



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC**

**LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

---

---

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE INDICADORES  
REPRODUCTIVOS DE VACAS HOLSTEIN Y SU EFECTO  
PRODUCTIVO EN UN SISTEMA SEMI-INTENSIVO**

**PRESENTA**

**VICENTE SECUNDINO DÍAZ**

**DIRECTOR**

**DR. ANASTACIO GARCIA MARTINEZ**

**ASESORES**

**DR. DARWIN HEREDIA NAVA**

**Dra. RAQUEL MARTÍNEZ LOPERENA**

Temascaltepec, de González. México, mayo de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios.

Porque es él que me ha permitido alcanzar una meta más en mi vida.

Al Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

El cual me brindó la oportunidad de tener una formación profesional de calidad, y además de darme grandes satisfacciones y experiencias durante mi estancia como alumno.

A mis asesores:

Dr. Anastacio García Martínez

Por su incondicional apoyo y su tiempo dedicado además de los conocimientos transmitidos y la ayuda en el trabajo estadístico, ya que sin él no hubiese sido posible realizar esta tesis.

Dr. Darwin Heredia Nava

Por la hospitalidad durante la estancia en Los Altos de Jalisco, además de las enseñanzas y conocimientos obtenidos junto a ellos, lo cual ayudo para que yo fuese un mejor profesionalista.

También se agradece infinitamente al MVZ Alejandro Ruiz Nuño y a la empresa Avicar de Occidente SA. De CV. Por permitir el acceso a la información del hato Doña vaca y poder realizar la base de datos utilizada para el estudio en indicadores productivos del ganado lechero.

## RESUMEN

En México la producción de leche es heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico. Tiene gran importancia en la industria de alimentos y en la economía y rentabilidad de la UP, aunque se puede limitar por factores relacionados con las vacas. El objetivo del estudio fue evaluar los indicadores reproductivos de vacas lecheras Holstein y su efecto sobre la producción de leche en un hato lechero en los Altos de Jalisco. La información se obtuvo de los registros individuales de 380 vacas en producción de 2008 a 2017. Mediante estadística multivariante se analizaron 17 indicadores; un Análisis Factorial por el método de Componentes Principales (ACP) para reducir información y un Análisis Clúster Jerárquico para la clasificación de vacas en función de su estado fisiológico (AC) y un análisis de Correlación de Pearson Finalmente, una Regresión Lineal Simple sobre 6 indicadores. Del ACP se obtuvieron cuatro factores que explicaron 90.2% de la varianza total del modelo. Del AC, se obtuvieron cuatro grupos: G1; vacas próximas al secado, G2; vacas en estado avanzado de gestación, G3; vacas jóvenes y G4; vacas con problemas reproductivos. Asimismo, se observó una correlación positiva entre “edad de las vacas y producción de leche”, “promedio de días en lactancia y promedio de leche por lactancia” y “número de servicios por concepción y días a última IA”, que indicaron una elevada producción de leche, aunque se afectaron algunos indicadores reproductivos. Se concluye que existe una gran diversidad de vacas en función de su estado fisiológico, existe un bajo porcentaje de vacas altas productoras y un elevado porcentaje de vacas con lactancias cortas y mayor producción individual por día. Sin embargo, la elevada producción de leche provoca i. retraso en la actividad ovárica post-parto, ii. disminuye la tasa de concepción, iii. mayor número de días abiertos y servicios por concepción y iv. largos intervalos entre partos.

Palabras clave: vacas, alta producción, reproducción, altos de Jalisco.



2.3.8.2. Periodo de gestación (DG) .....	28
2.3.8.3. Tasa de reemplazo .....	28
2.3.8.4. Resumen de los principales indicadores reproductivos .....	28
2.4. Factores que intervienen en la fertilidad de la vaca .....	29
2.5. Efecto del balance energético negativo en la reactivación hormonal ovárica posparto temprana .....	29
2.6. Relación entre producción de leche y el desempeño reproductivo .....	30
<b>III. HIPÓTESIS .....</b>	<b>32</b>
<b>IV. OBJETIVOS .....</b>	<b>33</b>
4.1. General .....	33
4.2. Particulares .....	33
<b>V. JUSTIFICACION .....</b>	<b>34</b>
<b>VI. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>35</b>
6.1. Localización de zona de estudio .....	35
6.2. Recolección de información .....	36
6.3. Análisis de la información .....	37
6.3.1. <i>Análisis multivariado</i> .....	38
6.3.2. <i>Análisis de componentes principales (ACP)</i> .....	38
6.3.3. <i>Análisis clúster (AC)</i> .....	39
6.3.4. <i>Análisis de regresión lineal</i> .....	40
<b>VII. RESULTADOS .....</b>	<b>41</b>
7.1. Tipificación vacas lecheras .....	41
7.1.1. <i>Análisis de componentes principales</i> .....	41
7.1.2. <i>Análisis Clúster</i> .....	47
7.1.3. <i>Regresión y correlación de las variables utilizadas en el modelo</i> .....	50
<b>VIII. DISCUSION .....</b>	<b>58</b>
8.1. Tipificación .....	58
8.2. Correlación.....	64
<b>IX. CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>X. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>XI. LITERATURA CONSULTADA .....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Indicadores utilizados para determinar la eficiencia reproductiva en explotaciones lecheras.....	15
Cuadro 2. Momento y punteo recomendado de la calificación de CC en ganado lechero .....	16
Cuadro 3. Índices reproductivos esperados en un hato lechero.....	20
Cuadro 4. Peso y tamaño apropiado de vaquillas al servicio. ....	21
Cuadro 5. Correlaciones fenotípicas y genotípicas entre producción de leche y servicios por concepción (S/C), días abiertos (DA) e intervalo ente partos (IEP) .	31
Cuadro 7. Comunalidades de las variables originales sobre e importancia en el modelo .....	42
Cuadro 8. Factores obtenidos en el ACP y varianza total explicada .....	43
Cuadro 9. Matriz de correlaciones.....	45
Cuadro 10. Características medias de los grupos de caracteres productivos en ganado lechero.....	48
Cuadro 10. Correlación de Pearson en parámetros reproductivos y productivos..	51
Cuadro 10 (Continuación). Correlación de Pearson en parámetros reproductivos y productivos.....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la empresa AVICAR S. A de C.V. en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.....	35
Figura 2. Gráfico de sedimentación para la obtención de nuevos factores. ....	43
Figura 3. Representación de los dos primeros factores en el espacio rotado dimensional. ....	44
Figura 4. Representación de los tres primeros factores en el espacio rotado tridimensional. ....	44
Figura 5. Diagrama de análisis clúster con 380 casos, método de Ward y distancia Euclídea al cuadrado.....	47
Figura 6. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas G1.....	53
Figura 7. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas G2.....	53
Figura 8. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas G3.....	53
Figura 9. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas G4.....	53
Figura 10. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas del hato..	54
Figura 11. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia G1. ....	55
Figura 12. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia G2. ....	55
Figura 13. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia G3. ....	55
Figura 14. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia G4. ....	55
Figura 15. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia del hato. ....	56
Figura 16. Relación lineal en días a última IA y número de servicios G1.....	56

Figura 17. Relación lineal en días a última IA y número de servicios G2.....	56
Figura 18. Relación lineal en días a última IA y número de servicios G3.....	57
Figura 19. Relación lineal en días a última IA y número de servicios G4.....	57
Figura 20. Relación lineal en días a última IA y número de servicios de hato.....	57

## I. INTRODUCCION

Por su alto valor nutritivo la leche es uno de los alimentos esenciales para la alimentación humana. Su creciente consumo en México y en el mundo se debe a que es una de las fuentes de proteína económicamente más accesibles. Por lo tanto la leche es de mayor demanda en la población de bajos recursos (García-Hernández *et al.*, 2005). En México la producción de leche es muy heterogénea desde el punto de vista tecnológico, agroecológico y socioeconómico. Además de la gran variedad de climas regionales, tradiciones y costumbres de las poblaciones. Sin embargo la lechería es importante dentro de la industria de alimentos y su crecimiento depende de la producción y disponibilidad de leche a nivel nacional (Secretaria de Economía, 2012). En el país los principales estados productores de leche son Jalisco con 18% del total nacional, la Región Lagunera (Coahuila y Durango) con 21.3%, Chihuahua con 8.8%, seguido por Veracruz, Guanajuato, México, Hidalgo y Puebla (SAGARPA, 2010).

La producción de leche en un hato depende también del desempeño reproductivo individual de cada vaca, debido a que la lactancia se garantiza, una vez que la vaca es diagnosticada como gestante (Lucy, 2001). Por otra parte, la fisiología reproductiva de las vacas lecheras se ha modificado por la selección genética intensiva de más de 50 años, con el firme objetivo de lograr producciones record por lactancia. Esto explica la disminución de la eficiencia reproductiva, por lo que uno de los retos es mantener altos niveles de producción sin afectar los parámetros reproductivos. Hoy en día se ha demostrado que existe una relación antagónica entre producción de leche y el desempeño reproductivo (Nebel y MacGilliard, 1992). La disminución de la fertilidad en vacas Holstein no solo es consecuencia del mejoramiento genético sino también a causas multifactoriales. Entre ellos los cambios fisiológicos, una nutrición inadecuada, un deficiente manejo reproductivo, factores biológicos (enfermedades) y las condiciones de bienestar deficientes (Galligan, 1999).

La eficiencia reproductiva es necesaria para lograr alta producción de leche, si esta es deficiente tendrá efecto directamente en la rentabilidad de la UP. Una de las causas son los amplios periodos de IEP, lo cual da resultado a que las vacas produzcan menos leche y nazcan menos crías por año (Prynce *et al.*, 2004). Un incremento en el porcentaje de desechos por problemas de infertilidad aumenta los costos de operación como el uso de semen, tratamientos por enfermedades, etc. Un elemento clave para mantener una eficiencia reproductiva alta es mediante una elevada tasa de vacas inseminadas y buen manejo reproductivo para aumentar la fertilidad (Roche, 2006).

Mediante la actual situación productiva y reproductiva del ganado lechero. Es importante realizar trabajos complementarios y un estudio detenido que determinen las deficiencias actuales en los parámetros productivos y reproductivos del hato (Gamarra, 2001). El análisis de información productiva debidamente registrada, ayuda a encontrar estrategias de manejo que permitan mejorar la productividad de la UP. Para aumentar la eficiencia, es importante incorporar nuevas prácticas, y la utilización de biotecnologías. Como la IA, la transferencia de embriones, la sincronización de celos, cobrando especial importancia el mejoramiento genético y un manejo reproductivo eficiente (García, 2004). Por ello surge la necesidad del estudio de variables de los indicadores productivos. Esto servirá para identificar la relación existente entre el comportamiento de los parámetros reproductivos con la producción de leche en un sistema Semi-intensivo en los Altos de Jalisco. Además de ayudar al ganadero para que conozca la situación actual del hato, y dar solución a los problemas existentes.

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Situación de la producción de leche en Jalisco**

Durante el período 2016, la producción nacional de leche alcanzó 8 mil 634 millones 923 mil litros de leche (1.7% más que en el 2015). El aumento de producción fue de 147 millones 504 mil litros, el cual fue atribuido a los estados de Coahuila, Chihuahua, Jalisco y Guanajuato (SIAP-SAGARPA, 2016). Además de esto se estimó un censo nacional de 2 mil 457 millones 683 mil cabezas de ganado lechero. Estas vacas fueron ordeñadas bajo distintos tipos de tecnificación a lo largo y ancho del país (SIAP-SAGARPA, 2016).

El estado de Jalisco constituye la mayor cuenca productora de leche en el país, produciendo 3.5 millones de litros de leche al día. La raza Holstein Frisian es la más utilizada en esta región, explotándose principalmente en sistemas intensivo, semi-intensivo y familiar (UGRJ, 2017). El censo ganadero lechero de la entidad durante 2014 fue de 995 mil 298 cabezas. Durante el año 2016, el estado aportó a la producción nacional 2, 228, 482 toneladas de leche (SAGARPA-OEIDRUS – Jalisco, 2016). Los municipios de Encarnación de Díaz, Tepatlán de Morelos, San Juan de los Lagos, Lagos de Moreno, San Miguel el Alto, Tototlán y Arandas, los principales municipios productores (SAGARPA-OEIDRUS – Jalisco, 2015).

La producción lechera ha sido una de las grandes áreas del desarrollo en el país. Resultado del mejoramiento genético, logros en la producción de leche, variación en la composición química y el avance en la nutrición para atender los requerimientos de los altos volúmenes de leche por vaca. Además de las innovaciones tecnológicas, uso de biotecnologías para la optimización de la producción y la reproducción, que han hecho que la lechería sea rentable (Campos et al., 2015).

## **2.2. Ganado especializado productor de leche**

Se define como raza lechera al grupo genético de vacas que pueden producir por lo menos el equivalente a ocho veces su peso en leche líquida (Gasque y Ávila, 2005). Las razas lecheras europeo y las desarrolladas en los Estados Unidos de América y Canadá (*Bos Taurus*) son animales que han sido seleccionados para tener aptitudes y méritos productivos, bajo condiciones ambientales de confort (Hafes, 2002).

Bajo estas condiciones, la vaca en su primera lactancia produce alrededor del 70% a 75 %, en la segunda 90% y en la tercera 95%, a partir de este parto alcanza un 100% de su rendimiento lechero (Ensminger, 1977). Así mismo, algunos factores ambientales y genéticos influyen en el proceso productivo y reproductivo. En este tenor, la herencia participa en la transmisión de la fertilidad (10% a 20%). El 80 al 90% restante corresponde a la acción del medio ambiente, pero sobre todo de la alimentación y nutrición de la vaca, cuya influencia puede alcanzar hasta un 60% de este subtotal (Mosquera, 1985).

## **2.2.1. Factores que influyen en la producción de leche**

### 2.2.1.1. Ciclo estral

El ciclo estral es el ciclo reproductor de la vaca. Su conocimiento es fundamental para interferir en él con diferentes fines, tales como: mejorar la reproducción animal o tratar diversas patologías que están muy relacionadas con estadios hormonales específicos en ciertos momentos del ciclo. El ciclo estral de la vaca se repite cada 21 días en promedio, aunque su duración real depende del número de oleadas foliculares. Ciclos de tres oleadas tienen una duración entre 22 y 23 días y, los ciclos de dos oleadas una duración entre 19 y 20 días. Por lo anterior, se tiene un promedio de 21 días. Una oleada folicular es el inicio del desarrollo de un nuevo grupo de folículos dentro de los ovarios. A diferencia de otras especies, en la vaca pueden presentarse a la mitad del ciclo (específicamente en el Diestro) cuando las condiciones hormonales no son aptas para que la ovulación se presente y los folículos no terminan de desarrollarse y ninguno es ovulado y mueren (atresia folicular). Sólo la oleada de folículos crecientes que coincida con las condiciones hormonales que se dan durante el Proestro, será la última oleada del ciclo, que es la que finalmente consiga que uno de estos folículos se desarrolle lo suficiente como para terminar en ovulación.

Los ciclos estrales sin señales de conducta de celo, se consideran como silenciosos. Por otro lado, los primeros celos se presentan sin ovulación. La frecuencia de estos, menguan a medida que las vaquillas tienen más ciclos, debido a que aún no son lo suficientemente grandes, por lo que no deben servirse cuando alcanzan recientemente la pubertad (Harrison, 1990).

Por la variación en los celos de las vacas, se debe llevar un registro con fechas exactas para que se puedan anticipar celos futuros. La primera señal de celo es la permanencia en pie de la vaca para ser montada por otra vaca. Esta conducta está directamente ligada con la ovulación, que ocurre 26 a 30 horas después del inicio del celo. Las señales secundarias son la descarga de mucus, enrojecimiento de la vulva, nerviosidad y monta a otras vaquillas. Estas señales pueden presentarse antes, durante y después de los períodos de celo verdaderos. Sin embargo, estas señales no se relacionan con la

ovulación e indican que la vaca está cerca de su período de celo y se debe vigilar estrictamente hasta visualizar una conducta estral típica (Harrison, 1990).

La mayoría de las vacas tienen una descarga sangrienta 48-72 horas después del comienzo del celo. Esta hemorragia, es llamada metaestro sangrante y es causada por la ruptura de pequeños vasos sanguíneos en el útero. El flujo aumentado de la sangre y los efectos de la estimulación estrogénica causa que los vasos se rompan. El metaestro sangrante no es una condición anormal, este indica que el celo ha ocurrido y que se debe vigilar la vaca para otro celo en aproximadamente 18 días (Harrison, 1990).

#### 2.2.1.2. Duración de la lactancia

La lactancia considera un periodo de diez meses (305 días) de ordeño. Asimismo, un parto por vaca-1 e intervalo entre partos (IEP) de 12 a 13 meses. Esta ciclicidad asegura la producción óptima de la vaca bajo condiciones de clima templado. Largos intervalos entre partos, a pesar de aumentar la producción de leche por lactancia, disminuye la producción en la vida productiva de la vaca (Caballero y Hervas, 1985). La producción de leche en forma individual durante la lactancia, es el resultado del eficiente manejo del hato. Al mismo tiempo, permite identificar el potencial productivo individual y general de hato y, que el ganadero tome decisiones concisas que contribuyan en mayores beneficios (Keown *et al.*, 1986).

La cantidad de leche que produce una vaca aumenta con el número de partos, lo que se debe en parte, al aumento de peso, que se traduce en un sistema digestivo sano y una glándula mamaria más voluminosa. Los efectos de la preñez sobre la producción de leche se manifiestan hasta el séptimo mes (Schmidt y Van Vleck 1975).

#### 2.2.1.3. Reproducción y eficiencia reproductiva

Los principales factores que afectan la reproducción son la salud y la fertilidad de las vacas, así como el manejo reproductivo en la inseminación artificial (IA), como lo destacó Laing *et al.* (1991). Las condiciones climáticas también afectan la reproducción del ganado lechero (Pardini, 2006).

Dentro del manejo de las vacas, las labores que requieren mayor tiempo y atención: detección de celos, control de peso o condición corporal al empadre, la habilidad del inseminador y, el almacenaje y manejo del semen antes y durante la IA (Pardini, 2006). Considerando todos los factores descritos, la reproducción es un tema multifacético y su éxito demanda mucha experiencia por parte del productor, debido a esto se utiliza el término de eficiencia reproductiva. Una eficiencia en progreso debe de alcanzar los máximos logros en la UP. De lo contrario, se vería afectado directamente el desempeño reproductivo durante el periodo de vida de la vaca en el hato (Cavestany, 2000).

Con base en lo anterior, Cavestany (2000) indicó que la eficiencia reproductiva, depende en “gran medida del logro biológico neto de toda la actividad reproductiva”. Además representa el efecto integrado de todos los factores involucrados, celo, ovulación, fertilización, gestación y parto. Conocer los fundamentos de la eficiencia es útil, puesto que permite conocer la proporción de hembras del hato que efectivamente quedan cubiertas durante el año (Hafez, 1996). También enfatiza que, lo ideal es que todas las hembras tengan un parto y una lactancia anual. El registro de los principales eventos y control de datos, para valorar la fertilidad, es una condición esencial. Para lograr una eficiencia reproductiva adecuada, se requiere del trabajo conjunto del personal implicado en el manejo y gestión de las vacas en la UP (Rothe, 1974).

Los índices más utilizados para el control de la eficiencia reproductiva y de fertilidad más importantes, se muestran el Cuadro 1. En el mismo Cuadro, se registra la clasificación según su duración.

Cuadro 1. Indicadores utilizados para determinar la eficiencia reproductiva en explotaciones lecheras

Índice	Clasificación		
	Deficiente	Buena	Meta
Intervalo entre partos (meses)	13.5	13	12.5
Lapso parto preñez (días)	130	100	90
Lapso parto primer servicio (días)	90	80	70
Servicios por concepción	2.0	1.8	1.6
Edad al primer parto (meses)	27	26	24

Fuente: (Gallegos, 2007).

La mayoría de las explotaciones tiene registros sistemáticos tanto de aspectos productivos como reproductivos. Es necesario disponer de esta información para garantizar la confiabilidad de los resultados de la producción e indican el desempeño del hato lechero (Mónica B., 2014). Asimismo, resaltan si el hato lechero está cumpliendo con los objetivos de la empresa y las deficiencias que se deben corregir.

#### 2.2.1.4. Efecto de la condición corporal sobre la fertilidad del ganado lechero

Existe una fuerte interacción entre la condición corporal (CC) y la reproducción. La evaluación de la condición corporal en períodos clave (secado, parto, servicio) además de ser una excelente herramienta para el monitoreo nutricional, permite detectar las fallas en la concepción (González, 2004).

Las reservas corporales de la vaca lechera se determinan por un procedimiento conocido como calificación de la CC. Esta evaluación incluye las vacas al secado, al momento del parto, al pico de la producción y a la mitad de la lactancia. El rango de la condición corporal va de uno hasta cinco puntos. La calificación 1 se le asigna a la vaca que se encuentra extremadamente flaca, mientras que 5 se le asigna a la vaca que está excesivamente gorda (González, 2004; Saavedra, 1998). En el Cuadro 2, se muestra las calificaciones recomendadas de CC de acuerdo al estado productivo de la vaca.

Cuadro 2. Momento y punteo recomendado de la calificación de CC en ganado lechero

Momento de calificación	Punteo deseado
Al secado	3.8
Al parto	3.9
Al pico de la producción	2.2
A media lactancia	2.6

Fuente: (Saavedra, 1998).

La lactancia de las vacas provoca un aumento en los requerimientos de glucosa, esto sucede por los cambios en el metabolismo corporal para cumplir con la producción láctea (De Feu *et al.*, 2009). Las reservas corporales de la vaca se llevan a cabo a través del depósito de tejido graso en zonas anatómicas estratégicas del cuerpo. Estas zonas son la base de la cola, la zona de la pelvis o caderas, las vértebras lumbares y las costillas (evaluación visual y táctil de las reservas de grasa en estas regiones anatómicas). La estimación de la CC se ha utilizado como una herramienta estandarizada que permite evaluar el nivel de nutrición (Meléndez y Risco, 2005) y un método subjetivo para determinar el grado de reservas en la vaca lechera.

El nivel de CC en 5 puntos (gordura) al iniciar la lactancia, pueden afectar al reinicio de los ciclos estrales y el éxito reproductivo. El cambio de CC durante las primeras semanas de lactancia indica la magnitud en la carga metabólica y el déficit de energía para mantener la producción láctea (Pryce *et al.*, 2001). La fertilidad esta correlacionada con el peso vivo, los cambios de peso y de CC y que en condiciones extremas, afectan el ciclo reproductivo de la vaca (Rugeles, 2001). La pérdida de CC durante el posparto es normal debido a que los requerimientos son mayores a los aportes ofrecidos en la dieta y al nivel de consumo de la vaca. Por lo anterior, la vaca moviliza sus reservas corporales para cubrir la deficiencia en la dieta y en el consumo de alimento. Si la CC al parto es extremadamente baja el animal no podrá expresar su máximo potencial productivo. Por otro lado si es excesivamente alta (obesidad) el animal tendrá problemas al parto, consumirá menos alimento y sufrirá enfermedades metabólicas como hígado graso y cetosis (Meléndez y Risco, 2005).

El reinicio de la actividad ovárica postparto esta correlacionada con la CC al momento del parto, de esta manera las vacas con CC mayor o igual a 2.5 presentan su celo en menor tiempo (Rugeles, 2001). Las vacas que llegan al parto con CC muy alta consumen menos alimento al inicio de la lactancia, recurriendo a la movilización de sus reservas corporales, por lo que pierden mucho más peso después del parto. En consecuencia tardan más en reiniciar su actividad ovárica postparto y las hace más susceptibles a enfermedades metabólicas (Rugeles, 2001).

#### 2.2.1.5. Factores que intervienen en la persistencia de la lactancia

Para lograr mantener un hato lechero en desarrollo es necesario el estudio del comportamiento productivo de la vaca lechera. La producción de leche depende de la gestación y la secreción de leche se inicia con el parto. La curva de lactancia representa la producción de leche a lo largo del ciclo productivo (305 días). El pico de lactancia es definido como el nivel más alto de producción de leche que una vaca alcanza dentro de los primeros 90 días de lactancia. Después del parto la producción incrementa rápidamente hasta alcanzar el pico e inmediatamente después de lograrlo desciende gradualmente hasta llegar al final de la lactancia. La persistencia se refiere a la tasa de descenso en la secreción de leche a partir del pico de producción. La persistencia tiene relación con la habilidad de la vaca para mantener niveles elevados de producción después de haber alcanzado el pico de producción. Es indiscutible que el factor genético, el pico de producción y la persistencia de la lactancia son influenciados por diversos factores, principalmente el balance nutricional (inadecuado balance de la dieta), el estatus sanitario (mastitis) y/o al ambiente de producción del hato (estrés, e instalaciones inadecuadas) (Bretschneider *et al.*, 2015). La producción de leche por día decrece conforme se incrementan los días abiertos (DA). Esto es porque las lactancias son más largas y la producción de leche de los días extras es menor. Los DA afectan los días secos y la persistencia de la producción después del pico de la lactancia. La persistencia en vacas de primer parto es menos afectada por los DA que en vacas con más de un parto (Estrella, 1996).

#### 2.2.1.6. Factores que afectan la productividad del ganado lechero

Los sistemas de producción de leche con animales de la raza Holstein, están limitados en su nivel de producción por factores tanto genéticos como ambientales. Las condiciones del medio ambiente afectan de manera considerable el comportamiento productivo; disminuyendo la producción de las vacas, condicionando su manejo y limitando la expresión del potencial genético. La producción de leche, por vaca-1 es afectada de manera directa o indirecta. Entre los factores ambientales de mayor efecto en el comportamiento de la raza Holstein se mencionan la disponibilidad y calidad de los alimentos, trastornos fisiológicos, patologías y el clima. Las variaciones estacionales que se manifiestan año con año y el número de lactancia representan factores importantes a considerar en el análisis del comportamiento de las vacas en el hato lechero (Melinda *et al.*, 2002).

#### 2.2.1.6. Principales indicadores productivos

Entre los indicadores productivos más comunes, se encuentran la producción de leche por vaca-1 mediante la curva de lactancia, la duración de la lactancia medida en días de lactancia (DEL). Esta va del parto hasta que la vaca es secada y pasa a ser improductiva por decisiones de manejo (Keown *et al.*, 1986). Otros indicadores, son los días en lactancia al pico de la lactancia (DEL al pico), considerado como el periodo que transcurre desde que comienza una lactancia hasta el momento que se expresa la máxima producción de leche. Los litros al pico de lactancia (L al pico) indican los litros totales que se producen en el momento o día en que se expresa la máxima producción de leche. Los litros acumulados por lactancia, se refiere a los litros producidos en una lactancia (duración de una lactancia promedio) (Keown *et al.*, 1986).

El bajo desempeño productivo como reproductivo se traduce en pérdidas económicas para la UP, debido a la relación directa entre los indicadores productivos y reproductivos con la rentabilidad de la actividad lechera (Campos *et al.*, 1995; De Vries *et al.*, 2010). El costo de un día adicional de vaca vacía o bien el costo de una no preñez, un reemplazo o un aborto, son valores imprescindibles para el monitoreo y evaluación del hato. Lograr

parámetros productivos y reproductivos adecuados, favorecerá la rentabilidad de la UP (Cabrera y Giordano, 2010; De Vries, 2006).

Para tomar buenas decisiones de manejo y lograr lo anterior, es necesario hacer un monitoreo rutinario y consistente con mediciones precisas de los indicadores antes mencionados para reducir los días improductivos y mejorar la sostenibilidad del hato. El objetivo principal de una UP es contar con el mayor número de vacas preñadas en el menor tiempo posible, para garantizar la producción de leche y los ingresos para la UP (Ferguson y Galligan, 1993; Lucy *et al.*, 2004).

#### 2.2.1.7. Importancia de los registros reproductivos y productivos

Los registros brindan información para el control de la producción y reproducción de cada vaca, de modo que se puedan calcular los principales indicadores para conocer la situación actual y real del hato. Estos deben permitir un análisis periódico de los diferentes parámetros (Lara *et al.*, 2002). Los registros de reproducción son tan esenciales como los de producción de leche ya que representan el único medio por el cual se puede diagnosticar y reducir la infecundidad (Ensminger, 1977). Es frecuente encontrar en hatos lecheros, vacas que no producen por tener problemas reproductivos, periodos de lactancia cortos y baja producción lechera. Los registros son una herramienta para eliminar las vacas que perjudican la UP (Arévalo, 1999). En la mayoría de las ocasiones, es preferible tener pocos animales con alta producción de leche que muchos animales con bajo rendimiento (Mellisho, 1998). La finalidad de los registros es dar al ganadero la información detallada de las vacas de forma individual, del hato en general y para hacer proyecciones a futuro. La utilización de registros adecuados para tomar decisiones administrativas puede convertir muchas operaciones deficitarias en lucrativas (Martínez *et al.* 2016).

### **2.3. Indicadores reproductivos de vacas lecheras y su importancia en la UP**

Los indicadores reproductivos son esenciales y permiten identificar las áreas que pueden ser mejoradas (identificar problemas en etapas tempranas), establecer metas, monitorear los progresos (Olivera, 2001; Wattiaux, 2004). Asimismo, para la toma de decisiones en

la viabilidad económica de la UP (Galligan, 1999). En el Cuadro 3, se muestran los principales índices reproductivos con sus valores óptimos y rango aceptables.

Cuadro 3. Índices reproductivos esperados en un hato lechero

Índice reproductivo	Valor optimo	Rango aceptable
Edad al primer servicio (meses)	15	13 – 15
Edad al primer parto (meses)	24	22 – 24
Intervalo parto – primer servicio (días)	55	55 – 65
Intervalo parto – concepción (días)	≤ 85	55 – 85
Intervalo entre partos (meses)	12	12 – 13
Intervalo parto – primer celo (días)	35	35 – 40
Número de servicios por concepción (NSPC)	≤ 1.6	1 – 1.6
Tasa de concepción al primer servicio (%) en vaquillas	65 – 70	≥ 70
Tasa de concepción al primer servicio (%) en vacas	50 – 60	≥ 60
% de vacas repetidoras	≤ 10	10 – 12.5

Fuente: Galligan, 1999.

Según Olivera (2001), las vacas deben ser evaluadas a partir del record individual de sus índices productivos y reproductivos. Para ello, es necesario registrar los principales eventos de forma adecuada y constante.

En la actualidad, el manejo de la información de los parámetros reproductivos se realiza mediante sistemas computarizados. De esta manera, se pueden planificar futuras intervenciones sobre problemas específicos, debido a que estos sistemas computarizados, identifica los hechos, colecta y analizan, los principales eventos, para su posterior interpretación y emisión de recomendaciones para las UP en específico (Parreño, 1991).

Estas actividades permitirán al productor manejar eficientemente la UP (González, 2004; García, 2004). Las decisiones sobre la UP deben tomarse en función de la productividad y rentabilidad de cada vaca de manera individual (Hillers, *et al.* 1984). Es evidente que la información que se analiza y desprende sobre la explotación lechera se convierte en herramienta indispensable para su desarrollo (Pacheco, 2010).

### **2.3.1. Madurez sexual para primer servicio y edad al primer parto**

En la crianza de ganado lechero, las hembras tienen que alcanzar la madurez corporal precozmente con el fin de incorporar animales jóvenes en el hato productor (Sewalem *et al.*, 2008). Una vaquilla Holstein está lista para ser servida cuando pesan de 350 a 360 kg y midan 1.25 m de altura a una edad de 12 o 13 meses (Weigel, *et al.*, 2003). En otras palabras, cuando alcanza la pubertad y exhibe conducta sexual normal y, existe una ovulación (descarga de un huevo del ovario). Los ovarios deben ser capaces de responder a los estímulos de las hormonas esteroidales (estrógeno y progesterona), mismas que fungen como responsables del normal desarrollo folicular y de la regulación del ciclo estral. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la pubertad está estrechamente relacionada al peso corporal que a la edad (Haeussler, 1985; Robles-Ross, 1991). Las vaquillas lecheras alcanzan la pubertad cuando el peso corporal es el 30 % al 40 % del peso adulto promedio. La edad óptima para servir las es a los 13-15 meses de edad, si y solo si, se les proporciona una alimentación adecuada y cumple con sus requerimientos nutricionales (Osoro, 1986). Cuanto antes se pueda inseminar, mayor será el rendimiento lácteo a lo largo de la vida útil del animal (Osoro, 1986). En el Cuadro 4 se observan el peso apropiado y el tamaño para el servicio de las vaquillas lecheras.

Cuadro 4. Peso y tamaño apropiado de vaquillas al servicio.

Raza	Peso corporal (libras)	Perímetro torácico (pulgadas)
Jersey	500 a 600	58 a 60
Ayrshire y Guernsey	650 A 700	61 A 63
Suizas y Holstein	750 a 800	64 a 66

Fuente: Osoro, 1986.

El objetivo es que las vaquillas tengan su primer parto a los 24 meses de edad y luego una cría cada 12 meses (Gay, 2000). De esta manera, se maximizará la producción de leche durante el periodo de vida de la vaca. Bajo este esquema, las vaquillas de raza Holstein, parirán por primera vez, cuando alcancen entre 522 y 544 kg (Ferguson, 1995).

Uno de los factores que afectan la economía del hato lechero, es la avanzada edad al primer celo y por lo tanto al primer parto (Moreira, 1992). Por lo anterior, se requiere que las vaquillas presenten un buen crecimiento, peso y tamaño corporal a edades adecuadas (Keown *et al.*, 1986).

El primer parto a edades tempranas tiene varias ventajas: reduce la vida no productiva de las vaquillas (nacimiento a la primera lactación), mayor beneficio económico por la venta de leche, se cuenta con más vaquillas de reemplazo y, se reduce el intervalo intergeneracional y se obtiene mayores índices en el mejoramiento genético (Fonseca, 1983; Ortíz *et al.* 1991). En este sentido, el primer parto se correlaciona positivamente con la producción lechera. Mientras más se incrementa el tiempo al primer parto (más de 25 meses) el ingreso neto por vaca decrecerá y el costo de la producción se incrementaba (González, 1988; Moreira, 1992).

En la mayoría de las UP, estos objetivos no se cumplen, debido a que los ganaderos consideran a la crianza de la recria como si fuera un gasto. Lejos de ello, la crianza de hembras para reemplazo es una inversión ya que se está criando hembras que reemplazaran a las vacas de desecho (Olivera, 2001).

### **2.3.2. Intervalo parto primer celo (IPPC)**

La primera ovulación posparto (IPPC) es uno de los parámetros que se ha correlacionado con la fertilidad. Biológicamente el primer celo puede ocurrir de los 14 a 22 días después del parto. En las vacas en sistema de ordeña mecanizada puede variar entre 20 y 86 días (Lamming y Darwash, 1998). Los signos del primer celo son muy pobres, la tasa de concepción mejorara durante el tercer celo a los 50 o 60 días. La rápida reanudación del ciclo estral después del parto es importante para incrementar la eficiencia reproductiva del hato (Marini *et al.*, 2004).

Un factor que se manifiesta en la eficiencia reproductiva es el retraso en la ovulación. Esto sucede por las concentraciones bajas de estradiol con relación a LH (Rhodes *et al.*, 2003). Además, con la reducción de la tasa de concepción y preñez. En consecuencia, se observa un incremento en los días abiertos, sobre todo en vacas que han mostrado más de un estro antes de la IA, en comparación con las vacas IA en el primer estro (Thatcher y Wilcox, 1973; Macmillan y Clayton, 1980; Darwash *et al.*, 1997). Uno de los principales factores en este problema, es la ineficiencia en las UP para detectar celos de las vacas (Opsomer *et al.*, 1998).

En México, en el mejor de los casos se identifica el 60% de las vacas en celo y en los casos extremos sólo el 30% (Hernández, 2000). Si se realiza adecuadamente, se mejora el proceso de IA, los parámetros reproductivos y la eficiencia reproductiva del hato (Ramírez y Segura, 1992). La primera ovulación también puede afectarse por los cambios metabólicos que ocurren después del parto. La pérdida de CC de más de 1 punto durante las primeras cuatro semanas posparto, alarga el periodo a la primera ovulación (Cristiani *et al.*, 1993). Para lograr una eficiencia reproductiva es importante que la concepción y la detección de celos estén alrededor del 50% de efectividad. Esto es factible si el 90% de las vacas de un hato bien manejado muestran celo antes de los 50 días post parto (Graves, 1996).

Una estrategia para lograr lo anterior, es la práctica de inseminación AM-PM y PM-AM, de tal modo que las vacas que presentan celo en la mañana son inseminadas en la tarde y las detectadas en la tarde, se inseminan en la mañana siguiente (Segura-Correa *et al.*, 2001). Otra, se relaciona con la aplicación de hormonas, principalmente progesterona para inducir el celo, restablecimiento de la duración normal lútea y mejorar la tasa de preñez (Rhodes *et al.* 2003). Sin embargo, las respuestas al tipo de tratamiento son variables y están relacionadas con el tipo de parto, número de partos, época de parto, condición corporal y en menor grado el sexo de la cría y raza (Aranguren-Méndez *et al.*, 1996).

### **2.3.3. Intervalo parto primer servicio (IPPS)**

El IPPS es el tiempo que transcurre entre el parto y la primera inseminación, este puede variar de 50 a 80 días. Además la variación depende de la involución uterina y los problemas posparto, como son retención placentaria, metritis, piómetra, entre otros (Antúnez, 1994). Este parámetro también está influenciado por la función ovárica posparto, la eficiencia en la detección de celos y manejo cuando se van a inseminar las vacas (Wattiaux, 1998). El número de ciclos previos a la primera inseminación están correlacionados positivamente con la fertilidad (Thatcher y Wilcox, 1973). Se han observado cambios en las características de las fases lúteas de la primera ovulación, de forma que en vacas altas productoras, son más largas (Lara *et al.*, 2002).

El rango para realizar el primer servicio es de 60 a 80 días para el ganado Holstein, considerando el día 85 como el límite (González, 1985). La involución uterina en vacas varía de 26 a 56 días después del parto, con un promedio de 42 a 47 días (Fricke, 2004). El cuerpo lúteo (CL) de la gestación degenera rápidamente después del parto, pero la primera ovulación casi nunca viene acompañada de un celo manifiesto. Generalmente, el intervalo entre el parto y el primer celo varía de 30 a 72 días en vacas lecheras (Stevenson, 1993). El promedio ideal del IPPS es de 61 a 75 días, que es cuando se alcanzan las mayores tasas de preñez (Domecq, 1991). El inicio del ciclo astral de vacas lecheras no empieza sino 3 o 4 semanas después del parto y su fertilidad no alcanza su pico hasta los 60 días post parto. Es por ello que los índices de concepción son menores cuando se inseminan las vacas antes del día 60 después del parto (Stevenson, 1993).

La causa más frecuente del IPPS prolongado es de origen nutricional y está asociado en particular a un déficit energético (Sienra, 2002). Las vacas con un nivel nutricional bajo, ya sea durante la gestación o después del parto. Tienen un retrasado retorno al celo y hacen más frecuentes las ovulaciones silenciosas (Bearden y John, 1982). Por otra parte vacas que tienen problemas al parto y con un balance energético negativo (BEN) severo, reiniciarán ciclos estrales y mostrarán celos más tardíamente (Nebel, 1996).

#### **2.3.4. Días abiertos (DA)**

Este parámetro corresponde al tiempo promedio que va desde el parto más reciente hasta la fecha de servicio en que se consigue la presente preñez confirmada (Sienra, 2002). Los problemas de fertilidad y detección de celo incrementan los días abiertos. Un hato bien manejado puede considerar como meta razonable 90 a 110 días abiertos. Esto significaría llegar a un IEP de 12.2 a 12.8 meses (Stevenson, 1993). Aunque para lograr estos parámetros, se necesita una involución rápida del útero para que pueda volver a gestar una cría (Sienra, 2002). Asimismo, el manejo de la vaca en el periparto (3 a 4 semanas antes y después del parto) es vital para que se cumplan esos términos. En este período se produce una disminución de la ingesta y un aumento de la demanda de nutrientes, por ello que la vaca entra en un balance energético negativo. También hay una disminución de la inmunidad y mayor predisposición a enfermedades. Para prevenir y disminuir los inconvenientes que se presentan durante el periparto hay que manejar tres puntos importantes: i. la condición corporal de la vaca, ii. la dieta de transición en el periparto y, iii. los problemas metabólicos. El IEP depende de los días postparto en que se reinicia el ciclo estral, del número de celos, el porcentaje de detección de los mismos y la fertilidad de cada inseminación (Hernández, 1993; Caldera, 2003).

Si el IEP es menor a 13 meses puede inferirse que no existen problemas de fertilidad en el hato. Para mantener un IEP de 12 meses en un hato lechero, al menos 90 % de las vacas deben mostrar signos de celo en el día 60 post parto y concebir a los 85 días post parto (Hafez, 1987). Las principales causas de IEP largos son la pobre detección de celos, los bajos porcentajes de concepción y los largos periodos de espera voluntarios (PEV). Es decir, esperar mucho tiempo después del parto para empezar a inseminar (Graves, 1996).

Para obtener un progreso exitoso es necesario que las vacas queden gestantes tan pronto como sea posible después de los 60 días (Bath *et al.*, 1986). Mientras más frecuente sea el parto en la vaca, se incrementa la producción de leche. El aumento de los días abiertos alarga el IEP y disminuye la producción de leche e incrementan el costo de alimentación (Pérez, 1982).

### **2.3.5. Número de servicios por concepción (NSC)**

Establece el número promedio de servicios (inseminaciones o cubriciones) requeridos para lograr la preñez. Teóricamente, una cría viva puede obtenerse mediante un solo servicio. Pero en determinados casos hay que inseminar o cubrir un mismo animal más de una vez para lograr un ternero. Un NSC entre 1.5 y 1.6 son normales y por encima de 2 comprometen la producción del hato. De acuerdo con Sienna (2002), para lograr el índice óptimo es necesario obtener una preñez promedio al servicio de 62,5%, obtenido de  $1/1,6 \times 100$ . Un mayor NSC, ocasiona un mayor costo por el manejo reproductivo y por alimentación e IEP más largos. Este incremento también denota inseguridad en la detección de celo, de esta forma algunas vacas pueden ser inseminadas sin estar en estro (Stevenson, 1993).

Para lograr la eficiencia reproductiva en la explotación, la mayor parte de las hembras deben concebir al primer servicio (Robles-Ross, 1991). El NSC aumenta generalmente con la edad de la hembra (Moreira, 1992), por los días de descanso después del parto y los cambios del medio ambiente (Bustamante, 1989). Cuando los servicios por preñez son mayor a 1.7 se puede sospechar de presencia de enfermedades específicas, inadaptabilidad al medio, fallas en la ovulación, celo sin ovulación o catarro genital en la inseminación artificial (Bustamante, 1989; García, 1989; Robles-Ross, 1991).

Las vaquillas inseminadas con una edad menor a 12 meses tienen un menor porcentaje de concepción al primer servicio (Lin *et al.*, 1986). Cuando el número de servicios requeridos para una preñez es de 1.5 - 1.25 se considera que el hato tiene una magnífica fertilidad (De Alba, 1985). El promedio de preñez a la primera inseminación debe ser de 55% y un intervalo entre servicios entre 18 a 24 días. Cuando el periodo abierto excede de 110 días, denota una baja o mala detección de celos (menos del 60%) y como resultado una baja en el porcentaje de preñez (menos del 40%) (Thatcher y Wilcox, 1973).

### **2.3.6. Tasa de concepción al primer servicio**

La tasa de concepción en vaquillas es superior a las de vacas lactantes multíparas debido a que son animales con menos estrés (Mellisho, 1998). Una tasa de concepción baja tiene un impacto económico por concepto de menor producción de leche en vida productiva, menor número de crías, costos extras por concepto de semen, incremento en costos por servicios veterinarios, mayores costos por reemplazo y reemplazos (Sienra, 2002). La pérdida excesiva de condición corporal a la parición se asocia con 15% de fertilidad reducida (Ferguson, 1995). Otro factor de importancia que impide obtener mayores tasas de concepción y por lo tanto mayor eficiencia reproductiva, es un descenso en el porcentaje de detección de celo (De la Sota, 2004). Esta baja eficiencia esta relaciona a la habilidad del operador para detectar las vacas en celo diariamente y para reconocer los signos clínicos del celo (García *et al.*, 2001).

Actualmente existen nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia de detección de celo. Entre las más usadas es la pintura y detectores de presión de monta en la base de la cola, detectores electrónicos de presión de monta en la base de la cola, retajos y animales tratados con esteroides masculinos, medición de la resistencia eléctrica de los fluidos del tracto reproductivo y podómetros (De la Sota, 2004).

### **2.3.7. Intervalo entre partos**

Es el período de tiempo que transcurre entre los partos de cada vaca (Haeussler, 1985; Robles-Ross, 1991). Un retraso en la concepción significa un intervalo mayor entre partos, reduciendo el número de crías por cada vaca acompañado de una menor producción de leche. Se considera óptimo un intervalo entre partos de 12 a 13 meses (González, 1988; Orellana, 1993). El IEP está determinado por el lapso que se deja pasar entre el parto y el servicio efectivo (días abiertos) y la duración de la gestación. La principal forma de tener un IEP adecuado es reduciendo el número de días abiertos (Wattiaux, 1998).

### **2.3.8. Otros indicadores reproductivos que intervienen en la producción de vacas lecheras**

#### 2.3.8.1. Porcentaje de preñez y de hembras que paren

Es un buen indicador del desempeño reproductivo (Middleton, 1999). En general, entre 65% y el 75% de las vacas del hato deben estar preñadas a un tiempo. Si el intervalo entre partos se incrementa, el porcentaje de preñez descenderá (González, 2004).

#### 2.3.8.2. Periodo de gestación (DG)

El periodo de gestación, es el intervalo desde la concepción hasta el parto posterior. En el ganado de raza Holstein, el largo de la gestación es de 279 días en promedio (Valle, 1995; Johanson *et al.*, 2011). Se ha observado que en las vacas Holstein, el periodo de gestación varía en días, esto es ocasionado por condiciones de manejo o ambientales., como variación en la temperatura, humedad relativa o la intensidad de radiación (Ramírez y Segura, 1991; Heins *et al.*, 2010). Así mismo se describe que el número de partos y la duración en la lactancia es un efecto que repercute sobre la gestación (Heins *et al.*, 2010).

#### 2.3.8.3. Tasa de reemplazo

Es la proporción de vacas que se eliminan del hato. Incluye aquellas vacas que tiene dificultades para concebir, enfermedades de la glándula mamaria, baja producción, edad avanzada, abortos, etc. El objetivo del reemplazo es mejorar el promedio de producción de las vacas del hato y disminuir la incidencia de problemas. Se puede remover tantas vacas problema como vaquilla preñadas se tengan para reemplazo. Se ha establecido que en hatos lecheros, esta cifra no debe ser mayor del 10% anual (Hafes, 1985).

#### 2.3.8.4. Resumen de los principales indicadores reproductivos

Para una producción de leche satisfactoria es esencial que se consigan determinados parámetros reproductivos en las vacas. Para lograr esto se debe proporcionar a las vacas una alimentación adecuada a su estado fisiológico, se deben considerar las condiciones ambientales y un manejo general satisfactorio. Estos aspectos son fundamentales, para un desempeño eficiente en la UP (Davis, 1991). Asimismo, se deben considerar

determinados factores de gestión y administración. Algunos ejemplos son el uso de registros precisos de reproducción, programa eficaz de detección de celo, tiempo de inseminación óptimo post-parto y programas de servicios veterinarios eficientes (Arévalo, 1999). La eficiencia reproductiva en términos económicos, es la capacidad de que una vaca tenga un ternero vivo cada año. Si el periodo es mayor, la producción de leche y terneros durante la vida productiva de la vaca disminuye, al igual que la rentabilidad de la UP (Mosquera, 1985).

#### **2.4. Factores que intervienen en la fertilidad de la vaca**

La caída de la fertilidad es un problema de deficiencia nutricional debido a la mayor demanda que implica un mayor nivel productivo. Estos argumentos se apoyan en investigaciones que indican que el índice de concepción en vaquillas no ha tenido cambios recientes (Butler y Smith, 1989). Sin embargo, sí se observa una marcada diferencia de fertilidad entre las vacas adultas de diferentes niveles de producción, ya que éstas son afectadas por el parto, la lactancia anterior, el número de partos y la cantidad de leche producida (Nebel y McGilliard, 1993). Por lo tanto, no solo la selección genética para la producción de leche es la causa de una baja fertilidad, sino que también intervienen factores nutricionales, fisiológicos y de manejo (García, 2003).

#### **2.5. Efecto del balance energético negativo en la reactivación hormonal ovárica posparto temprana**

En los últimos 10 años la raza Holstein incremento su promedio de producción de leche en 51.3 kg-1. Simultáneamente se ha registrado un deterioro en el desempeño reproductivo. El mejoramiento genético para la producción de leche está asociado con la disminución en la fertilidad. Sin embargo, las condiciones nutricionales y de manejo no han evolucionado de la misma manera (Galvis *et al.*, 2005). El aumento en la producción de leche incrementa los requerimientos nutricionales de la vaca. Durante el posparto temprano se presenta de forma natural un balance energético negativo (BEN) que está en función de la producción de leche. Además el BEN esta correlacionado negativamente con los días a la primera ovulación posparto. Bajo condiciones nutricionales deficientes y alta producción de leche, el BEN conduce a una exagerada movilización de reservas.

Produciendo cambios en la concentración de metabolitos y hormonas del metabolismo intermediario, que interactúan con el eje hipotálamo-hipófisis-ovarios y causan un retraso en la reactivación fisiológica de la reproducción. De acuerdo con lo anterior, es muy difícil satisfacer las necesidades energéticas de la vaca de alto mérito genético y producción de leche. Por consiguiente, estas vacas estarán sometidas a condiciones metabólicas adversas, que afectan el balance hormonal óptimo para una temprana reactivación ovárica posparto (Galvis *et al.*, 2005).

## **2.6. Relación entre producción de leche y el desempeño reproductivo**

Existen varios parámetros para evaluar la reproducción de la vaca lechera, como se ha analizado en capítulos anteriores, pero no todos sirven para establecer relaciones entre la fertilidad y la producción. Ya que las decisiones de manejo pueden producir interacciones con los efectos biológicos (Butler y Smith, 1989; Nebel y McGilliard, 1993). Se han reportado correlaciones genéticas positivas entre el nivel de producción de leche y el IEP, con índices 0.22 y 0.59 (Olori *et al.*, 2002). De esta forma, las producciones más altas se asocian con IEP más largos (Pryce *et al.*, 2002; Zambianchi *et al.*, 1999). Pero también existen correlaciones fenotípicas positivas entre estas mismas variables, lo que sugiere que la relación entre producción y eficiencia reproductiva, puede estar más afectada por factores medioambientales que por factores genéticos (Ojango y Pollott, 2001).

En la Cuadro 7, se muestran las correlaciones fenotípicas y genéticas significativas entre la producción de leche y la alteración de los parámetros reproductivos (McClure, 1994). Esta alteración de parámetros, se presenta principalmente como un retardo en la reactivación ovárica y una disminución de la tasa de concepción (Nebel y McGilliard, 1993).

Cuadro 5. Correlaciones fenotípicas y genotípicas entre producción de leche y servicios por concepción (S/C), días abiertos (DA) e intervalo ente partos (IEP)

Características	Correlación Fenotípica	Correlación Genética
Producción - IEP	0.45 $p \leq 0.01$	0.182 $\pm$ 0.3
Producción - DA	0.45 $p \leq 0.01$	0.212 $\pm$ 0.305
Producción – S/C	0.36 $p \leq 0.01$	- 0.105 $\pm$ 0.311

Fuente: Londoño y Parra (1990), Restrepo (1991).

### **III. HIPÓTESIS**

Las variaciones en los parámetros reproductivos de vacas Holstein en sistemas semi-intensivos, afectan la productividad del hato lechero.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

Evaluar los indicadores reproductivos de vacas lecheras Holstein y su efecto sobre la eficiencia productiva de un hato bajo un sistema semi-intensivo en los Altos de Jalisco.

### **4.2. Particulares**

Caracterizar grupos de vacas Holstein con base a sus principales indicadores reproductivos y productivos.

Evaluar los principales indicadores reproductivos de vacas Holstein y su efecto sobre la producción de leche.

## V. JUSTIFICACION

Los parámetros reproductivos son un importante referente y su análisis sirve como herramienta para predecir la eficiencia en la producción de las vacas en el hato ganadero. La producción lechera semi-intensiva requiere de un buen manejo para que presente una estructura y organización adecuadas, y, contar con la mayor cantidad de información posible y registros actualizados e individuales de las vacas en producción. Los registros relacionados con la edad al primer parto, número de servicio, retornos de celo, diagnóstico de preñez, permite hacer dicha evaluación. Actualmente, uno de los mayores problemas que afectan la economía en los hatos lecheros, son los índices de eficiencia reproductiva.

La información disponible de indicadores productivos, favorece el desarrollo de estrategias de manejo reproductivo o introducción de avances tecnológicos para incrementar la producción de becerros o leche y sus derivados en una UP... La finalidad es orientar al ganadero para mantener la rentabilidad de la UP, como apoyo para que los programas de manejo reproductivo se lleven a cabo en función de los objetivos de la UP. En función de lo anterior, es necesario caracterizar el estado reproductivo actual de los hatos lecheros en los Altos de Jalisco, que manejan ganado Holstein bajo sistema semi-intensivo. Lo anterior, para identificar los factores que afectan el estado reproductivo de las vacas y con ello, aplicar las medidas correctivas necesarias.

## VI. MATERIALES Y METODOS

### 6.1. Localización de zona de estudio

El estudio se realizó en el Estado de Jalisco, en el hato “Doña vaca” de la empresa Agropecuaria AVICAR de Occidente S.A. de C. V., ubicada en el kilómetro 78 de la carretera Tepatitlán-Guadalajara.



Figura 1. Localización de la empresa AVICAR S. A de C.V. en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

Fuente: IIEG, 2012.

Tepatitlán de Morelos se ubica en el centro del estado de Jalisco en las coordenadas  $20^{\circ} 54' 50''$  y  $21^{\circ} 01' 30''$  N y  $102^{\circ} 33' 10''$  y  $102^{\circ} 56' 15''$  O, a una altitud entre 1,270 y 1,806 msnm. Aproximadamente 71.6% del territorio presenta clima semicálido y semihúmedo, con temperatura media anual de  $17.8^{\circ}\text{C}$  y la máxima y mínima oscilan entre  $30.2^{\circ}\text{C}$  y  $5.4^{\circ}\text{C}$  respectivamente. La precipitación media anual es de 868 mm. Cuenta con una superficie de 1,388 km<sup>2</sup> de la cual 68% del territorio son terrenos planos, con pendientes menores a  $5^{\circ}$ . El suelo predominante es luvisol (48.5%) y se caracteriza por la acumulación de arcilla. Son suelos rojos o amarillentos, destinados principalmente a la agricultura con rendimientos moderados y alta susceptibilidad a la erosión. En relación al

aprovechamiento del suelo, 68.3% se destina a la agricultura y a la ganadería (IITEJ, 2012).

El hato “Doña vaca” cuenta con 380 vacas en producción, entre vaquillas y vacas que alcanzan una edad de 8 años, son vacas de alto merito genético confinadas y bajo un sistema de manejo en estabulación. La alimentación se programa en función del estado fisiológico de la vaca y, la base principal son: balanceados comerciales y ensilado de maíz como fuente de energía y forraje. El manejo reproductivo se realiza mediante sincronización a tiempo fijo e inseminación artificial (IA).

## **6.2. Recolección de información**

La información analizada procede de los registros mensuales realizados por la administración de la unidad de producción (UP), de 2008 hasta 2017. La base de datos se estructuró con información de los registros productivos y reproductivos de 380 vacas Holstein en producción, durante este periodo. De la información registrada se eligieron 17 variables que se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro 6. Variables utilizadas en el análisis estadístico

Variable	Abreviaturas
Vaca próxima a secar	Vacas próximas a secar
Vacas preñadas	Vacas preñadas
Vaca inseminada	Vaca Inseminada
Vacas altas productoras	Vacas altas productoras
Edad de las vacas	Edad de las vacas
Promedio de leche ultimo parto	Kg Leche promedio por día en la última lactancia
Días de lactancia	Días de lactancia
Número de lactación	Número de lactación
Días con preñez	Días con preñez
Intervalo entre partos	Intervalo entre partos
Numero de servicios por concepción	No. De servicios
Días a última IA	Días entre el parto y última inseminación (IA).
Días a primera IA	Días entre el parto y la primera inseminación (IA).
Leche en la última lactancia	Kg Leche total en el último parto
Promedio de días en lactancia	Promedio de días en lactancia
Leche promedio por lactancia	Kg de Leche promedio por lactancia <sup>-1</sup>
Promedio de leche por día de lactancia	Kg de leche promedio por día <sup>-1</sup>

### 6.3. Análisis de la información

A partir de las variables relacionadas de los indicadores productivos, de vacas Holstein, se obtuvo la tipificación del ganado bovino productor de leche bajo sistema semi-intensivo. Los indicadores utilizados en el ACP se muestran en la Cuadro 1, mismas que fueron elegidas en función de su representatividad y siguiendo los criterios mínimos para la aplicación de esta metodología (normalidad y no multicolinealidad).

### **6.3.1. Análisis multivariado**

El análisis multivariado (AM) permite explorar, describir e interpretar datos que provienen del registro de varias variables sobre un mismo caso objeto de estudio. Las variables representan los propiedades de la unidad de estudio, usualmente siempre están correlacionadas. El AM no solo describe sino que toma ventaja de esta correlación para caracterizar los casos, también provee herramientas para comprender la relación (dependencia) entre las variables medidas simultáneamente sobre la misma unidad, para comparar, agrupar y/o clasificar observaciones multivariadas e incluso para comparar, agrupar y clasificar objetos o individuos. Esto permite un mejor entendimiento del fenómeno objeto de estudio y, explicar y describir las tendencias y las principales fuentes de variación de los datos (Córdoba *et al.*, 2013). El AM se basa en distancia y dependencia lineal las cuales son usadas como medidas de variabilidad entre pares de puntos que representan los datos multivariados y a partir de ellas es posible analizar similitudes y diferencias entre observaciones y/o variables (Dray *et al.*, 2008).

### **6.3.2. Análisis de componentes principales (ACP)**

El ACP sintetiza la dimensión de la información y su objetivo es reducirla a un menor número de factores o variables ficticias, sin que con ello se pierda información y capacidad de explicación (Johnson y Wichern, 1982). El ACP identifica de una serie de  $p$  variables, otro conjunto de  $k$  ( $k < p$ ) variables no observables, denominadas factores, donde  $K$  es un número pequeño y la solución es interpretable. Los factores serán una combinación lineal de las variables originales y además serán independientes entre sí. Un aspecto clave es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada a priori y debe ser deducida tras observar la relación de los factores con las variables originales. El ACP se centra en la varianza total y busca hallar combinaciones lineales de las variables originales que expliquen la mayor parte de la variación total. Este proceso obtiene un número reducido de  $k$  factores capaces de explicar el mayor porcentaje de la varianza total (Montanero-Fernández, 2008).

Para comprobar y validar la adecuación muestral del análisis se utiliza el estadístico de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), que nos indica la varianza total explicada. Además de la varianza parcial (de las variables originales utilizadas en el modelo). En este sentido el valor debe ser próximo a 1, para validar el ACP (García-Martínez, 2008). Para la interpretación de los factores obtenidos se consideran las cargas factoriales de la matriz al aplicar el método varimax (método ortogonal) que minimiza el número de variables con cargas altas en un factor, mejorando así la interpretación de factores (Hair *et al.*, 2003).

Bajo este enfoque, las 18 variables analizadas entraron al modelo y posteriormente las coordenadas o regresiones de las variables originales en cada nuevo factor, fueron utilizadas para el análisis de clasificación.

### **6.3.3. Análisis clúster (AC)**

El análisis de conglomerados (clúster) es una técnica multivariante que agrupa elementos (variables) buscando la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre éstos. El AC es de tipo jerárquico ascendente aglomerativo ya que representa la jerarquía de los conglomerados utilizando el dendograma, un gráfico en forma de árbol invertido (Pérez, 2008; Guisande *et al.*, 2006).

El AC se realizó con las regresiones de las variables originales en los factores previamente obtenidos en el ACP. Para lograr lo anterior, es necesario que se cumplan requisitos mínimos necesarios para la aplicación de este análisis. Es decir, que los factores no estén correlacionados, la unidad de medida sea la misma y que el número de factores explicativos no reduzca la varianza total explicada y facilite la interpretación (Martínez-Ramos, 1984).

El AC se realizó mediante la estimación cuantitativa utilizando la Distancia Euclídea al cuadrado y el método jerárquico de agrupación de Ward para calcular la distancia entre individuos y determinar un número óptimo de grupos explicativos. En cuanto a los grupos resultantes del AC, se determinó en el dendograma resultante del análisis y en función de la distancia de ligamiento entre grupos. Es decir, cuando las distancias sucesivas entre los pasos marcan un repentino salto (SAS, 1994).

#### **6.3.4. Análisis de regresión lineal**

Este análisis es una técnica estadística utilizada para generar una ecuación que describa la relación entre variables. Describe el efecto que una o varias variables pueden causar sobre otra e incluso predecir en mayor o menor grado valores de una variable a partir de otra (Pérez, 2005). La regresión lineal generalmente utiliza el método de estimación de mínimos cuadrados ordinarios, obteniendo la ecuación al minimizar la suma de los residuos al cuadrado. Se adapta a una amplia variedad de situaciones tanto para dos variables (regresión simple) como en el de más de dos variables (regresión múltiple). Este análisis es un conjunto de técnicas usadas para explorar y cuantificar la relación de dependencia entre una variable cuantitativa llamada dependiente o respuesta (Y) y una o más variables independientes llamadas variables predictoras ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ), así como para desarrollar una ecuación lineal con fines predictivos (Sánchez, 1998).

Además el análisis de regresión agrupa una serie de estadísticos (análisis de los residuos, puntos de influencia) que indican la estabilidad e idoneidad del análisis y con ello, determinar si existe o no dependencia/relación entre variables. Finalmente, los pares de valores observados se representan gráficamente en una nube de puntos o en un diagrama de dispersión (Domenech, 1985). En este sentido, se hizo un análisis de correlación con las 17 variables para evaluar la correlación entre variables y definir cuáles son que mayor influencia tiene sobre la productividad de vacas lecheras.

## VII. RESULTADOS

### 7.1. Tipificación vacas lecheras

#### ***7.1.1. Análisis de componentes principales***

En función del ACP, se obtuvieron valores en la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) de 0.603, un valor de 8,941.5 en la Prueba de esfericidad de Bartlett-Chi-cuadrado aproximado y un ajuste significativo ( $P < 0.000$ ). Estos parámetros indican un ajuste adecuado del modelo, en función de las recomendaciones de Hair *et al.* (2006). En el modelo se incorporaron 17 variables (Cuadro 7), que obtuvieron comunalidades elevadas o cercanas a la unidad, lo que permitió mayor ajuste de este y por lo tanto, los resultados fueron confiables para la explicación de los factores obtenidos.

En este sentido, de acuerdo al gráfico de sedimentación (Figura 2) se obtuvieron seis factores que explicaron 90.2% de la varianza total (Cuadro 8). Gráficamente en el espacio rotado, los factores se muestran en las Figuras 3 y 4. Las coordenadas y cargas factoriales, se presentan en el Cuadro 9. Se observa la correlación de las variables utilizadas en el modelo del ACP, con los nuevos factores obtenidos, considerados como variables ficticias.

Cuadro 7. Comunalidades de las variables originales sobre e importancia en el modelo

No.	Variable	Inicial	Extracción
1	Vacas secas	1.000	0.928
2	Vacas preñadas	1.000	0.969
3	Edad de las vacas	1.000	0.952
4	Días de lactancia	1.000	0.951
5	Numero de lactación	1.000	0.954
6	Días con preñez	1.000	0.914
7	Intervalo entre partos	1.000	0.885
8	Numero de servicios	1.000	0.859
9	Promedio de días en lactancia	1.000	0.926
10	Kg de leche promedio por lactancia <sup>-1</sup>	1.000	0.966
11	Kg de leche promedio por día <sup>-1</sup>	1.000	0.863
12	Vacas inseminadas	1.000	0.950
13	Kg de leche promedio por día en la última lactancia	1.000	0.908
14	Días entre el parto y última inseminación (IA)	1.000	0.956
15	Kg de leche total en el último parto	1.000	0.824
16	Días entre el parto y la primera (IA)	1.000	0.797
17	Vacas altas productoras	1.000	0.721

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

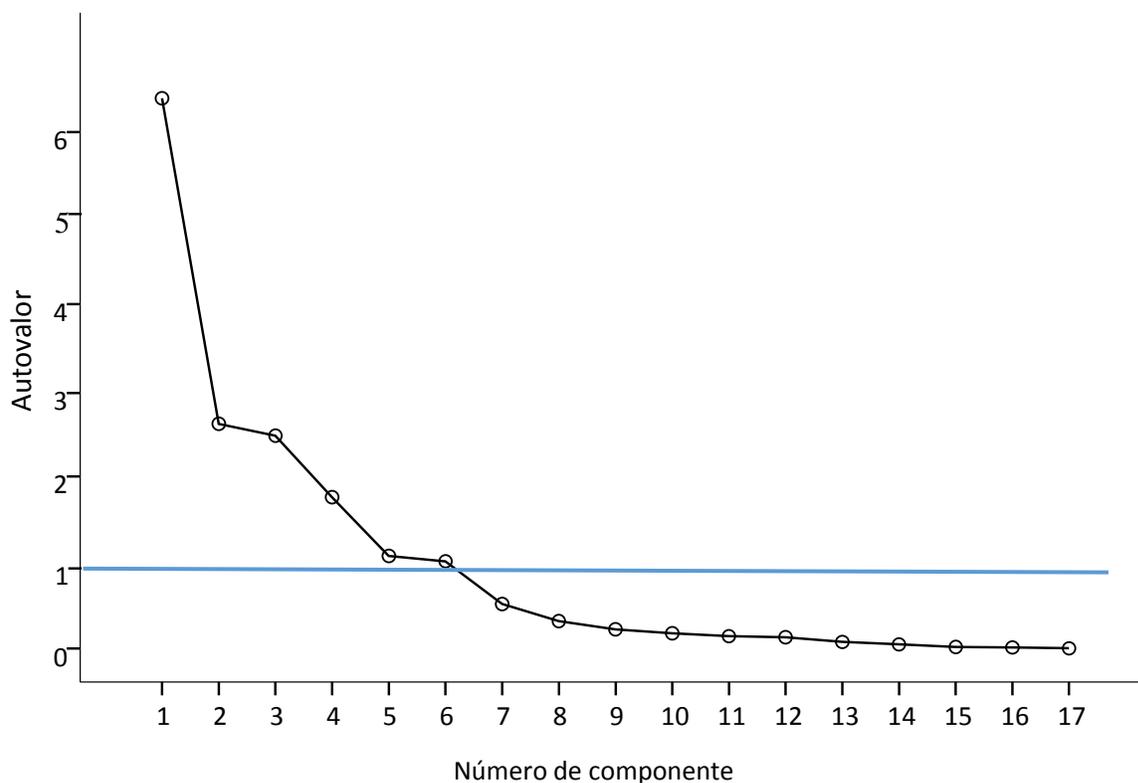


Figura 2. Gráfico de sedimentación para la obtención de nuevos factores.

Cuadro 8. Factores obtenidos en el ACP y varianza total explicada

Componente	Auto valores	% de la varianza	% acumulado
1	6.393	21.237	21.237
2	2.610	15.188	36.425
3	2.473	14.885	51.310
4	1.758	13.314	64.624
5	1.076	12.760	77.384
6	1.013	12.755	90.139

Método de extracción: Análisis de Componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. Prueba de la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin = 0,603. Prueba de esfericidad de Bartlett Chi-cuadrado = 8941.5 (P < 0,00).

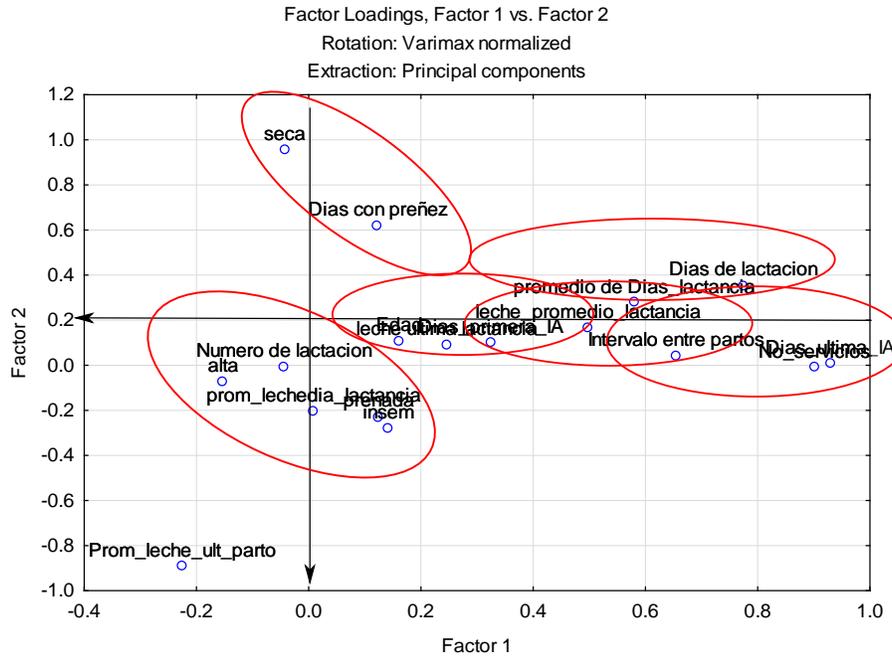


Figura 3. Representación de los dos primeros factores en el espacio rotado dimensional.

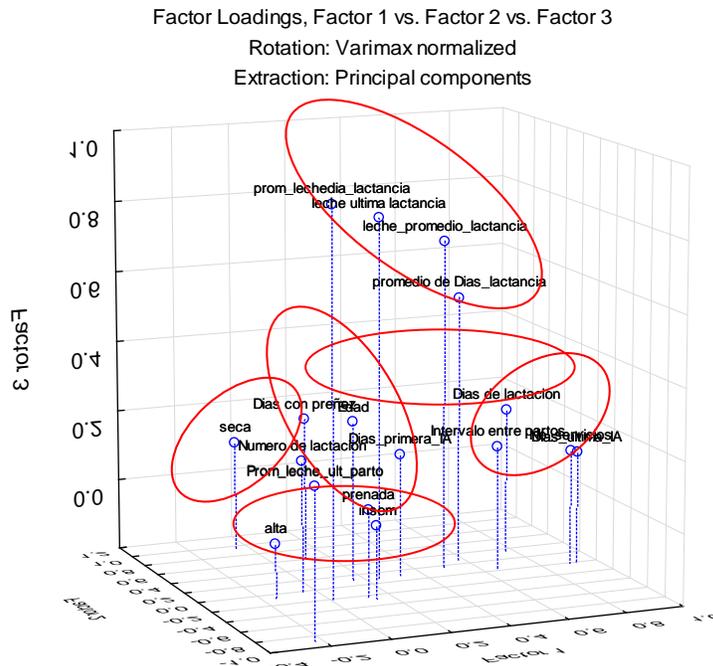


Figura 4. Representación de los tres primeros factores en el espacio rotado tridimensional.

Cuadro 9. Matriz de correlaciones

Variable	Eficiencia reproductiva de las vacas	Estado reproductivo	Producción de leche	Vacas con problemas reproductivos	Intervalo entre partos	Edad Productiva
Vaca próxima a secar	-0.042475	<b>0.953353</b>	0.109119	0.049194	0.047678	0.031793
Vaca Preñada	0.125303	-0.229394	0.042307	<b>-0.920016</b>	0.223644	-0.045139
Vaca Inseminada	0.142288	-0.280331	0.004428	<b>0.842690</b>	0.369587	-0.067743
Vaca Alta productora	-0.152179	-0.072810	-0.048640	0.064851	<b>-0.823789</b>	-0.086450
Edad de la vaca	0.161506	0.107095	0.246705	-0.036322	0.017549	<b>0.923080</b>
Promedio de leche en último parto	-0.225146	<b>-0.892300</b>	0.215111	0.064575	-0.056117	-0.087940
Días de lactancia	<b>0.774150</b>	0.353387	0.211087	-0.338326	0.241352	0.098292
Numero de lactancia	-0.043607	-0.007107	0.166273	0.033528	0.016002	<b>0.960584</b>
Días con preñez	0.122641	<b>0.619759</b>	0.199959	<b>-0.625920</b>	0.288642	0.005404
Intervalo entre partos	<b>0.654990</b>	0.042939	0.148966	0.011639	<b>0.654218</b>	-0.062006
No. de servicios	<b>0.901035</b>	-0.009728	0.124958	0.008587	0.174435	0.026804
Días a última IA	<b>0.929564</b>	0.006157	0.115399	0.113423	0.252737	0.047776
Días a primera IA	0.324976	0.100280	0.143882	0.007248	<b>0.812382</b>	-0.024239
Leche de última lactancia	0.246398	0.090843	<b>0.810345</b>	0.006112	-0.003578	0.313619
Promedio de días de lactancia	<b>0.580462</b>	0.277729	<b>0.552214</b>	-0.206840	0.139766	0.380010
Leche promedio por lactancia	0.498179	0.167258	<b>0.725684</b>	-0.192652	0.134601	0.329317
Promedio leche por día de lactancia	0.009251	-0.207210	<b>0.886825</b>	-0.005807	0.175020	0.049547

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Káiser. La rotación ha convergido en 6 iteraciones.

La explicación de los factores antes mencionados, se hace a continuación.

**Factor 1.** Considera la **“Eficiencia reproductiva de las vacas”** y hace referencia o identifica vacas con amplios periodos de lactancia e intervalo entre parto (IEP). Presentaron varios servicios por concepción y por lo tanto, periodos prolongados a la primera y última IA. Estos factores influyeron para reducir de manera importante los días en lactancia y la producción de leche<sup>-1</sup>.

**Factor 2.** Considera el **“Estado Reproductivo”**, el cual se muestra la presencia de una gran cantidad de vacas próximas a secarse y hace referencia a vacas en estado avanzado de preñez. Asimismo, a vacas con una baja producción de leche<sup>-1</sup> o en descenso por su estado fisiológico.

Factor 3. Considera la **“Producción de leche”** e identifica vacas con producción de leche<sup>-1</sup> elevada, además de periodos de lactancia cortos. Asimismo, alta producción de leche promedio<sup>-1</sup> por lactancia y por lo tanto un mayor promedio de leche por día.

Factor 4. Considera las **“Vacas con problemas reproductivos”** e indica que existe un elevado número de vacas inseminadas (IA), aunque se observa una bajo porcentaje de vacas preñadas, esto sugiere que la IA no es del todo efectiva. Las vacas que se encuentran en este estado fisiológico, fueron gestadas recientemente.

Factor 5. Considera el **“Intervalo entre partos”** y da cuenta también de vacas con problemas reproductivos, ya que presentan amplios intervalos entre partos (IEP) y días prolongados para su primera IA. En consecuencia estos periodos abiertos afectan los días de lactancia, ocasionando el descenso considerable en la producción de leche.

Factor 6. Considera la **“Edad productiva”** demuestra vacas con un edad avanzada y número de lactancia. Denota además que son vacas con un número elevado de partos y que son vacas próximas a desecharse.

### 7.1.2. Análisis Clúster

A partir de las coordenadas de los indicadores productivos de las vacas lecheras en producción sobre los seis factores obtenidos en el ACP, se realizó un Análisis Clúster Jerárquico. El cual determinó cuatro grupos de vacas en el hato lechero en estudio, ilustrando los aspectos más relevantes en la Figura 5. Mientras que los valores promedio de las variables utilizadas en el análisis, se muestran en el Cuadro 11.

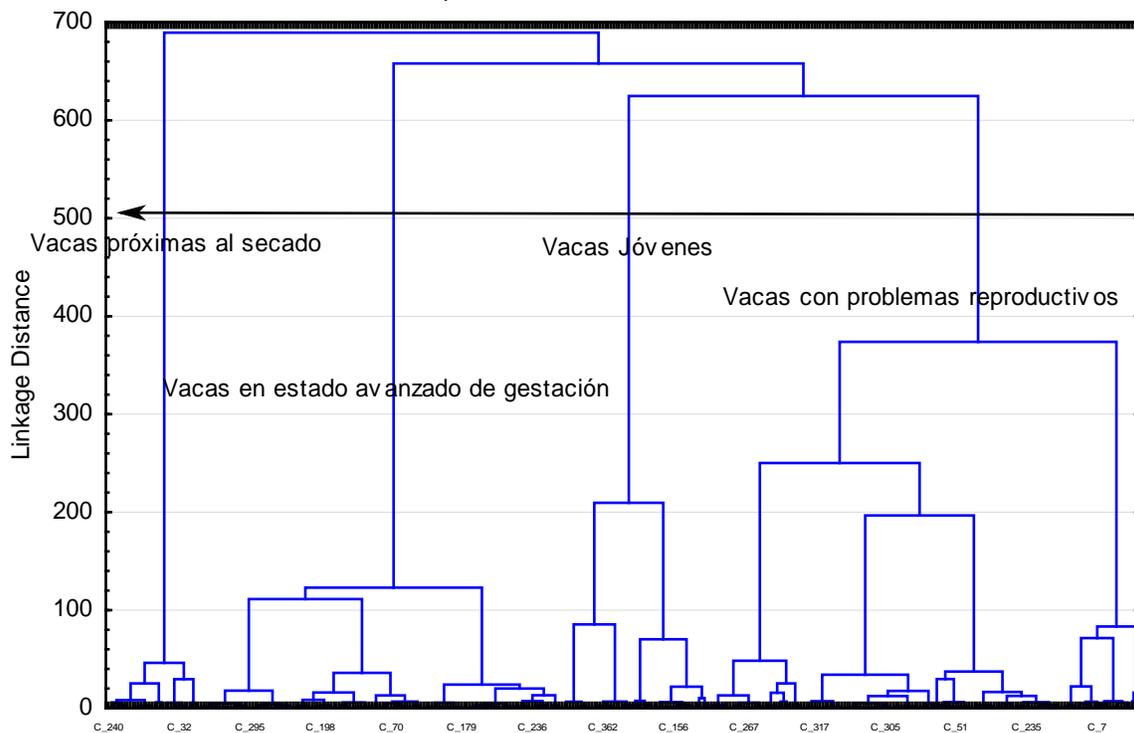


Figura 5. Diagrama de análisis clúster con 380 casos, método de Ward y distancia Euclídea al cuadrado.

Los grupos obtenidos mediante el AC se describen a continuación:

Grupo 1. **Vacas próximas al secado**. Integra 8.6% de las vacas totales en el hato, son las vacas de mayor edad y secas. El grupo ha presentado un promedio de 2 partos y periodos mayores a 330 días en lactancia, intervalos entre partos superiores a 400 días, más de dos servicios por concepción. La edad a primer parto y días a primer servicio se encuentran dentro de los parámetros normales. Es una de los grupos de vacas con menor producción de leche por día, pero presentan el mayor record de producción por lactancia.

Cuadro 10. Características medias de los grupos de caracteres productivos en ganado lechero

Variable	G1 n = 33 8.68%	G2 n = 134 35.26%	G3 n = 54 14.21%	G4 n = 159 41.84%	Total n = 380 100%	EEM
Vacas próximas a secar	1.00	0.00	0.00	0.01	0.09	0.02
Vacas de desecho (para sacrificio)	0.00	0.02	0.09	0.03	0.03	0.01
Vacas preñadas	0.00	0.99	0.00	0.08	0.38	0.03
Vacas inseminadas	0.00	0.00	0.00	0.88	0.37	0.03
Vacas altas productoras	0.00	0.00	0.48	0.00	0.07	0.01
Vacas próximas a inseminar	0.00	0.00	0.39	0.00	0.06	0.01
Vacas con abortos	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00
Edad de las vacas	4.35	3.54	3.50	3.99	3.79	0.07
Promedio de leche en último parto	0.00	36.29	40.51	37.48	34.23	0.71
Días de lactancia	332.15	258.45	47.15	204.84	212.39	5.97
Numero de lactancia	2.18	1.78	2.17	2.31	2.09	0.06
Días con preñez	241.00	144.48	0.00	44.26	90.40	4.17
Intervalo entre partos	400.30	389.55	0.00	419.05	347.47	8.68
No de servicios	2.33	2.38	0.02	2.87	2.25	0.09
Días a última IA	120.30	114.66	0.93	155.57	116.11	4.58
Días a primera IA	64.15	58.81	0.93	62.94	52.77	1.32
Edad al primer parto	24.49	24.84	25.33	25.56	25.18	0.15
Leche en última lactancia	13,322.76	10,986.84	8,248.15	11,040.01	10,822.76	274.65
Promedio general de días de lactancia	336.42	270.98	148.20	245.65	248.62	4.99
Leche promedio por lactancia	12,843.75	11,070.96	5,868.62	9,786.64	9,948.25	219.36
Promedio de leche por día de lactancia	38.29	40.42	34.85	39.74	39.16	0.34

EEM = Error Estándar de la Media. Expresado en .000 pesos. G1 = Grupo 1; G2 = Grupo 2; G3 = Grupo 3; G4 = Grupo 4.

Grupo 2. Integrado por ***vacas en estado avanzado de gestación*** (segundo tercio de gestación). Es el segundo grupo con mayor porcentaje de vacas en producción, son vacas jóvenes con menos de dos partos que requieren más de dos servicios para gestarse. El periodo de producción no alcanza los 300 días. La edad a primer parto y días a primer servicio se encuentran dentro de los parámetros normales. La producción de leche por vaca supera los 40 kg, aunque el record total está por debajo de las vacas del G1.

Grupo 3. ***Vacas jóvenes***. Ocupa el segundo lugar en el porcentaje de vacas en del hato en producción. So vacas jóvenes que recientemente fueron inseminadas (más de dos servicios) y presentan más de dos partos. Cabe recalcar que este grupo de vacas mantiene periodos de lactancia cortos (5 meses), su producción promedio no supera los 6,000 kg/leche<sup>-1</sup>. Los índices reproductivos de este grupo están dentro del rango aceptable para el ganado lechero. Sin embargo, fueron vacas con más de dos años para parir el primer becerro.

Grupo 4. ***Vacas con problemas reproductivos***. Es el grupo con mayor representatividad en el hato lechero con más del 40% de las vacas en producción. Son las vacas de mayor edad y que tuvieron el primer parto con más de dos años. Han presentado el mayor intervalo entre partos, debido que superaron 150 días para la preñez con tres servicios para la concepción. Sin embargo son vacas que ocupan el segundo lugar en producción de leche por día al igual que el record de producción total por lactancia.

### **7.1.3. Regresión y correlación de las variables utilizadas en el modelo**

En una segunda fase, con la base de datos se realizó un análisis de correlación con las variables utilizadas en el análisis multivariado. Una vez que se identificaron las variables que se correlacionan, algunas fueron seleccionadas para realizar un análisis de regresión lineal simple y se representaron gráficamente para su explicación. Las correlaciones obtenidas se muestran en el Cuadro 11. Y las gráficas representativas de regresión lineal simple se muestran en las Figuras 6 a 19.

En términos generales la correlación indica que a mayor edad la vaca se tienen más partos y lactancias y mayor producción de leche total y por vaca día<sup>-1</sup>. Asimismo, en la medida que incrementan los días de lactancia, avanza el estado de preñez, aunque el intervalo entre partos también incrementa, al igual que el número de servicios por concepción, pero también la producción de leche individual y total por vaca. Es decir, en la medida que la vaca produce mayor cantidad de leche, los parámetros reproductivos en general se modifican, normalmente incrementan en tiempo.

Cuadro 10. Correlación de Pearson en parámetros reproductivos y productivos

	Estatus	Edad	Promedio de leche diaria	Días de lactancia	Numero de lactación	días con preñez	Intervalo entre partos	No de Servicios	Días a ultima IA
<b>Estatus</b>	1	.123(*)	-.353(**)	.389(**)	0.024	<b>.732(**)</b>	0.081	0.03	-0.034
<b>Edad</b>	.123(*)	1	-.200(**)	.327(**)	<b>.898(**)</b>	.178(**)	.117(*)	.208(**)	.225(**)
<b>Promedio de leche diaria</b>	-.353(**)	-.200(**)	1	-.352(**)	-0.057	-.384(**)	-.149(**)	-.126(*)	-.175(**)
<b>Días de lactancia</b>	.389(**)	.327(**)	-.352(**)	1	0.089	<b>.658(**)</b>	<b>.678(**)</b>	<b>.731(**)</b>	<b>.789(**)</b>
<b>Numero de lactación</b>	0.024	<b>.898(**)</b>	-0.057	0.089	1	0.029	-0.032	0.026	0.033
<b>Días con preñez</b>	.732(**)	.178(**)	-.384(**)	<b>.658(**)</b>	0.029	1	.336(**)	.190(**)	.120(*)
<b>Intervalo entre partos</b>	0.081	.117(*)	-.149(**)	<b>.678(**)</b>	-0.032	.336(**)	1	<b>.700(**)</b>	<b>.784(**)</b>
<b>No de Servicios</b>	0.03	.208(**)	-.126(*)	<b>.731(**)</b>	0.026	.190(**)	<b>.700(**)</b>	1	<b>.856(**)</b>
<b>Días a ultima IA</b>	-0.034	.225(**)	-.175(**)	<b>.789(**)</b>	0.033	.120(*)	<b>.784(**)</b>	<b>.856(**)</b>	1
<b>Días a primera IA</b>	.104(*)	.105(*)	-.141(**)	<b>.525(**)</b>	0.014	.352(**)	<b>.750(**)</b>	.410(**)	<b>.538(**)</b>
<b>Producción de leche (kg)</b>	.104(*)	<b>.927(**)</b>	-.148(**)	.338(**)	<b>.907(**)</b>	.181(**)	.153(**)	.239(**)	.248(**)
<b>Edad al primer parto</b>	-.125(*)	0.064	0.057	-0.014	0.091	-.125(*)	0.022	0.056	0.074
<b>Leche por día</b>	.121(*)	<b>.816(**)</b>	-0.069	.393(**)	<b>.726(**)</b>	.242(**)	.239(**)	.312(**)	.301(**)
<b>Leche por lactancia</b>	.102(*)	<b>.520(**)</b>	-0.063	.378(**)	.384(**)	.217(**)	.262(**)	.325(**)	.316(**)
<b>Promedio de días de lactancia</b>	.297(**)	<b>.594(**)</b>	-.271(**)	<b>.808(**)</b>	.408(**)	<b>.515(**)</b>	<b>.521(**)</b>	<b>.571(**)</b>	<b>.631(**)</b>
<b>Leche promedio por lactancia</b>	.251(**)	<b>.574(**)</b>	-.170(**)	<b>.732(**)</b>	.402(**)	.461(**)	.484(**)	<b>.544(**)</b>	<b>.579(**)</b>
<b>Leche promedio por día lactancia</b>	-0.07	.274(**)	.210(**)	.188(**)	.234(**)	.111(*)	.251(**)	.196(**)	.174(**)
<b>Años de lactancia</b>	0.021	<b>.910(**)</b>	-0.057	0.086	<b>.997(**)</b>	0.022	-0.032	0.029	0.035

Cuadro 10 (Continuación). Correlación de Pearson en parámetros reproductivos y productivos

	Días a primera IA	Producción de leche (kg)	Edad al 1er parto	Leche por día	Leche ultima Lactancia	Promedio de días de lactancia	Leche promedio por lactancia	Leche promedio por día de lactancia	Años lactancia
Estatus	.104(*)	.104(*)	-.125(*)	.121(*)	.102(*)	.297(**)	.251(**)	-0.07	0.021
Edad	.105(*)	<b>.927(**)</b>	0.064	<b>.816(**)</b>	<b>.520(**)</b>	<b>.594(**)</b>	<b>.574(**)</b>	.274(**)	.910(**)
Promedio de leche diaria	-.141(**)	-.148(**)	0.057	-0.069	-0.063	-.271(**)	-.170(**)	.210(**)	-0.057
Días de lactación	<b>.525(**)</b>	.338(**)	-0.014	.393(**)	.378(**)	<b>.808(**)</b>	<b>.732(**)</b>	.188(**)	0.086
Numero de lactación	0.014	<b>.907(**)</b>	0.091	<b>.726(**)</b>	.384(**)	.408(**)	.402(**)	.234(**)	.997(**)
Días con preñez	.352(**)	.181(**)	-.125(*)	.242(**)	.217(**)	<b>.515(**)</b>	.461(**)	.111(*)	0.022
Intervalo entre partos	<b>.750(**)</b>	.153(**)	0.022	.239(**)	.262(**)	<b>.521(**)</b>	.484(**)	.251(**)	-0.032
No de Servicios	.410(**)	.239(**)	0.056	.312(**)	.325(**)	<b>.571(**)</b>	<b>.544(**)</b>	.196(**)	0.029
Días a ultima IA	<b>.538(**)</b>	.248(**)	0.074	.301(**)	.316(**)	<b>.631(**)</b>	<b>.579(**)</b>	.174(**)	0.035
Días a primera IA	1	.136(**)	-0.012	.193(**)	.170(**)	.398(**)	.374(**)	.256(**)	0.008
Producción de leche (kg)	.136(**)	1	.133(**)	<b>.901(**)</b>	<b>.645(**)</b>	<b>.643(**)</b>	<b>.679(**)</b>	.421(**)	<b>.909(**)</b>
Edad al 1er parto	-0.012	.133(**)	1	-0.012	.154(**)	0.025	0.055	0.092	.110(*)
Leche por Día	.193(**)	<b>.901(**)</b>	-0.012	1	<b>.800(**)</b>	<b>.726(**)</b>	<b>.810(**)</b>	<b>.608(**)</b>	<b>.734(**)</b>
Leche por Lactancia	.170(**)	<b>.645(**)</b>	.154(**)	<b>.800(**)</b>	1	<b>.752(**)</b>	<b>.820(**)</b>	<b>.595(**)</b>	.393(**)
Promedio de días de lactancia	.398(**)	<b>.643(**)</b>	0.025	<b>.726(**)</b>	<b>.752(**)</b>	1	<b>.948(**)</b>	.420(**)	.406(**)
Leche promedio por lactancia	.374(**)	<b>.679(**)</b>	0.055	<b>.810(**)</b>	<b>.820(**)</b>	<b>.948(**)</b>	1	<b>.636(**)</b>	.401(**)
Leche promedio por día de lactancia	.256(**)	.421(**)	0.092	<b>.608(**)</b>	<b>.595(**)</b>	.420(**)	<b>.636(**)</b>	1	.236(**)
Años de lactancia	0.008	<b>.909(**)</b>	.110(*)	<b>.734(**)</b>	.393(**)	.406(**)	.401(**)	.236(**)	1

En las Figuras 6 a 10, se muestra gráficamente el análisis de regresión de las variables producción de leche y edad de las vacas. Se observa una  $r^2$  superior a 0.8. Es decir, en la medida que la edad incrementa, lo hace también la producción de leche. En otras palabras, el 80% de la leche que se produce, se debe a la edad de la vaca y el 20% restante a otras características de esta. El mayor valor se observa en la Figura 9, lo que indica que aunque son vacas con problemas reproductivos y jóvenes, pueden tener un mayor potencial en la producción del eche individual y total.

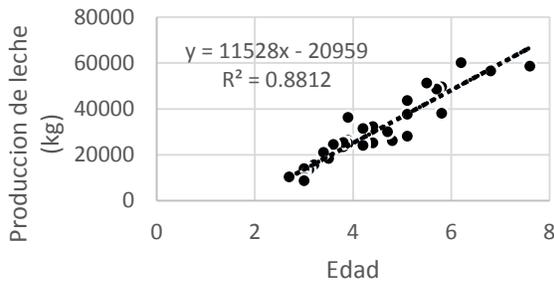


Figura 6. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas G1.

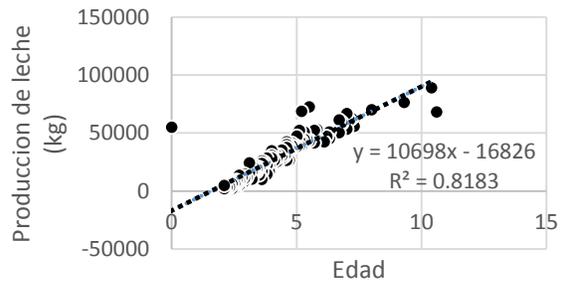


Figura 7. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas G2

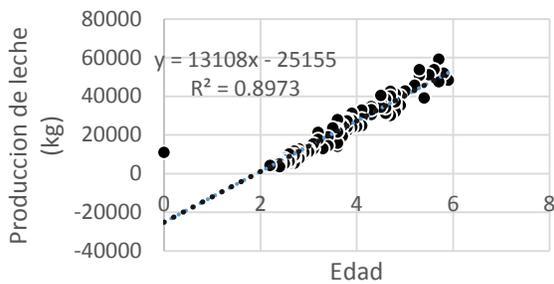


Figura 8. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas G3.

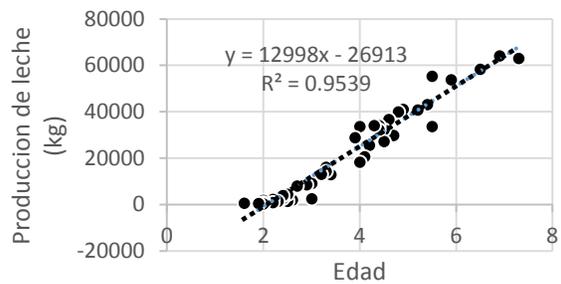


Figura 9. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas G4.

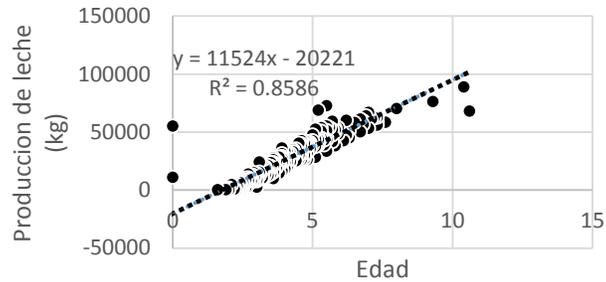


Figura 10. Relación lineal en producción de leche y edad de las vacas del hato.

En las Figuras 11 a 15, se muestra gráficamente el análisis de regresión de las variables leche promedio por lactancia y días de lactancia. Se observa una  $r^2$  superior a 0.89. Es decir, en la medida que los días de lactancia incrementa, lo hace también la leche promedio total. En otras palabras, el 89% de la leche que se produce, los días en que la vaca está siendo ordeñada de la vaca y solo 11% se debe a otras características de esta.

En G1 (Figura 11) se presentó el menor valor. Esto se debe a que son vacas secas que de momento no están manifestando su potencial productivo, además de que son vacas con la menor producción de leche por día (38 kg). Sin embargo son vacas con el mayor periodo de producción y que pueden superar los  $12,800 \text{ kg}^{-1}$ . Los otros tres grupos superan 0.8%. Destaca G3 que son vacas jóvenes que pueden superar el record de leche promedio del hato.

Figura 11 - 15. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia

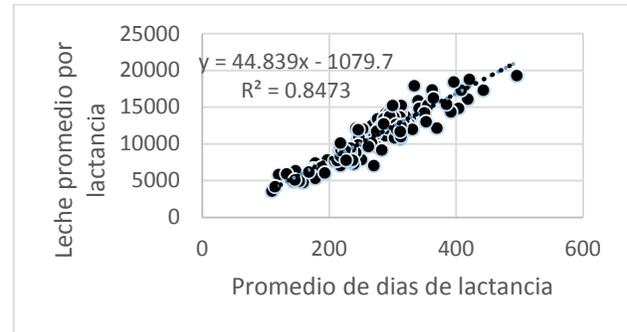
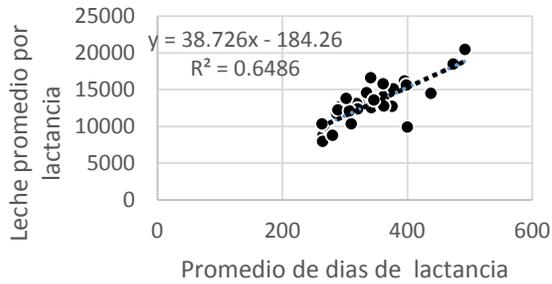


Figura 11. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia G1.

Figura 12. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia G2.

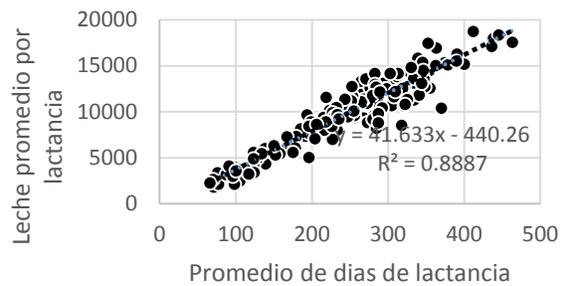
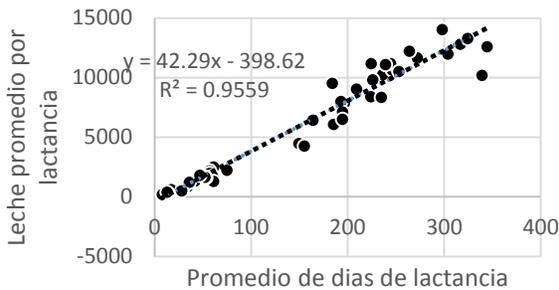


Figura 13. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia G3.

Figura 14. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia G4.

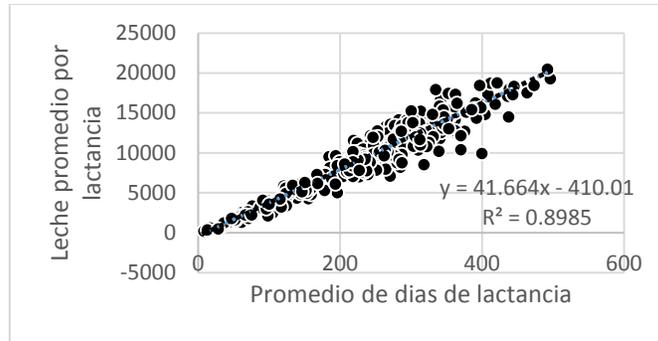


Figura 15. Relación lineal en Leche promedio por lactancia y Promedio de días de lactancia del hato.

En las Figuras 16 a 20 se muestra gráficamente el análisis de regresión de las variables días a última IA y número de servicios. Se observa una  $r^2$  superior a 0.73. Es decir, en la medida que el número de servicios incrementa, lo hace también los días a última IA. En otras palabras, el 73% en el incremento de los servicios para que las vacas queden gestantes se debe a periodos prolongados para la última IA de las vacas y 27% se debe a otras características de estas. Estos valores fueron menores en G2 y G4, mientras que existe un mayor valor en G1 y G3, En el primero, debido a la presencia de vacas mayores con elevada producción de leche y en el segundo caso, debido que son vacas jóvenes y que iniciaron su vida reproductiva con más de dos años.

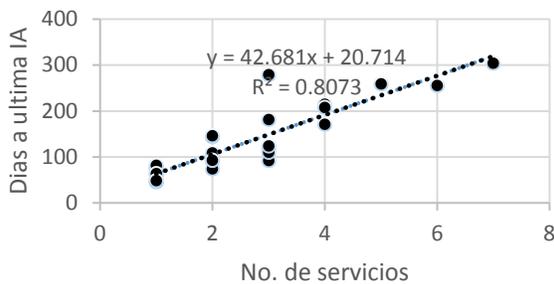


Figura 16. Relación lineal en días a última IA y número de servicios G1.

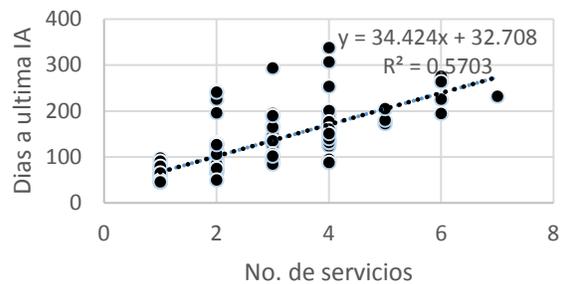


Figura 17. Relación lineal en días a última IA y número de servicios G2.

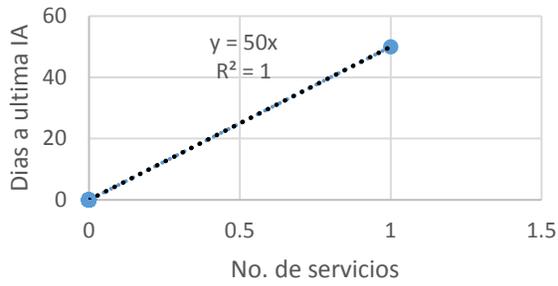


Figura 18. Relación lineal en días a última IA y número de servicios G3.

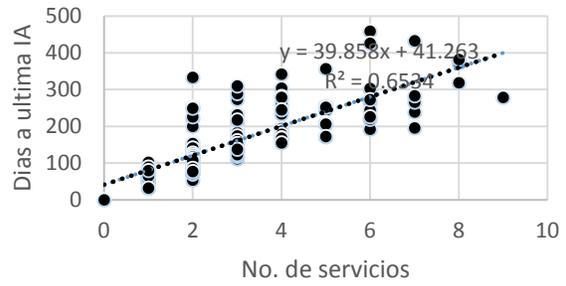


Figura 19. Relación lineal en días a última IA y número de servicios G4.

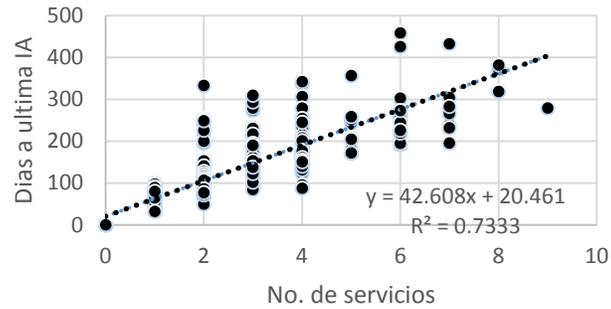


Figura 20. Relación lineal en días a última IA y número de servicios de hatos.

## VIII. DISCUSION

### 8.1. Tipificación

En México la producción lechera se desarrolla en bajo condiciones diversas. Estas dependen de factores como el nivel socioeconómico de los productores, las tecnologías disponibles, la región donde se localice la unidad de producción (UP) y las condiciones climatológicas (García-Martínez *et al.*, 2016). La lechería tiene gran impacto en el país y requiere dedicación, ya que el manejo realizado repercutirá directamente en la producción. Es importante que en la UP existan registros para evaluar o analizar los indicadores productivos y reproductivos, al igual que el manejo eficiente de estos. En su conjunto, se verán reflejados en la rentabilidad de la misma. La ganadería en los altos de Jalisco, es de gran importancia en la producción lechera en México. Esta producción, contribuye con aproximadamente 47% de la producción estatal (SAGARPA, 2000).

El municipio de Tepatitlán, que es una de las mayores zonas ganaderas de Jalisco. Se caracteriza como un sistema lechero semi-intensivo, con hatos con menos de 1,000 vacas en producción. En esta clasificación se incluye a la UP analizada en este trabajo. La implementación de las metodologías propuestas permitió la clasificación del hato lechero en cuatro grupos bien definidos y da cuenta de la situación actual de la UP y de los principales problemas que limitan su desempeño.

En este sentido se hace referencia a la presencia de vacas con una excelente producción de leche por año, pero deficientes parámetros reproductivos y edad avanzada. Asimismo, la presencia de vacas jóvenes que tuvieron problemas de retraso en la gestación y por lo tanto edades mayores a 25 meses para el primer parto. Además de vacas con intervalos de partos prolongados, debido a la elevada producción de leche registrada y como consecuencia periodos abiertos mayores y hasta tres servicios por concepción. Existen factores que influyen en la reproducción como el confort de las instalaciones, el manejo implementado desde que son becerras hasta su primera inseminación y los programas de nutrición (Rodríguez *et al.*, 2008). Otros factores que influyen son el tamaño del hato, así como, la densidad que se tienen en los corrales de acuerdo al número de vacas por corral. Estos factores pueden influir sobre el confort de las hembras y por lo tanto en un

descontrol fisiológico reproductivo provocando por el estrés al que son expuestas (Lucy, 2001).

Anteriormente se consideraba que no había una relación, con el nivel alto de producción de leche con la fertilidad de la vaca (Boyd *et al.*, 1954). Sin embargo estudios realizados después de los años 90' 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 y McGilliard, 1992). Los resultados obtenidos en este estudio mantienen una similitud a la literatura consultada. Puesto que los indicadores productivos de las vacas tienen una elevada correlación con factores fisiológicos, ambientales, alimenticios y sobre todo de manejo. En este caso la alta producción láctea tiene efecto sobre los parámetros productivos, originando desequilibrio y modificando la fisiología reproductiva de la vaca.

Diversos estudios sugieren que adoptar nuevas tecnologías como el uso de pintura en la base de la cola, podómetros, marcadores de presión de monta electrónicos, etc., para detección de celos, ayudaran a aumentar la rentabilidad del hato lechero. Además las estrategias de manejo alimenticio están estrechamente relacionados con el nivel de producción (Oleggini *et al.*, 2001). Lo anterior, debido a que los indicadores productivos están expuestos a cambios constantes y es imposible predecir estos cambios sin un programa de manejo general detenido.

Por otra parte, el volumen de producción de leche, mostró un ritmo ascendente y sostenido en el hato doña vaca. Esto sucede cuando se ofrece una alimentación con los aportes de energía y proteína necesarios para que la vaca exprese todo su potencial lechero (Henderson *et al.*, 1985; García López *et al.*, 1990). El volumen reportado en el estudio fue elevado sobre todo en vasa con edad avanzada y con varios partos. Sin embargo el comportamiento de varios índices, no fueron satisfactorios, por ejemplo el periodos entre partos y los días abiertos, que se prolongaron a más de 330 días.

Al respecto García López *et al.* (1988a) y Velázquez (1999) indicaron que cuando las vacas reciben suficiente alimento y nutrientes posparto, estos parámetros pueden mejorarse sustancialmente. En este sentido, Herd y Sprott (1994) y Wattermann (1994), resaltaron que una buena respuesta productiva indica que existe un manejo eficiente de la alimentación y del estado reproductivo de las vacas. Asimismo, la implementación de prácticas que disminuyan situaciones de estrés en las vacas, ayudaran para que estas obtengan un plus en su producción y ciclos reproductivos (García López *et al.* 1986). Por otra parte, de acuerdo con Pezo (1997) y Senra (2000) la presencia de vacas altas productoras y con lactancias iniciales adecuadas, constituyen un logro económico de interés. Todo lo anterior, indica que un buen balance de nutrimentos y aditivos en la ración, buen manejo reproductivo y disminución de factores de estrés para las vacas Holstein, permitirá un elevado volumen de producción y por consiguiente, disminuyen los riesgos en la salud y mejora la conducta reproductiva (Heuer *et al.*, 1999).

En general se obtuvo una tasa de concepción baja, por las razones que se han comentado en párrafos anteriores. En este sentido González (2001) indico que porcentajes entre 60-70% son los ideales para ganado lechero. Aunque diversos estudios indican que los altos rendimientos en la producción de leche, han repercutido en el aumento en la infertilidad y en desórdenes reproductivos (Quintanella *et al.*, 2002; López-Gatius, 2003). Esta tendencia se observa en los grupos G1 y G4 que son vacas altas productoras con dos partos. Pero que en consecuencia mantienen un amplio periodo de días abiertos (130 días) y se necesitan 2.2 servicios por ternero nacido. El G3 con vacas con periodos cortos en lactancia y un record de leche total baja, presentan una buena eficiencia reproductiva, similar a los reportes de De la Sota (2004), quien indicó que los días a primer servicio no deben ser mayores al periodo de espera voluntario de 50 a 60 días. En contraste, Ortiz (2006) resalto que vacas multíparas tienen un intervalo parto a primer servicio más corto que las primíparas. Además, los servicios óptimos por concepción según Wilde (2005), oscila entre 1.5 y 2 inseminaciones para que la vaca quede gestante. Resultados similares a los obtenidos en el G3 en el que las vacas solo requieren un servicio por concepción.

En el caso del G4, las vacas presentan problemas reproductivos, ya que necesitan 3 inseminaciones para lograr una concepción. Esto se traduce en un deficiente manejo en la detección de celos. Al respecto Cavestany (2000) identificó que la falla en la detección de celos, es el mayor factor que afecta la eficiencia reproductiva. Esto se puede evitar con la presencia de personal altamente capacitado y mediante técnicas eficientes para la detección de celos (marcado de vacas con pintura en la parte trasera) manejo adecuado del semen y de la técnica de inseminación, sanidad, mejoramiento genético y alimentación de la vaca (Hillers *et al.*, 1984).

En general, en el hato analizado las vacas tienen el tiempo para que la vaca tenga una cría supera los 365 días. En este sentido Cavestany (2000) indicó que lo ideal es que las vacas tengan un parto y una lactancia por año para lograr una eficiencia reproductiva del 100%. Otros autores (Hazard, 1990) especificó que siempre existirá un porcentaje de vacas que por diferentes razones no quedaran preñadas después de 3 a 4 inseminaciones. Al respecto Glauber (2007) resaltó la importancia de diseñar mejores planes de manejo reproductivo, aunque para ello, es necesario que previamente se realice un estudio sobre los factores que influyen. Entre otros, se encuentra el aumento de producción de leche/vaca, aumento del tamaño de los hatos, mayor confinamiento, reducida disponibilidad de personal capacitado y aumento de consanguinidad.

Glauber (2007) y Hazard (1990) mediante diversas investigaciones y resultados consideran que la alta producción de leche es contraproducente para el desempeño reproductivo. Esta es la razón de la disminución de los índices de concepción en las últimas décadas. La declinación en el aspecto reproductivo, es consecuencia del mejoramiento de la producción de leche por animal y de la alta demanda de nutrientes que ello implica (Hazard, 1990).

Por otra parte de acuerdo a los resultados arrojados del análisis clúster, sobre indicadores reproductivos. Edad al primer parto (EPP), Días a primera IA o (IPPS), Días abiertos (DA), servicios por concepción (SPC) e Intervalo entre partos (IEP), podemos recalcar lo siguiente. Con el estudio de Indicadores reproductivos de vacas lecheras en agroempresas con diferente nivel tecnológico empresarial en Los Altos de Jalisco (Mariscal-Aguayo *et al.*, 2016), mostraron que las vacas presentaron una edad al primer

parto en promedio de 26 y 36 meses, mayor a los 25.1 meses. Los mismo autores indicaron IPPS de 77.35 días, superior a los 53 días en el hato lechero semi-intensivo analizado. Sin embargo Arbel *et al.* (2001) mencionaron que un retraso de 60 días con respecto al periodo de espera voluntario en la inseminación de vacas altas productoras trae ventajas económicas y permite al productor tomar decisiones relativas a cada vaca.

Stewart y Rapnicki (2006) señalan que las vacas altas productoras son las de segundo y tercer parto y encontró un IPPS de 84.5 y 81.7 días. Ramírez y Segura (1992) reportaron 83 días de IPPS para vacas lecheras en sistemas intensivos del noreste de México. Nebel (2003) recomienda como meta 75 días IPPS en sistemas de producción intensiva y Córdova *et al.* (2005) publicaron un óptimo de 77.53 días en vacas en estabulación. Mediante los resultados de nuestro análisis, se establece que hatos lecheros con un nivel tecnificado medio presentan un IPPS adecuado. Asimismo, Mariscal-Aguayo *et al.* (2016), indicaron edades a primer parto (EPP) de 25.7 meses y valores para IPPS de 77.35 y 125.14 para días abiertos (DA), similares a los 25.18 meses de EPP y valores para IPPS de 53 días y 116 para DA. Mientras que Marini *et al.* (2004) reportaron 26.1 meses de EPP en vacas Holstein, mismas que presentaron 122.8 días al primer servicio posparto y periodos de días abiertos más largos; 140.3 días. Nilforooshan y Edriss (2004) mencionan que 24 meses es la edad ideal al primer parto y con ello se logran intervalos al primer servicio posparto más cortos, menos días abiertos y pérdidas económicas atribuidas a costos de alimentación, sanidad y mano de obra.

El comportamiento reproductivo es el resultado de la acción de diversos factores (Lane *et al.*, 2013). Por lo que Overton y Waldron (2004) señalan que es necesario lograr la nutrición óptima de la vaca, cuyos requerimientos varían según el estado fisiológico. Además de satisfacer las demandas de nutrientes específicos en el periodo seco para prevenir trastornos metabólicos en el período perinatal.

Mariscal-Aguayo *et al.* (2016) observaron un promedio de 119.3 días abiertos, similar a los 116 días en hato semi-intensivo analizado. Ortiz *et al.* (2005) señalan un óptimo de 85 a 110 días y Córdova *et al.* (2005) de 85 a 100 días en un sistema estabulado. Los Servicios por concepción (SPC), fueron 2.2 en promedio e incrementaron de manera

gradual con la edad y número de lactancia de las vacas. Este valor fue menor en G3 con solo 1.6, similar a los 1.7 reportado por Ortiz *et al.* (2005) como óptimo.

Maciel y Scandolo (2008) resaltaron que factores ambientales como la lluvia intensa y temperaturas ambientales mayores de 30°C reducen la actividad estral. En estas condiciones la actividad estral es tres veces menos notoria que en clima seco con temperaturas de 20 a 25 °C. El hecho de que durante la época de secas se puedan observar mejor los signos del celo y se mejora la detección temprana de celos e inseminación. La concepción durante la época de lluvias y menor número de servicios está relacionado con la mayor producción y calidad el nutricional del forraje que se ofrece al ganado.

Un problema en vacas lecheras es el mayor intervalo entre partos (IEP), como se observó en este estudio, que por ejemplo en G1 y G4 se reportaron en promedio 410 días de IEP. Lo que coincide con lo reportado por Caldera (2003) en hatos con nivel tecnológico bajo, medio y alto en la región de los Altos de Jalisco (396.7 días) en hatos empresariales y 406.9 días en hatos de transición. Teyer *et al.* (2002) reportaron 468 días hatos lecheros especializados del sur de México. Córdova *et al.* (2005) mencionaron un óptimo de 12 meses en sistemas estabulados y Ortiz *et al.* (2005) 12.5 a 13 meses en sistemas intensivos, aunque también resalto que 14 meses de IEP, ya es un indicador de problemas en el hato. Nebel (2003) registró un óptimo de 13.5 meses. De acuerdo con estos autores promedio general de 347 días para establo analizado, se encuentra dentro de los valores recomendados. Con base en los resultados obtenidos se identifica que las vacas del hato bajo sistema semi-intensivo en estudio. Tienen un mejor comportamiento hasta antes de los 60 días después del parto, ya que presentan celo y son inseminadas más pronto. Sin embargo, estas diferencias no son tan importantes para tener un impacto en los indicadores de DA e IEP, ya que al final las vacas tienen un comportamiento reproductivo diferente, ocasionado factores de la vaca y del medio en el que se explotan.

## 8.2. Correlación

La correlación de **“Edad de las vacas y producción de leche”** indicó que a medida que aumenta la edad, aumentara la producción de leche en cada lactancia. En general el hato cuenta con vacas jóvenes, con edades de 3.7 años en promedio y dos partos. La producción promedio de leche<sup>-1</sup> fue de 10,000 kg. y 85.7% del hato se consideran como vacas altas productoras. Sin embargo, las vacas presentan problemas reproductivos, prolongados periodos de días abiertos y más de dos servicios por concepción. Lo anterior, puede influir negativamente con la eficiencia productiva y económica de la UP. La producción de leche obtenida es similar la producción reportada por Radcliff (2000) en un grupo de vacas de primer parto en Michigan (8,618 kg<sup>-1</sup> de leche en 305 días); 10,014 kg de leche en hatos en Wisconsin con dos ordeñas (Bewley *et al.*, 2001) o 10, 000 a 11, 500 kg de leche hatos de vacas en Kansas (Buckley *et al.*, 2000).

Lo anterior sugiere que las vaquillas nacidas en México mediante el uso de semen importado de alto merito genético, está logrando beneficios en la producción. En este sentido, la alta correlación obtenida en producción de leche y edad tiene explicación y es más marcada en la primera y segunda lactancia. El efecto se hace presente ya que a mayor edad, mayor será la producción de leche, lo que concuerda con los resultados de Wood (1974) y Staton *et al.* (1992). Los mismos autores resalta que esta relación también se explica por el número de parto de las vacas. Asimismo, Keown *et al.* (1986) indicaron que la edad tiene un efecto significativo sobre el volumen de leche, grasa y proteína en la leche. Sin embargo, los mismos autores mencionaron que a partir del octavo año de edad, la vaca tiende a disminuir la producción gradualmente.

En relación a la correlación de las variables **“promedio de días en lactancia y promedio de leche por lactancia”**, también se pudo corroborar, ya que por ejemplo G1 presentó el mayor periodo de lactancia (336 días), pero también la mayor producción de leche, manteniendo producciones promedio de 38 kg día<sup>-1</sup>, por lo que son consideradas vacas altas productoras. No obstante en producción individual por día, el grupo fue superado por los otros tres grupos, pero no así en el record total. Los otros tres grupos de igual forma, presentaron un promedio de 255 días en lactancia, lo que explica la menor cantidad de leche producida.

Los resultados concuerdan con varios estudios. Por ejemplo McDowell *et al.* (1976) quienes reportaron promedios de lactancias de 285 días en vacas Holstein en diferentes hatos de México, 333 días reportados por Ponce de León *et al.* (1982) en Cuba y 328 días por Castillo *et al.*, (1991) un estudio con ganado lechero en un sistema intensivo en México, parámetros que se relacionan con la mayor o menor producción de leche total por lactancia. Es importante resaltar que la producción de leche está altamente relacionada también al número de partos de las vacas (García-Muñiz *et al.*, 2007). Pero también es cierto que la duración de la lactancia, está relacionada los días abierto y el intervalo entre partos, por lo que se estos parámetros son prolongados, se reduce el periodo de lactancia. Asimismo, los días de lactancia se limitan por factores como el volumen de producción por vaca, ambientales, la alimentación y enfermedades posparto (Val-Arreola *et al.*, 2004).

Finalmente, la relación entre **“Número de servicios por concepción y días a última IA”**, identifique amplios periodos de días abiertos superiores a 116 días y 2.2 servicios para que las vacas logren una gestación. El intervalo entre partos promedio fue 347 días. En el caso de G1, se observó la presencia de vacas que superan los 400 días de intervalo entre partos, 2.1 partos, 120 días abiertos y 2.3 servicios por concepción. A diferencia de los otros tres grupos que presentaron 391.7 días en el intervalo entre partos, 2.0 partos, 106.3 días abiertos y 2.0 servicios por concepción. Esto refleja que existen problemas en la fertilidad, que puede ser explicado por el alto volumen de producción láctea o por un deficiente manejo reproductivo, sobre todo de observación y detección de celos. En este sentido, Velázquez-Martínez y Hernández-Salgado (2008), indicaron que cuando existe una tendencia de incremento en la producción de leche, mayor será el periodo de días abiertos y servicios por concepción.

Otros estudios (Inostroza y Sepúlveda, 1999 y Echevarría *et al.*, 2002) argumentaron que los días a primera IA, se prolongan debido una condición corporal (CC) baja, al balance energético negativo (BEN), la época del parto y el volumen de leche producida. Mientras que Silva *et al.* (1992) indicaron la influencia de días largos o con mayor número de horas luz con el retraso en la IA y días abiertos, similar a los resultados del presente estudio.

Otros factores que influyen es el anestro postparto y reducida expresión de signos de celo, problemas en la detección de celos o deficiencias en el manejo de registros reproductivos. En este sentido, Sepúlveda (2001) reporto que 85% de las vacas deben presentar signos de celo en los primeros 60 días postparto. De lo contrario, puede existir ausencia de actividad cíclica ovárica, lo que favorecerá un menor porcentaje de vacas servidas y preñadas. El reinicio de la actividad ovárica, está regulada por un adecuado balance endocrino y la completa involución del tracto reproductivo (Inostroza y Sepúlveda, 1999). En condiciones fisiológicas normales, la primera ovulación postparto, debe presentarse en los primeros 21 días y la segunda, tres semanas más tarde (42-45 días), acompañada de signos del celo y de ovulación (Stevenson *et al.*, 1983).

Loeffer *et al.* (1999) por otra parte, indicaron que las causas principales de infertilidad en el 45-80% de las vacas son por causas de deficiencias en la alimentación y nutrientes. Esta situación hace que las vacas pierdan condición corporal durante y después del parto, sobre todo en vacas altas productoras. En este grupo de vacas, se prolonga el tiempo para reiniciar la actividad ovárica. Sin embargo Butler y Smith, (1989) argumentaron que no es solo la pérdida de peso o reducción en la condición corporal lo que provoca este retraso, sino la magnitud de su pérdida. Stevenson *et al.* (1983) y Mc Dougall y Hampson, (1992) Afirman que la baja eficiencia en el servicio y gestación de la vaca, se debe fallas en la detección de celos y Butler y Smith, (1989) reportaron que aproximadamente el 50% de los celos de las vacas pasan desapercibidos y no son detectados por el productor. En base a los resultados de una mala eficiencia reproductiva de las vacas en estudio. En este sentido, Stevenson *et al.* (1983) y Sepúlveda (2001), resaltaron que para lograr un eficiente manejo reproductivo, se requiere personal capacitado, emplear registros reproductivos estrictos y técnicas adecuadas para detección de celos.

## **IX. CONCLUSIONES**

De los resultados se concluye lo siguiente.

Existe una gran diversidad de vacas en función de su estado fisiológico analizado, de forma que se evidencia la situación actual del hato de vacas analizado y diversos problemas derivados del manejo general del hato que repercuten directamente sobre los índices productivos y reproductivos.

Un bajo porcentaje de vacas del hato tiene periodos prolongados de producción de leche, superando los parámetros recomendados para ganado lechero Holstein. Ello se refleja en mayor producción de leche total, pero no en mayor producción individual por día. Este grupo de vacas, también presentó el mayor intervalo entre parto y no garantiza un becerro por año. Un elevado porcentaje de vacas, presenta reducidos periodos de lactancia y la mayor producción individual por día. Sin embargo, no se refleja en el record total por lactancia.

Existe una alta correlación entre la edad de la vaca y el promedio de días en lactancia con la producción de leche total e individual y el número de servicios por concepción y los días a última IA. Con lo anterior, se afectan varios índices reproductivos, el funcionamiento reproductivo es deficiente y se observa retraso en el restablecimiento de la actividad ovárica post-parto, baja tasa de concepción, días abiertos prolongados, mayor número de servicios por concepción y largos intervalos entre partos.

## **X. RECOMENDACIONES**

Para mantener un desempeño reproductivo y de producción del ganado lechero, es fundamental el uso de registros estructurados y completos. Esto con el fin de proponer estrategias de manejo que contrarresten efectos perjudiciales, mejorar la producción de becerros y leche de las vacas. Conocer la situación actual del hato, identificar los problemas técnicos existentes, aplicar los correctivos necesarios y mantener la viabilidad económica de la UP.

Asimismo, es fundamental invertir tiempo para evaluar los registros y parámetros de producción y reproducción esto para optimizar recursos o aumentar la eficiencia individual y del hato.

Buscar métodos eficientes en la detección de celos e IA efectiva, que permita un becerro<sup>1</sup> y producción de leche superior a 10,000<sup>1</sup>.

Capacitar a trabajadores y técnicos para que contribuyan en el manejo y gestión del hato.

Realizar un manejo postparto estricto, brindando atenciones clínicas eficientes y así lograr que las vacas tengan una ovulación uterina más rápida y evitar periodos abiertos prolongados; lograr un mayor número de vacas preñadas y no afectar el subsiguiente intervalo entre partos.

Realizar estudios detallados sobre los efectos de planes de manejo y gestión mal estructurados sobre la fertilidad de las vacas y la economía de la UP.

## XI. LITERATURA CONSULTADA

- Antúnez, C. J. M. (1994). Análisis técnico financiero de los sistemas de producción de leche bovino (familiar y colectivo ejidal) en la comunidad La Loma, Municipio de Lerdo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 26 pp.
- Arbel, R., Y. Bigun, E. Ezra, H. Sturman, and D. Hojean. (2001). The effect of extended calving intervals in high lactating cows on milk production and profitability. *Journal of Dairy Science* 84: 600-608.
- Arévalo, F. (1999). Manual de Bovinos Productores de Leche. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba – Ecuador. Edit. Epicentro. 32-40 pp.
- Ávila, S., Gasque, R. (2005). Grupos genéticos de ganado bovino destinados a la producción de leche. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. 49 pp. [[http://www.academia.edu/24308866/3\\_GRUPOS\\_GENETICOS\\_DE\\_GANADO\\_BOVINO\\_DESTINADOS\\_A\\_LA\\_PRODUCCION\\_DE\\_LECHE](http://www.academia.edu/24308866/3_GRUPOS_GENETICOS_DE_GANADO_BOVINO_DESTINADOS_A_LA_PRODUCCION_DE_LECHE). Noviembre. 2017].
- Bath, D. L., Dickinson, F. N., Tucker, H.A. y Applemma, R.D. (1986). Ganado Lechero. Principios Prácticos, problemas y beneficios. Editorial Interamericana. México, D.F. 240 pp.
- Bearden, J. H., John W.F. (1982). Reproducción animal aplicada. Edit. El manual moderno, México. 358 pp.
- Bewley, J. Palmer, R. W. y Jackson-Smith, D. B. (2001). Modeling Milk Production and Labor Efficiency in Modernized Wisconsin Dairy Herds. *J. Dairy Sci.* 84:705-716.
- 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.
- Bretschneider, G., Salado, E., Cuatrin, A., y Arias, D. (2015). Lactancia: Pico y Persistencia. INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 3 pp. [[http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_lactancia\\_pico\\_y\\_persistencia\\_febrero\\_2015.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lactancia_pico_y_persistencia_febrero_2015.pdf). 4 de Agosto de 2017].
- Buckley, F., Dillon, P., Rath, M. y Veerkamp, R. F. (2000). The Relationship Between Genetic Merit for Yield and Live Weight, Condition Score, and Energy Balance of Spring Calving Holstein Friesian Dairy Cows on Grass Based Systems of Milk Production. *J. Dairy Sci.* 83: 1878-1886.

- Bustamante, J. (1989). Comportamiento reproductivo y productivo del ganado bovino lechero en manejo tecnificado y no tecnificado de áreas homogéneas del departamento del Quiché. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 4-9 pp.
- Butler W, Smith R. (1989). Interrelationships between energy balance on postpartum balance reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 72: 767-777.
- Butler, W.R., Smith, R.D. (1989). Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 72: 767-783.
- Cabrera, V.E., Giordano, J.O., (2010). Economic decision making for reproduction. Dairy Cattle Reproduction Conference. University of Wisconsin, Madison. 10 pp. [[https://www.researchgate.net/publication/268408065\\_Economic\\_decision\\_making\\_for\\_reproduction](https://www.researchgate.net/publication/268408065_Economic_decision_making_for_reproduction). Enero Del 2018]
- Caldera, N. N. A. (2003). Comportamiento de ganado Holstein en agroempresas de lechería familiar con diferente nivel tecnológico. Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 62-75 pp.
- Campos, G. R., Vélez, T. M., Hernández, E., García, A. K., Molina, B. R., Sánchez, G. H., Durán, C. C. V., Giraldo, P. L., (2015). El mejoramiento genético y la producción de leche. La esencia de una realidad de producción animal. Vol. 64. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 11 pp. [[http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/50263/55111](http://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/50263/55111). Agosto de 2017].
- Campos, M.S., Wilcox, C.J., Spreen, T.H. (1995). Effects of interrelationships of production and reproduction on net returns in Florida. *J. Dairy Sci.* pp. 78:704–709.
- Carrasco, J.L. y M.A. Hernán (1993). Estadística Multivariante en las Ciencias de la vida. Fundamentos, Metodos y Aplicación. Editorial Ciencia 3, S. L., Madrid. 185 pp.
- Castillo DJL, Herrera HJG, Espinoza VJ, García WM (1991). Evaluación de vacas lecheras en la zona oriente del Estado de México. *Agrociencia, serie Ciencia Animal*; 1: 29-44.
- Cavestany, D. (2000). Resumen de ensayos sobre eficiencia reproductiva en vacas de leche en producción, factores que la afectan y alternativas de manejo para

- incrementarla (período 1992 a 1997). Instituto Nacional Investigación Agropecuaria (INIA). Temas de lechería: Reproducción. Montevideo, Uruguay. 18 pp.
- Córdoba, M., Bruno, C., Costa, J. & Balzarini, M. (2013) Subfield management class delineation using cluster analysis from spatial principal components of soil variables. *Computers and Electronics in Agriculture*. 6-14 pp.
- Córdova, I. A., M. S. Córdova J., C. A. Córdova J., y J. F. Pérez G. (2005). Comportamiento reproductivo de ganado lechero. Dairy herds participating in a progeny test program. *Journal of Dairy Science* 90: 1073-1079.
- Davis, Richard F. (1991). *La vaca lechera su cuidado y explotación*. 1ª ed. Edit. Limusa. México D.F. 328 pp.
- De Alba, J. (1985). *Reproducción Animal*. Prensa Medica Mexicana. México, D. F. 56 pp.
- De la Sota, R. L. (2004). Detección de celos: Como calcular su intensidad y exactitud. *Revista Taurus*. 2:97-27.
- De la Sota, R.L. (2004). Detección de celos: cómo calcular su intensidad y exactitud. *Rev. Taurus*. 7:19-27. [<http://www.PortalVeterinaria.com>. Agosto de 2017]
- De Vries, A. (2006). Economic value of pregnancy. *J. Dairy Sci.* 89:3876–3885.
- De Vries, A., Van Leeuwen, J., & Thatcher, W.W. (2010). *Economics of Improved Reproductive Performance in Dairy Cattle*. Department of Animal Sciences. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. [<http://edis.ifas.ufl.edu>. 18 de Agosto de 2017].
- Domecq, J.J. (1991). Expert system for evaluation of reproductive and management. *J. Dairy Sci.* 74:3446.
- Domenech, J. M. (1985). *Métodos estadísticos: modelo lineal de regresión*. Barcelona. 105 pp.
- Dray, S., Saïd, S. & Débias, F. (2008) Spatial ordination of vegetation data using a generalization of Wartenberg's multivariate spatial correlation. *Journal of Vegetation Science*. 45-56.
- Echevarría L, Huanca W, Delgado A. (2002). Identificación de las limitantes del comportamiento reproductivo y la eficiencia de la IA en ganado lechero de la zona de Lima. *Rev Inv Vet, Perú*. 13: 18-27.

- Ensminger, M. E. (1977). Producción bovina para leche. 1ra Ed. Edit. El Ateneo. Buenos Aires Argentina. 567 pp.
- Escudero, C., Caballero D, H., y Hervás, T. (1985). Seminario sobre Producción Lechera en la Sierra Ecuatoriana. MAG. IICA. Quito – Ecuador. (29 Jul – 2 Ago): Industria Lechera; Control de Calidad. Ecuador. 418-422 pp.
- Estrella, Q. H. (1996). Programa de cómputo para el manejo de explotaciones de bovinos lecheros. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 91 pp.
- Ferguson, J. (1995). Estructuración de programas de reproducción y de salud del hato. Hoard's dairyman en español. México. pp. 329 – 330.
- Fricke, P. (2004). Estrategias agresivas de manejo para mejorar la eficiencia reproductiva de vacas lecheras en lactancia. 4pp. [<http://www.cals.wisc.edu>. Agosto de 2017].
- Gallegos, S. J. (2007). Manejo reproductivo en explotaciones lecheras. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. 8 pp. [<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20productivo%20en%20las%20explotaciones%20lecheras.pdf>. Diciembre de 2017].
- Galligan, D.T. (1999). The economics of optimal health and productivity in the commercial dairy. Review of Scientific of technologies. 18(2): 512-519.
- Galvis, R., Múnera E., Marín A. (2005). Relación entre el mérito genético para la producción de leche y el desempeño metabólico y reproductivo en la vaca de alta producción. Ciencias Pecuarias Colombia. 18228-239.
- Gamarra, M. (2001). Situación actual y perspectivas de la ganadería lechera en la cuenca de Lima. Revista Investigaciones Veterinarias. Perú 12: 1-13.
- García F. (2003). Nutrición y fertilidad de la vaca lechera. Monografía. Facultad de Veterinaria, Universidad de Buenos Aires. 7 pp. [[www.nutrihelpanimal.ar](http://www.nutrihelpanimal.ar). Agosto de 2017].
- García H. L., A. (2005). La globalización productiva y comercial de la leche y sus derivados. Articulación de la ganadería intensiva lechera de la Comarca Lagunera. 1ra Ed. Plaza y Valdés. México. 278 pp.

- García López, R., Elías, A., Pérez de la Paz, J. & Gonzalo, G. (1988)a. Uso de la zeolita en vacas lecheras. 1. Efecto en la composición láctea. Rev. cubana Cienc. agríc. 22:33.
- García López, R., Menchaca, M. & Ruiz, R. (1990). Efecto de elevar el nivel de concentrado en la parte inicial, media y final de la curva de lactancia en vacas Holstein con un potencial mayor de 4000 litros en 244 días. Rev. Cubana Cienc. agríc. 24:143
- García López, R., Ruiz, R., Elías, A., Menchaca, M. & Gómez, E. (1986). Efecto del horario de pastoreo y el fraccionamiento del concentrado en el comportamiento de vacas Holstein. Rev. Cubana Cienc. agríc. 20:107.
- García, A. (1989). Uso terapéutico del factor liberador del hipotálamo y hormona desencadenante de las gonadotropinas en la inseminación artificial y su efecto sobre la preñez en la vaca lechera. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 12 pp.
- García, M. (2004). Uso de base de datos en la investigación pecuaria. Mundo Vet. Perú 2(5): 8-18.
- García, M., Goodger, W.J., Bennett, T., y Perera, B.M.A.O. (2001). Uso de un protocolo estandarizado en 14 países para identificar factores que afectan la eficiencia de los servicios de inseminación artificial en ganado bovino a través de análisis de progesterona. Rev. Inv. Vet. Perú. 12(2):164-178.
- García-Martínez, A. (2008). Dinámica reciente de los sistemas de vacuno en el Pirineo Central y evaluación de sus posibilidades de adaptación al entorno socio-económico. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, España. 273 pp.
- García-Muñiz, J. G., D. V. Mariscal-Aguayo, N. A. Caldera Navarrete, R. Ramírez-Valverde, H. Estrella-Quintero, y R. Núñez-Domínguez. (2007). Variables relacionadas con la producción de leche de ganado Holstein en agroempresas familiares con diferente nivel tecnológico. Inter-ciencia 32: 841-846.
- Gay, C. (2000). Enciclopedia práctica de la Agricultura y Ganadería. Editorial Océano S.A. Barcelona – España. 58 pp.
- Glauber, C. (2007). Manejo reproductivo en el rodeo bovino lechero: Propuestas y reflexiones. Facultad Ciencias Veterinaria. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 5 pp.

- González, C. (2004). Pasos para lograr el diagnóstico y la solución del problema reproductivo a través de la evaluación de la eficiencia reproductiva. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. [<https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/pasos-lograr-diagnostico-solucion-t29498.htm>. 18 de septiembre de 2017].
- González, C. (2011). Reproducción bovina. Edit. Fundación Giraz. Maracaibo, Venezuela. 437 pp.
- González, O. B. (2008). Factores ambientales que afectan el comportamiento reproductivo de vacas Holstein. Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 89 pp.
- González, S. C. (1985). Evaluación de la eficiencia reproductiva en hatos bovinos. In: IV Congreso Venezolano de Zootecnia. Taller eficiencia reproductiva. [<http://avpa.ula.ve/docuPDFs/ivcongreso/taller/articulo5.pdf>. Agosto de 2017].
- González, V. (1988). Producción de ganado de doble propósito en Guatemala antecedentes y estrategias de desarrollo. In Memorias de la Conferencia Internacional sobre Sistemas y Estrategias de Mejoramiento Bovino en el Trópico. Guatemala, USAC. CATIE, RISPAL. 159-166 pp.
- Graves, M. (1996). Es vital hacer que las vacas vuelvan a quedar cargadas. Hoard's dairyman. México. 163 – 164 pp.
- Guisande, G. C., F.A. Barreiro, E.I. Maneiro, F.A. Riveiro, C.A. Vergara y L.A. Vaamonde (2006). Tratamiento de datos. Ediciones Díaz de Santos, España. 78 - 160 pp.
- Haeussler, C. (1985). Factores que influyen en la edad al primer parto e intervalo entre partos de ganado mestizo tipo doble propósito en el Sur-Oriente de Guatemala. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala. 4-5 pp.
- Hafes, E. (1985). Reproducción e inseminación artificial en animales. Trad. F de M Berenguer I. México, Interamericana. 321,328 pp.
- Hafes, E. (2002). Reproducción e inseminación artificial en animales. 7ma Ed. México DF. McGraw-Hill Interamericana. 509 pp.
- Hafez, E. S. E. (1996). Anatomía funcional de la reproducción. En: Reproducción e inseminación artificial en animales, 6ª edición. Interamericana. México. 3-52 pp.

- Hafez, E.S.E. (1987). *Reproduction in Farm Animals*. 5a ed. Editorial Lea & Febiger. Philadelphia, USA. 297-344 pp.
- Hair, J. F. J., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E. y Tatham, R. L. (2006). *Multivariate data analysis*. International Edition. 6Ed. Prentice Hall International. New Jersey. United States of America. 897 pp.
- Hare, E., H. D. Norman, and J. R. Wright (2006). Trends in calving ages and calving intervals for dairy cattle breeds in the United States. *Journal of Dairy Science* 89: 365-370.
- Harrison R.O., Ford S.P., Young J.W., Conley A.J., Freeman A.E. (1990). Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cow. *J. Dairy Sci.* pp. 73: 2749-2758.
- Hazard, T. S. 1990. Sabe Ud. como alimentar sus vacas lecheras. *Investigación y Progreso Agrícola. Carillanca*. 9:3 8-41.
- Heins, B., J. Hansen L., B. Hazel A., R. Seykora A., J. Johnson D., G. Linn J. (2010). Birth traits of pure Holstein calves versus Montbeliarde-sired crossbred calves. *Journal of Dairy Science*. 93: 2293-2299.
- Henderson, S.J., Amos, H.E. & Evans, J.J. (1985). Influence of dietary protein concentration and degradability on milk production and ruminal protein. *J. Dairy Sci.* 68:356.
- Herd, D.B. & Sprott, L.R. (1994). Condición corporal, nutrición y reproducción en ganado de carne. *Memorias. Diplomado en Eficiencia Reproductiva en Bovinos Productores de Carne. FMVEZ-VAT/Texas. A & M University*. 86 pp.
- Hernández, E. (1993). Determinación de la actividad ovárica y de preñez en vacas de doble propósito recibiendo suplementación nutricional, post – parto mediante la determinación de progesterona en leche descremada. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos. Guatemala. 32-37 pp.
- Heuer, C., Schukken, Y.H. & Dobbelaar, P. (1999). Post partum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield and culling in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 82:295

- Hillers, K. J., Senger, P. L., Darlington, R. L., and Fleming, W. N. 1984. Effects of production, season, age of cow, days dry and days in milk on conception to first service in large commercial dairy herds. *Journal of Dairy Science*. 67: 861–867.
- IIEG, Instituto de Información Estadística y Geográfica del Estado de Jalisco (2012). Mapa General del Estado de Jalisco. [http://iieg.gob.mx/contenido/Municipios/cuadernillos/TepatitlandeMorelos.pdf. Abril de 2016].
- IITEJ. Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco (2012). Tomo 1 Geografía y Medio Ambiente de la Enciclopedia Temática Digital de Jalisco. [http://www.iieg.gob.mx. Marzo de 2016].
- Inostroza M, Sepúlveda N. (1999). Actividad reproductiva postparto en vacas frisonas. *Arch Zoot* 48: 429-432.
- Johanson, J. M., P. J. Berger, S. Tsuruta, and I. Misztal (2011). A bayesian threshold-linear model evaluation of perinatal mortality, dystocia, birth weight, and gestation length in a Holstein herd. *Journal of Dairy Science*. 94: 450-460.
- Johnson, R. A. y Wichern, D. W. (1982). *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 2da ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 160 pp.
- Keown, J.F., Everett, R.W., Empet, N.B., y Wadell, L.H. (1986). Lactation Curves. *J Dairy Sci*. pp. 69:769-781.
- Keown, J. f., R.W: Everett, N.B: Empet and L.H. Wadell. (1986). Lactation Curves. *J. Dairy. Sci*. 69:769-781.
- Laing, J. A., W. j. Brinley, y W.C. Wagner (1991). Fertilidad e Infertilidad en la práctica veterinaria. Interamericana, McGraw-Hill. Barcelona. 68-72 pp.
- Lane, E.A., M.A. Crowe, M.E. Beltman, and S.J. More (2013). The influence of cow and management factor on reproductive performance of Irish seasonal calving dairy cows. *Animal Reproduction Science* 141:34-41.
- Lara, V. C., Hernández, J., Cruz, O., Ortiz, O., y Gutiérrez, C. G. (2002). Inicio de la actividad ovárica posparto y características de la función lútea de vacas Holstein. In: *Memorias del XXVI Congreso Nacional de Buiatría 2002*. Acapulco, Gro. México. Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos.

- Lin, C.Y., McAllister, A.J., Batra, T.R., Lee, A.J., Roy, G.L., Vesely, J.A., Wauthy, J.M. and Winter, K.A. (1986) Production and reproduction of early and late bred dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. 69: 760-768.
- Loeffer SH, De Vries MJ, Schukken YH. (1999). The effect of time of disease occurrence, milk yield, and body condition on fertility of dairy cows. *J Dairy Sci*. 82: 2589-2594.
- Londoño A.P., Parra S. (1990). Heredabilidad y correlaciones entre producción de leche y algunas características reproductivas en un hato lechero. Trabajo de Grado de Zootecnia, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 97 pp.
- Lopez-Gatius, F. (2003). Is fertility declining in dairy cattle? A retrospective study in north-eastern Spain. *Theriogenology*. 60:89-99.
- Lucy, M.C. (2001). Reproductive Loss in high-producing dairy cattle: where will it end? *J. Dairy Sci*. 84:1277-1293.
- Lucy, M.C., McDougall, S., Nation, D.P. (2004). The use of treatments to improve the reproductive performance of lactating dairy cows in feedlot or pasture based management systems. *Anim Reprod Sci*. 82-83: 495-512.
- Maciel, M. y Scandolo, D. (2008). Aspectos básicos del manejo reproductivo de vacas lecheras. In: Memoria del XXI Curso Internacional de Lechería para Profesionales de América Latina. 28 de abril al 16 de mayo. Santa Fe, Argentina. 174-189 pp.
- Marini, P. R., A. Charmandarian, y M. I. Oyarzabal. (2004). Producción intervalo parto-concepción en vacas lecheras de primer a quinta estación. *Revista Argentina de Producción Animal* 23(4): 165-171.
- Mariscal-Aguayo, V., Pacheco-Cervantes, A., Estrella-Quintero, H., Huerta-Bravo, M., Rangel-Santos, R., Núñez-Domínguez, R. (2016). Indicadores reproductivos de vacas lecheras en agroempresas con diferente nivel tecnológico en los altos de Jalisco. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 13(3) 493-507 pp. [<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360547924009>. Marzo de 2018].
- Martinez, G. M., Suarez, V. H., y Ghezzi, M. D. (2016). Bienestar animal en bovinos de leche: selección de indicadores vinculados a la salud y producción. *Investigaciones Agropecuarias*. 42: 153-160.

- Martínez-Ramos, E. (1984). Aspectos teóricos del Análisis Clúster y Aplicación a la caracterización del electorado potencial de un partido. Ed. J.J. Sanchez-Carrion. Introducción a las técnicas del análisis multivariable aplicadas a las ciencias sociales. Madrid: CIS. 66 pp.
- Mc Dougall S, Hampson A. (1992). Efficacy of detection of oestrus in a dairy herd. Austr Vet J. 69: 96-98.
- McClure T.J. (1994). Nutritional and metabolic infertility in the cow. United Kingdom: CAB International. 97-124 pp.
- McDowell RE, Van Vleck LD, Christensen E, Cabello FE. (1976). Factors affecting performance of Holsteins in Subtropical Regions of Mexico. J Dairy Sci. 59: 722- 900.
- 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. [ [http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros\\_online/manualganaderia/seccion7/articulo4-s7.pdf](http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion7/articulo4-s7.pdf). Diciembre de 2017].
- Melinda, Carvajal Hernández, Eduardo R. Valencia Heredia, José C. Segura Correa (2002). Duración de la lactancia y producción de leche de vacas Holstein en el Estado de Yucatán, México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México. Vol. 13. No.1. 7 pp.
- Mellisho, E. (1998). Evaluación de parámetros reproductivos en vacas Holstein de tres establos de la cuenca lechera de Lima. Tesis Bachillerato. Fac. Zootecnia. Univ. Nac. Agraria La Molina, Lima. 84 pp.
- Middleton, B. (1999). Monitoreo de la fertilidad en ganado lechero. s.l. Tecnovet. [ [http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet\\_articulo/0,1409,SCID%253D9787%2526ISID%253D461,00.html](http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D9787%2526ISID%253D461,00.html). Septiembre de 2017].
- Mónica Belén Piccardi. (2014). Indicadores de eficiencia productiva y reproductiva en rodeos lecheros. Trabajo de tesis de licenciatura. Facultad De Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional De Córdoba. 86 pp.
- Montanero Fernández Jesús. 2008. Análisis Multivariante. Colección manual UEX-59. Espacio Europeo de Educación Superior. 286 pp. [

<https://es.scribd.com/document/343288125/ANALISIS-MULTIVARIANTE-pdf>. Enero 2018].

- Moreira Pereira, L. (1992). Evaluación de la tasa de natalidad e intervalo entre partos en hatos bovinos de doble propósito bajo diferentes planes de alimentación en Nueva Concepción, Escuintla. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala. 5-22 pp.
- Mosquera, J. (1985). Índices reproductivos en Ganadería de Leche de la Serranía Ecuatoriana: producción de leche en la Sierra Ecuatoriana. IICA-MAG. Ed. al Quinto. 240 pp.
- Nájera-Garduño, A. de L., Piedra-Matias, R., Albarrán-Portillo, B., Rebollar-Rebollar y García-Martínez, A. (2016). Changes in dual purpose livestock farming system in the dry tropic of estado de Mexico. *Agrociencia*. 50: 701-710.
- Narváz G., M. C. (1994). Evaluación de algunas explotaciones lecheras en la Comarca Lagunera por el Método de Curvas Mínimo Potenciales. Tesis Profesional. URUZA-UACH. Chapingo, México. 34 pp.
- Nebel, R. (1996). Notas de investigación sobre la importancia del primer servicio. *Hoard's dairyman México*. 165-166 pp.
- Nebel, R. L. (2003). Claves para un programa de manejo reproductivo exitoso. In: *Memorias de 19a Conferencia Internacional sobre Ganado Lechero*. 19-21 de julio de 2003. 71–81 pp.
- Nebel, R. L., McGilliard, M. L. (1992). Interactions of high milk yield and reproductive performance in dairy cows. *J. Dairy Sci*. 76:3257-3268.
- Nieto, R. (1993). El control de la producción (parte II) manejo. 2da ed. Edt.Trillas México. 280 pp.
- Nilforooshan, M. A., and M. A. Edriss. (2004). Effect of age at first calving on some productive and longevity traits in Iranian Holsteins of the Isfahan province. *Journal of Dairy Science* 90: 1594-1606.
- Ojango J.M., Pollott G.E. (2001). Genetics of milk yield and fertility traits in Holstein-Friesian cattle on large-scale Kenya farms. *J Anim Sci* 2001. 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.

- Olivera, S. (2001). Índices de producción y su repercusión económica para un establo lechero. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 12:49-54.
- Olori V.E., Meuwissen T.H., Veerkamp R.F. (2002). Calving interval and survival breeding values as measure of cow fertility in a pasture-based production system with seasonal calving. *J Dairy Sci* 2002. 85:689-696.
- Orellana López, A. (1993). Índice de herencia e índice de constancia de la producción de leche de un hato bovino raza Jersey. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala. 8-9 pp.
- Ortiz, A. D. F. (2006). Índices reproductivos del ganado vacuno en la cuenca lechera de Lima. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. Perú. 79 pp.
- Ortiz, O. J., Montalvo, V.H., Torres, H.G., González, C.F. (1991). Fuentes de variación ambiental que afectan la producción de leche en vacas Holstein. *Agrociencia, serie Ciencia Animal.* 1(1): 69-80.
- Ortiz, S. J. A., O. García T., y G. Morales T. (2005). Manual de manejo de bovinos productores de leche. Colegio de Posgraduados y Secretaría de la Reforma Agraria. México. 53 pp.
- Osoro Otaudi, K. (1986). Efecto de las principales variables de manejo sobre los parámetros reproductivos en las vacas de cría. España, s.e. 89:111.
- Overton, T.R., and M.R. Waldron (2004). Nutritional management of transition dairy cows: strategies to optimize metabolic health. *Journal of Dairy Science* 87:105-119.
- Pacheco C., A. 2010. Estratificación e indicadores reproductivos de agroempresas lecheras en Los Altos de Jalisco. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. México. 71 p.
- Parreño, J. 1991. Evaluación del manejo reproductivo del establo lechero “La Esperanza”, Santa Rita de Sihuas – Arequipa durante el período 1979-1982. Tesis Bachillerato. Fac. Zootecnia Univ. Nac. Agraria La Molina, Lima. 66p.
- Pendini, C. R. (2006). Manejo reproductivo del ganado lechero. Departamento de Producción animal. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad nacional de Córdoba, Argentina. 20 pp.

- Pérez, C. L. (2005). Técnicas estadísticas con SPSS 12. Aplicaciones al análisis de datos. Prentice Hall. Madrid, España. 802 pp.
- Pérez, D. (1982). Manual sobre ganado productor de leche. Editorial Diana. México. D. F. 1ra Edición. 698 a 745 pp.
- Pérez, J. (2008). Multinacionales y difusión de tecnología en clusters agroindustriales: el caso almeriense. Rev. Estudios Regionales. 86:155 – 180 pp.
- Pezo, D. (1997). Producción y utilización de pastos tropicales para la producción de leche. Estrategias de alimentación para la ganadería tropical. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Univ. Zulia. Maracaibo. Venezuela. 72 pp.
- Ponce de León R, Ribas M, Caro N. (1982). Estudio preliminar sobre la reproducción, producción de leche y las correlaciones entre ellas en vacas Holstein. Rev. Cubana de Ciencia Agrícola; 16: 230-42.
- Pryce J.E., Coffey M.P., Brotherstone S.H., Woolliams J.A. (2002). Genetic relationships between calving interval and body condition score conditional on milk yield. J Dairy Sci. 2002.85:1590-1595.
- Pryce, J. E., Royal, M.D., Garnsorthy, P.C., Mao, I.L. (2004). Fertility in the high-producing dairy cow. Livestock Prod. Sci. 86: 125-135.
- Quintanella, L.A.; Peña, A.I.; Barrio, F.; Becerra, I.J.; Diaz, C. y Herradón, P.G. (2002). Correlación entre el perfil sérico bioquímica y la producción lechera con la presencia de folículos quísticos en vacas Holstein. Archivos de Zootecnia. 51: 351- 360.
- Radcliff, R. P. (2000). Effects of Diet and Injection of Bovine Somatotropin on Prepubertal Growth and FirstLactation Milk Yields of Holstein Cows. J. Dairy Sci. 83: 23-29.
- Ramírez, G. R., y J. C. Segura C. (1991). Factores que afectan el periodo de gestación e intervalo entre partos de una piara comercial al noreste de México. Livestock Research for Rural Development. 3 pp. [<http://www.lrrd.org/lrrd3/2/segura.htm>. Septiembre de 2017].
- Ramírez, G. R., y J. C. Segura, C. (1992). Comportamiento reproductivo de un hato de vacas Holstein en el noreste de México. Livestock Research for Rural Development. [<http://www.lrrd.org/lrrd4/2/mexico.htm>. Noviembre de 2017].

- Restrepo J.J. (1991). Factores de variación que afectan algunas características reproductivas de un hato lechero. Trabajo de Grado de Zootecnia. Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 78p pp.
- Robles Ross, D. (1991). Acortamiento del período a través de la medicación antibacterial y/u hormonal en el período puerperal temprano. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Guatemala. 9-28 pp.
- 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., Bage, R., Bergqvist, A. S., Svensson, C., Bergsten, C., Lidfors, L., Gunnarsson, S., Algers, B., Emanuelson, U., Berglund, B., Andersson, G., Haard, M., Lindhe, B., Stalhammar, H. and Gustafsson, H. (2008). La eficiencia reproductiva en vacas lecheras de Alta producción: ¿Es sostenible con las prácticas de manejo actuales? *Reviews in Veterinary Medicine, I.V.I.S.* (Ed.) International Veterinary Information Service. 125 pp.
- Rothe, K. (1974). Control de la reproducción de los animales de interés zootécnico. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 180 pp.
- Rugeles, P.C. (2001). Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en bovinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Córdoba. 24-30 pp. [<http://www.redalyc.org/pdf/693/69360104.pdf>. Diciembre de 2017].
- Saavedra Vélez, CE. (1998). Manual de fundamentos técnicos en salud y producción de hatos lecheros. Editorial Universitaria. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Utrecht. Guatemala. 22 pp.
- SAGARPA (2000). Situación actual y perspectivas de la producción de leche de ganado bovino en México 1990-2000. Dirección General de Ganadería. México. [[www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/sitlech99.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/sitlech99.pdf). Febrero de 2018].
- SAGARPA (2010). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Situación actual y perspectiva de la producción de leche bovino en México. [<http://www.infoserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>. Enero de 2018].

- SAGARPA (2010). Situación actual y perspectiva de la producción de leche bovino en México. Coordinación General de Ganadería. Claridades agropecuarias No. 207. [<http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>. Enero de 2018].
- SAGARPA, OEIDRUS Jalisco (2015). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera y Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Jalisco. [<http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/ganaderia/graficas/anuarios/>. 4 de agosto de 2017].
- SAGARPA, OEIDRUS Jalisco (2016). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera y Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Jalisco. [<http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/ganaderia/anuarios/>. 4 de agosto de 2017].
- SAGARPA, SIAP (2016). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Con información del Panorama de la Lechería en México. [[http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche\\_Septiembre2016.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Brochure%20leche_Septiembre2016.pdf). 4 de agosto de 2017].
- SAGARPA, SIAP (2016). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Bovinos leche, población ganadera nacional. Con información de 2017. [<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/165998/bovlech.pdf>. 4 de Agosto de 2017].
- Sánchez Cobo, F. T. (1998). Significado de la correlación y regresión para los estudiantes universitarios. Tesis doctoral. Universidad de Granada. 72 pp.
- SAS Institute Inc (1994). SAS/STAT User's guide. Vol. 1. 890 pp.
- Schmidt, G.; Van Vleck, L. 1975. Bases científicas de la producción lechera. Universidad de Cornell. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 583 p.
- SE (2012) Secretaria de Economía. Análisis del Sector Lácteo en México. [[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf). 4 de agosto de 2017]

- Senra, A.F. (2000). Aspectos fundamentales para el manejo de sistemas sostenibles de producción de leche a base de pasto en América Latina y el Caribe. Resúmenes VII Congreso Panamericano de la Leche. La Habana, Cuba. 31 pp.
- Sepúlveda N. (2001). Limitantes en los programas de inseminación artificial en ganaderías lecheras del sur de Chile. *Rev Inv Vet, Perú.* (Supl 1): 105-110.
- Sewalem, A., Miglior, F., Kistemaker, G. J., Sullivan, P., and Van Doormaal, B. J. (2008). Relationship between reproduction traits and functional longevity in Canadian dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 91: 1660-1668.
- Sienra, R. (2002). Revisión del plan agropecuario N° 90. Grupo de trabajo de la Facultad de Veterinaria de Uruguay. 7 pp. [www.e-campo.com2003. Octubre de 2017].
- Silva HM, Wilcox CJ, Thatcher W, Becker RB, Morse D. (1992). Factors affecting days open, gestation length, and calving interval in Florida dairy cattle. *J Dairy Sci* 75: 288-293.
- Staton, T.L., L.R. Jones, R.W. Everett and S.D:Kachaman. (1992). Estimating Milk, Fat, and Protein Lactation Curves With a Test Day Model. *J. Dairy Sci:* 75:1691-1700.
- Stevenson, JS, Schmidt, M.K., Call, E.P. (1983). Factors affecting reproductive performance of dairy cows first inseminated after five weeks postpartum. *J Dairy Sci.* 66: 1148-1154.
- Stewart, S., y P. Rapnicki (2006). Altas productoras se cargan más tarde. *Órgano Oficial de Holstein de México, A. C.* 37: 11-14.
- Teyer, B. R., J. G. Magaña, J. Santos, y C. Aguilar (2002). Comportamiento productivo y reproductivo de vacas Holstein manejadas en un sistema de lechería especializada y otro de doble propósito en el sureste de México. *Livestock Research for Rural Development* 14(4): 1-9.
- Thatcher, W. W., and C. J. Wilcox (1973). Postpartum oestrus as an indicator of reproductive status in the dairy cow. *Journal of Dairy Science* 56: 608- 610.
- UGRJ (2017). Unión Ganadera Regional de Jalisco. Producción de leche de bovinos. [http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com\_content&do\_pdf=1&id=138. Agosto de 2017].
- Val-Arreola, D., E. Kebreab, D. Dijkstra, and J. France. (2004). Study of the lactation curve in dairy cattle on farms in central Mexico. *J. Dairy Sci.* 87: 3789–3799.

- Valle, A. (1995). Duración de gestación, producción de leche e intervalo entre partos de vacas Holstein de distintas procedencias. FONAIAP-CENIAP. Unidad de Apoyo de Estadística, Maracay, Venezuela. *Rev. Zootecnia Tropical*. 13: 199-214.
- Velázquez Martínez, M. Y Hernández Salgado, J. (2008). Evaluación de la eficiencia productiva y reproductiva de vaquillas Holstein friesian importadas a la comarca lagunera, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, VII (1). 91-105 pp. [<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545066012>. Febrero 2018].
- Watteman, R.P. (1994). Management of nutritional factors affecting the pre-partum and post-partum cow. *Factors Affecting Calf Crops*. Ed. Fields, M. & Send, R. Univ. Fla. USA. 155 pp.
- Wattiaux, M. (1998). Guías técnicas lecheras electrónicas. The Babcock Institute for International Dairy Research and Development University of Wisconsin-Madison. USA. 6 pp.
- Wattiaux, M. (2004). Manejo de la eficiencia reproductiva. Instituto Babcock para la investigación y desarrollo internacional de la industria lechera. Universidad de Wisconsin, Madison, USA. Cap. 13. [<http://babcock.cals.wisc.edu>. 16 de septiembre de 2017].
- Weigel, K. A., Palmer R. W., and Caraviello, D. Z. (2003). Investigation of factors affecting voluntary and involuntary culling in expanding dairy herds in Wisconsin using survival analysis. *Journal of Dairy Science* 86: 1482- 1486.
- Wilde, O. (2005). Manual de inseminación artificial de la hembra bovina. Departamento de Producción Animal. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Colombia. 53 pp. [[http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/inseminacion\\_artificial/108-manual.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/inseminacion_artificial/108-manual.pdf). Enero de 2018].
- Wood, P.D.P. (1974). A Note on the Estimation of Total Lactation Yield Production on Single Day. *Anim, Prod* 19:393-396.
- Zambianchi, A.R., Freitas, M.A., Pereira C.S. (1999). Efectos Genéticos Y de ambiente sobre producción de leche e intervalo de los partos en un rancho lechero monitoreado por sistema de información. *Rev. Brasileira de zootecnia*. pp. 28:1263-1267.