

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**El alto nivel de producción de leche no afecta la fertilidad de las vacas
Holstein de la Comarca Lagunera**

POR

BENJAMÍN GARCÍA DUARTE

TESIS:

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL TÍTULO DE:**

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**El alto nivel de producción de leche no afecta la fertilidad de las vacas
Holstein de la Comarca Lagunera**

**POR:
BENJAMÍN GARCÍA DUARTE**

**ELABORADO BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORIA**

ASESOR PRINCIPAL

Dr. José Moncebáez y Pérez

ASESORES:

Dra. Ilda Graciela Fernández García

M.C. Manuel L. Hernández Valenzuela

M.V.Z. J. Guadalupe Rodríguez Martínez

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



**El alto nivel de producción de leche no afecta la fertilidad de las vacas
Holstein de la Comarca Lagunera**

**POR:
BENJAMÍN GARCÍA DUARTE**

ASESOR PRINCIPAL

Dr. José Moncebáez y Pérez

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

M.C.V. Ramón Alfredo Delgado González



**Coordinación de la División
Regional de Ciencia Animal**

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2014

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



El alto nivel de producción de leche no afecta la fertilidad de las vacas
Holstein de la Comarca Lagunera

POR:
BENJAMÍN GARCÍA DUARTE
Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada
como requisito para optar por el título de:
Médico Veterinario Zootecnista

JURADO

Dr. José Morcebáez y Pérez
PRESIDENTE

Dra. Ilda Graciela Fernández García
VOCAL

M.C. Manuel L. Hernández Valenzuela
VOCAL

M.V.Z. J. Guadalupe Rodríguez Martínez
VOCAL SUPLENTE

M.C.V. Ramón Alfredo Delgado González
COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



DEDICATORIA

Este trabajo de tesis está dedicado a *Mis Padres*, quiénes siempre estuvieron apoyándome en las situaciones buenas y malas en las que me pude haber encontrado.

A mi papá *Genaro García Dorado* quién siempre me dió ánimo para seguir adelante.

A mi mamá *Estéfana Duarte Gallegos* por brindarme su cariño y su amor incondicional.

A mis hermanas *Angélica, Cecilia, Belem, Ma. del Carmen y Alma*. Ellas siempre se preocuparon por mi persona.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindar educación de calidad y por permitirme formar parte de esta gran institución.

A mis asesores:

Dr. José Moncebáez y Pérez
Dra. Ilda Graciela Fernández García
MC Manuel L. Hernández Valenzuela
MVZ J. Guadalupe Rodríguez Martínez

Por su apoyo durante este trabajo de tesis.

Al Dr. Raúl Ulloa Arvizu y al Dr. Jorge Fernández Díaz de León, por su ayuda en los análisis de datos y por proporcionarme la base de datos de los establos.

¡A TODOS MUCHAS GRACIAS!

ÍNDICE

	Páginas
ÍNDICE DE GRÁFICAS	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
RESUMEN	VII
I.- INTRODUCCIÓN	1
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.- Infertilidad.....	4
2.2.- ¿Por qué se reduce la fertilidad?	5
2.2.1.- Alta producción láctea.....	5
2.2.2.- Condición corporal (CC)	7
2.2.3.- Estrés calórico.....	9
2.2.4.- Nutrición	12
2.2.5.- Genética.....	13
2.3.- Parámetros para evaluar la fertilidad.....	15
2.3.1.- Primera ovulación posparto (PPI)	16
2.3.2.- Detección de celos	17
2.3.3.- Intervalo parto al primer servicio	17
2.3.4.- Servicios por concepción.....	17
2.3.5.-Días abiertos.....	18
2.3.6.- Intervalo entre partos	18
2.3.7.- Tasa de preñez	19
III.- OBJETIVO	20
IV.- HIPÓTESIS.....	20
V.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
5.1.- Hatos lecheros	21
5.2.- Registros	21
5.3.- Clasificación de los hatos	22
5.4.- Análisis estadístico	22
VI.- RESULTADOS	23
6.1.- Producción de leche.....	23
6.2.- Fertilidad.....	23

6.3.- Producción de leche a través de los años de estudio	24
6.4.- Número de vacas Holstein por hato durante los años de estudio	25
VII.- DISCUSIÓN.....	27
VIII.- CONCLUSIÓN.....	29
IX.- LITERATURA CITADA	30

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Páginas
Gráfica 1. Relación de la tasa de concepción y la producción láctea en bovinos lecheros en Nueva York, USA.	7
Gráfica 2. Los cambios de temperatura y humedad ambiental, alrededor del tiempo de inseminación están asociados con el porcentaje de concepción y el menor porcentaje de concepción, ha sido observado en vacas con altas temperaturas corporales.....	11
Gráfica 3. Promedio de producción diaria de leche/día/año en hatos de vacas Holstein en la Comarca Lagunera durante en el periodo comprendido de los años 2002 a 2012.	25
Gráfica4. Promedio de vacas en los hatos durante los años 2002 a 2012.....	26

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 1. Parámetros comúnmente usados para analizar y evaluar la fertilidad de un hato lechero.....	15
Tabla 2. Nivel de producción de leche y porcentaje de fertilidad en vacas Holstein en hatos de la Comarca Lagunera de enero de 2002 a diciembre de 2012.....	24

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de producción de leche, la fertilidad y el número de vacas Holstein de primer servicio en hatos de la Comarca Lagunera. Se obtuvo el promedio mensual de los registros individuales ($n = 2946924$) de 15 hatos lecheros a partir de Enero de 2002 a Diciembre de 2012. Los hatos se clasificaron como nivel bajo, medio y alto, según la producción de leche por día. Los análisis se llevaron a cabo con la subrutina de modelos mixtos implementados en el SPSS. No detectó diferencia significancia entre el nivel bajo y medio de producción leche 26.2 ± 0.3 y 27.9 ± 0.3 l/d, respectivamente ($P > 0.05$). El nivel alto difirió significativamente 30.0 ± 0.4 l/d ($P < 0.006$). Mientras que el porcentaje de fertilidad en vacas en los niveles bajo, medio y alto de producción de leche fue de 26.9 ± 1.0 , 27.4 ± 0.8 y 33.6 ± 0.9 , respectivamente. El número de vacas por hato estudiado varió (1 300 a 2 810) a través de los años de estudio. Se concluye que el nivel alto de producción de leche no disminuye fertilidad en los hatos de vacas Holstein en la Comarca Lagunera.

Palabras clave: Fertilidad, vacas Holstein, producción de leche, tamaño del hato, nivel de producción de leche.

I.- INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la producción lechera mundial ha aumentado en más del 50%, esto es, se incrementó de 482 millones de toneladas en 1982 a 754 millones de toneladas en 2012 según datos de la FAO (2014). Durante los últimos años, la Unión Europea ha sido la región productora de leche de bovino por excelencia a nivel mundial, durante el 2010 tuvo una producción de 134 millones de toneladas, seguida de los Estados Unidos de América con una producción de 86 millones de toneladas y, en tercer lugar, la India con 48 millones (Secretaría de Economía, 2012).

En México, la producción de leche de bovino es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico, ya que involucra una gran variedad de climas, así como, de las tradiciones y costumbres en las poblaciones. Sin embargo, la industria de productos lácteos es la tercera actividad más importante dentro de la rama de la industria de alimentos en México, y depende de la disponibilidad de la leche nacional su crecimiento (Secretaría de Economía, 2012). La producción de leche en México en los últimos 12 años (2000 a 2012) ha tenido un crecimiento promedio anual del 1.46%, lo que hace que en términos monetarios en esta actividad sea el equivalente al 20.3% del valor total del sector pecuario (SIAP, 2013). En los últimos 10 años la tasa media de crecimiento anual (TMCA) ha presentado un incremento anual de 1.74% (SAGARPA, 2010). Consolidándose como principales estados productores de leche a Jalisco con 18.0% del total de la producción, la Región Lagunera (Coahuila

y Durango) con 21.3%, Chihuahua con un 8.8%, seguido por Veracruz, Guanajuato, México, Hidalgo y Puebla (SAGARPA, 2010). De acuerdo a esta información la Región Lagunera que es la más importante cuenca lechera del país, y que ocupa el primer lugar en producción a nivel nacional (Secretaría de Economía, 2012).

Las condiciones de integración y de tecnificación han sido relevantes en cuanto al desempeño de esta actividad ganadera (SAGARPA, 2010). La modernización y la consolidación de la industria lechera durante los últimos 25 años han tenido retos nuevos, está demostrado que la producción individual de leche de bovinos depende de su habilidad para quedar preñadas, ya que la lactancia inicia y se renueva cada vez que queda gestante (con la excepción obvia de lactación inducida) (Lucy *et al.*, 2001). Así mismo, se ha reportado la relación antagónica entre producción de leche y el desempeño reproductivo del hato lechero (Nebel *et al.*, 1992). La disminución de la fertilidad en la vaca Holstein moderna se debe a causas multifactoriales como es el mejoramiento genético, una nutrición inadecuada, un deficiente manejo reproductivo, un incidencia en las enfermedades y condiciones de bienestar deficiente (Lucy *et al.*, 2001; Grohn *et al.*, 2009). La eficiencia reproductiva alta es necesaria para eficientar la producción de leche, ya que repercute directamente en la rentabilidad del hato lechero (Pryce *et al.*, 2004). La baja en la eficiencia reproductiva, disminuye la rentabilidad del hato debido a que se prolonga el intervalo entre partos, lo cual da como resultado una vaca produzca menos leche y nazcan menos crías por año. También se incrementa el porcentaje de desechos debido a problemas de infertilidad, repercutiendo de manera directa con el incremento los costos operación como el

semen, tratamientos por enfermedad, etc. Algunos componentes clave para lograr una eficiencia reproductiva alta en el hato lechero es lograr mantener alta la tasa de las vacas que se someten a inseminación y sostener alta la fertilidad (Roche, 2006). Por ello, el objetivo del presente estudio fue determinar si el nivel de producción de leche disminuye la fertilidad de las vacas de primer servicio en hatos lecheros de la Comarca Lagunera.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Infertilidad

Durante la domesticación del hombre transformó gradualmente los procesos reproductivos en los animales. Los animales pastoreaban de manera libre con apareamientos durante todo el año. Como resultado, la eficiencia reproductiva disminuyó como consecuencia de factores ambientales y a la demanda en el sector económico (Hafez y Hafez, 2000).

En la mayoría de los mamíferos las madres amamantan a su descendencia, pero la domesticación de la vaca lechera ha implicado la remoción del recién nacido, eliminando así los sistemas de retroalimentación biológica positiva que regulan la relación madre-cría, enfocándose principalmente en el volumen de la producción de leche. La disminución en la retroalimentación biológica positiva ha dado lugar a la obtención de rendimientos altos en la producción de leche (Dobson *et al.*, 2007). Además la infertilidad es un factor constante que impide la procreación. La infertilidad o esterilidad temporal es la incapacidad de producir descendencia viable dentro de un tiempo estipulado característico en una determinada especie (Hafez y Hafez, 2000). La disminución de la fertilidad en la hembra da como consecuencia que se incremente el número de inseminaciones, que se aumente la tasa de desecho y la tasa de reemplazo, que se prolongue el intervalo entre partos, y que por razones del fracaso reproductivo, animales con un gran potencial genético se eliminen del hato (Sun *et al.*, 2010; Ptaszynska, 2007).

2.2.- ¿Por qué se reduce la fertilidad?

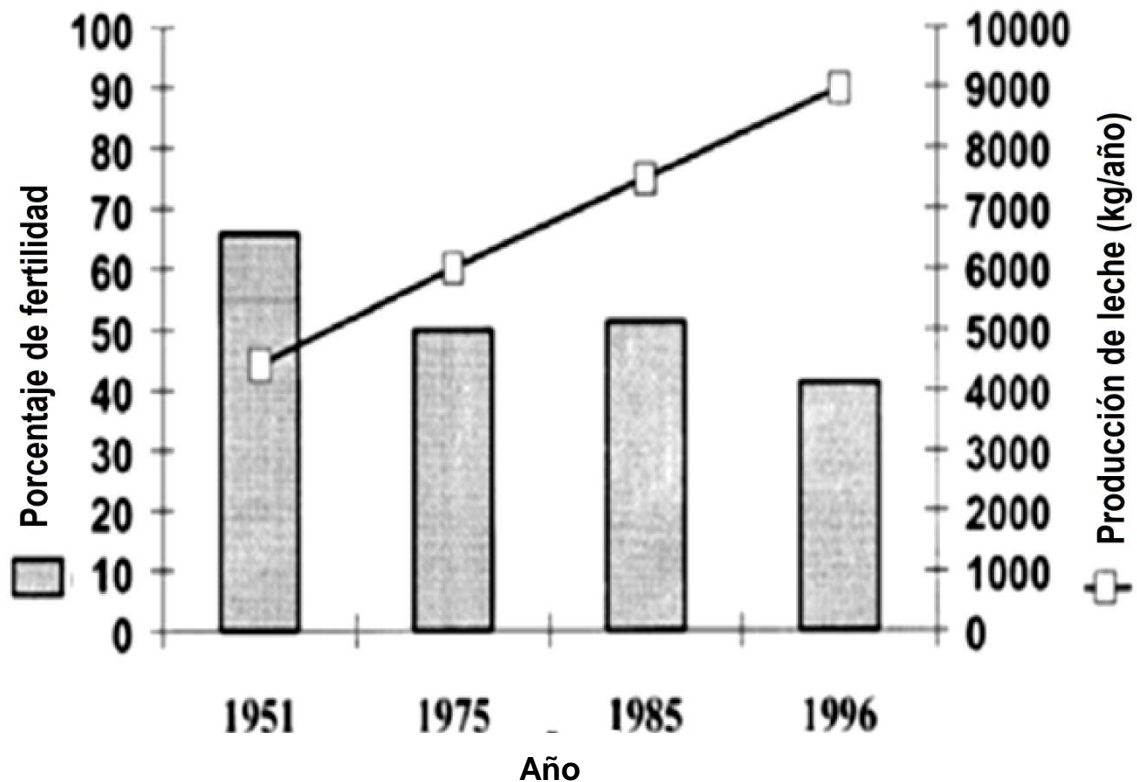
La fertilidad es una de las medidas más complejas en la reproducción animal, y es influenciada por la genética y por el ambiente. Sin embargo, aunque estos dos componentes actúan conjuntamente, se enmascaran sinérgicamente, confundiendo las contribuciones uno del otro (Rodríguez *et al.*, 2008). La causa en la disminución de la fertilidad es probablemente una combinación de factores fisiológicos, biológicos y administrativos que repercuten en la eficiencia reproductiva del hato (Lucy, 2001). La fertilidad en las vacas con alto potencial genético en producción láctea ha disminuido a nivel global, particularmente en la raza Holstein. Sin embargo, también se ha observado que aumentan los niveles de producción disminuyendo la resistencia a las enfermedades metabólicas, así como en su longevidad, debido al aumento en la incidencia de estrés, a las patologías de la ubre y del aparato locomotor (Rodríguez *et al.*, 2008).

2.2.1.- Alta producción láctea

La eficiencia reproductiva en las vacas de alto rendimiento lechero ha disminuido considerablemente en las últimas décadas (De Feu *et al.*, 2009; Lucy, 2001; Sun *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2006). En la industria lechera moderna es común observar producciones individuales de leche de >10,000 kg/año, ello es producto de un adecuado nivel de nutrición, de un manejo del hato y de la mejora genética con el uso de toros probados. La selección genética intensiva con la finalidad de incrementar la producción de leche ha llevado a mejoras notables en la producción de leche por vaca, pero también se ha asociado con una disminución de la fertilidad de las vacas lecheras. Se ha demostrado la correlación

negativa entre el mérito genético para la producción de leche y el rendimiento reproductivo (De Feu *et al.*, 2009).

Actualmente hay una tendencia para obtener mayor producción de leche y, al mismo tiempo disminuirá que las vacas logren mayor producción (Lucy, 2001). Es posible que las vacas con alta producción tengan tasas metabólicas y flujo sanguíneo hepático mayor que otras vacas, lo que conduce a menor producción de progesterona y estradiol. Incluso el estrés causado por mal manejo de los animales es considerado actualmente como un factor importante de los desórdenes endocrinos, causando mayor número de inseminaciones y de muerte embrionaria temprana, las vacas con alta producción de leche, presentan ciclos estrales más cortos, manifiestan menos estros, muestran estros más cortos y a menudo presentan ovulaciones dobles o múltiples, y muchas vacas entran en anestro (Rodríguez *et al.*, 2008).



Gráfica 1. Relación de la tasa de fertilidad y la producción láctea en bovinos lecheros en Nueva York, USA. (Butler, 2000).

Se ha calculado en los últimos 25 años, que el incremento de la producción de leche por vaca ha implicado la reducción en la tasa de fertilidad a primer servicio en un 0.5 a un 1 % anual (Lozano *et al.*, 2005).

2.2.2.- Condición corporal (CC)

El inicio de la lactación en el ganado lechero provoca un aumento dramático en los requisitos de glucosa, esto es, se requieren cambios marcados en el metabolismo corporal para cumplir con dichas necesidades (De Feu *et al.*, 2009).

La energía es un concepto abstracto, pero se puede entender de manera simple analizando las reservas corporales del animal a través del depósito de tejido graso en zonas anatómicas estratégicas del cuerpo, tales como la base de la cola, la zona de la pelvis o caderas, los procesos transversales de las vértebras lumbares y las costillas del animal. Estas reservas grasas se conocen como condición corporal (CC) y su estimación se ha utilizado como una herramienta estandarizada que permite evaluar el nivel de nutrición del animal, especialmente en el contenido energético de la dieta (Meléndez y Risco, 2005). La condición corporal se utiliza como un método subjetivo para determinar las reservas corporales en ovejas, cabras, ganado para carne y de leche. El método se basa en una evaluación visual y táctil de las reservas de grasa del cuerpo en la parte posterior y las regiones pélvicas y la CC se acostumbra a describirse en una escala de 1 a 5 puntos. El nivel de gordura o CC en los períodos clave de una lactancia, así como, de CC al iniciar la lactancia, pueden afectar a la reinicio de los ciclos estrales y del éxito reproductivo. El cambio, en la CC durante las primeras semanas de la lactancia puede indicar la magnitud en la carga metabólica, así como, en el déficit de energía para contribuir con la producción láctea (Pryce *et al.*, 2001). La fertilidad está correlacionada con el peso vivo, los cambios de peso y en la CC, es decir, el músculo, la grasa intramuscular y la grasa subcutánea (disponibilidad, reserva e interrelación proteína-energía) (Rugeles, 2001). La pérdida en CC durante el período posparto es un fenómeno normal debido a que los requerimientos son mayores a los aportes ofrecidos por la dieta y al nivel de consumo del animal. Por esa razón, el animal deberá recurrir a sus reservas corporales para suplir la deficiencia en la dieta y en el consumo de alimentos. Por

otro lado, si la CC al parto es extremadamente baja el animal no podrá expresar su máximo potencial productivo, y si es excesivamente alta (obesidad) el animal tendrá problemas al parto, consumirá menos alimentos y será mayor la incidencia de enfermedades metabólicas tales como hígado graso y cetosis (Meléndez y Risco, 2005). Durante el ciclo productivo la vaca lechera debe alcanzar diferentes condiciones corporales. Al parto la vaca debe parir con una CC de 3.25 a 3.5. Entre los 60 y 90 días el animal debe mostrar una CC no menor a 2.5. Si el animal pierde más de una unidad entre el parto y los 100 días posparto, su fertilidad se verá afectada en forma considerable (Meléndez y Risco, 2005).

El reinicio de la actividad ovárica postparto está correlacionada con la CC al momento del parto, de esta manera las vacas con CC mayor o igual a 2.5 (CC = 1 a 5) presentan su celo más pronto y viceversa (Rugeles, 2001). Las vacas que llegan al parto con CC muy alta consumen menos alimento al inicio de la lactancia, recurriendo más a la movilización de sus reservas corporales, por lo cual pierden mucho más peso después del parto y tardan más en reiniciar su actividad ovárica posparto lo que las hace más susceptibles a presentar otras enfermedades de tipo metabólico (Rugeles, 2001).

2.2.3.- Estrés calórico

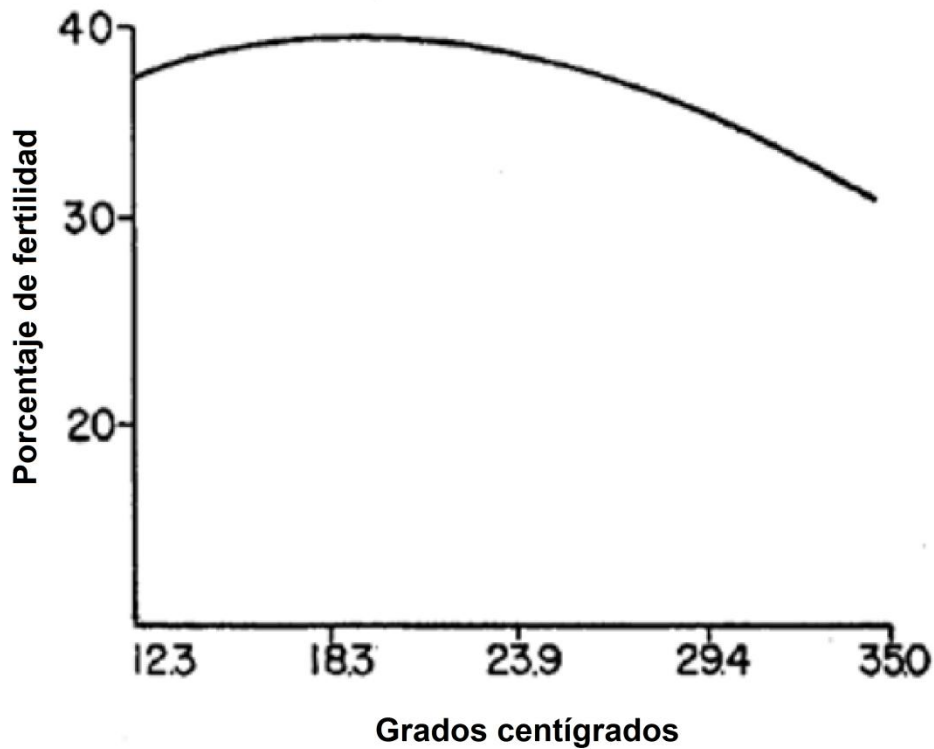
El estrés por calor ha demostrado ser un factor que reduce la fertilidad de las vacas lecheras y de carne (Rosemberg et. al. 1982). El estrés por calor es de naturaleza crónica a menudo hay poco alivio del calor durante las horas de intensos niveles de producción combinada de calor y humedad, deprimiendo más

su rendimiento. Las vacas lecheras lactantes generan gran cantidad de calor metabólico y se acumula calor adicional de la energía radiante. La producción de calor y su acumulación, junto con la capacidad de refrigeración comprometida debido a las condiciones ambientales son las causas de carga de calor en la vaca para aumentar hasta el punto en que la temperatura del cuerpo se eleva, disminuyendo la ingesta, y en última instancia la productividad disminuye de la vaca (West, 2003).

El estrés calórico ocurre cuando el incremento en la temperatura corporal impacta varias funciones corporales. El incremento en la temperatura corporal al momento de la inseminación deriva en una disminución de fertilización y alta incidencia de muerte embrionaria, ya que viabilidad del oocito, el esperma y el embrión se ven comprometidas. La incidencia, intensidad, y la duración del estro presente se reduce (Caraviello, 2004).

Las vacas con estrés calórico presentarán una reducción en el incremento de estradiol previo al estro, menor folículos dominantes durante la segunda oleada folicular, mayor número de folículos por oleada por ciclo estral y largas fases luteales (Caraviello, 2004).

En el ganado lechero se ha observado que los meses calurosos reducen la fertilidad. Se ha definido el período crítico del estrés calórico sobre la fertilidad y el desarrollo embrionario dos días antes del servicio, así como, en el mismo día. También se ha calculado que por cada unidad de incremento del índice temperatura/humedad en el día del servicio, se presenta una reducción de 0.5 % en la tasa de no retorno al estro a los 45 días post-servicio (Lozano *et al.*, 2005).



Gráfica 2. Los cambios de temperatura y humedad ambiental, alrededor del tiempo de inseminación están asociados con el porcentaje de fertilidad. Una disminución en el porcentaje de fertilidad se observada en vacas con alta temperatura corporal (Román, 1978).

No existen criterios claros en cuanto a las condiciones en que se necesita el alivio del estrés térmico. El índice de humedad temperatura (THI) se utiliza para evaluar el estrés calórico (Berman, 2005). Las respuestas pueden también ser afectados por la velocidad del aire, la radiación, y factores tales como la postura y la densidad de los animales, su producción de calor y la capa de aislamiento (Berman, 2005).

Las nuevas tecnologías, incluyendo la ventilación de túneles están siendo investigados para determinar si ofrecen ventajas de refrigeración. La selección genética para la tolerancia al calor puede ser posible, pero la selección continúa para un mayor rendimiento en la ausencia de consideración para la tolerancia al calor dará lugar a una mayor susceptibilidad al estrés por calor (West, 2003).

2.2.4.- Nutrición

La causa más común y más importante en la fallas reproductivas es la nutrición, ya que resulta en un daño a los sistemas digestivo y hepático para aportar suficiente energía para el mantenimiento, crecimiento, desarrollo de las diferentes estructuras, tejidos y líneas celulares involucradas en los procesos reproductivos (Campos y Hernández, 2008).

Existen evidencias que un desequilibrio en los nutrientes, ya sea en vacas alto valor genético o en aquellas alimentadas con dietas que no corresponda a su rendimiento, conduce a un rendimiento más pobre reproductiva. Sin embargo, las razones fisiológicas para aclarar este antagonismo no ha sido dilucidado (Pryce *et al.*, 2004).

Los requerimientos nutricionales aumentan rápidamente con la producción de leche después del parto, y el resultado es el balance de energía negativo (Nebal). El Nebal retrasa el momento de la primera ovulación a través de la inhibición de la frecuencia del pulso de LH y de los bajos niveles de glucosa en sangre, la insulina y el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), que colectivamente puede restringir la producción de estrógenos en los folículos dominantes. Sobre la regulación de pulsos de LH y de IGF- I, y la asociación con

el Nebal, facilita la ovulación. También el Nebal reduce las concentraciones de progesterona sérica y la fertilidad (Butler, 2000). Los aspectos nutricionales a considerar para optimizar la producción de leche y la fertilidad en el ganado lechero son: la energía (carbohidratos no estructurales o azúcares solubles y carbohidratos estructurales o fibra), la proteína (tanto en calidad como en cantidad), los minerales y las vitaminas (Meléndez y Risco, 2005).

Cuando los aportes en la dieta no cubren con los requerimientos del estado fisiológico, según el volumen de leche producida, la causa más común e importante es el fracaso en los sistemas digestivo y hepático para aportar la energía necesaria para todos los procesos fisiológicos. La reproducción puede ser afectada en cualquier fase del estro hasta el momento de la implantación (Rúgeles, 2001).

El factor limitante crítico es total consumo de materia seca (DMI) en las vacas más grandes, es su capacidad de producir más leche, pero hay un límite en el tamaño del rumen y el apetito, con los alimentos de mayor densidad de energía que se han empleado, pero finalmente éstos interfieren con el funcionamiento eficiente del rumen que conducen a problemas digestivos (Dobson *et al.*, 2007).

2.2.5.- Genética

También la selección genética para producción láctea ha llevado a una disminución en la fertilidad. Existe una correlación genética entre el rendimiento de la leche y la fertilidad, donde los resultados indican que son desfavorables (Pryce, 2001). Las correlaciones entre las características reproductivas y la producción de

leche indican mayor rendimiento hecho que se asocia fenotípica y genéticamente con capacidad reproductora disminuida en la lactancia de las vacas (Nebel *et al.*, 1992).

En la respuesta a la selección genética para la producción de leche; la fisiología reproductiva del ganado lechero también ha cambiado (Lucy, 2001). Por ejemplo, la selección para la producción de leche aumenta las concentraciones en sangre de prolactina, de somatotropina y de factores de crecimiento. También afecta disminuyendo la insulina, hormona que es antagonista a la lactancia y es importante en el desarrollo folicular normal. Estos cambios en las concentraciones de hormonas promueven la mayor producción de leche, pero pueden ser potencialmente perjudiciales para otras funciones fisiológicas, como la reproducción (Nebel *et al.*, 1992).

La fertilidad en el ganado (expresado en términos de las tasas de preñez a la primera inseminación) ha disminuido considerablemente en los últimos 50 años. Por lo tanto, las correlaciones genéticas entre la fertilidad y la producción son por lo general desfavorables (Dobson *et al.*, 2007). Las vacas de alto mérito genético para la producción de leche movilizan más tejido corporal en la lactancia temprana que las vacas de mérito genético promedio (Dobson *et al.*, 2007). Hasta hace poco los programas de mejoramiento a nivel mundial en la raza Holstein-Friesian se han basado casi exclusivamente en el aumento de la producción de leche por vaca. Poco o nada se ha llevado a cabo en los aspectos relativos a la salud y a la eficiencia reproductiva (Berry *et al.*, 2003). La alta producción de leche ha sido el punto crucial en la selección en el ganado lechero. Aunque hay que tomar en cuenta muchos aspectos secundarios, como la reducción de costos y la

maximización de la rentabilidad neta de la empresa lechera (Dematawewa y Berger, 1998). La correlación genética negativa implica que los genes que afectan positivamente la producción de leche es probable que se reduzca el intervalo entre partos. (Ojango y Pollott, 2001).

2.3.- Parámetros para evaluar la fertilidad

La fertilidad es un concepto amplio y complejo y los indicadores de fertilidad son muy variados y relativos de interpretar (Meléndez y Risco, 2005).

Tabla 1. Parámetros comúnmente usados para analizar y evaluar la fertilidad de un hato lechero. Tomado de Ptaszynska (2007).

Parámetro	Valor objetivo
Edad al primer parto	24 meses
Intervalo entre partos	365 días
Porcentaje de gestaciones al primer servicio	> 60%
Porcentaje de gestación global	> 65%
Índice de servicios por concepción(índice de inseminaciones)	< 1.5
Porcentaje de desechos debido a la infertilidad	< 5%
Porcentaje de abortos (día 42-265 de la gestación)	< 3%

2.3.1.- Primera ovulación posparto (PPI)

La primera ovulación posparto refleja la reanudación y el término del desarrollo folicular ovárico pre-ovulatoria y la recuperación de las condiciones hormonales de la preñez (Butler, 2000). La PPI prolongada ha aumentado los intervalos parto-concepción en comparación con las vacas con un corto PPI. (Rhodes *et al.*, 2003).

El intervalo para la primera ovulación en vacas lecheras, clásicamente ha sido descrito que ocurre entre los 14 y los 21 días post parto con un 5 % de anestro en el hato. En vacas lecheras modernas, el intervalo promedio para la primera ovulación es probablemente aproximadamente 10 días, y el porcentaje de vacas de anestro son considerablemente mayores (Lucy, 2001). El intervalo entre el parto y la primera ovulación en vacas de leche está relacionado con el nivel de producción de leche y es más largo en vacas con un potencial genético superior para la producción de leche (Butler *et al.*, 1981).

La primera ovulación posparto es uno de los parámetros que se ha correlacionado con la fertilidad. Se conoce que el periodo del parto a la primera ovulación ha aumentado en las vacas modernas. En 1964 era de 29 ± 3 días y actualmente es de 43 ± 5 días. En México, el intervalo entre parto a la primera ovulación en ganado lechero en sistemas de producción en pequeña escala (hatos de 5 a 20 vacas) con producciones diarias de leche de 21.3 ± 0.39 kg, es de 32.3 ± 2.3 días. Por el contrario, en un hato de 1 150 vacas con una producción de leche de 9 683 kg (365 días), el intervalo del parto a la primera ovulación es de 45.8 ± 2.7 días. Cabe señalar que en este último estudio, el 21.2% de las vacas

aún no habían ovulado cuando se dejó de muestrear en el día 70 posparto (Hernández, 2006).

2.3.2.- Detección de celos

La pronta reanudación de los ciclos estrales después del parto es importante en determinar eficiencia reproductiva (Rhodes *et al.*, 2003).

Los hatos grandes requieren más tiempo para la detección del estro, para la identificación, en la clasificación, en la inseminación, y en cuidado o en el registro. En algunos hatos, existen apoyos para la detección del estro, como los parches y los podómetros, estos implementos han reemplazado la detección visual de estro (Lucy, 2001).

2.3.3.- Intervalo parto al primer servicio

En este intervalo influye la eficiencia de la detección del estro para disminuir los días abiertos. De este modo, una mayor cantidad de vacas serán sometidas a inseminación artificial entre los días 55 y 85 del posparto (Hafez y Hafez. 2002).Stevenson y Call (1988), mencionan que el intervalo en días entre el parto al primer servicio considerado normal son 70 días y se considera anormal 78 o más días.

2.3.4.- Servicios por concepción

Stevenson y Call (1988), mencionan que el número de servicios por concepción considerado normal son 1.9 servicios y se considera anormal 2.6 o más servicios.

2.3.5.-Días abiertos

El intervalo entre parto y a la concepción o “días abiertos” es un índice valioso que refleja la eficiencia en la detección del estro y la fertilidad tanto de la hembra como de los machos (Hafez y Hafez, 2000). Stevenson y Call (1988), mencionan que el número de días entre parto a concepción considerado normal son 98 días y se considera anormal 131 o más días.

2.3.6.- Intervalo entre partos

El intervalo óptimo entre partos para bovinos de carne y lecheros es de 12 meses, pero rara vez se logra. (Hafez y Hafez, 2000).

La prolongación del intervalo entre partos da como resultado una lactancia más larga y un periodo seco de mayor duración. Las pérdidas totales aumentan con la duración del intervalo entre partos. La prolongación del intervalo entre partos es un resultado directo del incremento del tiempo transcurrido entre el parto y la concepción (Ptaszynska, 2007).

Para mantener un intervalo entre partos de 365 días las vacas necesitan concebir en un promedio de 83 días después del parto (asumiendo que la duración de la gestación es de 282 días). Los retrasos en el comienzo de la ovulación y la expresión en el estro se asocian con las tasas de concepción reducidas y las tasas preñez, así como el aumento en los intervalos parto-concepción (Rhodes *et al.*, 2003).

2.3.7.- Tasa de preñez

Este indicador es especialmente válido en hatos que usan inseminación artificial y es menos eficiente y difícil de calcularla en hatos que usan toros o monta natural (Meléndez y Risco, 2005). Para obtener la tasa de preñez (%) se obtiene del cociente del número de vacas preñadas entre el total de vacas en el hato por 100 (Hafez y Hafez, 2002).

III.- OBJETIVO

El objetivo del presente estudio fue determinar el nivel de producción de leche, la fertilidad y el número de vacas Holstein de primer servicio en hatos de la Comarca Lagunera.

IV.- HIPÓTESIS

Las vacas Holstein con una producción alta de leche no disminuye la tasa de fertilidad en las vacas Holstein en hatos de la Comarca Lagunera.

V.- MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.- Hatos lecheros

El presente estudio se realizó en vacas Holstein en 15 hatos comerciales de la Comarca Lagunera en los estados de Coahuila y Durango, México. La Comarca Lagunera se localiza a 24° 22' de latitud norte y 102° 22' de longitud oeste, a una altura de 1,120 metros sobre el nivel del mar. El clima es árido con lluvias deficientes en todas las estaciones. La temperatura promedio fluctúa entre los 28 y 40 grados centígrados, pero puede alcanzar hasta 48°C (2008) en verano y -8°C (1997) en invierno. (SEMARNAT, 2014). Los hatos lecheros cuentan con instalaciones con tecnología de vanguardia y la alimentación se basó en el TRM.

5.2.- Registros

Los datos del actual estudio fueron obtenidos a través de los registros individuales (n = 2 946 924) recabados mensualmente en 15 hatos lecheros. Los hatos registraron un promedio de 1756 vacas/hato/año durante el periodo comprendido de enero de 2002 a diciembre de 2012. Los datos fueron obtenidos mensualmente de los registros diarios de los diferentes programas computacionales disponibles en el manejo de los hatos lecheros.

5.3.- Clasificación de los hatos

Los hatos se clasificaron de acuerdo a la producción de leche promedio, esto nivel bajo, medio y alto de producción de leche. La producción de leche se expresa en litros por día (l/d).

5.4.- Análisis estadístico

Se obtuvo el promedio mensual de producción de leche, el total de vacas por hato y la fertilidad a primer servicio en vacas. Los análisis estadísticos se llevaron cabo con un modelo mixto que incluyó como efectos fijos el nivel productivo, mes del año y su interacción. El efecto aleatorio fue el establo dentro de nivel productivo. La matriz de covarianza fue auto regresiva de primer orden (AR1). Se empleó la subrutina de modelos mixtos implementados en el SPSS versión 16.

VI.- RESULTADOS

6.1.- Producción de leche

La producción de leche no difirió significativamente ($P>0.05$) entre los niveles bajo y medio con 26.2 ± 0.3 y 27.9 ± 0.3 l/d, respectivamente. Mientras que el nivel alto fue diferente significativamente (30.0 ± 0.4 l/d; $P<0.006$). Del año de 2002 al 2012 se presentó un promedio general de producción de leche de 28.2 ± 0.2 l/d. La producción de leche se incrementó en 4.0 l/d a través de los años de estudio. En el año de 2002 fue de 26.9 l/d mientras que en el 2012 fue de 31.1 l/d (grafica 3).

6.2.- Fertilidad

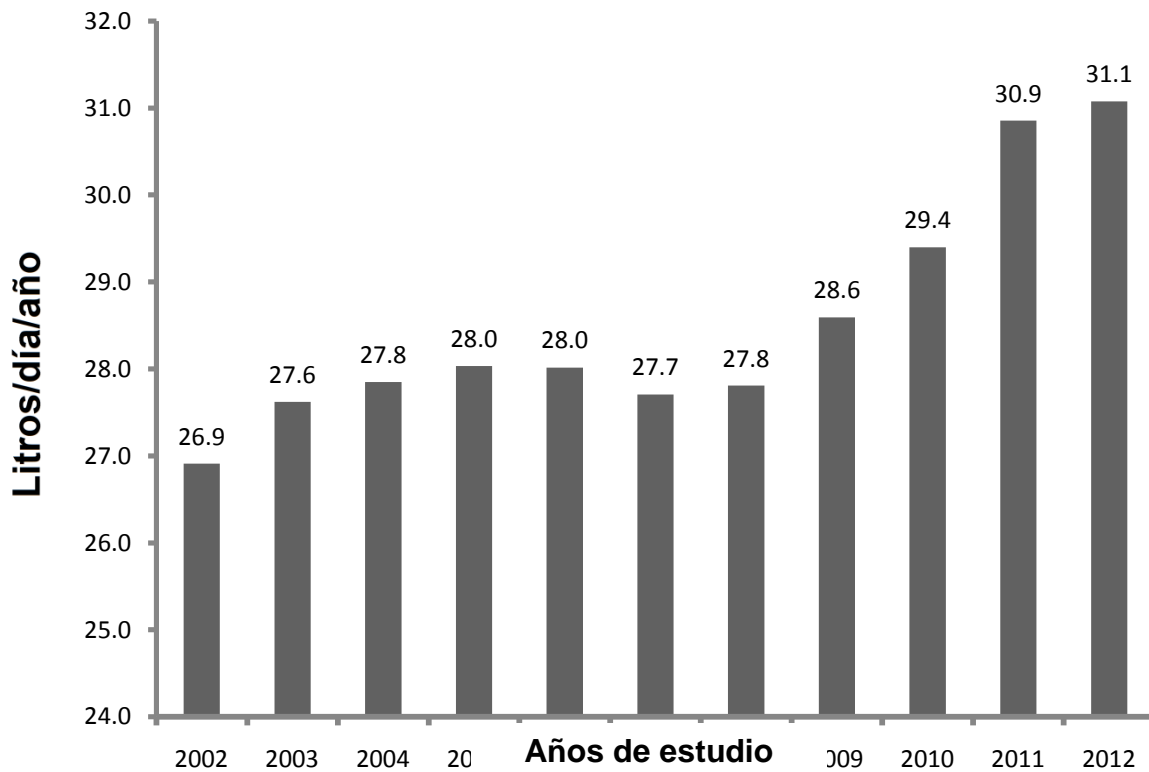
La fertilidad se mantuvo alrededor del $29.3 \pm 0.5\%$ durante los años de estudio de acuerdo a los niveles bajo, medio y alto de producción de leche (Tabla 2).

Tabla 2. Nivel de producción de leche y porcentaje de fertilidad en vacas Holstein en hatos de la Comarca Lagunera de enero de 2002 a diciembre de 2012.

Nivel productivo de las vacas	Producción de leche (l/d)	Fertilidad en vacas (%)
Bajo	26.2 ± 0.3	26.9 ± 1.0
Medio	27.9 ± 0.3	27.4 ± 0.8
Alto	30.0 ± 0.4	33.6 ± 0.9

6.3.- Producción de leche a través de los años de estudio

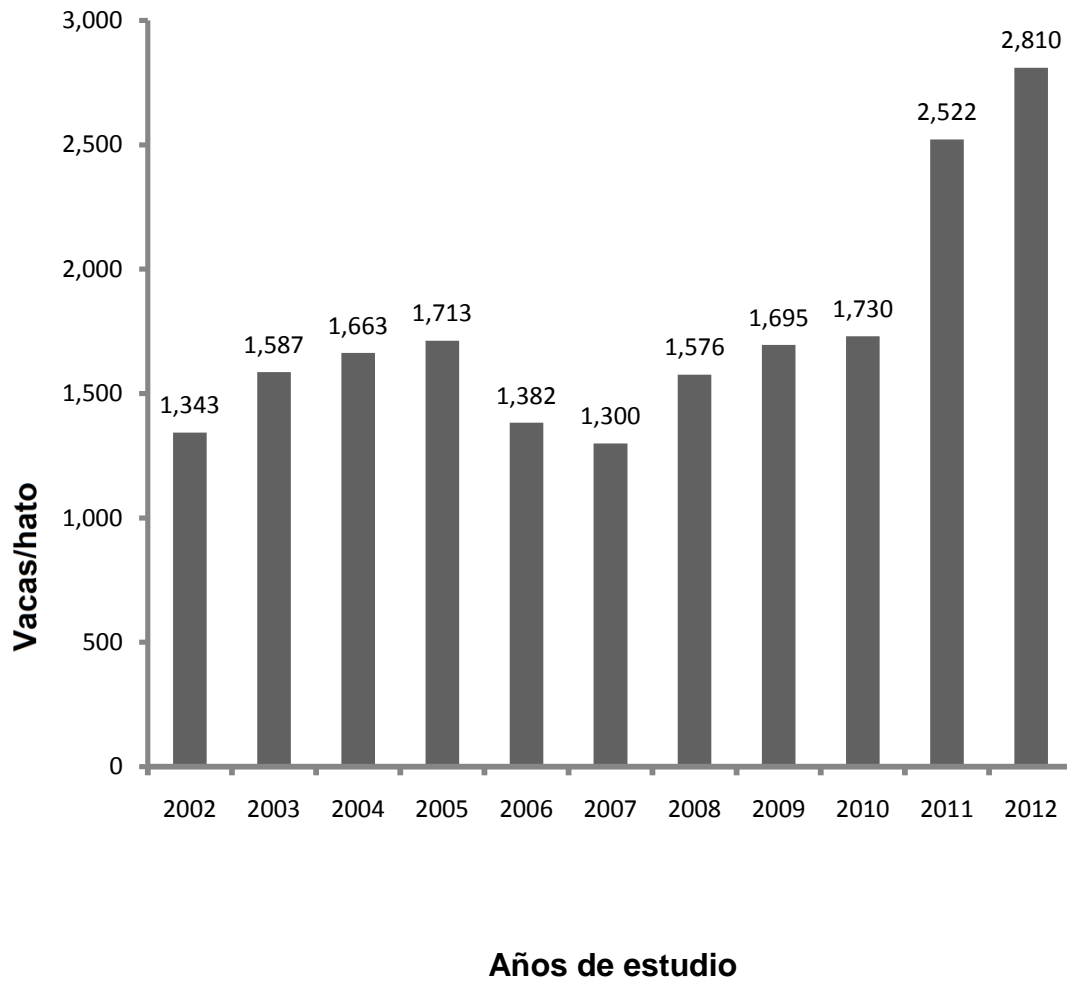
El nivel de producción de leche se incrementó a través de los años de estudio (Gráfica 3).



Gráfica 3. Promedio de producción diaria de leche/día/año en hatos de vacas Holstein en la Comarca Lagunera durante en el periodo comprendido de los años 2002 a 2012.

6.4.- Número de vacas Holstein por hato durante los años de estudio

El número de vacas por hato estudiado varió a través de los años de estudio (Gráfica 4).



Gráfica 4. Promedio de vacas Holstein en los hatos durante los años 2002 a 2012.

VII.- DISCUSIÓN

Los resultados mostrados en la presente tesis indican que las vacas con mayor producción de leche presentan mayor porcentaje de fertilidad. Este hecho se debe muy probablemente al buen manejo que se practica en los hatos lecheros que participaron en el estudio. Estos resultados concuerdan con Lucy (2001) y con Nebel *et al.*(1992) quiénes indican que los hatos con mayor eficiencia en producción de leche generalmente tienen buen desempeño reproductivo. El presente estudio difiere de aquellos que indican que la eficiencia reproductiva en vacas de alto rendimiento lechero ha disminuido en las últimas décadas (De Feu *et al.*, 2009; Lucy, 2001; Sun *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2006). Estos hallazgos concuerdan con Rodríguez *et al.*, (2008) quiénes argumentan que las vacas altas productoras presentan ciclos estrales más cortos, manifiestan menos estros, presentan ovulaciones dobles o múltiples. Estas vacas son candidatas a ser anéstricas. El incremento en la eficiencia reproductiva observada en el presente estudio sugiere que son los resultados globales del buen manejo en la nutrición, la sanidad y las adecuadas estrategias reproductivas. El presente estudio sugiere que el alto nivel de producción lechera no siempre provoca efectos negativos en la fertilidad, lo que parece que, dependen más del conjunto de factores en el hato, así como, del ambiente del sistema de producción. Es evidente que también influyen factores como el confort que se tiene en las instalaciones, en el manejo implementado desde que son becerras hasta que tienen su primera inseminación, así como, a los adecuados programas de nutrición (Rodríguez *et al.*, 2008). Otros factores que influye es el tamaño del hato, así como, la densidad que se tiene en

los corrales de acuerdo al número de vacas por corral (Lucy, 2001). Anteriormente, se consideraba que no había una relación, o más bien, no se relacionaba con el nivel alto de producción de leche y con la fertilidad (Boyd et al. 1954). Estudios realizados antes de 1975 revelaban poca o ninguna relación entre la producción de leche y el rendimiento reproductivo. Sin embargo, recientemente diversos estudios han reportado resultados negativos en el nivel de producción de leche y el comportamiento reproductivo, principalmente en la disminución de la actividad ovárica, y en consecuencia en la disminución de la fertilidad (Nebel *et al.*, 1992).

Algunos productores han adoptado nuevas tecnologías para aumentar la rentabilidad de la explotación lechera. El término manejo de ganado lechero se refiere a cómo se utilizan las nuevas tecnologías en la explotación lechera. Por ello, el nivel de producción está estrechamente relacionado con los factores de manejo (Oleggini *et al.*, 2001). En relación al número de vacas en el hatos, sean clasificado de acuerdo al número de vacas en pequeño (25 a 99), en medio-bajo (100 a 149), medio alto (150 a 299), y grande (mayor que o igual a 300 vacas) (Smith *et al.*, 2000). En la presente investigación se encontraron hatos con promedio de vacas de 1 300 a 2 810 en los hatos de la Comarca Lagunera. Estos resultados están muy arriba a la clasificación llevada a cabo por Smith *et al.* (2000). Por su parte Oleggini *et al.* (2001), señalan que los hatos grandes registran mejores nivel de producción de leche, además indican que no hay diferencia significativa en el desempeño reproductivo entre las categorías en el tamaño del hato.

VIII.- CONCLUSIÓN

Los resultados del presente trabajo sugieren que las instalaciones modernas, el confort y las estrategias de manejo en general en los establos ejercen un efecto positivo en la fertilidad de las vacas en los hatos lecheros. Se concluye que las vacas con nivel alto de producción de leche no disminuye la tasa de fertilidad en los hatos de vacas Holstein de la Comarca Lagunera.

IX.- LITERATURA CITADA

- Berman, A. 2005. Estimates of heat stress relief needs for Holstein dairy cows. *J Anim. Sci.* 83:1377-1384.
- Berry, D. P., Buckley F., Dillon P., Evans, R. D., Rath, M., and Veerkamp, R. F., 2003. Genetic relationships among body condition score, body weight, milk yield and fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 86:2193–2204.
- Boyd, L. J., Seat, D. M., y Olds, D. 1954. Relationship between level of milk production and breeding efficiency in dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 13:89-93.
- Butler, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*, 60:449–457.
- Butler, W. R., Everett, R. W., Coppock, C. E. 1981. The relationships between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 53:742-748.
- Campos, G. R. y Hernández, É. A. 2008. Relación nutrición fertilidad en bovinos. Un enfoque bioquímico y fisiológico. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencia Animal.

- Caraviello, D. Z. 2004. Tópicos de Fertilidad en Vacas de Alta Producción. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin. Novedades Lácteas. Reproducción y Genética No. 611.
- De Feu, M. A., Evans, A. C. O., Lonergan, P., Butler, S. T. 2009. The effect of dry period duration and dietary energy density on milk production, bioenergetic status, and postpartum ovarian function in Holstein-Friesian dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92: 6011–6022.
- Dematawewa, C. M. B., Berger, P. J. 1998. Genetic and phenotypic parameters for 305-day yield, fertility, and survival in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 81:2700–2709.
- Dobson, H., Smith, R. F., Royal, M. D., Knight, C. H., Sheldon, I. M. 2009. The high producing dairy cow and its reproductive performance. *Reprod. Domest. Anim.* 42: 17–23.
- FAO.2014. Producción y productos lácteos. Consultado el 4 de junio de 2014. Disponible en <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/es/#.U485R3J5Nn8>
- Grohn, Y. T., Rajala-Schults, P. J. 2000. Epidemiology of reproductive performance in dairy cows. *Anim. Repro. Sci.* 60-61:605-614.
- Hafez, E. S. E. Y Hafez, B. 2000. Reproducción e inseminación artificial en animales. Séptima edición.

- Hernández, C. J., Ortega, A., Fernández, I., Raigoza, G. y Montaldo, H. 2006. Fertilidad y producción de leche de vacas Holstein americanas, australianas y uruguayas en estabulación. Arch. Zootec. 55:289-292.
- Lozano, D. R. R., Vásquez, P. C. G. y González, P. E., 2005 .The effect of heat stress and milk yield on pregnancy rates of dairy cattle under intensive production systems. Téc.Pecu. Méx; 432:197-210.
- Lucy, M.C. 2001. Reproductive loss in high-producing dairy cattle: where will it end? J. DairySci. 84:1277-1293.
- Meléndez, P., Risco, C. 2005. Una buena alimentación optimiza la fertilidad del ganado. Manual de Ganadería Doble Propósito. Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad de Florida, USA.
- Nebel, R. L., McGilliard, M. L. 1992. Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. J. Dairy Sci. 76:3257-3268.
- Ojango, J. M., and Pollott, G. E. 2001.Genetics of milk yield and fertility traits in Holstein-Friesian cattle on large-scale Kenyan farms.J. Anim. Sci. 79:1742-1750.
- Oleggini, G. H., Ely, L. O. y Smith, J. W. 2001. Effect of Region and Herd Size on Dairy Herd Performance Parameters. J. Dairy Sci. 84:1044–1050.
- Pryce, J. E., Coffey, M. P., and Simm, G. 2001. The Relationship between body condition score and reproductive performance. J. Dairy Sci. 84:1508–1515.

- Pryce, J. E., Royal, M. D., Garnsorthy, P. C., Mao, I. L. 2004. Fertility in the high-producing dairy cow. *LivestockProd. Sci.* 86:125-135.
- Ptaszynska, M. 2007. *Compendium de reproducción animal*. Novena edición. pp. 20–105.
- Rhodes, F. M., McDougall, S., Burke, C. R., Verkerk, G.A, Macmillan, K. L. 2003. Invited Review: Treatment of cows with an extended postpartum anestrous interval. *J. Dairy Sci.* 86:1876–1894.
- Roche, J. 2006. The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Anim. Repro. Sci.* 96:282-296.
- Rodriguez, M. H., Hultgren, J., Båge, R., Bergqvist, A. S., Svensson, C., Bergsten, C., Lidfors, L., Gunnarsson, S., Algers, B., Emanuelson, U., Berglund, B., Andersson, G., Håård, M., Lindhé, B., Stålhammar, H. and Gustafsson, H. .2008. La eficiencia reproductiva en vacas lecheras de alta producción: ¿Es sostenible con las prácticas de manejo actuales?. *IVIS Reviews in Veterinary Medicine*, I.V.I.S. (Ed.). *International VeterinaryInformationService*.
- Román, P. 1978. Efecto del stress térmico sobre la fertilidad del ganado bovino. *CienciasVeterinarias*.
- Rosenberg, M., Folman, Y., Herz, Z., Flamenbaum, I., Berman, A. and Kaim, M. Effect of climatic conditions on peripheral concentrations of LH,

progesterone and oestradiol-17 beta in high milk-yielding cows. J. Reprod. Fert. 66:139- 146.

Rúgeles, P. C. 2001. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en bovinos. MVZ Córdoba; 6:(1), 24-30.

SAGARPA. 2010. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2010. Coordinación General de Ganadería. Claridades agropecuarias No. 207. Consultado el 4 de junio de 2014. Disponible en <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>

Secretaría de Economía. 2012. Análisis del sector lácteo en México. Dirección general de industrias básicas. Consultado el 4 de junio de 2014. Disponible en <http://www.economia.gob.mx/>

SEMARNAT, 2014. Programa para Mejorarla Calidad del Aire en la Región de la Comarca Lagunera 2010-2015. Consultado el 13 de junio de 2014. Disponible en <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/calidaddel aire>

SIAP. 2013. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Boletín de leche enero–marzo de 2013. Consultado el 4 de junio de 2014. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/>

Smith, J. W., Ely, L. O., Chapa, A. M. 2000. Effect of region, herd size and milk production on reasons cows leave the herd. J. Dairy Sci. 83:2980–2987

Stevenson, J. S. and Call, E. O. 1988. Reproductive disorders in the periparturient Dairy Cow. *J. Dairy Sci.* 71:2572-2583.

Sun, C., Madsen, P., Lund, M. S., Zhang, Y., Nielsen, U. S. and Su, G. 2010. Improvement in genetic evaluation of female fertility in dairy cattle using multiple-trait models including milk production traits. *J. Anim Sci.* 88:871-878.

West, J. W. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *J. DairySci.* 86:2131–2144.