

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
División Regional de Ciencia Animal**



**"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN DE FORRAJES PARA LA PRODUCCIÓN
DE LECHE EN LA COMARCA LAGUNERA"**

POR:

DIONICIO ARZOLA BARRIOS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

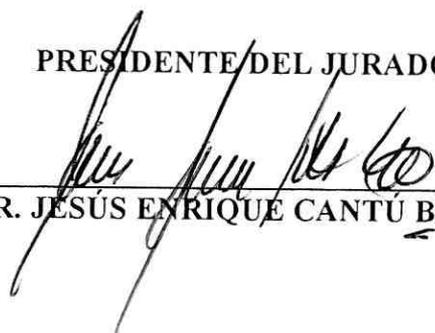
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
División Regional de Ciencia Animal

T E S I S

"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE
PRODUCCIÓN DE FORRAJES PARA LA PRODUCCIÓN
DE LECHE EN LA COMARCA LAGUNERA"

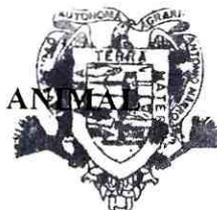
APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

PRESIDENTE DEL JURADO


DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL


M.V.Z. ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA



Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal
UAAAN - UL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
División Regional de Ciencia Animal

TESIS

DIONICIO ARZOLA BARRIOS

"ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN
DE FORRAJES PARA LA PRODUCCIÓN DE LECHE EN LA
COMARCA LAGUNERA"

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TITULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

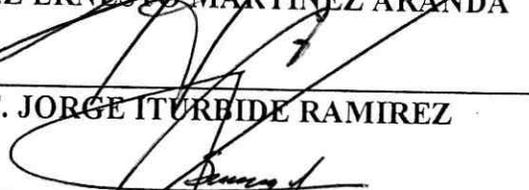
PRESIDENTE :


DR. JESÚS ENRIQUE CANTÚ BRITO

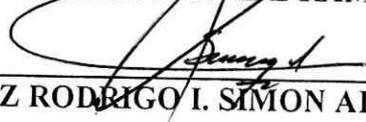
VOCAL:


M.V.Z ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA

VOCAL:


M.C. JORGE ITURBIDE RAMÍREZ

VOCAL:


M.V.Z RODRIGO I. SIMÓN ALONSO

AGRADECIMIENTOS

Le doy las gracias a Dios por la oportunidad de vivir. Por ser la luz que resguarda mi camino y me da la fortaleza para sobreponerme en los momentos de desconcierto en mi vida.

Al Dr. Jesús Enrique Cantú Brito por haberme dado la confianza, experiencia, apoyo y orientación en el desarrollo de esta investigación.

A mi Alma Terra Mater

Por abrirme las puertas dándome la oportunidad de formarme como profesionista bajo su techo y todo su apoyo para la culminación de una etapa importante en mi vida.

Agradezco a todos mis profesores que formaron en mi, una preparación sólida y por compartir conmigo sus conocimientos y experiencia, ya que gracias a ellos me he fortalecido para mi formación profesional.

A mis Amigos

Gregorio, Octavio, Susano, Julio, Raúl, Carlos, Luis Lauro, Cristian, Fernando, Mario, Jorge, Enrique, Miguel Angel.

Que siempre estuvieron convivieron en los momentos difíciles y de alegría de mi carrera.

A la Comarca Lagunera. Gracias

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

DIONICIO ARZOLA VILLAVICENCIO Y LAURENCIA BARRIOS SILVA

Con todo amor, respeto y admiración, quienes me dieron la vida, amor, cariño y depositaron en mi toda su confianza en los momentos de aciertos y errores de mi existencia para mi superación profesional.

Gracias por sus consejos y lucha inagotable que realizaron para guiarme por el mejor camino de la vida y así terminar una etapa importante en mi vida.

A MI TIA:

MARIA DEL CARMEN BARRIOS

Por su apoyo y consejos y todo su cariño de una madre

A MIS ABUELOS:

RODOLFO BARRIOS RAMÍREZ Y HERMELINDA SILVA RAMÍREZ (q.e.d)
GILBERTO ARZOLA ÁNGEL Y CATALINA VILLAVICENCIA (q.e.d)

Por sus sabios consejos, palabras de aliento y espíritu inquebrantable de superación

A MIS HERMANOS:

Judith, Catalina, Rosalinda, Erika, Itaindivi, Gilberto,
Gracias por todos su apoyo

ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
INDICE DE CUADROS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
HIPÓTESIS	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Explotación del recurso hídrico en la Comarca Lagunera	5
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Características de la Región Lagunera	21
Clima y suelo de la Región Lagunera	21
Localización del estudio	22
Duración del estudio	24
MÉTODOS	24

Generación de base de datos de superficie y producción por Cultivo	25
Generación de base de datos sobre la dinámica del inventario ganadero lechero y volumen y valor de producción de leche en la región.....	26
Análisis estadístico	26
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
Generación de base de datos de superficie y producción por cultivo	27
CONCLUSIONES	48
LITERATURA CITADA	50

ÍNDICE DE FIGURAS

NUMERO		PAGINA
1	Relación de número de pozos para la extracción de agua del acuífero en la Comarca Lagunera (1920-1957)	6
2	Variación de las principales variables climáticas en la Comarca Lagunera para un periodo de 20 años (1978-1998) según datos de la estación experimental del CENID-RASPA (1998).....	23
3	Superficie total establecida de los principales cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera en un periodo de 23 años de 1978 al 2001 (SARH, 1878-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002).....	28
4	Dinámica de producción de forraje (Ton/MS) anual así como la variación del comportamiento del inventario ganadero en la Comarca Lagunera de 1978-2001 (SARH, 1878-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2001).....	29
5	Producción promedio anual de materia verde (Ton/ha) del cultivo de alfalfa en la Comarca Lagunera en un periodo de 20 años de 1978-1998 (SARH, 1978-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002)..	31
6	Producción promedio anual de materia verde (Ton/ha) del maíz y sorgo forrajero en la Comarca Lagunera en un periodo de 20 años de 1978-1998 (SARH, 1978-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002)..	31

7	Producción promedio anual de materia verde (Ton/MV/ha) de la avena y el ballico en la Comarca Lagunera en un periodo de 23 años de 1978-2001 (SARH, 1978-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002)..	32
8	Dinámica del inventario ganadero (No. de vacas) así como la variación del comportamiento de la producción de leche anual en la Comarca Lagunera de 1978-2001 (SARH, 1878-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002)...	36
9	Dinámica del inventario ganadero (No. de vacas en producción) así como la variación del comportamiento de la producción de leche anual en la Comarca Lagunera de 1978-2001 (SARH, 1878-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2001).	36
10	Comportamiento de la producción de leche por vaca por día de 1984 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).....	37
11	Comportamiento de la producción de leche por vaca por día de 1984 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).....	38
12	Metros cúbicos de agua requeridos por vaca por año de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).....	39
13	Producción de leche por año en un periodo de 23 años de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).....	40

14	Metros cúbicos de agua de riego requeridos para producir un litro de leche en forma anual en un periodo de 23 años de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).....	42
15	Eficiencia de conversión de metros cúbicos de agua de riego requeridos para producir un litro de leche y kilogramos de leche producida por metro cúbico de agua en forma anual en un periodo de 23 años de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).....	43

ÍNDICE DE CUADROS

NUMERO		PAGINA
1	Calidad nutritiva de diferentes forrajes utilizados en la producción de leche en la región Lagunera.....	16
2	Eficiencia de diferentes forrajes en la producción de leche por hectárea y por metro cúbico de agua en la región Lagunera	18
3	Dinámica del establecimiento del número de hectáreas, superficie total anual de forrajes, litros de leche anuales (miles) y conversión a producción de leche por hectárea de los principales forrajes regionales de 1978 a 2001 (SAGAR, 1995-99;FIRA, 1998; SAGARPA, 2002)..	44

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna localizada en Carretera Santa Fe y Periférico de octubre de 2001 a septiembre de 2002 y tuvo como objetivo general el obtener la evaluación de la conversión del sistema de producción de forrajes para producción de leche por kilogramo de materia seca y por metro cúbico de agua en la Región Lagunera a través de un período de 23 años de 1978 al año 2001 y poder conocer su dinámica a través de los mismos.

Se realizó en explotaciones lecheras de la región a través de visitas a establos y visitas a organismos oficiales como el CENID-RASPA, INIFAP, CNA, SAGARPA, FIRA, INEGI.

Los resultados obtenidos de la superficie de cultivos forrajeros muestra un considerable incremento de las superficies de maíz y sorgo a partir de los últimos años sobre todo de 1995 a 2001 y del cultivo de la alfalfa de hasta casi las 38 mil hectáreas. El cultivo de la alfalfa ha experimentado incrementos considerables en el mismo periodo acumulando un crecimiento en la superficie de 17.23%.

La producción de leche por día por vaca en la Comarca Lagunera considerando lactancias de 305 en leche y dos ordeños muestran que de 1984 al año 1998 se tuvieron incrementos, observando una disminución a partir de 1999 al 2001 de 8,845 a 7,397 lts/lactancia, es decir, que el comportamiento de producción de litros de leche por vaca por día en los últimos años ha sido de 26.29, 26.75 y 24.25 para los años 1999, 2000 y 2001 respectivamente.

Respecto al uso del agua los resultados indican un diferencial de millones de metros cúbicos en los 23 años de 390 millones de 1978 a 2001 y sin embargo

el número de cabezas de ganado se ha incrementado grandemente de 84,200 en 1978 a 415,556 en el 2001 es decir una diferencia de 331 mil cabezas.

Un análisis entre la disponibilidad de agua y el número de cabezas de ganado bovino lechero reveló que en 1978 se requerían de 9,996 metros cúbicos de agua para mantener una vaca de leche, esto sin contar el agua que es utilizada por el animal en forma de bebida ni en las salas de ordeña, solamente se cuantifica el agua utilizada para la producción de forrajes, siendo el año 1995 el que muestra el más bajo requerimiento con 2,700 metros cúbicos al año y el año más elevado fue 1980 con 13,900 metros cúbicos por vaca para producción de forrajes.

El comportamiento de la dinámica de la producción anual de leche observa una tendencia creciente a partir de 1981 en la se obtuvieron aproximadamente 263 millones de litros de leche hasta los 1,768 millones de litros en el año 2001 el cual representa el máximo histórico reportado para la región.

La cantidad de agua en metros cúbicos requeridos para la producción de un litro de leche, muestra que existe una tendencia decreciente en los metros cúbicos de agua requeridos para obtener un litro de leche, lo que indica que cada vez se hace un más eficiente del uso del agua, ya que en 1980 se requerían de 2.49 metros cúbicos/litro de leche y en el año 2001 se requirieron de solamente 0.694 metros cúbicos/litro de leche producida en la región.

Los resultados obtenidos sobre la producción de leche por hectárea de forrajes muestran que se ha incrementado sustancialmente en 23 años a partir de 1978 con una producción de 9,600 kilogramos de leche/ha a 23,200 en el año 2001, lo que indica que el sistema de producción de forraje y leche en la región es más eficiente en la conversión de kilogramos de forraje a kilogramos de leche.

INTRODUCCIÓN

Las zonas áridas servirán de hogar a cerca de 850 millones de habitantes en el mundo en el ya cercano año 2000, y todavía muchos de los alimentos consumidos por dichos habitantes son producidos e importados de otras regiones climáticas del mundo. Al mismo tiempo, se está llegando a un punto crítico en la historia de la humanidad de la producción de alimentos en esas zonas, debido a que la posibilidad y habilidad para continuar expandiendo los límites agrícolas que están severamente limitados (Nabhan, et al., 1988).

El manto acuífero ha sido irreversiblemente degradado y contaminado hasta el punto que la superficie de hectáreas susceptible de irrigarse por medio de agua de bombeo o del subsuelo tiende a disminuir drásticamente al menos en las áreas desérticas de muchos países incluyendo el de los Estados Unidos y México. Las mejores tierras cultivables en las zonas áridas han sido explotadas por una gran cantidad de años y muchas otras se han convertido en zonas urbanas, se han salinizado, degradado o bien expropiado. Aunado a lo anterior, el constante y gran incremento de los insumos para la agricultura como son; el costo del agua de bombeo, los fertilizantes químicos, y los pesticidas, han hecho que la agricultura convencional sea económicamente inestable, con un mayor riesgo de pérdida total en comparación con prácticas agrícolas sustentables o de bajos insumos (Ehrenfeld, 1987).

Es evidente, que el estilo de vida actual como son los patrones y niveles de consumo, formas de producción y explotación de los recursos y el crecimiento desmedido de la población, han tenido un impacto negativo muy significativo en la base de los recursos naturales de los cuales la sociedad depende directamente para sobrevivir.

La Comarca Lagunera es una zona considerada como una de las principales cuencas lecheras del país. La demanda de forraje para el mantenimiento de 415 mil cabezas de ganado lechero es importante. Aún, cuando la alfalfa es el cultivo base de este sistema, es necesario suplementarlo con cultivos anuales como el maíz y sorgo. La escasez de agua tanto de las presas regionales como el abatimiento del manto freático y el alto uso consultivo de la alfalfa (20,000 m³ por año) obliga a los productores a utilizar otras fuentes de forraje, pero sin detrimento de la productividad ganadera.

En cualquier país, tanto la producción como la calidad del forraje producido a un costo razonable debe ser la principal meta del productor. El objetivo debe ser buscar siempre una mayor eficiencia de transformación de metros cúbicos de agua a litros de leche, haciendo un uso más eficiente de los recursos disponibles. Por lo tanto estudios tendientes a realizar evaluaciones que revelen el estado actual de la eficiencia de transformación del sistema de producción forrajes para producción de leche en la región cobran singular importancia.

El problema con que se enfrenta el productor y el investigador es obtener y seleccionar el forraje que contengan el máximo valor nutritivo, que utilicen poca agua y principalmente que la eficiencia de transformación sea máxima para la producción de leche.

En base a lo anterior, el presente trabajo de investigación tiende a obtener información de las series estadísticas anuales de producción de forrajes y de producción de leche a través de un periodo de 23 años para la región con el fin de poder precisar la eficiencia de transformación de metros cúbicos de agua a kilogramos de leche y de kilogramos de forraje por litro de leche a través del tiempo.

OBJETIVOS

El objetivo general del presente proyecto consistió en obtener la eficiencia actual de conversión del sistema de producción de forrajes para producción de leche por kilogramo de materia seca y por metro cúbico de agua en la Región Lagunera a través de un período de 23 años de 1978 al año 2001 y poder conocer su dinámica a través de los mismos.

Los objetivos específicos fueron:

1).- Obtener las series estadísticas anuales de la producción de leche en la región Lagunera.

- 2).- Obtener las series estadísticas anuales de los volúmenes de agua y/o láminas de riego (m^3) de los cultivos forrajeros (Alfalfa, maíz, sorgo, avena, ballico, y cereales) en la región Lagunera.
- 3).- Obtener las series estadísticas anuales de la producción de leche por lactancia y en promedio por día en la región Lagunera.
- 4).- Obtener las series estadísticas anuales de la producción de leche total a nivel región Lagunera.
- 5).- Realizar un análisis para conocer la eficiencia de transformación actual de conversión de m^3 de agua a litros de leche en la región Lagunera.

HIPOTESIS

Es el sistema actual de producción de forrajes y leche en la Comarca Lagunera eficiente en su transformación de metros cúbicos de agua a kilogramos de leche.

Explotación del recurso hídrico en la Comarca Lagunera

El uso y aprovechamiento del agua de bombeo y de riego formal en la Laguna se puede remontar en el año de 1941 ya que se crea el Distrito de Riego No. 17 y en 1946 entra en operación la presa Lázaro Cárdenas con capacidad disponible de 3,377 millones de metros cúbicos. Adicionalmente se construye una red de canales y un sinnúmero de pozos (en 1945 existían alrededor de 1560), y por otra, la reducción de la recarga al acuífero aluvio-lacustre ocasionada por la regulación de los escurrimientos superficiales, motivaron la sobreexplotación de las aguas subterráneas (González y colaboradores, 1991a).

Por consiguiente, y a pesar de las sucesivas vedas que se implementaron para preservar los mantos acuíferos, los efectos colaterales a la sobreexplotación se incrementó, dando por resultado: innumerables pozos inutilizados por el abatimiento de los niveles de agua, una reducción en el rendimiento de muchos otros y una elevación en los costos de extracción.

La rehabilitación del distrito de riego en 1960, mejoró notablemente el aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales; empero, al concluir la presa Francisco Zarco en 1968 y al terminar, aproximadamente en el año de 1972, el revestimiento de 550 Km. de canales principales y 3,400 Km. de canales

secundarios generaron aún más que la recarga ejercida por el río Nazas disminuyera notablemente (González y colaboradores, 1991a).

En la actualidad y de acuerdo con el censo de aprovechamientos de 1989 realizado por la Gerencia de la CNA en la Región Lagunera, se sabe que existen alrededor de 4,794 pozos y que la zona de mayor densidad de captaciones, corresponde a las porciones centro-suroeste de la Comarca Lagunera. En muy pocas ocasiones ese impacto aún no pone en peligro la calidad de vida, pero mucha gente ya se ha visto perjudicada y sobran razones para preocuparse acerca de lo que puede ocurrir en un futuro cercano o en las próximas décadas, dado el notorio crecimiento de la presión que se esta ejerciendo sobre el ambiente, los recursos y los ecosistemas naturales

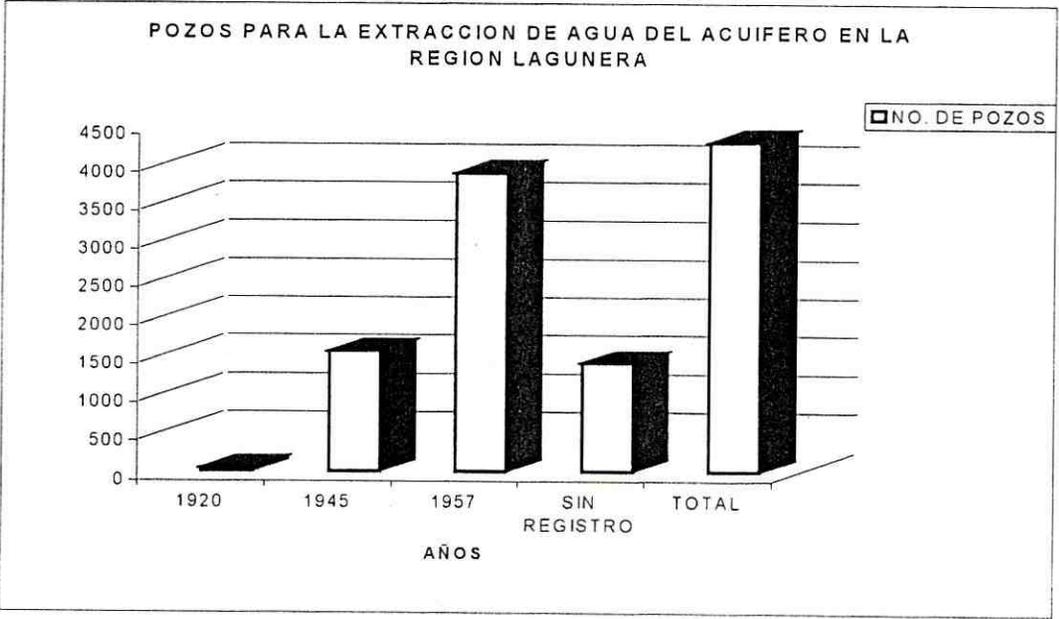


Figura 1. Relación de número de pozos para la extracción de agua del acuífero en la Comarca Lagunera (1920-1957).

La agricultura de riego en la región Lagunera enfrenta cada vez más el problema de la escasez de agua. Actualmente se tratan de obtener nuevas fuentes que ayuden a cubrir las necesidades de riego, tales como el reciclado de aguas residuales urbanas, industriales, etc. o como el uso de nuevos aprovechamientos superficiales o subterráneos. Hablar de agricultura de riego sustentable es hablar de un sistema de producción agrícola durable. El deterioro del medio ambiente ha rebasado ya muchos puntos de retorno en varios países. esto ha cuestionado seriamente los modelos actuales de desarrollo, así como los sistemas productivos en que se explotan los recursos naturales de manera intensiva. El manejo sustentable tiene como base cuidar con igual interés los componentes económicos, ecológicos y sociales en que se basa un sistema productivo. Como resultado de ese manejo se obtendrán servicios o productos: económicamente rentables, no dañinos al ambiente y generadores de satisfacción social (González, 1997).

Giglio (1990), menciona que cuanto mas se artificializa un sistema, tanto más cerrados son los límites de los agrosistemas establecidos y tanto más se intensifican los flujos. Por lo tanto, para que un determinado agrosistema se mantenga dependerá de determinada dotación de infraestructura para la circulación de los flujos. La mayor o menor estabilidad se logra en función de lo que se ha dado en llamar "complejidad estructural" ; es decir, la dotación de una infraestructura múltiple, articulada, y eficiente que por un lado, impida las fluctuaciones de los flujos y, por otro regularice las variaciones internas del agrosistema.

La Comarca Lagunera se ha caracterizado por ser una de las cuencas lecheras más grandes del país y por presentar una agricultura altamente intensiva sostenida por agua de bombeo. Las consecuencias de esta continua elevada extracción de agua del subsuelo por largos periodos de tiempo (1960-1997) ha traído como resultado un abatimiento del manto friático y que hace que actualmente “el agua” sea el principal factor limitante de la producción. El recurso agua se ha venido agotando debido a las altas tasas de extracción y a la insuficiente recarga natural del manto acuífero, nivel que se ha ido abatiendo en un promedio de 1.5 a 1.7 metros por año (promedio de 70 mts). El hecho es que si esta situación continúa, se prevé que la agricultura regional sujeta a riego por bombeo, sufrirá considerables restricciones en la disponibilidad de agua (Farías y colaboradores, 1983).

La explotación de la producción intensiva de forrajes y otros cultivos agrícolas para satisfacer la creciente población de ganado lechero ha traído como consecuencia impactos ecológicos negativos como lo son un serio abatimiento del manto friático, disminución de la calidad del agua, problemas de salinidad en los suelos, y contaminación por nitrógeno y gases al suelo y a la atmósfera, por lo que se hace necesario evaluar y analizar la eficiencia de conversión actual de dichos sistemas.

Según datos de la Comisión Nacional del Agua (1999) existían en la Comarca Lagunera 4,014 pozos, en la parte de Coahuila hay 1,485 y en la de

Durango 2,529 siendo el volumen de extracción de estos pozos del orden de los 837 millones de m³. (C.N.A, 1999).

De 1941 a marzo de 1986 se tuvo respecto al abatimiento, el siguiente comportamiento: Abatimientos que fluctúan entre 10 y 95 metros en 45 años; por lo que se manifiestan abatimientos entre 0.22 y 2.11 metros al año. Así mismo, en ese periodo, se contó con tres conos de abatimiento total de 50, 80 y 95 metros, localizados al oriente de la sierra de Mapimí, al norte de Madero y entre Torreón y Matamoros. Hacia los flancos orientales de las sierras de Bermejillo, Las Noas y Jimulco, se manifiestan unos semiconos de abatimiento de hasta 20 m. Una serie de conos de abatimiento se localizan al suroeste de Madero de mas o menos 5 m, la zona de Matamoros de hasta 20 m y en la zona comprendida entre Bermejillo, Sierra de Mapimí y Gómez Palacio de 30 m.(González y colaboradores, 1991a)

Según las estadísticas sobre la Región, la superficie regada con aguas de bombeo (norias) en 1994 era de 59,503 hectáreas y en 1996 era de 74,401 hectáreas es decir que se tuvo un incremento en 14,898 hectáreas según datos de CNA, 1996 y SARH, 1994, teniendo un total aproximado entre 170,000 y 180,000 hectáreas disponibles para el cultivo de los diferentes usos entre agua de bombeo, gravedad y de temporal. Por otro lado los cultivos forrajeros ocupan una superficie por demás importante siendo el total establecido de 71,094 hectáreas en el año de 1997, siendo la alfalfa la que ocupa la mayor superficie con 34,855 hectáreas (SAGAR, 1997).

Por otro lado dada la escasez de agua de las presas regionales y el gran abatimiento de los mantos freáticos para la producción de forrajes se hace necesario un aumento de la producción, pero no a través de la roturación de nuevas tierras de cultivo, sino mejorando la producción en áreas ya existentes y haciendo un uso más eficiente de los recursos escasos disponibles como lo es el agua de riego.

La importancia de la producción de forrajes radica en que es el insumo primario básico de la empresa ganadera lechera, la evaluación de las alternativas de producción de forrajes es importante debido a las diferencias en su potencial productivo y a los costos de producción en términos de capacidad de producción de productos animales como en este caso la leche. Una disminución sustancial de los costos de producción y una combinación de alternativas de producción sustentable de forrajes deberán afectar en lo menos posible los requerimientos nutritivos y capacidad de producción del animal.

Otra de las consecuencias de esta desmedida extracción lo representa la disminución de la calidad del agua de bombeo para riego por la presencia de grandes cantidades de sales, que aplicadas a los suelos conllevan problemas graves de salinidad en los mismos, disminuyendo con ello drásticamente la productividad de los suelos y disminuyendo substancialmente la selección de posibles cultivos.

En las premisas anteriores se presenta un panorama global sobre la destrucción de los recursos por parte del hombre y en especial el de la agricultura tradicional en donde las tasas de extracción de los recursos son mayores que las recargas, esto a la larga trae como consecuencia un sistema poco estable con limitaciones que con el tiempo se van incrementando.

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua, CNA, la disponibilidad de agua en la Región Lagunera se centra en tres fuentes: el río Aguanaval, el Río Nazas y los aprovechamientos subterráneos con una disponibilidad media anual de 1,750 millones de metros cúbicos, Mm^3 , de los cuales 800 corresponden a los aprovechamientos superficiales y 950 a los subterráneos (CNA, 1996). Respecto a la seguridad en su disponibilidad, existe un periodo de retorno de déficit de agua superficial regional de 13 años (tomando como límite 400,000 Mm^3); es decir, cada este número de años en promedio la Región padece de sequía. Respecto a la disponibilidad de agua subterránea, por ser ésta más segura, cada año existe una sobreexplotación aproximada de un 35 por ciento (CNA, 1996 citados por Hernández, 1996).

Por lo anterior, en la Región existen dos problemas respecto a la disponibilidad de agua; la primera relacionada con la incertidumbre de contar y no contar con agua de almacenamiento y la segunda con el agotamiento continuo del recurso hídrico subterráneo. Para sobrevivir la Región como un área de producción, la sociedad en general tendrá que cambiar su modo de manejar el agua, viéndolo a éste como un recurso en donde el impacto de un buen o mal

manejo repercutirá en el desarrollo de la misma. Para esto, se tiene que adaptar para convivir con tal incertidumbre, además de entender que se cuenta con un recurso hídrico finito, y que si no se sabe manejar con tal se corre el riesgo de agotarlo.

A través de los años la región a crecido grandemente sobretodo en el número de vacas totales y en producción lo que ocasiona que se tengan que producir grandes cantidades de forrajes que a su vez requieren de grandes volúmenes de agua vía bombeo, lo que ha ocasionado que exista una sobre explotación de los mantos acuíferos regionales.

Uno de los factores limitantes en el sistema de producción de forrajes para la producción de leche los representa el agua de riego, razón por la cual se hace necesario realizar estudios actuales tendientes a evaluar la eficiencia de conversión de metros cúbicos de agua a kilogramos de leche tanto por cultivo forrajero como a nivel regional y a través de los años con el fin de poder contar con información que permita cuantificar la eficiencia del sistema y estar en condiciones de mejorarla.

La política ambiental en México y en el mundo entero se encuentra en una transición motivada por un cambio en el modelo conceptual que le da origen y por la adquisición de compromisos para avanzar hacia nuevos enfoques. Durante muchos años dicha política surgió como reacción ante problemas que no se habían previsto suficientemente y concibiendo el deterioro ecológico de manera

fragmentada, sin tomar en cuenta adecuadamente sus múltiples orígenes y factores determinantes. Quizá por ello la estrategia ambiental no se articuló suficientemente con los demás componentes del desarrollo nacional (De la Torre, 1995).

Después de la segunda guerra mundial, los agricultores americanos y europeos comenzaron a batir récord de producción de cultivos, un agricultor en 1960 alimentaba en promedio a siete personas y para el año de 1990 ya era de 30 personas. La agricultura que existe hoy en día, a decir la moderna aporta en los países desarrollados una alimentación abundante, fuertemente tecnificada y eficiente, variada en cuanto a su calidad y a un precio razonable (De la Torre, 1995).

Pero actualmente, estos acontecimientos suscitan controversias, la otra cara de la moneda no parece ser tan brillante. El agua y el suelo están contaminados en ocasiones por procesos irreversibles, la degradación del suelo y la calidad de los alimentos preocupan a los productores y consumidores, ya que muchos de ellos presentan grandes cantidades de pesticidas, insecticidas, fungicidas, fertilizantes químicos, nitratos y hormonas que deterioran la calidad de vida o el estado de salud de las personas que lo consumen. La especialización del monocultivo y la utilización en exceso de fertilizantes nitrogenados hacen que los cultivos se hagan más susceptibles a enfermedades fungosas y bacterianas. Con esto también los insectos obtienen mayor resistencia a los pesticidas, teniendo que hacer aplicaciones más frecuentes y con una mayor dosis de la normal.

Aunado a lo anterior los resultados de este paquete tecnológico han sido la contaminación del suelo y agua con residuos químicos, la salinización del 10 % de las tierras de riego, problemas de permeabilidad y compactación y el abatimiento de los mantos freáticos, lo que ha llevado al empobrecimiento de suelos de alta productividad agrícola.

Desde el punto de vista sustentable, conocer la capacidad de un recurso natural para soportar una intensidad de explotación dada, es fundamental para poder prevenir o remediar problemas de impacto ambiental y de contaminación, el análisis de esa capacidad permite valorar que tan dañina es la explotación actual y proponer medidas correctivas o preventivas según sea el caso necesario (González, 1997).

La importancia que tiene la producción de forrajes de alto valor nutritivo en la producción de leche es bien reconocida. En México como en la región, la alfalfa es el forraje más importante por su alto rendimiento y valor nutritivo, sin embargo, en otoño-invierno, la producción de la alfalfa disminuye en 50 %, debido a la temperatura, radiación solar y fotoperíodo en esas estaciones del año (Nuñez y colaboradores, 1997).

Aunado a lo anterior, otro problema que presenta la alfalfa es su alto consumo de agua ya que utiliza laminas de riego anuales de entre 1.6 hasta 2.4 metros dependiendo de la variedad y de la época del año ya que durante el verano requiere de dos riegos entre cortes. El problema radica en que la alfalfa es uno de

los forrajes principales que sostienen la creciente industria lechera regional, razón por la cual la sustitución de la misma debe de estudiarse muy cuidadosamente ya que algunos estudios han demostrado que cuando se disminuye de la ración de vacas medianas y altas productoras, disminuyen considerablemente su producción de leche.

Dado lo anterior, el problema con que se enfrenta el productor y el investigador es obtener forrajes que contengan el mismo valor nutritivo y principalmente la misma calidad de proteína que la alfalfa, siendo esto el problema más difícil de resolver, ya que en lo referente al suministro de las necesidades de la energía para las vacas se tienen probadas más opciones.

Entre las alternativas de sustitución de la alfalfa se han estudiado para la época de verano el mijo perla (*Pennisetum glaucum*), la coquia (*Kochia scoparia*), ensilajes de girasol (*Helianthus annuus*) y variedades de maíz y sorgo de alto valor nutritivo. Para la época de invierno, Nuñez y colaboradores en 1997, evaluaron el valor nutritivo de los forrajes de invierno con el fin de buscar alternativas de producción de forrajes para esa época, encontrando que los cereales de grano pequeño son forrajes con valor nutritivo más variable en comparación con otros forrajes de invierno. Algunos de los forrajes que se han evaluado son; Ballico anual (*Lolium multiflorum*), trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum*), avena (*Avena sativa*), Trigo (*Triticum aestivum*) y triticales entre otros.

Una alternativa para la época de invierno lo representa el establecimiento de un sistema conocido como de “doble cultivo” con cereales forrajeros de invierno con cultivos de maíz para ensilaje en el verano. Recientemente trigo sin aristas, con capucha, y también nuevas variedades de triticales están llegando a ser populares por su alto potencial de producción comparado con avenas y mezclas de forrajes (Marble, 1996).

Nuñez y colaboradores (1997), evaluaron la composición química y energía neta para lactancia de forrajes de invierno incluyendo el ballico, el trébol alejandrino, avena en dos estados de corte y trigo en dos estados de corte encontrando los siguientes resultados.

Cuadro 1. Calidad nutritiva de diferentes forrajes utilizados en la producción de leche en la región Lagunera.

FORRAJE	PROTEINA CRUDA %	FIBRA DETERGENTE ACIDO %	ENERGIA NETA PARA LACTANCIA Mcal/Kg de MS
Ballico anual	17.4	50.9	1.48
Trébol alejandrino	20.8	40.2	1.44
Avena, embuche	20.1	49.7	1.59
Avena, masoso	13.7	60.5	1.37
Trigo, embuche	17.8	53.1	1.54
Trigo, masoso	8.5	61.2	1.51

(Nuñez y colaboradores, 1997).

En lo que se refiere a la época de verano, se han evaluado con bastante éxito híbridos de maíz y sorgo precoces y de ciclo intermedio, con el fin de obtener

ensilajes de alta calidad energética. Entre otras alternativas forrajeras para esta época se tiene la coquia (*Kochia scoparia*) que es un cultivo que se introdujo en 1982 y fue probado con éxito en 1983, es una planta rústica, de bajo costo y alto contenido de proteína, es resistente a la sequía y crece en una gran variedad de suelos incluyendo los salinos y erosionados. También se distingue por su bajo consumo de agua, ya que requiere de 4-6 veces menos agua que la alfalfa ya que con 50-60 cm de lámina de riego puede producir 50 a 130 toneladas de forraje verde por hectárea, con promedios de proteína cruda de 18 a 24 % y es una alternativa para reducir el abatimiento de los acuíferos en aquellas regiones con problemas de disponibilidad y escasez de agua (Anaya, 1998).

Dada esta situación es imperativo realizar un análisis que permita ofrecer a los productores el conocimiento de cuales cultivos forrajeros son más eficientes en la transformación de kilogramos de materia seca a litros de leche y de metros cúbicos de agua a litros de leche y que al mismo tiempo satisfagan los requerimientos del ganado esto a través de la evaluación y análisis de la eficiencia pasada y actual del sistema consistentes con el mantenimiento e incluso aumentar la eficiencia de la producción de leche en la región.

Hacen falta datos concretos para cuantitativamente, evaluar la eficiencia del sistema actual de producción que permita un análisis situacional para conocer cual o cuales cultivos forrajeros son los más recomendables y que limitan la productividad y eficiencia de los sistemas de producción.

Dado lo anterior, el problema con que se enfrenta el productor y el investigador es obtener y seleccionar el forraje que contengan el máximo valor nutritivo y principalmente la máxima producción de leche, siendo esto el problema más difícil de resolver, ya que en lo referente al suministro de las necesidades de la energía para las vacas se tienen probadas más opciones.

En base a las estimaciones con el programa RIEGOS y las funciones de producción obtenidas para la región por Núñez et al. (2000) se presenta un resumen en el Cuadro 2 que muestra que los forrajes con menos requerimientos de agua de riego fueron el sorgo forrajero, los cereales de grano pequeño y el maíz forrajero. Considerando los rendimientos de materia seca por hectárea a partir del estudio de potencial productivo y los obtenidos en las funciones de producción se muestra la eficiencia en la producción de materia seca por m³ de agua de los forrajes estudiados.

Cuadro 2. Eficiencia de diferentes forrajes en la producción de leche por hectárea y por metro cúbico de agua en la región Lagunera.

Cultivo	Kg de leche por Ha.	Consumo de agua, cm ¹	Kg de MS*/ M ³ de agua ²	Kg de leche/ M ³ de agua
Alfalfa	35,190	170	1.50	2.07
Maíz	22,148	70.0	2.80	3.16
Sorgo	19,942	55.0	3.94	3.62
Ballico anual	25,728	120	1.60	2.14
Avena	14,157	55.0	2.60	2.60

* MS – Materia seca; 1 No considera pérdidas en la cosecha; 2 No considera la eficiencia de aplicación

Estudios realizados por Núñez et al. (2000) y Cantú (2001) sobre la eficiencia de conversión en la región Lagunera usando modelos indican que la alfalfa y el ballico anual a pesar de tener el mayor potencial de producción de leche por hectárea tienen el menor índice de producción de leche por metro cúbico de agua, siendo lo anterior un factor muy importante a considerar en la planeación de la toma de decisiones futuras en estas regiones donde el principal factor limitante de la producción y del sistema actual de producción de leche lo representa la disponibilidad de agua. Otro aspecto importante a considerar es que en el caso del cultivo de la alfalfa cuando se utiliza para la alimentación del ganado en forma de heno, se tienen pérdidas tanto de rendimiento como del valor nutritivo, práctica muy común en la región, por lo que el potencial de producción de leche disminuye a 22,500 kg de leche/ha y su eficiencia de conversión de kg de leche/m³ de agua disminuye hasta 1.32.

Los forrajes con mayor eficiencia de transformación de producción de leche por metro cúbico de agua son el maíz y el sorgo, sin embargo, al igual que la alfalfa, en estos cultivos cuando son ofrecidos en forma de ensilajes, las pérdidas durante el proceso de conservación derivan en una disminución de su potencial de kg de leche/ha llegando a potenciales de 18,825 y 16,959 para maíz y sorgo respectivamente y sus eficiencias de transformación de producción de leche por metro cúbico de agua disminuyen a 2.68 y 3.08 respectivamente. Al analizar los resultados obtenidos para los cereales su potencial de producción de leche ajustado a las pérdidas en el proceso de ensilaje podría llegar a ser de 12,118 kg

de leche por hectárea con una eficiencia de transformación de 2.20 kg de leche por metro cúbico de agua.

En el caso de ballico anual se presenta un potencial de producción de leche considerado cinco cortes; sin embargo, cuando se realizan menos cortes la producción de leche por hectárea disminuye pero su eficiencia se mantiene estable, ya que se aplica un riego menos.

La dinámica de la producción de forrajes a través de los años en la región y su importancia dentro del sistema de producción de leche radica en que son la base del sistema actual en cuanto a la alimentación del ganado se refiere, dicha dinámica se refiere a observar el número de hectáreas, superficie total anual de forrajes, litros de leche anuales (miles) y su conversión a litros de leche por hectárea en los últimos años de los principales forrajes de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la Región Lagunera

La Región Lagunera, está localizada en la región semidesértica del norte de México y comprende las porciones en la parte Suroeste del estado de Coahuila y Noroeste del estado de Durango, ubicada geográficamente entre los meridianos $102^{\circ}15'36''$ y $104^{\circ}45'36''$ de Longitud Oeste y entre los paralelos $24^{\circ}22'12''$ y $26^{\circ}47'24''$ de Latitud Norte (PROGRESA, 1995), constituyéndose de cinco municipios del estado de Coahuila y diez del estado de Durango, y cuya extensión territorial comprende una superficie de 47,887.50 kilómetros cuadrados.

Clima y suelo de la Región Lagunera

Los climas principales de acuerdo a la clasificación climática de Koeppen, modificada por García, son de estepa (BS) y desértico (BW), los cuales van desde muy secos a secos y de muy cálidos a templados. Las lluvias se presentan en el verano en todos los casos.

El clima en la región presenta también variaciones a través del año y entre años. La Figura dos se presenta las variaciones promedio en temperatura media, evaporación y radiación solar observadas a través de 20 años (1978-1998) en la estación meteorológica del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria de la

Relación Agua-Suelo-Planta perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, localizado en Gómez Palacio, Dgo (Figura 2).

Los suelos agrícolas más importantes de la región, son los que se ubican en las series de suelos, como son la serie Coyote con 98,000 hectáreas, la Zaragoza con 68,000, la San Pedro con 65,000, la San Ignacio con 56,000 y la Tlahualilo con 20,000; existen otras series cuya superficie no llega a las 20,000 hectáreas, como son la Noé, Gómez Palacio, Concordia y la Santiago. Sin embargo, la superficie que se destina a la producción de forrajes en la comarca, es de aproximadamente un 25% del total de la superficie que se destina a la producción agrícola; los cultivos que más se establecen, son los de la alfalfa, el maíz y sorgo forrajeros, así como la avena, el rye-grass, el trébol y las praderas (Romero, 1996).

Localización del estudio

El presente estudio se realizó en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna y en explotaciones lecheras y agrícolas forrajeras de la Comarca Lagunera, y visitas a dependencias oficiales como la SAGARPA, CONAGUA, CENID-RASPA Y INIFAP .

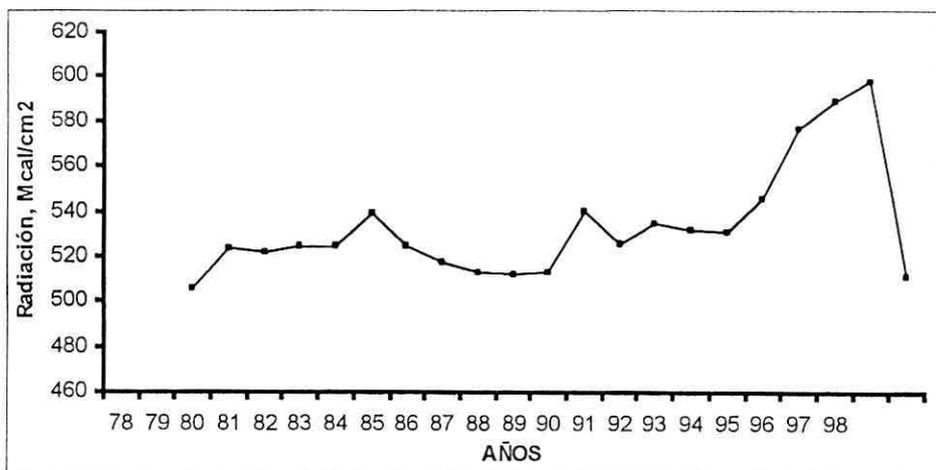
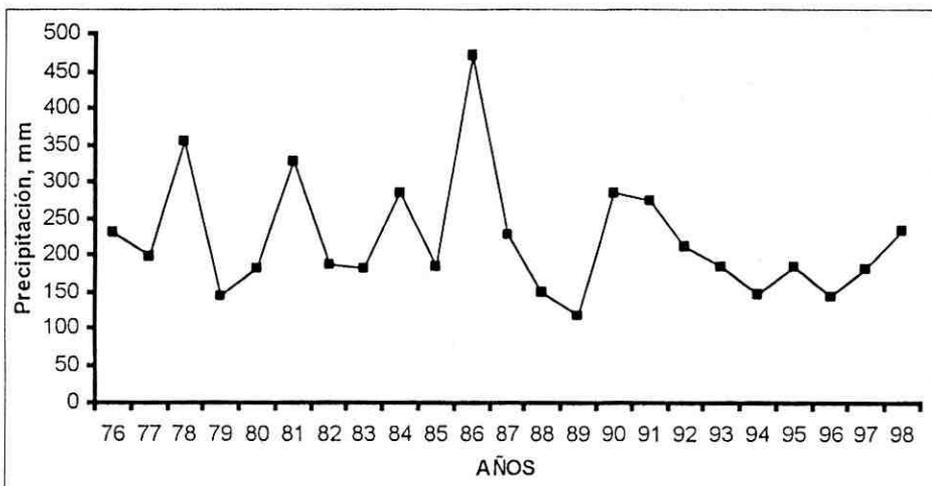
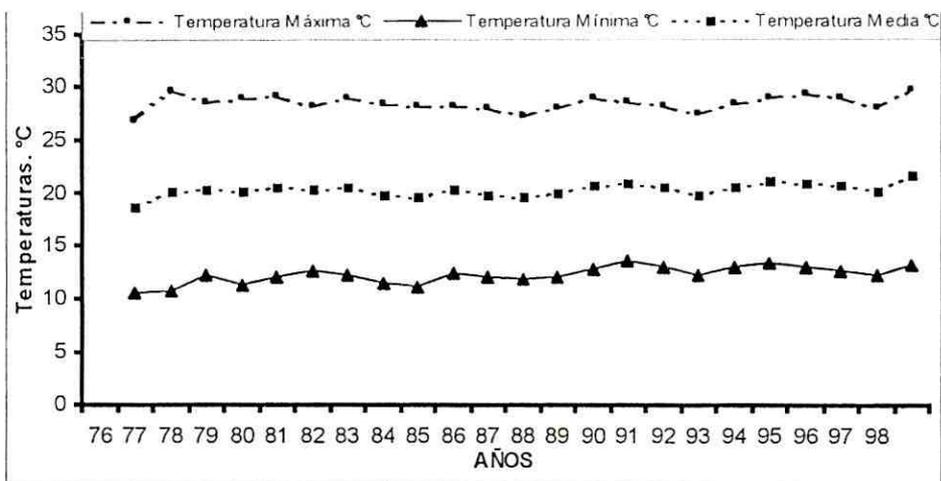


Figura 2. Variación de las principales variables climáticas en la Comarca Lagunera para un periodo de 20 años (1978-1998) según datos de la estación experimental del CENID-RASPA (1998).

Duración del estudio

El estudio tuvo una duración aproximada de un año iniciándose con la elaboración y estructuración del proyecto el mes de noviembre de 2001 y se realizó el trabajo de campo a partir de enero de 2002, para concluir en septiembre del mismo año.

La información requerida para el análisis de la eficiencia de transformación de los cultivos forrajeros de la región fue la siguiente:

Las variables a evaluar serán las siguientes:

- 1).- Superficies de cultivos forrajeros (ha) de 1978 a 2001.
- 2).- Rendimiento (Materia seca, Kg/ha y Materia verde, Ton/ha).
- 3).- Láminas de riego utilizadas por ciclo de cultivo por año y por región.
- 4).- Eficiencia en el uso del agua (Kg de M.S/M³ de agua aplicado).
- 5).- Volumen de leche anual a nivel región (Millones de litros)
- 6).- Volumen de agua a nivel regional (Millones de metros cúbicos)
- 7).- Eficiencia de transformación en el uso del agua (Kg de leche/M³ de agua aplicado).

Métodos

La metodología que se empleó para la realización del presente proyecto de investigación fue la siguiente:

Compilación y consecución de información regional para determinar y evaluar la producción de forrajes y sus superficies a través de 23 años (1978-2001) con el propósito de generar una base de datos regional actualizada.

Analizar la productividad anual actual y anterior de la eficiencia de transformación desde su eficiencia de uso de agua y su relación con la producción de leche a nivel región, utilizando para ello las bases de datos disponibles en las dependencias oficiales (CNA, SAGARPA, SARH, CIAN, INIFAP, CENID-RASPA).

Generación de base de datos de superficie y producción por cultivo

Para la obtención de la base de datos de superficie y producción por cultivo forrajero regional así como el valor económico de la producción se recurrió a las fuentes oficiales principalmente de la SARH (1978-94) y la SAGAR (1995-2000), copilando información en un periodo de 21 años de 1978 a 1999, se obtuvo la estimación de las superficies (has) y producción por hectárea (Ton/MV), anual y regional, todo ello con el fin de poder analizar la dinámica de la superficie y producción de forrajes de la región y a partir de ello poder analizar el modelo actual de producción y poder identificar y delimitar los factores que limitan la producción.

Generación de base de datos sobre la dinámica del inventario ganadero lechero y volumen y valor de producción de leche en la región.

Para la obtención de los inventarios ganaderos (No. de cabezas), producción de leche (Lts) y el valor de producción (\$) de la misma se consultó las estadísticas de las fuentes oficiales de las dependencias de la SARH (1978-94) y la SAGAR (1995-2000) en un periodo de 23 años de 1978 a 2001 obteniendo cifras anuales del hato regional y en producción, con el fin de conocer la dinámica de la producción de leche regional y estar en condiciones de poder analizar el grado de eficiencia económica y técnica del modelo actual de producción

Análisis estadístico

Para el análisis de la información se utilizó estadística descriptiva. Se obtuvieron medias, la desviación estándar, y la moda de los valores obtenidos utilizando para todos ellos las funciones disponibles en la hoja de calculo del programa Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Generación de base de datos de superficie y producción por cultivo

Por su localización y el contexto fisiográfico de la región y dadas las condiciones prevalecientes de clima y tipo de suelos presentes, se generan las condiciones propicias para el establecimiento de una agricultura forrajera intensiva caracterizada por un no muy elevado nivel tecnológico y la falta de investigación en manejo y producción de forrajes poco desarrollada, además de que existe una producción insuficiente de forrajes, existiendo una desvinculación entre la investigación y las necesidades de los productores (FIRA, 1998).

A pesar de tener limitantes físicos muy importantes, como son la falta de agua suficiente tanto de las presas regionales como del subsuelo y la creciente superficie de problemas de salinidad que se tendrán que enfrentar de manera más directa en el futuro cercano, no obstante estas perspectivas los productores han continuado preparándose para enfrentar los retos y para esto se buscan nuevas opciones en programas de alimentación, alternativas en las especies forrajeras y mayor eficiencia en el uso del agua, tal como se muestra en la incorporación de variedades de maíces y sorgos forrajeros de alta calidad nutritiva en los patrones de cultivos y un marcado mejoramiento constante de sistemas de riego en alfalfa.

En las gráficas 3 y 4 se muestran las superficies de cada uno de los cultivos forrajeros en un periodo de 23 años (1978-2001) así como la producción estimada por cultivo por año en materia seca (Ton/MS/año), observando un considerable incremento de las superficies de maíz y sorgo a partir de los últimos años sobre todo de 1995 a 2001 y del cultivo de la alfalfa de hasta casi las 38 mil hectáreas.

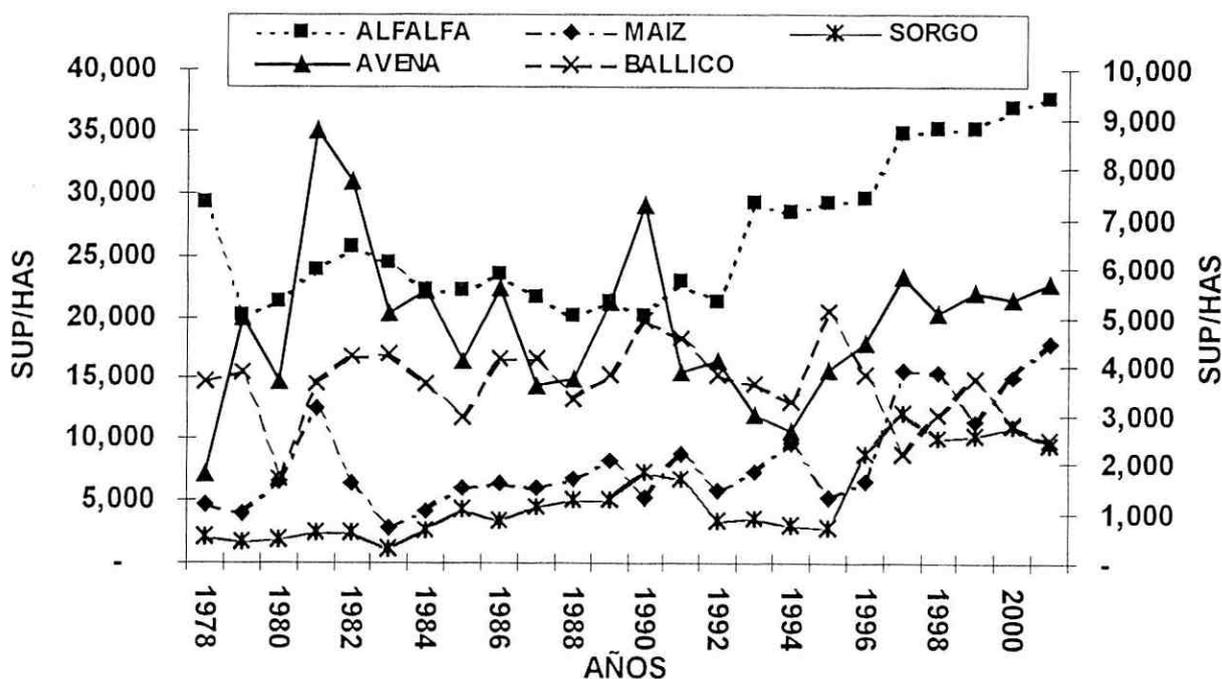


Figura 3. Superficie total establecida de los principales cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera en un periodo de 23 años de 1978 al 2001 (SARH, 1878-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002).

Con lo que al cultivo de la alfalfa se refiere éste también a experimentado incrementos considerables en el mismo periodo acumulando un crecimiento en la superficie de 17.23%.

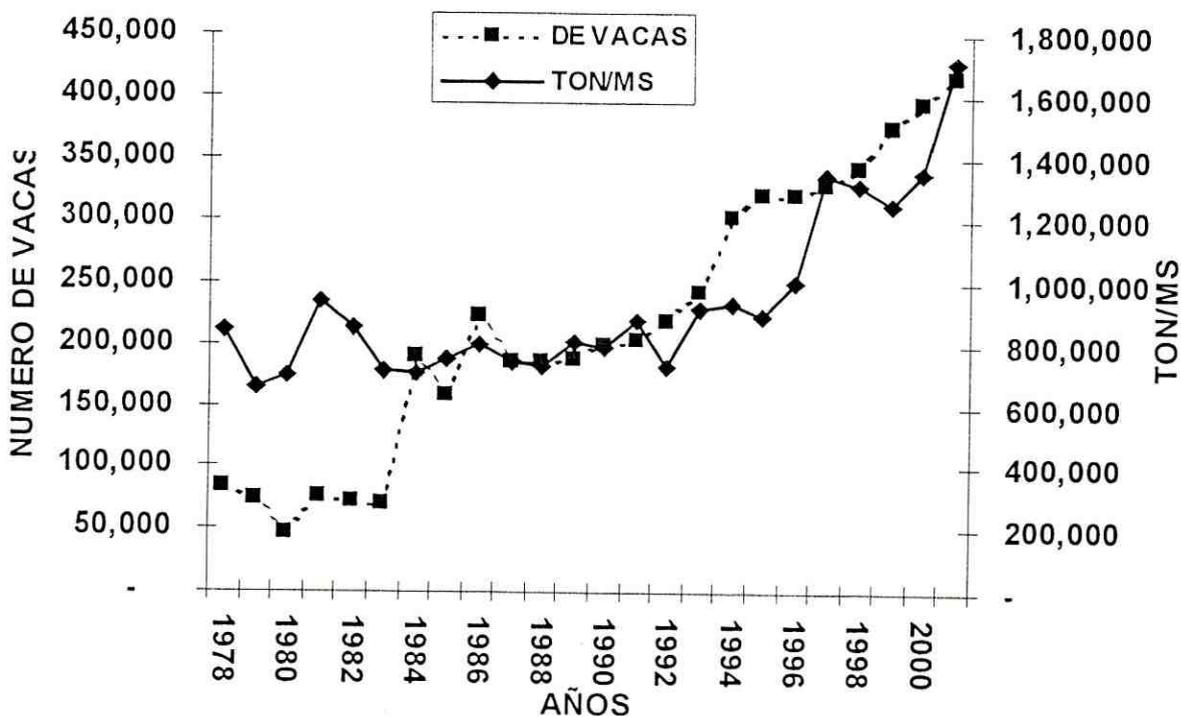


Figura 4. Dinámica de producción de forraje (Ton/MS) anual así como la variación del comportamiento del inventario ganadero en la Comarca Lagunera de 1978-2001 (SARH, 1878-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2001).

Dinámica de la producción de forrajes

La dinámica de la producción de forrajes en la región también ha tenido un comportamiento ascendente debido a que la superficie establecida con forrajes también se ha incrementado más no tan considerablemente o notable como la población de ganado bovino desde 1978 a 1998, lo anterior debido a que en 1978 se contaba con una superficie de 42,505 hectáreas con forrajes, en 1985 se tenían establecidas 40,208 es decir una disminución de 2,297 hectáreas menos, en 1990 se contaba con 45,264 hectáreas es decir un incremento de 2,759 has en 12 años

considerándolo desde 1978, para el año de 1995 se tenían 46,298 has y en el año de 1997 se registra un incremento muy importante en el número de hectáreas de forrajes siendo de 71,094 hectáreas, es decir un incremento de 24,796 has más de forrajes debido a la baja en los precios de garantía de otros cultivos que se establecían en la región, tendiendo los productores agrícolas mejores opciones económicas al establecer cultivos forrajeros para cubrir la gran demanda de forraje durante todo el año para la creciente industria ganadera lechera regional.

Respecto a la producción de forraje por hectárea desafortunadamente no se ha tenido el mejoramiento en la producción como se ha tenido en la producción de leche, ya que el incremento deseado en la producción de forrajes se ha mantenido casi estable es decir que no se han aplicado las nuevas tecnologías como en la ganadería lechera.

Lo anterior se fundamenta en la información presentada en las gráficas 5, 6 y 7 en el cual se muestran los rendimientos obtenidos a lo largo de 23 años en la región es decir de 1978 a 2001. En el caso de la alfalfa que es el cultivo más importante la producción por hectárea de forraje verde se ha mantenido en promedio en 70 ton/ha de forraje verde, teniendo años sobresalientes como en 1979 que se obtuvo una producción record de 81 ton/ha de forraje verde, en 1980 de 75.6, siendo los años de 1989, 1991 y 1992 los más bajos con registro de 60, 61 y 63 Ton/ha de rendimiento de forraje verde.

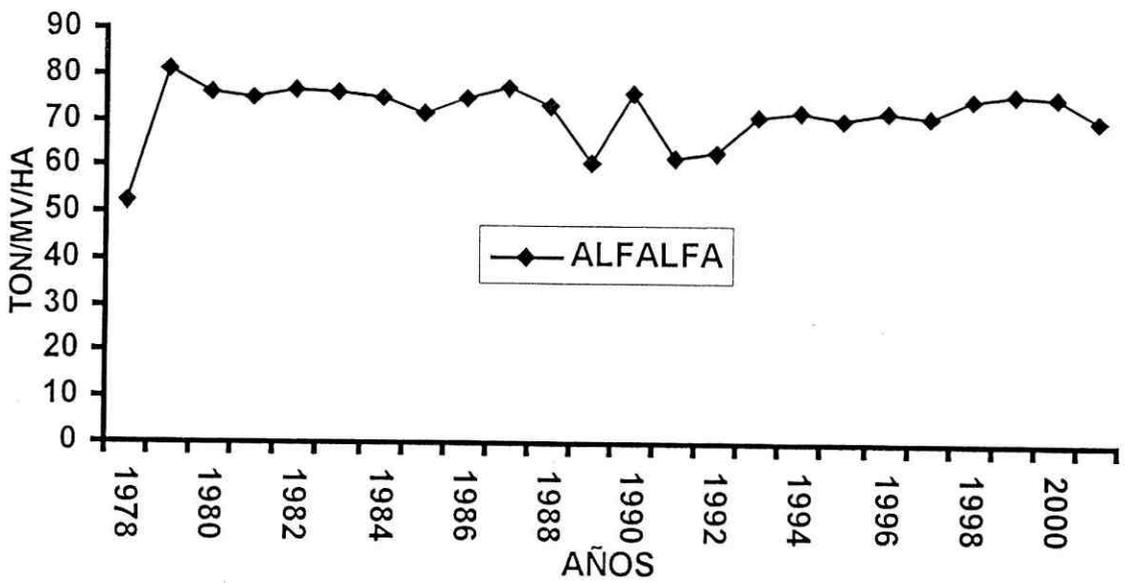


Figura 5. Producción promedio anual de materia verde (Ton/ha) del cultivo de alfalfa en la Comarca Lagunera en un periodo de 23 años de 1978-2001 (SARH, 1978-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002).

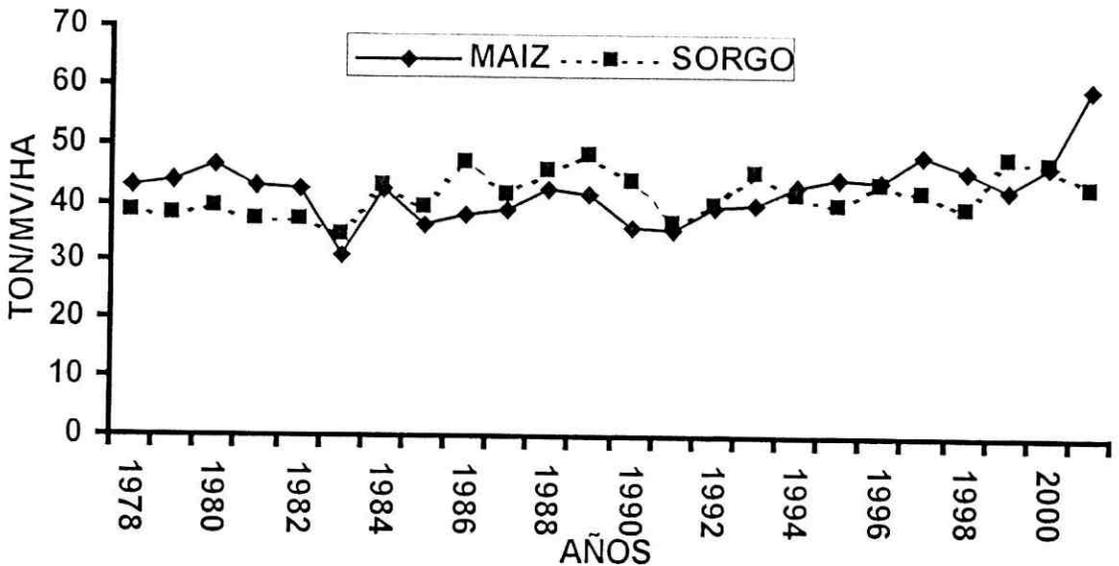


Figura 6. Producción promedio anual de materia verde (Ton/ha) del maíz y sorgo forrajero en la Comarca Lagunera en un periodo de 23 años de 1978-2001 (SARH, 1978-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002).

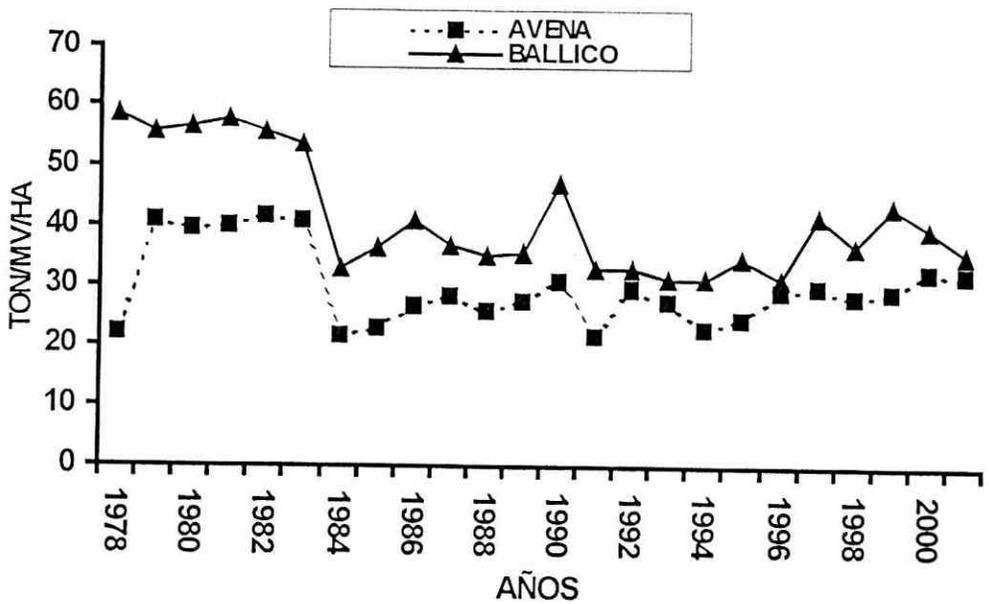


Figura 7. Producción promedio anual de materia verde (Ton/MV/ha) de la avena y el ballico en la Comarca Lagunera en un periodo de 23 años de 1978-2001 (SARH, 1978-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002).

La superficie del cultivo de la alfalfa, cultivo perenne en la región, ha incrementado su superficie notablemente en los últimos 23 años de 29,140 has en 1978 a 35,216 has en 1998, y a casi 38 mil has en el año 2001.

Sin embargo el rendimiento de forraje no se ha podido mejorar ya según Nuñez y Colaboradores (1996) se tiene determinado el potencial productivo de este cultivo siendo para la región de 25.0, 37.1 y 35.6 ton/ha de materia seca para los tres años de producción empleando el modelo propuesto por la FAO, lo que equivale a tener producciones de 98.68, 146 y 138 ton/ha de forraje verde.

Respecto a los cultivos de verano más importantes como son el maíz y el sorgo el panorama es similar teniéndose solo incrementos muy importantes en los dos últimos años es decir en 1997 y 1998 en donde se han empezado a usar investigar y evaluar variedades de híbridos que por su comportamiento tanto productivo como en calidad de forraje supera a las variedades anteriormente usadas.

Herrera (1996) evaluó 24 híbridos de maíz y 12 de sorgo en la región para los parámetros de rendimiento en verde y seco, rendimiento de grano y la digestibilidad de la materia seca encontrando variedades de sorgo de 19-18 ton/ha de materia seca, de 10.38 % de proteína cruda, un 56.99 % de fibra detergente neutro y de energía neta para lactancia (ENL) de 1.50 Mcal/kg en promedio y respecto a los maíces obtuvo en promedio variedades de 19-20 ton/ha de materia seca en híbridos intermedios y de 55 ton/ha de forraje verde, de proteína cruda 9.8 % de Fibra detergente neutro de 60 % y de energía neta para lactancia (ENL) de 1.54 Mcal/kg. Siendo estos valores superiores a las variedades utilizadas anteriormente.

Herrera (1999) señala la importancia de la calidad en los maíces y sorgos forrajeros y su efecto en los costos y producción seleccionado para la región solo variedades con > 18 ton/ha, rendimientos de mazorca de > 40%, contenido de FDN y FDA > 50 y > 28% respectivamente y una digestibilidad *in situ* de la materia seca de > 68%. Contreras et al. (1999) por otro lado evaluaron 27 materiales de maíz y 8 de sorgo concluyendo que existen materiales de maíz que pueden

producir hasta 64.66 ton/ha de materia verde y 18.41 ton/ha de materia seca, sin embargo Herrera (1999) obtuvo materiales que produjeron hasta 2.19 ton/ha de MS y una Enl Mcal/kg de 1.61 y hasta 22,756 lt/leche/ha.

Respecto a la superficie sembrada en maíz se tuvo un incremento considerable en el año de 1981 cuando se establecieron 12,479 has y posteriormente hasta los años de 1997 y 1998 cuando la superficie se incrementa considerablemente de 6,474 en 1996 a 15,692 y 15,363 has en los años 97 y 98 respectivamente, presentándose también un incremento de la producción promedio por hectárea de 48.04 y 45.31 ton/ha de forraje verde ya que el promedio de producción de los 20 años se mantuvo en 41.12 ton/ha de verde. Respecto al sorgo forrajero las superficies se mantuvieron a lo largo de 18 años teniéndose un incremento muy considerable parecido al del maíz solo en los dos últimos años de 12,158 y 10,082 has en 1997 y 1998, sin embargo la producción se ha mantenido en los rangos de 38 a 42 Ton/ha siendo el promedio regional por hectárea de 41.01 ton/ha, mientras que como se puede observar con las nuevas variedades se pueden obtener considerables incrementos de forraje y de calidad del mismo.

El incremento de las hectáreas de dichos cultivos se debe básicamente a la existente limitante casi permanente del agua para riego, la cual también es cara y escasa y a la baja o poca reditabilidad de otros cultivos que se establecían en la región por ser poco costeables y con mucho más riesgos. Aunado a lo anterior la baja capacidad de almacenamiento de agua en las presas regionales y a la

tenencia de la tierra y al gran mercado en la región para el consumo de forrajes dada la gran demanda por los mismos para alimentar el gran número de animales de ganado lechero.

Situación actual de la producción lechera en la Laguna.

De acuerdo a las fuentes de información consultadas (SARH, 1978-1993; SAGAR, 1994-1998; FIRA, 1998; Aguilar y Luevano, 2000) respecto a la situación actual en la figura 8 se observa la tendencia del crecimiento del inventario del hato lechero, así como la producción regional de litros de leche, observándose que en los últimos cuatro años de acuerdo con Aguilar y Luévano (1999) se ha tenido un crecimiento de 3.6%, en tanto que los vientres en explotación han tenido una tasa de crecimiento promedio de 5.6% y un aumento en éste periodo de 10.21% en lo referente a la producción de leche.

Por otro lado la producción de leche anual por vaca también ha reportado un creciente aumento, en la figura seis se observa el comportamiento creciente desde 1984 a 1998, siendo el promedio de aumento en los dos últimos años del orden del 8.03% y de acuerdo con Aguilar y Luévano (1999) del 4.6% en el periodo de 1994 a 1998, esto como resultado de las constantes mejoras tecnológicas en el manejo e infraestructura de tecnología de punta, a la alta calidad genética del ganado por las importaciones de vaquillas al parto y semen de los mejores toros de EUA y Canadá, al mejoramiento de la calidad de los forrajes y de los ingredientes utilizados en el desarrollo de programas de alimentación y el mejoramiento en las áreas de crianza, sanidad y reproducción.

Sin embargo, de 1999 al 2001 se produjo una ligera disminución de la producción de leche por vaca por día debido a la incorporación de casi 27,000 y 39,000 vaquillas en los años 2000 y 2001 de primer parto a la ordeña, disminuyendo de 8,845 a 7,397 lts/lactancia (Figura 7).

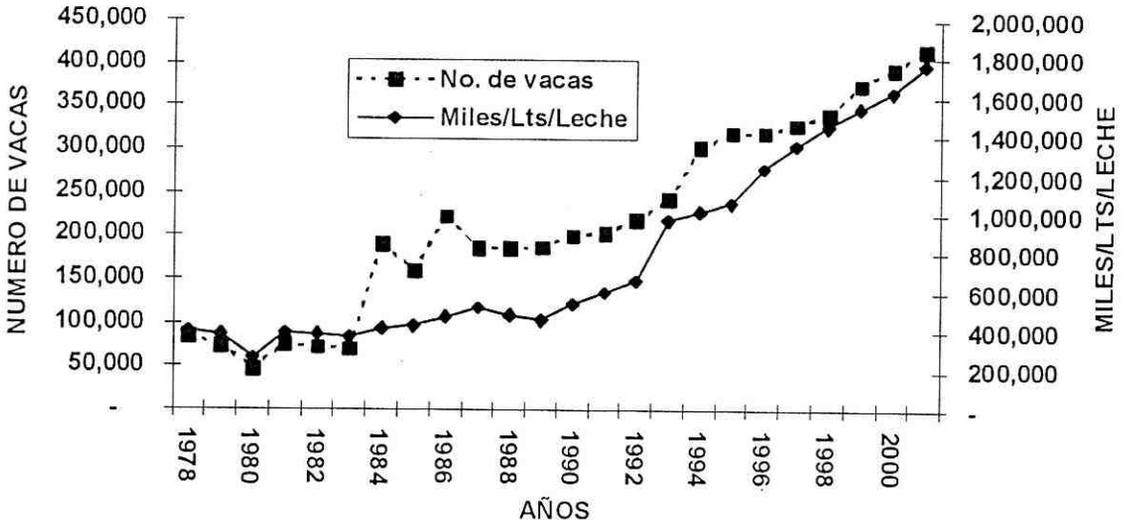


Figura 8. Dinámica del inventario ganadero (No. de vacas) así como la variación del comportamiento de la producción de leche anual en la Comarca Lagunera de 1978-2001 (SARH, 1878-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002).

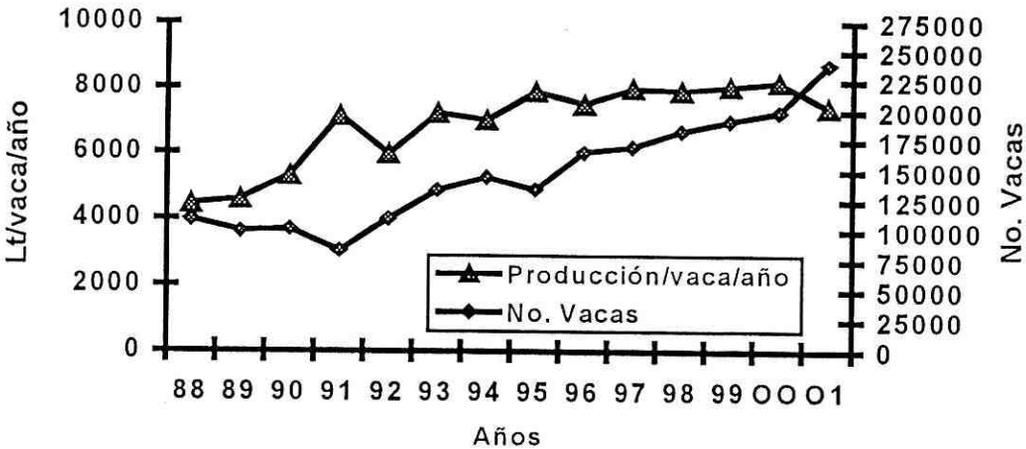


Figura 9. Dinámica del inventario ganadero (No. de vacas en producción) así como la variación del comportamiento de la producción de leche anual en la Comarca Lagunera de 1978-2001 (SARH, 1878-1993; SAGAR, 1994-1999; SAGARPA, 2002).

En la figura 10 se muestra la producción de leche por día por vaca en la Comarca Lagunera considerando lactancias de 305 en leche y dos ordeños encontrando que de 1984 al año 1998 se tuvieron incrementos positivos, observando una disminución a partir de 1999 al 2001 de 8,845 a 7,397 lts/lactancia, es decir, que el comportamiento de producción de litros de leche por vaca por día en los últimos años ha sido de 26.29, 26.75 y 24.25 para los años 1999, 2000 y 2001 respectivamente. Lo anterior se puede debe a que en los últimos años se ha tenido un incremento considerable en el número de vaquillas de primer parto de 1998 al 2001 de casi 56,000 vaquillas cuya producción se reflejará en los años siguientes ya que en la primera lactancia no manifiestan su potencial de producción.

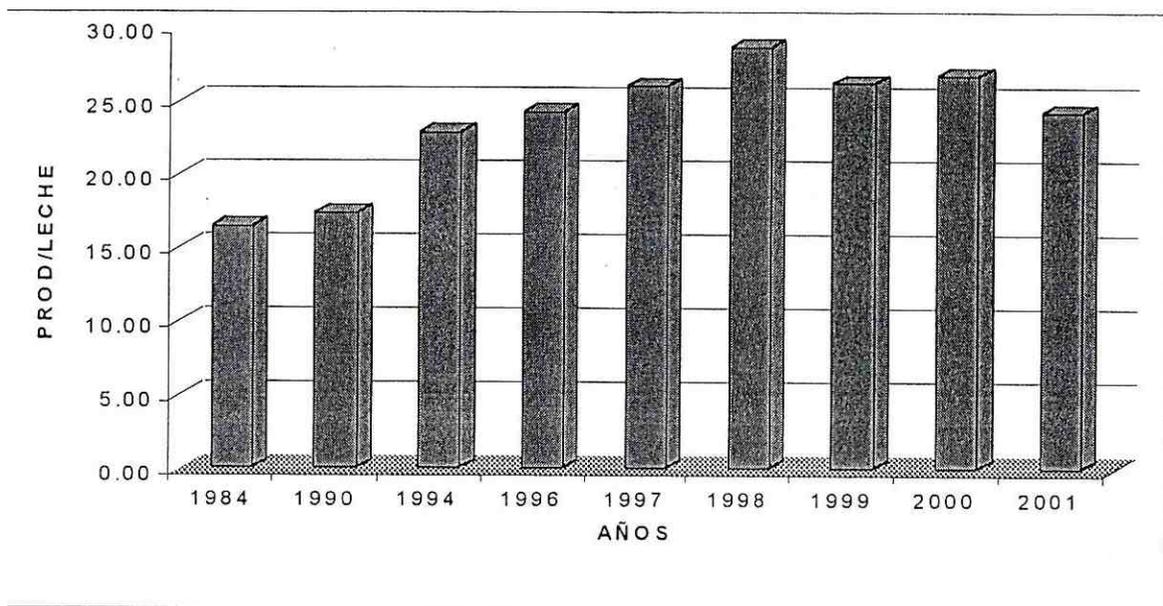


Figura 10. Comportamiento de la producción de leche por vaca por día de 1984 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).

Uso de agua de riego por los cultivos forrajeros y relación con el número de vacas

En la figura 11 se muestran los resultados obtenidos en relación al gasto de agua anual en millones de metros cúbicos por año por los cultivos forrajeros y el número de cabezas de ganado bovino lechero en la región.

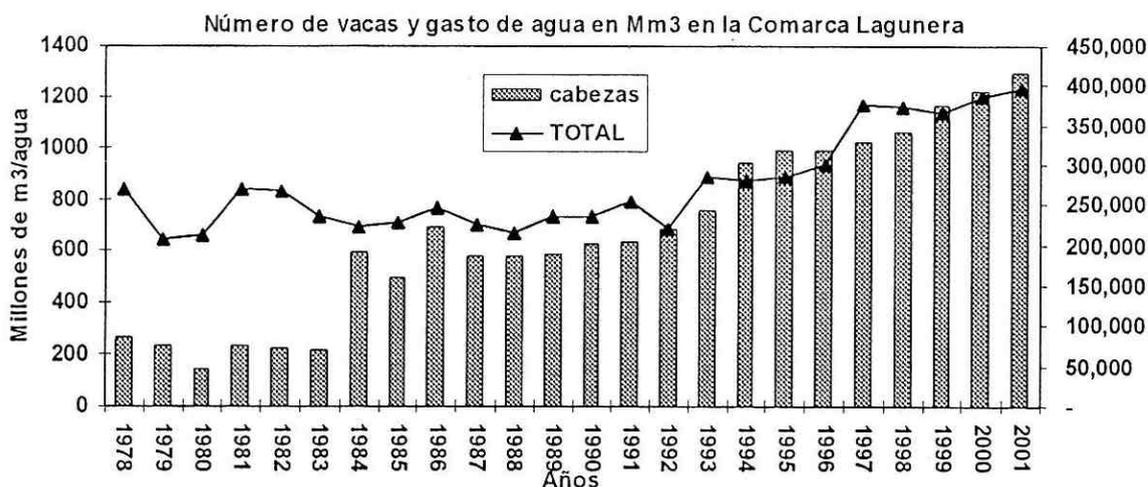


Figura 11. Gasto anual del uso de agua en la producción de forrajes (Millones de metros cúbico al año) y el inventario ganadero lechero de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH, 1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).

Como se puede observar el diferencial de millones de metros cúbicos en los 23 años es de 390 millones de 1978 a 2001 y sin embargo el número de cabezas de ganado se ha incrementado grandemente de 84,200 en 1978 a 415,556 en el 2001 es decir una diferencia de 331 mil cabezas.

Dado lo anterior, al realizar un análisis entre la disponibilidad de agua y el número de cabezas de ganado bovino lechero se encontró que en 1978 se requerían de 9,996 metros cúbicos de agua para mantener una vaca de leche,

esto sin contar el con agua que es utilizada por el animal en forma de bebida ni en las salas de ordeña, solamente se cuantifica el agua utilizada para la producción de forrajes. En la figura 12 se muestra el resultado de esta relación encontrando la cantidad de agua requerida por año por vaca, siendo el año 1995 el que muestra el más bajo requerimiento con 2,700 metros cúbicos al año y el año más elevado fue 1980 con 13,900 metros cúbicos por vaca para producción de forrajes.

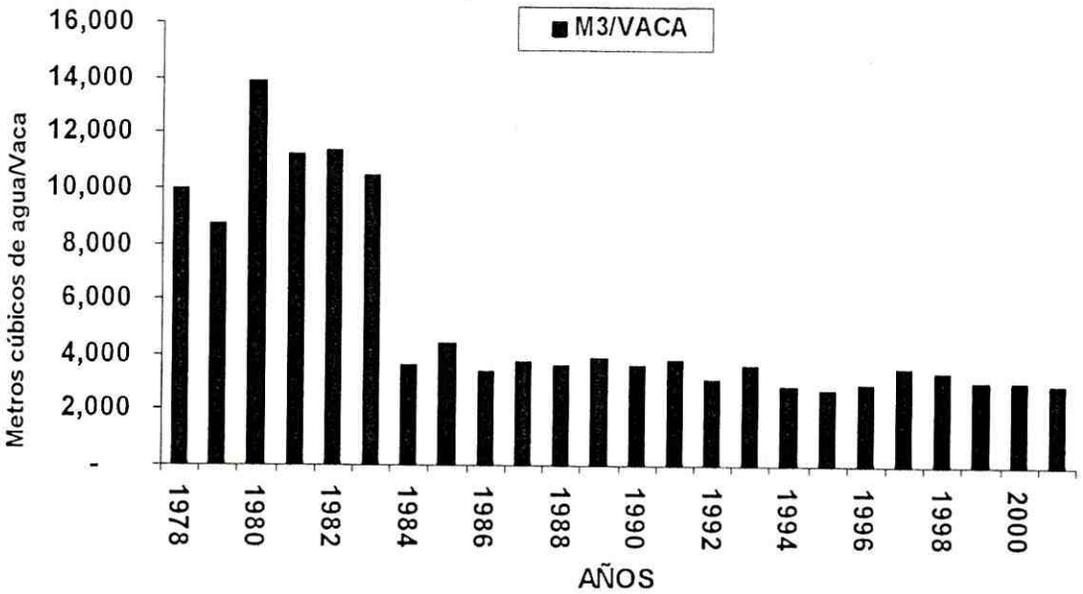


Figura 12. Metros cúbicos de agua requeridos por vaca por año de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).

En el año 2001 los resultados indican un uso de 2,958 metros cúbicos/año/vaca, solo para la producción de forrajes en decir 7,038 metros cúbicos menos que hace 23 años, lo que representa una mayor eficiencia en un 30% en el uso del agua.

Producción de leche anual en la Comarca Lagunera de 1978 al 2001

En la figura 13 se muestra el comportamiento de la dinámica de la producción anual de leche en la región en la cual se puede observar una tendencia creciente a partir de 1981 en la se obtuvieron aproximadamente 263 millones de litros de leche hasta los 1,768 millones de litros en el año 2001 el cual representa el máximo histórico reportado para la región.

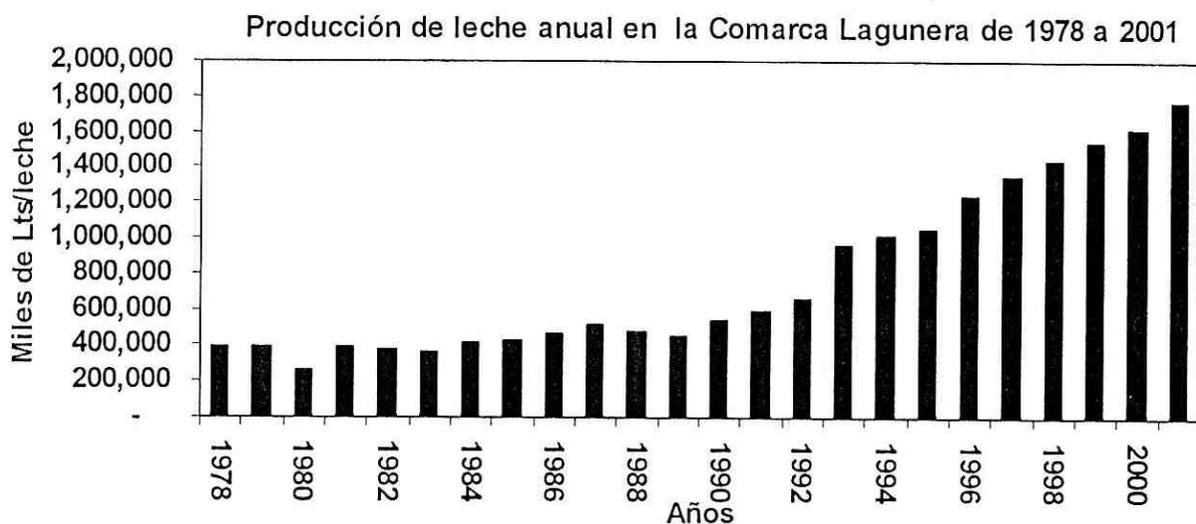


Figura 13. Producción de leche por año en un periodo de 23 años de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH, 1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).

Lo anterior deja de manifiesto que por un lado se han incrementado el número de vacas en la región también se ha logrado mejorar sustantivamente la

producción de leche por vaca y por lactancia llegando a producir hasta 28.0 litros de leche por vaca por día y una lactancia de 8,557 litros en 305 días en leche.

En la figura 14 se muestran los resultados obtenidos después del análisis de la relación entre la cantidad de agua en metros cúbicos requeridos para la producción de un litro de leche, encontrando que existe una tendencia decreciente en los metros cúbicos de agua requeridos para obtener un litro de leche, lo que indica que cada vez se hace un más eficiente del uso del agua ya que en 1980 se requerían de 2.49 metros cúbicos/litro de leche y en el año 2001 se requirieron de solamente 0.694 metros cúbicos/litro de leche producida en la región, sin considerar el forraje que se compra fuera de la misma ni el agua utilizada en las necesidades fisiológicas de las vaca como el agua de bebida, salas de ordeña, etc.

El diferencial encontrado en los 23 años de estudio en cuanto a la eficiencia de conversión de metros cúbicos de agua a litros de leche producida es de 1,406 litros de agua, es decir que se requieren 1,400 litros menos de agua para producir un litro de leche lo que implica a nivel región un ahorro considerable de agua en millones de metros cúbicos, sin embargo el factor limitante de la producción lechera lo representa el agua y la introducción de un gran número de cabezas de ganado lechero lo que ocasiona que se tenga una sobre explotación de los mantos freáticos aun y cuando de cuenta con evidencias de que el sistema ha incrementado su eficiencia de conversión.

M3 de agua de riego por kg leche en la Comarca Lagunera

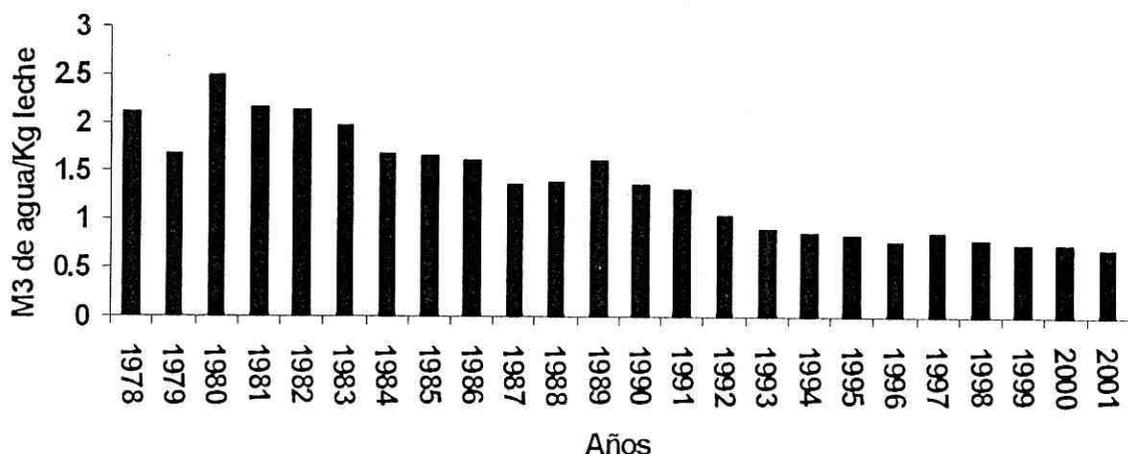


Figura 14. Metros cúbicos de agua de riego requeridos para producir un litro de leche en forma anual en un periodo de 23 años de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).

En la figura 15 se muestra los resultados obtenidos tanto de la eficiencia de conversión de metros cúbicos a kilos de leche como de kilogramos de leche producidos con un metro cúbico de agua a lo largo de 23 años encontrando que en el año de 1980 que fue el menos eficiente del sistema se produjeron solo 0.401 kg/Leche/M³ de agua, mientras que el año 2001 el más eficiente, se tuvo una eficiencia de 1.43 kg/Leche/M³ de agua es decir que la eficiencia de conversión se incrementó en 1.029 kg/leche/M³ de agua en 23 años. En la eficiencia de conversión de metros cúbicos a kilos de leche el año con menor eficiencia fue 1980 donde se requirieron de 2.49 metros cúbicos/kilogramo de leche, mientras que el año 2001 solo se requirieron de 0.694 metros cúbicos/kilogramo de leche es decir que según los datos oficiales actualmente se requiere de 694 litros de agua para la producción de un kilogramo de leche,

considerando solamente el agua requerida para la producción de forrajes y sin considerar algunos factores externos como son el forraje que se compra fuera de la región, ni el agua utilizada en la alimentación y el manejo de los animales lecheros.

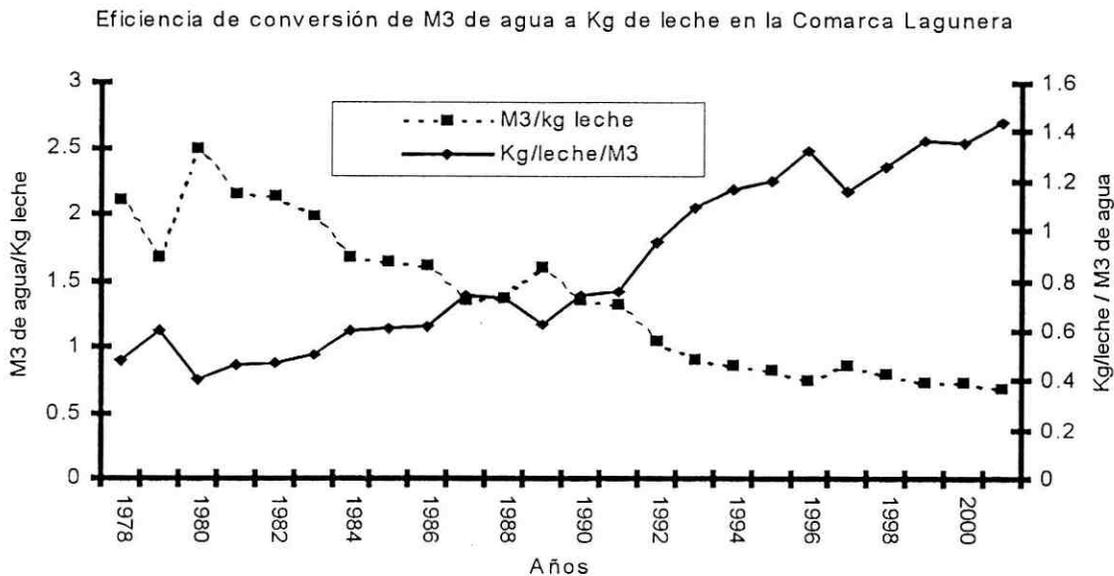


Figura 15. Eficiencia de conversión de metros cúbicos de agua de riego requeridos para producir un litro de leche y kilogramos de leche producida por metro cúbico de agua en forma anual en un periodo de 23 años de 1978 al 2001 en la Comarca Lagunera (SARH,1984-1993; SAGAR, 1994-1998; SAGARPA, 2002).

En el cuadro 3 se muestra la dinámica de superficie del establecimiento del número de hectáreas de los principales cultivos forrajeros (Alfalfa, maíz y sorgo forrajeros, avena y ballico), superficie total anual de forrajes, litros de leche anuales (miles) y conversión a producción de leche por hectárea de los principales forrajes regionales de 1978 a 2001 obtenidos de las estadísticas oficiales.

Cuadro 3. Dinámica del establecimiento del número de hectáreas, superficie total anual de forrajes, litros de leche anuales (miles) y conversión a producción de leche por hectárea de los principales forrajes regionales de 1978 a 2001 (SAGAR, 1995-99;FIRA, 1998; SAGARPA, 2002).

AÑOS	ALFALFA (Has)	BALLICO (Has)	AVENA (Has)	MAIZ (Has)	SORGO (Has)	NO. HAS TOTALES	Miles LTS DE LECHE/AÑO	PROD.DE * LECHE/HA
2001	37,658	2,468	5,669	17,889	9,493	73,204	1,703,191	23,266.36
2000	36,830	2,808	5,337	15,140	10,885	71,000	1,625,473	22,893.99
1999	35,182	3,742	5,596	11,409	10,167	65,996	1,540,365	23,340.27
1998	35,218	2,973	5,053	15,363	10,082	68,689	1,460,981	21,269.50
1997	34,499	2,194	5,816	16,692	12,158	70,359	1,352,359	19,220.83
1996	29,548	4,074	4,461	6,474	8,771	53,328	1,236,513	23,186.93
1995	29,146	5,123	3,900	5,241	2,747	46,157	1,056,324	22,885.45
1994	28,545	3,259	2,630	9,693	2,918	47,045	1,010,889	21,487.70
1990	20,026	4,943	7,236	5,198	7,191	44,594	538,621	12,078.32
1984	22,108	3,642	5,550	4,116	2,558	37,974	415,034	10,929.42
1978	29,140	3,661	1,758	4,723	2,123	41,405	398,328	9,620.28

* Datos estimados por el autor sin considerar el forraje que se compra fuera de la región.

Los resultados muestran que existe un incremento considerable en tres elementos importantes del sistema de producción de leche en la Comarca Lagunera siendo estos; la superficie cultivada de forrajes, la producción de leche anual y la producción de leche por hectárea de forraje.

En el primero de ellos la superficie de forrajes de incrementa en casi 30 mil hectáreas, siendo el cultivo de la alfalfa el que manifiesta la mayor superficie, seguido del maíz forrajero el cual ha incrementado su superficie en 23 años en casi 13 mil hectáreas y posteriormente el sorgo forrajero. Respecto a los cultivos de invierno la avena a mantenido el general el número de hectáreas en los últimos años, sin embargo el ballico anual muestra reducciones considerables en sus superficies.

La producción de leche anual muestra tendencias positivas con incrementos año con año como se mostró en las premisas y figuras anteriores. Los resultados obtenidos sobre la producción de leche por hectárea de forrajes muestran que se ha incrementado sustancialmente en 23 años a partir de una producción de 9,600 kilogramos de leche en 1978 a 23,200 en el año 2001, lo que indica que el sistema de producción de forraje y leche en la región ha venido observando un mejoramiento en la eficiencia de transformación de kilogramos de forraje a kilogramos de leche, sin embargo el incremento excesivo del inventario ganadero lechero podrá limitar su crecimiento en un futuro cercano debido al fuerte impacto registrado sobre los recursos del sistema.

De lo anterior se puede mencionar que la eficiencia en la producción de leche en la región se ha incrementado considerablemente debido básicamente a los siguientes factores:

- 1.- Incremento de la genética del animal a través de las importaciones de ganado de registro con cada vez mejores registros de producción y pruebas de comportamiento.
- 2.- Mejoramiento considerable de las practicas de manejo del ganado.
- 3.- Incremento de la eficiencia de la conversión de kilogramos de alimento a litros de leche por animal.
- 4.- Mejoramiento de los sistemas de alimentación, balanceo de raciones, utilización más eficiente de los forrajes.
- 5.- Eficiencia en la infraestructura en los corrales y sobre todo en las salas de ordeña, con la implementación de abanicos, aspersores, rociadores de humedad y sistemas de ordeño por sensores con computadora que eficiente la ordeña y disminuye considerablemente la incidencia de enfermedades y estrés calórico.
- 6.-Mejoramiento de los sistemas de reproducción a través del uso más continuo del transplante de embriones, inseminación artificial y un uso más eficiente de los registros apoyados con programas de computación, mejoramiento de la detección de calores y por ende disminución de los días abiertos.
- 7.- Mejoramiento de la administración de los establos y de los sistemas de producción de forrajes esto a través del apoyo de sistemas computarizados.

8.- Producción de forrajes de mejor calidad con la implementación de nuevas variedades de alfalfa, el establecimiento de híbridos de maíz y sorgo forrajeros de mejor calidad y rendimiento y más eficientes en el uso del agua y el establecimiento de cereales de invierno como los trigos forrajeros, y triticales.

CONCLUSIONES

1. En sistema de producción de forrajes para la producción de leche en la Comarca Lagunera muestra evidencias que se ha incrementado la eficiencia de transformación de metros cúbicos de agua a kilogramos de leche requiriéndose actualmente de 694 litros de agua para producir un kilogramo de leche.
2. El inventario ganadero lechero regional se ha incrementado considerablemente en los últimos años a partir de 1998 al año 2001 llegando actualmente a tener un inventario de 415 mil vacas en la región.
3. La producción de leche en la región también muestra tendencias crecientes llegando a producirse en el año 2001 1,768 millones de kilogramos de leche, cifra record en la Comarca Lagunera y que la sitúa como la primera cuenca lechera a nivel nacional.
4. El uso de agua en la región para la producción de forrajes se sitúa alrededor de los 1,200 millones de metros cúbicos lo que ocasiona una gran presión sobre el abatimiento de los mantos freáticos, razón por la cual se hace necesario evaluar de una manera sistemática los impactos negativos de la producción de leche sobre los recursos tanto suelo, agua y ambiente.
5. A pesar de que la superficie de forrajes se ha incrementado en casi 30 mil hectáreas, el incremento en el uso del agua de riego no se manifiesta de la misma manera ya que hace 23 años se utilizaban

alrededor de 840 millones de metros cúbicos y en el año 2001 alrededor de los 1200 millones de metros cúbicos, lo que indica que la eficiencia de transformación se ha mejorado básicamente en un uso más eficiente del agua ya que como se observó los rendimientos de los cultivos forrajeros no se han incrementado tan notablemente siendo esto evidente solamente en los últimos cinco años.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, V.A. y A. Luévano G. 1999. Impacto social y económico de la ganadería lechera en la Región Lagunera. Grupo Industrial LALA, S.A. de C.V. Sexta Edición.
- Aguilar, V.A. y L.A. García H. 2000. El Impacto social y económico de la ganadería lechera en la Región Lagunera. Grupo Industrial LALA, S.A. de C.V. Séptima Edición. Marzo.
- Anaya G, M. 1998. Coquia (*Kochia scoparia* L. Schrad var. Esmeralda). Una real opción forrajera. Guía Técnica. Desplegable, Febrero de 1998.
- Brooks, D. 1993. What does sustainable development really mean? Arid Lands Newsletter. Office of Arid Land Studies. Spring/Summer. Volume 33. The University of Arizona. Tucson AZ. U.S.A. Pag 3-5
- C.N.A. 1999. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Datos Estadísticos de la Región hidrológica No. 36. Torreón, Coahuila, Mex.
- Cantú, B.J.E. 2001. Modelo de producción sustentable de forrajes para producción de leche en regiones con limitantes de agua. Tesis Doctoral. DEP-FAZ-UJED. Junio del 2001.
- Cantú B. J. E. 1989. Apuntes de cultivos forrajeros. Depto. de Fitomejoramiento. U.A.A.A.N U.L. Torreón, Coah. Agosto, 1989.
- CENID-RASPA.1999. Estación Agrometeorológica del Centro Nacional del Investigación Disciplinaria en Relación Agua- Suelo- Planta- Atmósfera. SAGAR-INIFAP. Gómez Palacio, Dgo.
- CIAN-CAELALA. 1979. El nuevo enfoque y resultados de investigación agrícola en forrajes. S.A.R.H.-I.N.I.A. México. Pag. 1-9
- Claverán, A. R. Sin Fecha. Agricultura sostenible: La única opción. Director del Centro Nacional de Investigación para Producción Sostenible. INIFAP. México.
- De la Torre C. F. 1995. La sostenibilidad en la agricultura y la ganadería. Tesis Lic. Admón. Colegio de Ciencias Administrativas. Universidad Autónoma de la Laguna. Torreón, Coah. México. Octubre.
- Ehrenfeld, D. 1987. Implementation the transition to a sustainable agriculture: An opportunity for ecology. Bulletin of Ecological Society of America 17:5-8

- F.I.R.A-BANCO DE MÉXICO. 1999-2001. Diagnóstico de la ganadería de leche. Subdirección Regional Norte. Residencia Estatal: Región Lagunera. Marzo. Torreón, Coah.
- Farias, F.J.M., H.M. Quiroga y R. Faz C. 1983. Alternativas para optimizar el uso del agua de riego en la producción de forraje. SARH. INIA-CIAN-CAELALA. Folleto para productores No. 6 Octubre de 1983.
- Franco M. J.R., O. Prado y M. Quintana Martínez. 1997. Respuesta de la *Kochia scoparia* a diferentes alturas y frecuencias de corte en la región central del estado de Chihuahua. Ciencias Naturales Vol 4. No. dos. Julio de 1997. pag 217-222.
- García C., R., J.D. Pérez., R. Morones R. y D. Rodríguez M. 1997. Tasa de digestibilidad ruminal de la materia seca de *Kochia scoparia* (L) Roth. Memorias VI Reunión Nacional Nutrición Animal. Marin, N.L. Pag. 166-168.
- Giglio N. 1990. Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola. Comercio Exterior, Vol., 40, número 12. México. Diciembre de 1990.
- González B. J.L. 1997. Agricultura de riego sustentable. Foro Regional "La Laguna hacia el plan de ciencia y tecnología 1997-200" Memorias. COECYT. Unidad Laguna. Septiembre de 1997.
- González H., L. F. Sánchez D. y I. Mata Arellano. 1991a. Estudio hidrogeoquímico e isotópico del acuífero granular de la Comarca Lagunera. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Coordinación de Tecnología de Sistemas Hidráulicos. Subcoordinación de Hidrología y Aprovechamientos Hidráulicos. Jiutepec, Morelos, Febrero.
- González I.J. y Colaboradores. 1991b. Las provincias agronómicas de la tierra de labor en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, México D.F.
- Herrera, R y S. 1999. La importancia de la calidad en los maíces y sorgos seleccionados para forraje y su efecto en la producción y costos de alimentación. V Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y Manejo. Grupo Industrial LALA. Nov. 11-13 Torreón, Coah.
- Hitzhusen, F.J. 1993. Land degradation and sustainability of agricultural growth: Some economic concepts and evidence from selected developing countries. Agriculture, Ecosystems and Environment, 46 : 69-79 Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.

- Ikerd, J.E. 1993. The need for a systems approach to sustainable agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 46: 147-160
- Keith S.J. 1977. The impact of groundwater development in arid lands. A literature Review and Annotated Bibliography. The University of Arizona. Office of Arid Lands Studies. Tucson, Arizona, USA.
- LALA. 1995. El impacto social y económico de la ganadería lechera en la Región Lagunera. 1995 2a. edición marzo. Grupo Industrial LALA. S.A. de C.V.
- Littell, C.R., R. J. Freund, and Ph. C. Spector. 1995. SAS. System for Lineal Models. SAS Series in Statistical Applications. Third edition. SAS Institute Inc. p 9-49.
- Marble V.L. 1996. El uso de cereales como forraje de invierno. 1996. II Conferencia Internacional sobre Nutrición y Manejo. "Producción y manejo de forrajes para aumentar la eficiencia del ganado lechero" Gerencia de Asistencia Técnica. E.E.L.S.A. División Alimentos Balanceados. Gómez Palacio, Dgo. Noviembre. Pag 59-71
- Njos, A. 1994. Future land utilization and management for sustainable crop production. *Soil and Tillage Research* 30 . Elsevier Science B.V. 345-357.
- Nuñez H, G., J. Santamaría., J.E. Cantú, y R. Faz. 2000. Modelo de producción sustentable de forrajes para la producción de leche en regiones con limitante de agua. En: Memorias de la III Reunión de Investigación. Sivilla-Durango. Durango, Dgo. 145-152.
- Nuñez H.,G., F. Contreras G., M. Quiroga G, y R. Faz C. 1997. Cultivos forrajeros de invierno. III Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo. "Producción y manejo de forrajes para aumentar la eficiencia del ganado lechero" Gerencia de Asistencia Técnica. E.E.L.S.A. División Alimentos Balanceados. Gómez Palacio, Dgo. Noviembre. Pag 59-67
- Nuñez H.,G., F. Contreras G., M. Quiroga G, y R. Faz C. 1997. Cultivos forrajeros de invierno. III Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Nutrición y Manejo. "Producción y manejo de forrajes para aumentar la eficiencia del ganado lechero" Gerencia de Asistencia Técnica. E.E.L.S.A. División Alimentos Balanceados. Gómez Palacio, Dgo. Noviembre. Pag 59-67
- PIONNER 1995. Inoculantes para ensilaje, Boletín técnico. 1995.
- PROGRESA, 1995. Programa PROGRESA. Gobierno de la Republica. México, D.F.
- Romero, F. E. 1996. El manejo de los suelos para incrementar la producción de los forrajes. II Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutrición y

Manejo. Producción y manejo de forrajes para aumentar la eficiencia del ganado lechero Grupo Industrial LALA. Nov. 21-23. Gómez Palacio, Dgo. p. 10-22.

S.A.G.A.R. 1997. Anuario estadístico de la producción agropecuaria. Delegación en la Región Lagunera Coah-Dgo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. En prensa. Cd. Lerdo, Dgo.

SAGAR. 1994-1999. Anuario estadístico de la producción agropecuaria. Ciclos 1994-1999. Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango. Alianza para el Campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. Cd. Lerdo Dgo.

SAGAR. 2000. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 1999. Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango. Alianza para el Campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. Cd. Lerdo Dgo.

SAGAR. 2001. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2000. Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango. Alianza para el Campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. Cd. Lerdo Dgo.

SAGAR. 2002. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2001. Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango. Alianza para el Campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. Cd. Lerdo Dgo.

Thomas, V.G. and P.G. Kevan. 1993. Basic principles of agroecology and sustainable agriculture. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 1-19.

Yensen, N.P. 1988. Plants for salty soil. *Arid Lands Newsletter*. The University of Arizona. Office of Arid Lands Studies. Fall/Winter. Volume 27. Pag 3-9