto cada cuatro años.

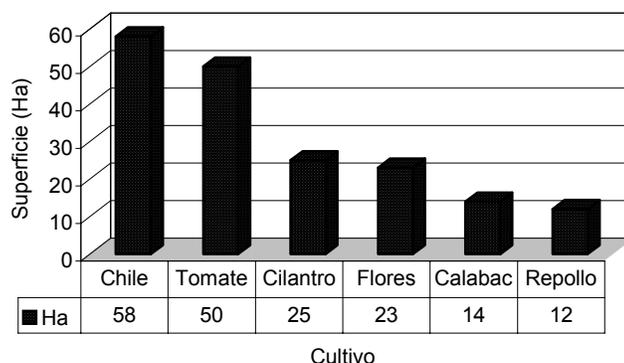
Si el inventario bovino asciende a 87,740 cabezas (no incluidos los 49,140 caprinos) y la cantidad de estiércol diario en peso seco es de seis kilos por animal (Castellanos, 1982), se está agregando al suelo un total de 526.44 t diarias que al año suman 192,150.6 toneladas la pregunta es ¿qué impacto ecológico tiene esta situación en el lugar de estudio?.

#### Cultivos hortícolas y flores

Este grupo representa el 4.7 por ciento de

la superficie agrícola asentada en el acuífero Villa Juárez; compuesto por los cultivos ilustrados en la Figura 5, donde el chile es el más importante; seguido por tomate y la floricultura.

Son cultivos establecidos en las riberas del río Nazas, dentro del sector Monterrey del ejido León Guzmán y Juan Eugenio García. Para mostrar el manejo y uso de agroquímicos en éstos se ejemplifica sólo con el cultivo del chile, tomate y la floricultura.



**Figura 5. Superficie de hortalizas y flores en la zona agrícola asentada en el acuífero Villa Juárez, Durango., Comarca Lagunera, 2004.**

#### Chile (*Capsicum annum*)

Se utiliza en su siembra generalmente chile jalapeño variedad Tula y se siembra a razón de 30 a 40 mil plantas por hectárea bajo sistema de riego por gravedad y goteo. El número de riegos bajo gravedad es de ocho, con láminas promedio de 15 cm por riego, lo que da una lámina total de 120 cm.

Su período de producción comprende desde fines de febrero hasta principios de julio, involucrando el uso de fertilizantes para mejorar su rendimiento. Aunque cada productor aplica cantidades y tipos distintos, algunos aplican 320 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amonio granulado y 14 kg de nutri K en forma foliar, asesorados básicamente por las casas comerciales de la región y sin realizar estudios del suelo y del cultivo. El rendimiento del cultivo fue difícil de obtener; sin embargo, las estadísticas agrícolas para la zona

de estudio reportan un rendimiento promedio de 13 t ha<sup>-1</sup>.

El control de plagas y enfermedades involucra múltiples productos entre los que se encuentran el confidor 350 SC, thiodán 35 CE, lucathion 1000, agromil V, benomyl 50, cipermetrina 200, entre otros. El número de aplicaciones está en función de la incidencia del problema de plagas y enfermedades. Los insectos controlados son chupadores, gusano soldado, de alambre, medidor, peludo, minadores, trips y gallina ciega.

#### Tomate (*Licopersicum esculentum*)

Las 90 hectáreas localizadas con el cultivo involucran las variedades Río Grande y Yaqui, a razón de 40 mil plantas por hectárea bajo sistema de riego por gravedad. El período que comprende el ciclo productivo va de marzo a julio, aplicándose

un promedio de ocho riegos con una lámina de 12 cm; para un total de 96 cm por ciclo. El uso de fertilizantes es muy importante en este cultivo, en el que utilizan 500 kg de urea en dos aplicaciones sin criterio basado en análisis de suelo o demandas del cultivo. El rendimiento reportado por SAGARPA (2001) asciende a 12.3 t ha<sup>-1</sup>.

El control de plagas incluye dos aplicaciones de metamidofos 600 y furadán 300 a razón de 2 t ha<sup>-1</sup> de cada uno para el control de plagas como el gusano de alambre, minador, trips y gallina ciega. El momento de la aplicación se determina por el grado de incidencia de la plaga.

Los otros cultivos hortícolas encontrados fueron repollo, calabacita y cilantro. Este último se siembra todo el año en una superficie de 25 ha. De calabacita y repollo se identificaron 14 y 12 ha respectivamente. Para estos cultivos se utiliza en promedio 150 kg de urea y 50 kg de sulfato, realizándose dos aplicaciones para combatir falso medidor en repollo; mosquita blanca en cilantro, y gusanos chupador, soldado, medidor y peludo en calabacita.

#### Floricultura

Esta actividad se localizó en las riberas del Río Nazas dentro del área del acuífero Villa Juárez, en terrenos del sector Monterrey, ejido León Guzmán. La actividad es estacional ya que se produce flor para el mercado regional del día de muertos (2 de noviembre). La superficie destinada al cultivo asciende a 23 ha, en las que se siembran flores llamadas mano de león; cempasúchil y margarita. El período que cubre la actividad va del mes de agosto a fines de noviembre. Dependiendo del tipo de flor, la densidad de plantación oscila en las 23 mil por hectárea, atendiendo el cultivo con riego por gravedad.

El cultivo se atiende con aguas subterráneas extraídas de pozos con profundidades que van de los dos a los diez metros, localizados en las márgenes del lecho principal del río Nazas,

de donde la extraen con motores portátiles llamadas motobombas.

Los riegos que aplican son de cuatro a cinco, con láminas de 10 centímetros, lo que se traduce en una lámina que oscila entre los 40 a 50 cm.

La aplicación de fertilizantes es mínima y en promedio se brindan 80 kg ha<sup>-1</sup> de urea, ya que según los productores, el fertilizante que se aplicó al cultivo anterior es suficiente para las flores. Obviamente, no se hacen análisis de suelo para determinar tipo y cantidad de fertilizante. También aplican productos químicos para control de plagas (chinchas y gusanos) a razón de un litro por hectárea.

#### Eficiencia Económica del Agua

A fin de conocer la rentabilidad del agua en la agricultura, este apartado analiza con base a las láminas de riego aplicadas a cada cultivo y de acuerdo al valor de la producción obtenida en el año 2001, (SAGARPA, 2001) los ingresos que por metro cúbico de agua obtiene el productor, en función de los rendimientos registrados por la unidad de información de la región.

A partir del Cuadro 4, se señala que aun cuando el cultivo de alfalfa es el que mayor superficie y valor de la producción alcanza, la rentabilidad obtenida por metro cúbico es apenas de 0.80 pesos seguido por el maíz y el sorgo forrajero con costos de oportunidad del agua de 0.84 y 1.28 pesos por m<sup>3</sup>, respectivamente. Sin embargo, estos cultivos son insumo para la industria lechera, donde el valor agregado que alcanzan es muy elevado, contribuyendo además a la generación de empleo y actividades productivas colaterales aún sin cuantificar.

Los cultivos donde el agua alcanza mayor rentabilidad por metro cúbico utilizado son las hortalizas, encabezadas por el cultivo de chile, sandía y melón; sin embargo, el riesgo de sembrarlos es mayor por la incidencia de plagas y enfermedades, así como por la fluctuación de sus precios en el mercado regional y nacional.

**Cuadro 4. Rentabilidad del agua por cultivo sembrado en la superficie agrícola del acuífero Villa Juárez, Durango. 2001.**

	Ha	Valor (miles de pesos)	\$/m <sup>3</sup> de agua	Orden
Alfalfa	5,159	74,606.0	0.80	11
Maíz forrajero	4,061	38,432.2	1.58	7
Sorgo forrajero	1,651	15,221.6	1.28	9
Maíz grano	949	4,755.2	0.84	10
Avena forrajera	668	5,295.6	1.32	8
Chile	363	20,088.6	4.61	1
Nogal	292	9,010.0	2.06	6
Tomate	212	5,498.7	2.70	4
Hortalizas	37	841.8	2.37	5
Melón	30	975.0	3.39	3
Sandía	30	1,080.0	3.75	2

### CONCLUSIONES

La producción de forrajes en el acuífero Villa Juárez, principal reserva de agua potable de la Comarca Lagunera, comprende más del 90 por ciento de la superficie agrícola. Estos son consumidos principalmente en establos localizados sobre el mismo acuífero por un total de 87,740 bovinos.

El 80 por ciento de los productores forrajeros de la zona utilizan fertilizantes químicos. Sin embargo, sólo el 16 por ciento de los productores lo hacen basándose en recomendaciones técnicas. El resto los utiliza por tradición y/o “experiencia propia o del administrador”. Esta situación pudiese representar dos cosas: dejar de obtener mayores rendimientos por falta de nutrientes o estar aplicándolos en exceso; esto último en detrimento tanto de la economía del productor, como del medio físico en que se desarrolla el cultivo; pues es posible que se esté contaminando con ello al suelo y al acuífero local, que en este caso representa la reserva de agua de la Comarca Lagunera.

La rentabilidad obtenida por metro cúbico en cultivos forrajeros (osciló entre 0.8 y 1.28 pesos) es más baja que en cultivos hortícolas y frutales. Sin embargo, estos cultivos son insumo para la industria lechera, donde el valor agregado que alcanzan es muy elevado, contribuyendo

además a la generación de empleo y actividades productivas colaterales aún sin cuantificar.

A pesar de que la agricultura es una actividad importante en la zona, es insoslayable la preocupación que representa utilizar fertilizantes químicos y estiércoles sin conocer las demandas nutricionales del cultivo y la cantidad de nutrientes almacenados en el suelo y contenidos en el agua por más el 80 por ciento de los productores de esta área, principal reserva de agua potable. El riesgo de contaminación del acuífero por la actividad agropecuaria que sobre él se desarrolla debe ser evaluado.

### LITERATURA CITADA

- Castellanos R., J. 1982. Estudios sobre la producción, utilización y características de los estiércoles en la Comarca Lagunera, México. En: Memorias del primer ciclo internacional de conferencias sobre: La utilización de los estiércoles en la agricultura. Torreón, Coahuila, México. Lerdo, Durango, México.
- Comisión Nacional del Agua. 1999. Lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico de la Región Administrativa VII “Cuencas Centrales del Norte. ITEPSA. Torreón, Coahuila.
- Martínez R., J. G., J. A. Cueto W., C. Sarabia F. y E. Romo L. 2001. Determinación de la vulnerabilidad de un acuífero regional a la contaminación por agroquímicos. II Reunión Estatal de Ciencia y Tecnología. Durango, Durango, México.

- Orona C., I. 1993. Caracterización Socioeconómica de la Región Hidrológica 36. En: Estudio de los factores que influyen los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica 36. Ed. J. Y. Loyer, J. Estrada A., R. Jasso I. y L. Moreno D. Gómez Palacio, Durango.
- Rivera G., M., J. Estrada A., I. Orona C., e I. Sánchez C. 2004. Producción de alfalfa con riego por goteo subsuperficial o subterráneo. Una opción para regiones con escasa disponibilidad de agua. Folleto Científico No. 13. INIFAP-CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango. 34 p.
- Rosenstein S., E. 2003. Diccionario de especialidades agroquímicas (DEAQ). Ediciones PLM, S. A. de C. V. México, D. F.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2001. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria y Forestal. Lerdo, Durango.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1992. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria y Forestal. Lerdo, Durango.