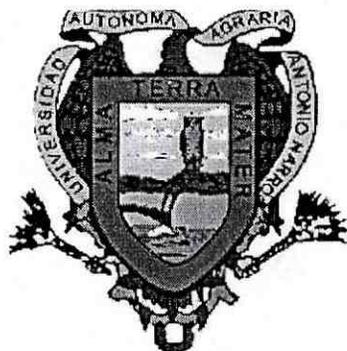


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DEL NÚMERO DE PARTO Y ESTACIÓN DEL AÑO SOBRE LA  
CURVA DE LACTACIÓN EN VACAS BAJAS PRODUCTORAS EN LA  
COMARCA LAGUNERA**

**POR:**

**J. Jesús Rafael Morales**

**TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

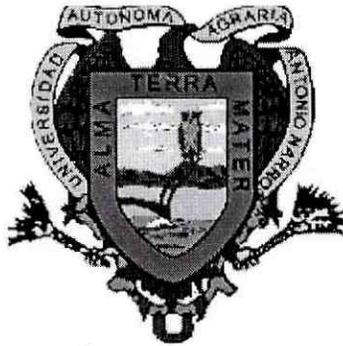
**TORREÓN, COAHUILA, OCTUBRE DE 2003**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**EFFECTO DEL NÚMERO DE PARTO Y ESTACIÓN DEL AÑO SOBRE LA CURVA DE LACTACIÓN EN VACAS BAJAS PRODUCTORAS EN LA COMARCA LAGUNERA**

**POR:**

**J. Jesús Rafael Morales**

**Aprobada por:**

---

**M.C. DAVID VILLARREAL REYES**

**Presidente del jurado**

---

**M.V.Z ERNESTO MARTÍNEZ ARANDA**

*Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal*

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**TORREÓN, COAHUILA, OCTUBRE DE 2003**

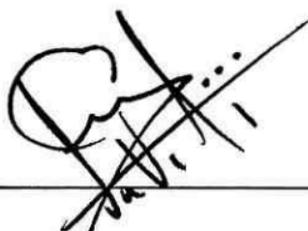
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**

**PRESIDENTE DEL JURADO:**



---

M.C. DAVID VILLARREAL REYES

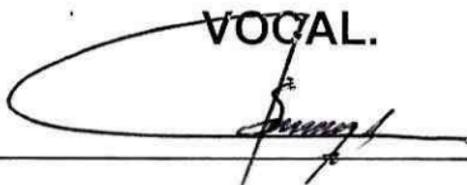
**VOCAL:**



---

Dr. CARLOS ELIZONDO VÁZQUEZ

**VOCAL.**



---

M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO

**VOCAL SUPLENTE:**



---

M.V.Z. SILVESTRE MORENO ÁVALOS

# AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por darme la oportunidad de llegar a este momento de la vida.

A LA U.A.A.A.N UL. Mi alma Mater por albergarme en sus aulas y por proporcionarme conocimientos.

AL MC. DAVID VILLARREAL REYES: Por su atención y colaboración en la realización de este trabajo así como por los conocimientos proporcionados así como por su amistad.

A MIS AMIGOS : Por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles de mi vida como estudiante.

## DEDICATORIAS

AMIS PADRES: Por su apoyo económico y moral, para la culminación de mi carrera, para ellos con admiración y respeto.

ALEJANDRA MORALES DIAZ: Madre cariñosa y siempre buena con sus hijos.

SALVADOR RAFAEL VALDEZ: Hombre honesto y trabajador. Siempre será un ejemplo para mi.

A MIS HERMANOS: Por su apoyo, paciencia y comprensión. Por compartir juntos esos momentos tristes y felices que da la vida , y por que nuestra unidad persiste por siempre, para ellos muchas gracias.

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Literatura revisada.....	4
La Lactación.....	4
Características del desarrollo y control endocrino de la glándula mamaria.....	5
Estructura y conformación anatómica de la glándula mamaria.....	6
Lactogénesis.....	9
Galactopoyesis.....	10
Factores que afectan la producción de leche.....	12
Intervalo entre ordeños.....	13
Alimentación y lactación.....	15
La curva de lactación.....	16
El muestreo.....	18
Factores ambientales que afectan la curva de lactación.....	19
Efectos genéticos sobre la curva de lactación.....	22
Pico de lactación y producción pico.....	26
Persistencia.....	28
Materiales y métodos.....	31
Datos o registros de producción.....	31
Modelo matemático.....	33
Organización de la información.....	34
Cuadros.....	38
Resultados y Discusión.....	46
Conclusiones.....	50
Literatura citada.....	60

PRIMER GRUPO : por estación de parto.....	38
Cuadro No 1: Primavera.....	38
Cuadro No 2: Verano.....	38
Cuadro No 3: Otoño.....	39
Cuadro No 4: Invierno.....	39
Integración por estación de parto.....	40
Cuadro No 5: Promedio de vacas en diferente estación del año.....	40
SEGUNDO GRUPO: por número de parto.....	40
Cuadro No 6: Primer parto .....	40
Cuadro No 7: Segundo parto .....	41
Cuadro No 8: Tercer parto.....	41
Cuadro No 9: Cuarto parto.....	42
Integración por número de parto.....	42
Cuadro No 10: Vacas integradas según número de parto.....	42
Cuadro No 11: Volumen de producción según estación de parto en orden decreciente.....	43
Cuadro No 12 :Pico de producción según estación de parto en orden decreciente.....	44
Cuadro No 13:Tiempo al pico según estación de parto en orden decreciente.....	45

Serie No 1 Curvas de lactación de vacas de primer parto.....	52
Serie No 2 Curvas de lactación de vacas de segundo parto.....	54
Serie No 3 Curvas de lactación de vacas de tercer parto.....	55
Serie No 4 Curvas de lactación de vacas de cuatro y más partos.....	57

## RESUMEN

Los datos para la realización de este trabajo se recopilaron en el establo "Esmeralda" del municipio de Torreón Coahuila y correspondieron a 99 vacas de la raza Holstein Friesian, comprendiendo la información de producción desde 1992 hasta 1996. Con la información obtenida se formaron dos grupos, el primero de acuerdo a la estación del año en la que ocurrió el parto, y el segundo de acuerdo al número de parto.

La información se procesó conforme a la ecuación de Wood de 1967, calculándose cada una de las variables para cada día de la lactancia y para estimar cada uno de los puntos de la línea de regresión y graficarlos para elaborar la curva de lactación de cada vaca.

Al comparar los promedios de lactaciones por estación de parto, la mayor producción correspondió a las vacas de primavera con 5295.03 kg, y una producción promedio por día de 17.35 kg. siendo la producción menor la de las vacas de invierno con 3808.15 kg, con una producción promedio por día de 12.48 kg, perteneciendo el tiempo al pico mayor que fue de 71.84 días a las vacas de otoño y el menor a las vacas con partos en verano con 60.47 días, la persistencia mayor fue de 26.40 días en la estación de otoño.

En los promedios por número de parto, la mayor producción por lactación fue para las de primer parto con 5265.25 kg y la menor le correspondió a las del cuarto parto con 3827.41 kg, siguiendo la misma trayectoria la producción por día que fue 17.26 kg y 12.49 kg respectivamente, sin embargo, las vacas de primer parto tardaron más tiempo en alcanzar la producción con un tiempo pico de 91.01 días, siendo el doble que las de cuatro partos que lo alcanzaron a los 44.71 días, pero su persistencia no fue similar ya que la más alta le perteneció a las de este último subgrupo con 25.24 días y la menor a las de primer parto con 21.60 días.

Queda demostrado que las curvas de lactación de las vacas del establo en estudio, son afectadas tanto por la estación del año, como por el número de parto y esto se agrava por la falta de tecnología, de manejo inadecuado y de atención médica veterinaria especializada, por lo que los resultados obtenidos son muy diferentes a los de los establos altamente tecnificados en los cuales el promedio de producción por lactación, durante 1998 en la Comarca Lagunera, fue de 8030.00 kg.

También es necesario señalar que en este establo las producciones lácteas más elevadas las tuvieron las vacas de primer parto, cuando en los establos tecnificados las producciones se van incrementando conforme va aumentando el número de parto, así mismo, las mayores lactaciones se tuvieron durante la primavera, cuando en esta región en los establos con mejor manejo, se obtienen durante los meses de invierno.

## INTRODUCCIÓN

Entre los problemas más serios que enfrenta la ganadería lechera destacan, por su importancia, el ineficiente manejo reproductivo y los inadecuados programas de alimentación. Esta situación se debe entre otras razones, a la insuficiente información relativa a la producción potencial y real, que permitiría la toma de decisiones sobre bases firmes en lo correspondiente a la planeación de las actividades de cada explotación lechera (Wood, 1974; Wood, 1976).

El volumen de leche producido se puede medir de varias formas, siendo la más precisa la del volumen total de producción de leche a lo largo de la lactación. Sin embargo, esta técnica de medición nunca ha resultado práctica ni económica, por lo que después de múltiples estudios, se ha concluido que resulta más fácil y económico calcular la producción a partir de muestreos periódicos cuyo número y distribución permiten calcular la producción láctea con razonable precisión (Hargrove y Gilbert, 1984; Anderson *et al.*, 1989).

Al graficar la información obtenida sobre la producción de leche, se aprecian las características de la lactación, particularmente la forma y volumen de la producción (Grossman *et al.*, 1986; Gardner, 1990).

Se han utilizado varios modelos para describir gráficamente el rendimiento productivo de las vacas lecheras, aun cuando todos ellos poseen ventajas y desventajas, el modelo que más ampliamente ha sido utilizado por los diferentes investigadores, fue el modelo propuesto por Wood en 1967, el cual utiliza la

transformación logarítmica de una curva gamma incompleta para la obtención de la curva de lactación (Dhanoa, 1981; Rook *et al*, 1993).

Cada curva de lactación posee características particulares bien definidas, tanto si se forma individualmente como si se hace a nivel de hato, puesto que es el reflejo de la habilidad intrínseca de cada vaca para transformar en leche el alimento que consume. Como esto depende de su acervo genético y de su capacidad de expresarlo en el tiempo frente a diferentes factores, tales como la estación del año, la edad, el número de parto, la raza, la fase de lactación y otros. Estos afectan el nivel y forma de la curva de lactación, así como la producción y la composición de la grasa de la leche (Wood, 1974; Keown *et al*, 1986).

Los objetivos del presente trabajo fueron la elaboración y análisis de las curvas de lactación individuales de 99 vacas de la raza Holstein Friesian, pertenecientes a un establo con baja tecnología, analizándolas conforme al número de parto, y estación en la que este ocurrió con las posibles combinaciones entre ambas variables.

### La lactación

Entre los animales, los mamíferos han alcanzado el grado más alto de desarrollo, poseen glándulas mamarias para la producción de leche destinada a nutrir a su cría durante el periodo crítico que se inicia al nacimiento y finaliza al destete. El desarrollo de la glándula mamaria y el aumento de la lactación forma parte integral del proceso reproductor (Knight y Wilde, 1987). La secreción láctea en los animales productores muestra una tendencia definida a través de la lactación; se inicia después del parto, posteriormente se incrementa de forma paulatina por día hasta llegar a un nivel máximo. El cual gradualmente disminuye hasta que la lactación finaliza. Siendo afectado este por la raza, aspecto genético, características físicas, endocrinológicas, fisiológicas y factores ambientales que condicionan su expresión productiva (Metry *et al.*, 1994).

En este aspecto, en el ganado bovino especializado en producción lechera existe una gran variabilidad en cuanto a la duración de la lactación, esto ha propiciado que los programas de selección genética iguallen la lactación a la obtenida en 305 días, lo que permita comparar las lactaciones de diferentes vacas. Aunque algunas lactaciones se suspenden antes del término óptimo deseado de 305 días, debido entre otras razones a una baja persistencia, mientras que otras finalizan por encima de los 305 días por problemas reproductivos o por intereses del productor (Meinert *et al.*, 1989).

El peso de la lactación diaria, forma la base de la producción total de una vaca durante la lactación y cerca de dos tercios del rendimiento total esperado se producen en la primera mitad de la lactación (Anderson *et al.*, 1989), encontrándose el máximo rendimiento lechero entre las 4 y 10 semanas después del parto según estimaciones de Dhanoa (1981).

Características del desarrollo y control endocrino de la glándula mamaria.

En las hembras de aptitud lechera, el desarrollo mamario que ocurre antes de la primera gestación constituye la base estructural en donde podría proliferar posteriormente el tejido secretor (Knight y Wilde, 1987). En la etapa fetal, aparecen tempranamente los botones mamarios los cuales originan botones primarios y secundarios, estas estructuras serán las que determinen la organización básica del sistema de conductos de la glándula. Después del nacimiento, durante la etapa juvenil, este sistema se desarrolla por efecto de hormonas mamotróficas hipofisarias de origen adrenal y ovárico, las cuales junto a factores de control local, determinan la configuración del crecimiento del árbol mamario (Ferrando y Boza, 1990).

La glándula mamaria embriológicamente se forma por invaginación de la piel o ectodermo; siendo por tanto de origen cutáneo y constituye una forma de glándula sudorípara modificada (Knight y Wilde, 1987). En su desarrollo inicial el embrión no ofrece diferencias evolutivas entre macho y hembra, puesto que ambos presentan los llamados botones o primarios mamarios, localizados en la región inguinal, estos se derivan de una estructura embrionaria temprana llamada

línea mamaria, misma que atraviesa por tres etapas de desarrollo, cresta, prominencia y primordio o botón, este último es el que en la hembra rápidamente da origen a ramificaciones que se proyectan al espesor del estroma. En el caso del macho la temprana presencia de andrógenos origina una proliferación e invasión de tejido mesenquimático que aísla los botones mamarios impidiendo la formación del pezón (Knight y Peaker, 1982; Ferrando y Boza, 1990).

El origen ectodérmico de la glándula mamaria primitiva es evidente. El mesénquima proporciona los vasos sanguíneos, los nervios y el estroma de sostén de la glándula. El ectodermo continúa evaginándose para formar las cisternas y los conductos primitivos de la glándula prenatal (Ferrando y Boza, 1990).

Estructura y conformación anatómica de la glándula mamaria.

La ubre está conformada por cuatro glándulas independientes y situada en la región inguinal cubriendo la cara interna de los muslos y con una proyección de atrás hacia delante. Cada glándula finaliza en un pezón, generalmente único, cuyo orificio externo presenta un apretado anillo de fibras musculares circulares que lo cierra, que es el esfínter del pezón, el cual evita la salida espontánea de la leche al exterior y cuya resistencia resulta necesario vencer para permitir la salida de la leche (Knight y Peaker, 1982).

El desarrollo progresivo de la glándula en la hembra está condicionado por diversas influencias hormonales, de tal modo que al nacimiento pueden distinguirse en ella dos elementos fundamentales, que son el mesénquima o tejido

secretor propiamente dicho y el estroma, que está integrado por tejido conectivo o de sostén, miofibrillas y terminaciones nerviosas, vasos sanguíneos y linfáticos (Ferrando y Boza, 1990).

En el mesénquima se pueden distinguir diferentes elementos funcionales. En primer término se encuentran las unidades secretorias, también llamadas alvéolos mamarios, que presentan como característica la presencia de epitelio secretor revistiendo internamente un lumen en forma de vesícula, en el cual las células se disponen en un modelo circular con su base dirigida hacia a la parte interior, espacio en donde se deposita la leche que es secretada por cada una de las células (Knight y Wilde, 1987). Exteriormente, cada alvéolo presenta una compleja red de capilares arteriales y venosos que están en íntimo y estrecho contacto con la capa basal del epitelio, permitiendo un dinámico intercambio de nutrientes aportados por el torrente circulatorio destinados tanto al metabolismo glandular, como al proceso biosintético de la leche (Ferrando y Boza, 1990).

Los alvéolos están agrupados en racimos, lobulillos y lóbulos, que conectan con pequeños conductos intralobulillares que confluyen para formar conductos interlobulillares de mayor tamaño, que a su vez se conectan entre sí para formar los llamados canales galactóforos, estos confluyen en estructuras de mayor diámetro interno, denominadas cisternas del pezón y de la ubre. Todo este sistema conductor, incluyendo las cisternas llega a almacenar el 70% de la leche que se produce entre cada ordeño, situación que repercute fisiológicamente en el proceso de vaciado de la ubre o galactopoyesis (Knight y Peaker, 1982).

Otros elementos anatómico-funcional de gran importancia lo constituyen las miofibrillas, que envuelven externamente los alvéolos y canalículos y que por ser fibras de músculo liso, responden a la oxitocina que los contrae, lo que propicia que al interior de la glándula se alcance la presión óptima para permitir el vaciado de la leche acumulada hacia las cisternas de la ubre en el proceso del ordeño y amamantamiento. El tejido conectivo del estroma sirve de sostén al sistema glandular, esto permite que todo el sistema se mantenga en posición correcta, evitando dificultades en el proceso de evacuación de la leche. Tras múltiples periodos estrales en la novilla virgen, la red de conductos glandulares se encuentra distribuida a través de un cojín de grasa, por consiguiente, la naturaleza del desarrollo inicial de la glándula en la preñez está condicionada por el grado de desarrollo ya logrado durante los ciclos estrales (Ferrando y Boza. 1990).

Aunque gran parte de la estructura mamaria está ya desarrollada al momento del parto, la diferenciación de las células secretoras continua durante la lactación (Jacquemet y Prigge, 1991) y el crecimiento general de la glándula se mantiene durante los primeros días de lactación, hasta alcanzar su máximo producción pico (Anderson *et al.*, 1989). Siendo el crecimiento el número de células secretorias las que se presenta alrededor de la fase de desaceleración al parto (Cue, 1991)

## Lactogénesis

La producción de leche es una función directa del número de células secretoras disponibles y de la cantidad secretada por cada célula. El mayor desarrollo de la proliferación glandular se realiza durante la gestación, posterior a esta, tiene una duración limitada a 1 o 2 semanas. La producción de leche, procede del número de células secretorias desarrolladas bajo control hormonal y de las células muertas. Siendo el periodo seco el que provee del tiempo requerido para que las células secretoras se regeneren (Cue, 1991). La prolactina es una hormona lacto-prómotora que estimula las células secretoras de la glándula mamaria a diferenciarse totalmente al parto y da inicio al impulso para una copiosa secreción de leche, en una lactación establecida, se libera a consecuencia del estímulo derivado de la ordeña o amamantamiento, aun cuando la liberación de esta hormona no parece representar en los rumiantes el principal mecanismo regulatorio de la producción de leche o de la distribución de los nutrientes durante una lactación ya establecida (Jaquemet y Prigge, 1991; Shennan, 1994).

La secreción de leche se inicia con cantidades reducidas antes del término de la gestación (Ferrando y Boza, 1990) manifestándose la capacidad secretora de la glándula mamaria de la vaca desde el 8 mes de gestación, época en la cual ya existe acúmulo lácteo intramamario. La vaca lechera, normalmente lacta durante los primeros 7 meses de gestación y la preñez concurrente precipita la declinación en la producción de leche y parece que también contribuye a alterar la composición de la leche, el lactógeno placentario toma un importante papel durante este periodo, teniendo no solo actividad lactogénica sino también somatogénica, esta hormona es parecida a la prolactina no solo químicamente

sino también funcionalmente (Byatt *et al.*, 1992). El inicio masivo de la secreción láctea comienza en el momento en que descienden los niveles de progesterona y se elevan los de estrógenos, situación que se presenta en las cercanías del parto (Ferrando y Boza, 1990). En la especie bovina, un elevado número de células alveolares secretoras, no involucionan y por ello la capacidad lechera en la especie tiende a aumentar más bien con el número de partos que con la edad (Knight y Peaker, 1982).

Se ha señalado que el mayor grado de desarrollo de la glándula mamaria se alcanza durante la gestación, mediante una compleja interacción endocrina; hipotálamo, hipófisis, ovarios, páncreas endocrino, tiroides y adrenales por parte materna y complejo feto-placenta por parte fetal (Byatt *et al.*, 1992). Sin embargo, la diferenciación celular continúa en la glándula mamaria durante las primeras semanas que siguen al parto (Akers y Effort, 1984).

### Galactopoyesis.

La galactopoyesis es la permanencia e incremento de la lactación establecida, sin embargo, otros autores como Ferrando y Boza (1990), interpretan tal término como el proceso de evacuación láctea de la glándula mamaria, de acuerdo con los últimos autores, la evacuación de la leche desde las glándulas mamarias, está en gran medida regulada por un reflejo neuroendocrino, la leche almacenada en los lúmenes de los alvéolos debe de forzarse hacia los conductillos colectores y de ahí a los conductos de mayor calibre por la contracción de las miofibrillas que rodean los alvéolos. Este proceso se conoce

como galactopoyesis. El estímulo para esta acción refleja es el acto de succionar u ordeñar, también puede lograrse por la manipulación de los genitales, de los pezones, o del acondicionamiento de la vacas asociado a ruidos propios de la ordeña (Akers y Effort, 1984). En este aspecto, en una extensa revisión realizada por los autores antes citados, se señala que los mediadores son la hormona neurohipofisaria oxitócica y en menor grado la vasopresina (ADH), estos mismos investigadores mencionan que se requiere de oxitócica para retirar la leche eficazmente y conservar la lactancia, tiene el efecto adicional de relajar la musculatura lisa que rodea los conductos y la cisterna de la ubre, permitiendo a estas estructuras su estiramiento bajo la tensión aumentada de la leche acumulada gradualmente. La liberación de la oxitócica acumulada en el lóbulo posterior de la hipófisis, permite su llegada a la glándula mamaria por vía sanguínea, produciendo la contracción activa de las células mio epiteliales presentes en los alvéolos y canalículos, con el consiguiente aumento de la presión intramamaria y expulsión de la leche (Akers y Effort, 1984).

Los receptores sensitivos para la secreción de oxitócica y ADH, se localizan en la piel del pezón, que se conectan con las ramas aferentes y a las raíces dorsales de la medula espinal de cada lado del cuerpo. Estas hormonas se originan en los núcleos supraópticos y paraventriculares del hipotálamo, desde donde emigran a lo largo de los axones del haz hipotálamo-neurohipofisario, para acumularse en el lóbulo posterior de la hipófisis. Siendo estímulos nerviosos los que afectan tanto la síntesis hormonal como su liberación. Se cree que la síntesis de las dos hormonas es independiente; la oxitocina es estimulada por el estímulo a los receptores en los pezones y la ADH por aumento en la presión osmótica de la sangre. En contraposición a la acción oxitócica, como situaciones estresantes,

de alarma, dolor o miedo, que inhiben el reflejo de expulsión de la leche, por hiperexcitación de la innervación adrenérgica y activación del sistema simpático-suprarrenal, lo que resulta que la oxitocina circulante no llegue adecuadamente a la glándula por la vasoconstricción por un lado y por otro debido a la disminución o cese de la liberación de oxitocina a nivel central (Ferrando y Boza, 1990).

Factores que afectan la producción de leche.

La base de la selección de vacas lecheras es primariamente su producción total de leche (Grossman *et al.*, 1986). En este sentido, la producción y composición de la leche son el resultado de la compleja interacción de muchos factores, tanto internos propios de la vaca, como externos del ambiente, los factores internos, tal como; fase de la lactación, número de parto, edad, gestación y los de carácter genético como la raza, son determinantes de la capacidad de respuesta y habilidad del animal para lograr altos rendimientos. Del ambiente externo donde la vaca interactúa, influyen entre muchos otros factores; la estación de parto y la estacionalidad de producción, las cuales están en directa relación con los factores climáticos del medio como temperatura, humedad y pluviosidad. Independientemente de los factores propios de las vacas y del ambiente en el que interactúan, los factores humanos asociados, tienen efectos determinantes sobre las vacas en producción a través de las decisiones sobre la operación de programas de manejo reproductivo y de alimentación, los cuales afectan directamente el comportamiento de la lactación de cada vaca, la de los componentes de la leche y la de su condición corporal (Freeze y Richards, 1992).

Independientemente de cualquier decisión de manejo, la producción de leche y su contenido cambian a lo largo del tiempo, siendo la variabilidad una característica de la biología de la lactación. Para Strandberg y Lumdberg (1991), quienes intentaron determinar la fuerza y magnitud del efecto de la estación de parto y de la gestación sobre la producción de leche, existe un efecto de gestación sobre la producción y que este se inicia a los 160 días post-concepción, aunque otros investigadores como Cue (1991), sugieren que inicia entre los 130 y los 150 días, así, la preñez, acorta el efecto de productividad estacional hasta por 5 kg, en la producción diaria de leche, siendo mayor en las vacas de baja producción que en las de alta.

En este mismo sentido (Keown *et al.*, 1986), estimaron que cuando el feto tiene una edad de 161 días aproximadamente, aumenta el índice de decremento de la producción de leche por efecto de la gestación, siendo el efecto mayor en las vacas de bajo nivel de producción (8%) que en las vacas de alto nivel (5.8%), este efecto fue consistente, independientemente del número de lactación y época de parto.

### Intervalo entre ordeños

El intervalo entre ordeños afecta directamente el volumen de leche, en este sentido Sieber *et al.* (1988) indican que el efecto del intervalo entre ordeños en relación a la producción total, está influido por las características individuales de la vaca, tales como: capacidad de la glándula mamaria, tiempo en lactación y cantidad de leche producida, a su vez, la producción de leche esta regulada por la

cantidad de tejido secretor existente y por la rapidez de secreción de las células de este tejido; la velocidad de secreción se controla parcial e inversamente por la presión presente en el lumen alveolar, consecuencia de la leche almacenada progresivamente en los conductos colectores y cisternas de la glándula. El mismo autor señala que la presión de la glándula mamaria se mide a nivel del pezón y se supone que indica la presión existente en el lumen de los alvéolos. En coincidencia con esto, Ferrando y Boza (1990) afirman que los incrementos en la secreción láctea, asociados a incrementos en el número de ordeños en animales de alta producción, se relaciona con la disminución de la presión intramamaria, explicando que bajo cierta presión incrementada gradualmente, la velocidad de secreción a nivel celular decrece de manera proporcional y en sentido inverso, a presiones menores, se establecen condiciones suficientes para que la leche se produzca.

Los autores Ferrando y Boza (1990) finalizan sosteniendo que las ubres de gran capacidad y las ordeñas frecuentes y completas con la disminución concomitante de la presión intramamaria, conducen a índices elevados de secreción de leche. Esta teoría se basa en el hecho de que la secreción de grasa y leche es menor entre los ordeños de la tarde y la mañana en comparación entre los ordeños de mañana y noche, este incremento también se atribuye a un aumento de la hormona lactogénica.

Se señala por Dong y Van Vleck (1999), que cuando los intervalos entre ordeños son de doce horas, la velocidad de la secreción no se altera. En intervalos de 16-20 horas existe una disminución significativa, afectándose más las vacas de escasa producción que las altas productoras. Si el ordeño se realiza

una vez al día, en vacas primerizas la producción se reducirá en un cincuenta por ciento y en vacas múltiparas hasta en un cuarenta por ciento. Estos autores sostienen que el ordeño tres veces al día incrementa la producción de un quince a un veinte por ciento; y si se realiza cuatro veces diarias, el incremento sería entre un cinco y un diez por ciento mayor que el obtenido con tres ordeñas, sin embargo, el efecto a mediano plazo sobre la productividad y longevidad total de la vaca no fue medido ni tampoco el impacto sobre la economía de la explotación.

### Alimentación y lactación

De acuerdo con Congleton y Roberts (1987), otro de los factores asociados a la productividad de la lactación es la alimentación, vista en dos sentidos como fuente de nutrientes, por un lado para el mantenimiento de la vaca y su producto en gestación, y por el otro para la producción láctea, a su vez estos aspectos están directamente relacionados con el potencial genético del animal para responder productivamente a altas tasas de nutrientes y con la habilidad y tamaño de la vaca para ingerir los volúmenes de alimento requeridos.

Los mismos autores, sostienen que el rendimiento de la lactación es tan grande como la cantidad de tejido disponible para sintetizar la leche y la habilidad del animal para ingerir el alimento del cual proviene la materia prima, de tal forma que las razas más pesadas tienden a dar más leche, así, la selección genética para peso elevado y alta productividad, traerán como consecuencia un aumento en el rendimiento lechero. Para Wood (1981) la disponibilidad de

nutrientes a largo plazo y la condición corporal, influirán en la velocidad de la secreción de la leche afectando el nivel del pico, el tiempo posterior al parto en el que se presenta el pico máximo y la persistencia después del pico, en el corto plazo, un descenso temporal en los nutrientes que no pueden asimilarse por los depósitos corporales reducirá la velocidad y calidad de la secreción. El grado de pérdida en la producción de leche debido a un descenso en el aporte de nutrientes, dependerá de la condición física de la vaca y por tanto, de la cantidad de energía disponible en sus propios depósitos corporales

La estación del año afectará la producción de leche del hato, así, el ganado puede producir de un 15 a un 20 por ciento menos de leche durante el verano, ya que en el invierno el consumo de alimento se estimula y los requerimientos nutricionales aumentan ligeramente (Lucas, 1974).

### La curva de lactación

Cuando la producción total de leche se grafica, se obtiene la curva de lactación; en las vacas lecheras, la producción se inicia al parto con niveles relativamente altos, cantidad que continua en aumento, hasta alcanzar el nivel máximo de producción o pico de lactación, a partir de este momento, la producción se sostiene de manera regular por un periodo que varía de 90 a 180 días y que corresponde a la producción pico, posterior al cual se inicia un descenso gradual y constante, que es denotado por un declive de la producción diaria, al grado de declinación de la producción se le conoce como persistencia (Keown *et al.*, 1986). La curvas de lactación se elaboran usualmente utilizando

los datos de producción diaria de leche obtenidos en intervalos regulares de días de producción agrupados de acuerdo al número de parto, las curvas de lactación se usan ampliamente para estimar la producción pico y la persistencia postpico (Van Tassel *et al.*, 1995), la curva de lactación es el equivalente de la producción total de los animales lecheros y representa gráficamente su comportamiento a lo largo de la lactación (Grossman *et al.*, 1986).

La curva de lactación puede ayudar a la toma de decisiones relativas al manejo, tal como el desecho, o bien permite la identificación de aquellos individuos con producciones constantes durante la lactación o los que poseen altos niveles de producción postpico (Sakult y Boylan, 1992; Freeze, 1992), la curva de lactación, es una función del tiempo después del parto, del nivel de producción, del pico de la curva y de la velocidad de incremento hacia el pico, así como su velocidad de declive. Dado que representa el volumen y comportamiento productivo durante la lactación, la forma de la curva de lactación del ganado lechero es el resultado del efecto ejercido por múltiples factores entre los que destacan; el número de parto, cuyo efecto es substancial sobre cualquier atributo de producción (Stanton *et al.*, 1992; Gipson y Grossman, 1990) y la estación de parto (Zamorano, 1986; Wood, 1981; Strandberg y Lundberg, 1991), ésta última, interactúa con la gestación y la estación en la que se realiza la producción de leche (Strandberg y Lundberg, 1991; Keown *et al.*, 1986), a lo anterior habrá que añadir las diferencias en la alimentación y el manejo, ya que se encuentran entre las causas importantes de variación en la producción de leche y por tanto influyen grandemente la forma de la curva de lactación de los animales lecheros (Metry *et al.*, 1994).

La medición de la producción diaria de leche por vaca, constituye la medida más precisa de su producción total durante la lactación. El pesaje diario y el registro de la producción individual de leche requieren de mucho tiempo, esfuerzo y son costosos. Sin embargo, se gasta menos tiempo y espacio cuando se pesa la leche con menor periodicidad pero, con la suficiente frecuencia como para estimar la producción con razonable precisión (Anderson *et al.*, 1989), es decir, se requiere mediar entre la necesidad de realizar un rápido pesaje de la leche producida y la medición precisa del volumen total de la lactación (Word, 1974). Al estudiar el efecto de varias frecuencias de muestreo sobre la exactitud y precisión de la estimación respecto a producción real, se encontró que las frecuencias menores a 10 muestreos por lactación, fueron las más económicas pero también las que dieron menor exactitud en la estimación, concluyéndose que; diez muestreos con intervalos iguales a lo largo de la lactación permiten una razonable precisión en la estimación de la producción total, haciendo la indicación que se suele enfatizar más sobre la producción postpico, por lo cual se recomienda un adecuado muestreo antes y durante el pico de producción (Anderson *et al.*, 1989). En un estudio similar, se concluyó que el muestreo mensual produce estimaciones mayores al 95% respecto a la producción real y que los errores de estimación se incrementan a medida que aumenta la separación entre los intervalos de muestreo (Hargrove y Gilbert, 1984).

En otros trabajos relativos a la estimación de la producción de la lactación a partir de muestreos con frecuencia menores a la mensual, se presentan tendencias semejantes en el error de la estimación (Anderson *et al.*, 1989).

Cuando la producción es estimada a partir de las muestras que son tomadas antes del pico de producción, puede ser sobrestimada y si el primer día de muestreo se realiza después del pico de producción se puede subestimar, los datos que se obtienen durante la persistencia tienden a subestimar la lactación, debido a que la producción esta decreciendo cada vez más. En este sentido, existen tres áreas críticas cuando se ajustan los datos de producción; el área anterior al pico, en donde la producción se esta incrementando, el área alrededor del pico de producción, en donde los niveles de producción se estabilizan y comienzan a decrecer y los últimos 15 días de la lactación. Los valores obtenidos al estimar el error de la varianza y la tendencia, podrían ser diferentes en las distintas fases de la lactación (Keown *et al.*, 1986). En un estudio sobre curvas de lactación, se encontraron problemas en el área cercana al pico de producción, debido a que se tomaron pocas muestras con antelación a ese tiempo (Cobby y Ledu, 1978).

### Factores ambientales que afectan la curva de lactación.

El ambiente en el que la vaca interactúa, es de importancia fundamental para la expresión de su potencial productivo. Sus efectos, se reflejan de manera directa sobre el nivel y forma de la curva de lactación, por lo que muchos investigadores han centrado sus líneas de trabajo en intentar discernir con precisión la magnitud y duración del efecto del ambiente sobre la producción y productividad del ganado lechero Wood (1974, 1976), estudió los efectos de número y estación de parto, sobre la persistencia y forma de la curva de lactación, este investigador, describe la estacionalidad de la producción de dos maneras; la producción total asociada con la época en que ocurrió el parto y la

productividad directamente relacionada con efecto de la estación en que ocurre, de esta forma, el mes de parto y la estación en la que la vaca estaba produciendo, afectaron la curva de lactación, concluyendo que la productividad estacional sola, es suficiente para explicar la variación estacional en cuanto a contenido de grasa y proteína, pero no de la producción total de leche, demostró que los factores asociados a la estacionalidad de la producción, son independientes de la curva de lactación.

Múltiples trabajos de investigación, coinciden en que las influencias ambientales constituyen los factores que en forma determinante dominan la forma de la curva de lactación. En este sentido (Grossman, *et al.*, 1986), han propuesto distintos modelos matemáticos para describir la curva de lactación, algunos de los cuales incluyen variables para estimar varios factores ambientales capaces de alterar estas descripciones matemáticas entre los que se citan: estación de parto, días abiertos, periodo seco, edad al parto y gestación.

Investigadores como Madalena *et al.* (1979), describieron las curvas de lactación de ganado Holstein puro y cruzado, analizando los efectos de año y estación de parto, así como la influencia del tipo de cruce sobre los coeficientes de la curva, encontrando que las vacas que parieron en la estación seca fueron más persistentes que las que lo hicieron en la estación de lluvias, aun cuando su producción inicial fue menor, ellos sugieren que esto es debido principalmente a la disponibilidad de forrajes y la disposición de suplementos en la alimentación de los animales, las vacas que parieron en la estación de lluvias, tuvieron una producción pico más alta pero fueron menos persistentes debido a la falta de pastos cuando llegó la estación seca. Dhanoa (1981), utilizó la ecuación de Wood

desarrollada en 1967 para curvas de lactación modificándola para incluir la variación estacional sobre la producción de leche, diversos investigadores han encontrado una fuerte correlación entre la estación en la que se produce el parto y la estación en la que se realiza la producción, entre las conclusiones importantes destacan las siguientes; las vacas paridas en primavera alcanzan el pico más pronto, aún las primerizas (Strandberg y Lundberg, 1991), el mes de parto modifica el efecto estacional sobre la curva de lactación, así, las vacas paridas al final del invierno, responden diferente durante la primavera a aquellas vacas paridas en otoño. Grossman *et al.* y Keown *et al.*, en 1986 realizaron un estudio en Nueva Jersey, y encontraron que los mejores meses de parto fueron consistentemente noviembre y diciembre en todas las combinaciones por nivel de producción o número de lactación. Estos mismos autores, indican que las vacas que parieron de mayo a agosto, presentaron producciones al pico menores, pero, sus lactaciones en general fueron de mayor duración, encontraron que las vacas que paren de mayo a julio, tienen a término su lactación durante los meses de temperatura más baja del año y logran añadir algunos incrementos a su producción global, en tanto que las que paren de enero a abril, finalizan sus lactaciones en durante los meses calientes y terminan abruptamente.

En un estudio detallado con vacas Holstein, se intentó separar los efectos de estación sobre la lactación, considerando independientemente estación de parto y productividad estacional; se observaron grandes diferencias entre las estaciones, particularmente en las vacas de tercer parto y más, las vacas paridas en invierno, produjeron en promedio 3.00 kilos más de leche por día, que estas mismas vacas en verano, la producción al pico fue mayor en los partos de invierno, que en los de verano, los resultados indicaron que la influencia de la

estación sobre la curva de lactación, puede ser atribuida a la productividad estacional más que a la estacionalidad del parto (Stanton *et al.*, 1992), sin embargo Keown *et al.* (1986), encontraron que los meses cálidos y húmedos del verano, tuvieron un efecto depresor sobre la producción total de leche y sobre la producción al pico, no encontrándose efecto sobre la curvatura postpico.

### Efectos genéticos sobre la curva de lactación.

La curva de lactación es descrita por coeficientes matemáticos y su forma es una representación del comportamiento productivo a través del ciclo y por tanto de factores económicos (Gipson y Grossman, 1990), en este sentido Grossman *et al.* (1986), sugieren que si los coeficientes obtenidos están genéticamente controlados, entonces existen bases para seleccionar vacas que tengan lactaciones con curvas de lactación de formas deseadas. También encontraron que la raza del toro, sólo tiene efecto sobre la producción inicial de sus hijas puras o cruzadas y que el factor de raza específica es altamente significativo tanto para la producción inicial como para la persistencia y las tendencias estacionales de producción, concluyó que existen pocas expectativas para seleccionar en base a cambios en la variación genética de las curvas de lactación, entre los disponibles se encuentra el de Grossman *et al.* (1986) quienes mencionan que son mayores las diferencias en la forma de las curvas de lactación entre vacas distintas que entre lactaciones de la misma vaca. En este mismo trabajo se encontraron correlaciones en cuanto a la forma de la curva entre parientes y diferencias de forma cuando no se trataba de parientes, Wood (1976) llevó a cabo algunos estudios donde también estimó algunos coeficientes entre

cinco cruzas de razas lecheras para varios atributos de lactación, sus conclusiones fueron similares.

Iniciando en 1967 y hasta 1980 Wood, describió y trabajó con una ecuación para estimar la curva de lactación basada en la transformación logarítmica de la función gamma no lineal incompleta [ $Y = an^be^{-cd}$ ], donde "Y" es el promedio de producción en un periodo, "n" y "a", "b" y "c" son coeficientes. Entre sus observaciones, también mencionó que la representación de la curva de lactación es una mezcla de un proceso de desarrollo y un proceso de muerte celular (Rook *et al.*, 1993). Estos mismos investigadores indican que trabajos posteriores de diferentes investigadores y en distintas fechas, se apoyaron también en el uso de ecuaciones no lineales para describir la curva de lactación. Cobby y Ledu, citados por Rook *et al.* (1993), en el año de 1978, propusieron un modelo lineal exponencial que predice la producción pico como:  $c^{-1}$  en  $(ac/b)$  días posparto, con una declinación aproximadamente lineal después, el modelo utilizado fue:  $y = a - bn - a^{(-cn)}$ . Meinert *et al.* (1989) mencionan que Congleton y Roberts en 1987 usaron la función gamma incompleta para comparar predicciones sobre producciones de leche diaria y total, contra registros reales sobre 120, 210 y 305 días de lactación. Estas predicciones se usaron para realizar estimaciones de registros parciales de producción de leche a su equivalente de 305 días. El modelo usado para describir la distribución de la producción de leche durante el periodo de lactación, es la función no lineal gamma incompleta usada por Wood en 1967: [ $Y = an^b(-cn)$ ], en donde la variable "n" representa la duración de la lactación desde el parto, Wood, la midió en semanas en su trabajo original, pero otros trabajos la han estimado en días, la variable "y" representa la producción de leche

en el día "n" después del parto y "a", "b" y "c" son parámetros del modelo, donde  $c < 1$ , el valor del parámetro "a" es aproximadamente igual a la producción inmediatamente después del parto. El modelo original de Wood predice el pico de producción como;  $a(b/c)^{b/c}$ , el cual ocurre  $b/c$  días después del parto. Dhanoa (1981) menciona que este modelo, es una extensión del modelo propuesto por Brody, Ragsdale y Turner en 1923, para la fase de declinación de la producción con la ecuación  $[y = a e^{-bt}]$ .

El modelo  $[Y = a_0 e^{at} e^{-a_2 t}]$  tiene como principales desventajas una gran influencia al inicio de la lactación y tendencia a igualar el inicio y el final de la lactación de 305 días, con la subsecuente sobreestimación de estas fases y subestimación a media lactación (Cobby y Ledu, 1978; Strandberg y Lundberg, 1991), y el que la función fuerza no tiene una asíntota finita, de tal manera que domina la última parte de la curva (Rook *et al.*, 1993), no obstante, la producción a 305 días resulta razonablemente bien predicha (Congleton y Roberts, 1980). La fórmula algebraica básica desarrollada por Wood en 1967, con diversos cambios, ha sido utilizada ampliamente para obtener estimaciones de los parámetros de las curvas de lactación (Sakult y Boylan, 1992).

Para Grossman *et al.* (1986) "c" solo se relaciona negativamente con "b", teniendo correlaciones positivas con "a" y con variables estacionales "u" y "v", indicando que los conflictos con los resultados de otros autores, son debidos a que los procedimientos de estimación ignoran el signo de (-) de la fórmula de Wood, invirtiendo la dirección de los resultados. El modelo de Wood de 1976, usa la transformación logarítmica para obtener los mínimos cuadrados estimados de tres constantes; "a" que es un factor escalar asociado al promedio diario de

producción, "b" asociado a la curvatura prepico y "c" relacionado con la curvatura postpico (Stanton *et al.*, 1992). Los parámetros de la gamma incompleta tienen su interpretación biológica en relación con la vía de utilización energética de la lactación, siendo aun difícil la interpretación biológica de la forma de la curva. La función gamma ha sido utilizada ampliamente porque consiste en una transformación logarítmica y puede ser estimada mediante regresión lineal múltiple, así con pocas mediciones la producción total de leche y sus componentes pueden derivarse fácilmente (Wood, 1976).

Otros investigadores han encontrado correlaciones en serie, en parámetros estimados con esta función (Dhanoa, 1981; Devyanov, 1990). Se han realizado pruebas para mejorar el modelo, en unos casos incorporando una variable para la tendencia declinante de la producción de leche (Cobby y Ledu, 1978) y en otros utilizando funciones difásicas y trifásicas (Grossman *et al.*, 1986; Gipson y Grossman, 1990). utilizaron la función gamma modificada por la multiplicación de senos y cosenos para medir las variaciones estacionales y estación de parto, encontrando que la medición de la variación de la producción se obtuvo en un rango de 61 a 99%, con un promedio de 92.8%, superior en 1.6% respecto a la fórmula original.

Por tanto, el modelo original de Wood, puede utilizarse para estimar la curvatura del prepico y el declive postpico con un factor escalar asociado al nivel de producción al inicio del periodo de lactación, puede también usarse para estimar la curva de los componentes de la leche, siendo un método eficaz con respecto al tiempo de muestreo (Wood, 1976; Papajcsik y Boderó, 1988; Sakult, 1992; Rook *et al.*, 1993). Una ventaja adicional que tienen los procedimientos no

lineales es que usualmente incluyen una función de densidad escalar, por tanto, el área bajo la curva representa la producción total de leche durante la lactación y cada punto a lo largo de la curva representa la producción en un día particular (Stanton *et al.*, 1992).

Pico de lactación y producción pico.

El pico de lactación corresponde al nivel en el cual la vaca lechera alcanza su máxima producción, existiendo claras diferencias en cuanto al nivel de producción inicial y al pico (Gipson y Grossman, 1990), a partir del pico, la producción de lechera declina equilibradamente durante todo el resto de la lactación, el promedio de declinación después del pico de producción es aproximadamente lineal (Keown *et al.*, 1986). En otros trabajos realizados, se encontró una correlación de 0.91 entre el pico de producción y el total de la producción de la lactación (Anderson *et al.*, 1989).

Conforme el nivel de producción se incrementa, la producción al pico también se incrementa, aunque la duración de cada fase de la curva es menor (Gipson y Grossman, 1989; Gipson y Grossman, 1990), en este sentido Keown *et al.* (1986), encontraron que conforme el volumen de producción es mayor, el tiempo que la vaca tarda en alcanzar el pico también se incrementa. El tiempo al pico es el número de días necesarios para llegar a la máxima producción, este periodo no es igual en todas las vacas lecheras ni en todas las lactaciones de la misma vaca, en este sentido, se ha encontrado que la edad y el nivel de producción de las vacas influyen de manera directa sobre el tiempo requerido

para lograr el nivel máximo de producción láctea; las vacas de alta producción tardan más que las menos productoras en alcanzarlo (Gipson y Grossman. 1989). En un estudio realizado en Nueva Jersey, se reportó que el tiempo al pico más temprano se logró en las vacas de segunda lactación paridas en los meses de marzo y abril, se concluyó que los días al pico están influenciados por estación de parto, número de lactación y promedio de producción (Keown *et al.*, 1986).

Un estudio hecho en 1986 por Zamorano, con vacas Hostein Friesian Mexicanas, reportando que las vacas de segunda y tercera lactación lograron el volumen máximo de producción entre los 30 y 90 días y las de cuarta y quinta requirieron un promedio de 78 días para alcanzar el pico de producción, el cual tuvo un promedio de 990 kg, encontrando que la producción de leche en el pico de lactación fue mayor en las vacas menores de 25 meses que en las mayores de 26 meses. Keown *et al.* (1986), indican que los picos de producción más altos correspondieron a las vacas de alta producción y a las paridas de enero a marzo, Stanton *et al.* (1992) encontraron que en las vacas multíparas se alcanzó el pico hasta los 72 días de producción.

En cuanto al efecto de la estación, las vacas paridas en primavera, alcanzan el pico de producción más rápido que en otras estaciones, Strandberg y Lundberg (1991), concluyeron que existe un efecto significativo de la estación de parto sobre la función gamma, encontrando que el efecto de estación de parto sobre la curva, se observa a lo largo del eje del tiempo, implicando por tanto una interacción entre la estación de producción y la estación de parto. Para Zamorano (1986), las vacas paridas de abril a septiembre tienen persistencias menores que las paridas de octubre a marzo.

Para (Metry *et al.*, 1994), la estacionalidad de la producción puede ser estimulada por el efecto neto de la estación del año, en la que ocurre el parto indicando que el estímulo de la estación, es consecuencia de la nutrición, salud y clima, los cuales ejercen su influencia en todas las fases de la lactación.

### Persistencia.

La persistencia se define como la habilidad del animal para mantener su producción pico (Gipson y Grossman, 1990), si el grado de declive en el volumen de producción de leche es bajo la vaca tiene alta persistencia, y cuando el nivel de declive es alto, su persistencia es baja (Lucas, 1974). La persistencia es afectada en forma negativa por el número de parto (Gipson y Grossman, 1990; Keown *et al.*, 1986), también es afectada por el nivel de producción y por la estación en la que ocurre el parto (Keown *et al.*, 1986).

Las vacas que producen moderadamente pero con alta persistencia a través de la lactación, generalmente están bajo menos estrés que las vacas que son menos persistentes pero que tienen un gran diferencial entre la producción al inicio y al final de la lactación, además, también habrá que considerar los aspectos económicos consecutivos a los requerimientos alimenticios de las vacas más persistentes (Grossman *et al.*, 1986). Contrario al pico de lactación, parece ser que el número de lactancia de la vaca afecta inversamente la persistencia, en este aspecto, Bar-Anam *et al.* (1986), en uno de los primeros métodos desarrollados, se concluían que el declive en la producción para cada mes después del parto era de cerca del 9% menor que la producción del mes anterior

tales observaciones se realizaron sobre los registros acumulados durante 15 años de la producción de leche de un hato, midiendo cada mes la tasa de declinación Shanks *et al.* (1981) y Bar-Anan *et al.* (1986) estimaron que en las vacas promedio no gestantes, después de que alcanzan el pico, la persistencia mensual es aproximadamente entre el 94 y 96% con referencia al mes anterior. Coincidiendo con estos datos, Zamorano (1986), encontró persistencias mensuales de 93, 94, 92 y 92%, con una disminución promedio también mensual de 6.5, 5.7, 7.6, y 7.5% de la segunda a la quinta lactación respectivamente. Para Papacjsik y Bodaro (1988) los decrementos en la persistencia son del 10%, en tanto que Lucas (1974), menciona valores en la velocidad de declive a partir del pico entre un 2 y un 2.5% semanales. Madalena *et al.* (1979), realizando un análisis de las curvas de lactación de ganado Holstein puro y cruzado en Brasil, encontraron que la persistencia declina significativamente de acuerdo con el número de partos. Gipson y Grossman en 1989 encontraron que conforme el nivel de producción se incrementa, la persistencia declina, estos mismos autores en 1990 y de manera coincidente, encontraron que el nivel de producción afecta la persistencia, siendo las altas productoras menos persistentes que las de bajas producciones, resultando en una mayor declinación después del pico.

Tal y como se ha indicado, a medida que avanza, la lactación declina de manera inevitable y disminuye gradualmente, tanto por la biología propia de la lactación como por otros factores, al respecto, Strandberg y Lundberg (1991), hacen el señalamiento de que uno de los principales factores que incrementan el grado de declive en la producción de leche es el establecimiento de otra gestación, añadiendo que la gestación es antagonista de la lactación tanto a nivel hormonal como a nivel nutricional entre el feto y la secreción láctea, concluyen

que el efecto de la gestación sobre la producción diaria se inicia alrededor del día 160, decreciendo en 0.1 kg diariamente. Sin embargo, estos mismos investigadores encontraron que los parámetros componentes de gestación y estación de parto, casi no tuvieron correlación interna, concluyen que los parámetros de gestación estuvieron generalmente con una débil correlación con todos los demás parámetros.

En lo referente a estación y persistencia, para Keown *et al.* (1986), las vacas que parieron en julio y agosto fueron las que presentaron mayor persistencia. Zamorano (1986), reportó que en ganado Holstein, la estación de parto de manera significativa la persistencia en lactaciones largas, pero no las lactaciones de corta y mediana duración.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Datos o registros de producción

Los datos para este estudio, fueron recopilados desde 1992 hasta 1996 pertenecientes al establo lechero "Esmeralda" con una administración cooperativista comunitaria ejidal, ubicado en el Municipio de Torreón, Coahuila, y comprendió los registros de producción de 99 vacas paridas entre 1990 y 1994. De este total, se realizó un análisis general considerando la presencia de datos fundamentales para este trabajo, tales como fecha de parto y número de datos por registro de producción por lactación, procediendo a la eliminación de los registros correspondientes a vacas sin fecha de parto y/o con un número de registros por lactación menor de cinco. No se dispuso de información referente al manejo reproductivo, tal como fechas de servicios, por lo que no fue posible incluir variables como días abiertos o intervalo entre partos, tampoco fue posible contar con los datos sobre la fecha de nacimiento, escapándose la posibilidad de incluir edad, aunque esta variable indirectamente se valora en función del número de partos de cada vaca.

Cada registro consistió en una serie de datos por vaca y por parto, cada muestra corresponde al volumen diario de producción en kilos, tomado en doce fechas previamente establecidas durante el año dentro del programa de manejo normal del establo, así, cada dato se registró independientemente de la fecha en que se presentó el parto de cada una de las vacas. Se procesaron los registros, que comprendieron 544,5 lactaciones de 99 vacas, con un promedio de lactaciones por vaca de 5,5. Los registros se obtuvieron en diskette formato

DS/HD de 1.44 Mb, del paquete computarizado de la empresa lechera. Cada registro, estaba integrado de tres secuencias numéricas; a la primera le correspondían un máximo de 4 dígitos, a la segunda nueve dígitos y la tercera cuatro dígitos. A su vez, la primera serie incluía el orden de presentación de izquierda a derecha; número de vaca (1...1000); la segunda serie incluía número de parto (2...n) y la fecha en que se obtuvo el dato de producción diaria (AAAA:MM:DD); la tercera serie indicaba el peso de la producción individual en ese día. En otro archivo, también procesado en secuencias numéricas se indicaba el número de vaca, número de parto y fecha de parto

Se imprimió la información y se capturó en hoja de cálculo Excel 2002 versión 4.0 para Windows, separando la información disponible en cinco columnas diferentes, número de vaca, número de parto, fecha de parto, fecha en la que se obtuvo la muestra mensual, peso de la producción total de leche por vaca obtenida en esa fecha en la penúltima columna se modificó la fecha en la que se obtuvo la muestra de producción de leche diaria, sustituyendo la por el número de días transcurridos entre el día de obtención de la muestra de producción respecto a la fecha de parto. La información correspondiente a temperaturas y precipitación pluvial de Torreón, Coahuila, se obtuvo del Servicio Meteorológico de la SAGARPA localizado en Cd. Lerdo, Durango, a partir de datos de la estación del CAELALA localizado la región, estos datos, se procesaron para obtener la T-media estacional, mensual y anual.

Entre las funciones matemáticas que han sido utilizadas para estudiar las curvas de lactación se encuentran; la exponencial general; la polinomial inversa; la polinomial modificada y la multifásica (Gipson y Grossman, 1990), en un detallado estudio comparativo realizado por Rook et al. (1993) entre doce funciones matemáticas utilizadas y propuestas para describir la curva de lactación, se concluyó que los dos modelos que mostraron un rendimiento superior fueron la ecuación gamma de Wood y el exponencial de Misterlich, por otro lado, Papajcsik y Boderó en 1988, en un detallado análisis de 20 ecuaciones de tres y cuatro componentes para modelar curvas de lactación, encontraron que la ecuación de Wood y una variante modificada por los autores, mostraron la mejor representación de la curva de lactación, para el presente estudio, se utilizó la función gamma incompleta utilizada por Wood en 1967; y citada por Gipson y Grossman (1989),  $[\ln(y) = \ln(a) + \ln(b) - ct - dt^2]$ ,  $Y = at^b \times e^{-(c+dt)^t}$  donde; "Y" es la producción al tiempo "t" y "a", "b", "c" y "d" son parámetros, donde "d" toma el valor (0) "e" es una constante y (ln) son logaritmos naturales, (y) representa la producción de leche en el día, "n" parametro del modelo.

Siguiendo la ecuación original de Wood, para estimar la producción al pico se utilizó  $[a(b/c)^{e^{-b}} \text{ o } h]$  y para estimar el tiempo al pico  $[b/c]$ .

## Organización de la información

Los registros obtenidos de las 99 vacas se imprimieron en un archivo global, para posteriormente realizar la primera integración la que contiene los registros de producción de cada vaca, conforme a la estación del año en la que parió, sin importar el número de parto.

Se formó una segunda integración que contiene la información de acuerdo al número de parto es decir, considerando sólo su número de lactación del primero al cuarto y más partos, el motivo por el cual se agrupó de esta manera fue por considerar que no existen diferencias a partir de la tercera lactación, ya que algunos autores suelen integrar estos registros de la misma manera.

Una vez integrados los archivos, se procesó la información obtenida en el orden programado, obteniendo en primer término, la columna de días en leche, ajustando las producciones a un tiempo de 305. Posteriormente se integraron los registros de producción de todas las vacas de cada archivo ordenándolos conforme al día de lactación desde el día 1 al día "n" sin importar el número de vaca.

Los datos se ordenaron en columnas independientes en cada uno de los archivos, el cálculo de estos valores fue requerido para procesar la información por regresión múltiple y estimar los parámetros "a", "b" y "c" del modelo paramétrico exponencial de Wood de 1967, para obtener cada uno de los puntos de la línea de regresión y graficarlos, construyendo cada curva de lactación. Las

curvas de lactación se construyeron conforme a cada uno de los archivos y de acuerdo al manejo de las variedades en estudio.

Grupo No 1 -Por estación en la que ocurrió el parto sin importar a que número corresponde.

Primavera
Verano
Otoño
Invierno

Grupo No 2 -Por número de parto sin importar la estación del año

Parto No 1
Parto No 2
Parto No 3
Parto No 4 y más

-Separadas por número de parto de acuerdo a la estación del año.

Primero P	Primero V	Primero O	Primero I
Segundo P	Segundo V	Segundo O	Segundo I
Tercero P	Tercero V	Tercero O	Tercero I
Cuarto P	Cuarto V	Cuarto O	Cuarta I

-Separadas por estación de parto conforme a su número.

Primavera 1	Primavera 2	Primavera 3	Primavera 4
Verano 1	Verano 2	Verano 3	Verano 4
Otoño 1	Otoño 2	Otoño 3	Otoño 4
Invierno 1	Invierno 2	Invierno 3	Invierno 4

Al comienzo del estudio, se elaboraron las curvas de lactación para todos los partos que aparecieron en los registros, agrupados en las clases: parto; 1,2,3,4 y más, procesándose conforme al procedimiento ya indicado, de acuerdo al esquema de trabajo, se obtuvo un total de 99 curvas, sin embargo, un examen detallado permitió observar que de acuerdo con la totalidad de los autores, no existían diferencias apreciables en la curva de lactación del cuarto parto en adelante, por lo que no se justificaba el esfuerzo para tantos grupos, aun cuando todos los trabajos relativos al estudio de las curvas de lactación indican la integración de sólo cuatro en este se incluyo uno conformando de 1,2,3,4 y más

se decidió integrar cuatro clases de número de parto; 1,2,3,4 y más con lo cual disminuyó el total de curvas elaboradas y analizadas a 99 curvas.

Para cada uno de los grupos, se muestrearon las curvas de un grupo de gráficas, esto se estableció con el objetivo de analizar tendencias y comparar con la mayor exactitud posible el nivel y forma de las curvas elaboradas e interpretar el efecto de las variables en estudio.

# CUADROS

PRIMER GRUPO: por estación del año

Cuadro No 1.- Primavera

PRIMAVERA	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod / dia promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Parto 1	33	5551.22	18.20	87.27	22.45
Parto 2	12	5872.03	19.25	77.17	22.60
Parto 3	7	4038.31	13.24	51.32	19.46
Parto 4	7	5718.57	18.74	42.70	22.08
Total vacas	59				
Promedios		5295.03	17.35	64.61	21.64

n = número de vacas

Cuadro No 2.- Verano

VERANO	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod / dia promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Parto 1	6	5595.61	18.34	89.11	23.30
Parto 2	7	5086.61	16.67	37.32	17.62
Parto 3	2	5635.45	18.47	79.32	23.94
Parto 4	5	2958.38	9.69	36.11	20.17
Total vacas	20				
Promedio		4818.97	15.79	60.47	21.17

n = número de vacas

### Cuadro No 3.- Otoño

OTOÑO	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod / dia promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Parto 1	3	4393.60	14.40	99.30	18.79
Parto 2	3	3514.44	11.52	47.98	25.47
Parto 3	2	4326.00	14.18	78.66	20.83
Parto 4	3	4260.06	13.96	61.43	40.51
Total vacas	11				
Promedio		4123.50	13.51	71.84	26.40

n = número de vacas

### Cuadro No 4.- Invierno

INVIERNO	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Parto 1	2	5520.66	18.10	88.38	21.87
Parto 2	1	4607.71	15.10	54.91	25.47
Parto 3	3	2731.73	8.95	85.22	23.67
Parto 4	3	2372.63	7.77	38.55	18.73
Total vacas	9				
Promedio		3808.15	12.48	66.76	22.43

n = número de vacas

## Integración por estación de parto

Cuadro No: 5 Promedios de las vacas paridas en diferente estación del año

ESTACIONES	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	59	5295.03	17.35	64.61	21.64
Verano	20	4818.97	15.79	60.47	21.17
Otoño	11	4123.50	13.51	71.84	26.40
Invierno	9	3808.15	12.48	66.76	22.43
Total vacas	99				
Promedio		4511.41	14.78	65.92	22.91

n = número de vacas

## SEGUNDO GRUPO : por número de parto

Cuadro No 6.- Primer parto

Parto No: 1	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	33	5551.22	18.20	87.27	22.45
Verano	6	5595.61	18.34	89.11	23.30
Otoño	3	4393.60	14.40	99.30	18.79
Invierno	2	5520.66	18.10	88.38	21.87
Total vacas	44				
Promedio		5265.25	17.26	91.01	21.60

n = número de vacas

## Cuadro No 7.- Segundo parto

Vacas paridas en diferente estación del año

PARTO No: 2	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	12	5872.03	19.25	77.17	22.60
Verano	7	5086.61	16.67	37.32	20.41
Otoño	3	3514.44	11.52	47.98	25.47
Invierno	1	4607.71	15.10	54.91	25.44
Total vacas	23				
Promedios		4770.17	15.62	54.34	23.48

n = número de vacas

## Cuadro No 8.- Tercer parto

Vacas paridas en diferente estación del año

Parto No: 3	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	7	4038.31	13.24	51.32	19.46
Verano	2	5635.45	18.47	79.32	23.91
Otoño	2	4326.00	14.18	78.66	20.83
Invierno	3	2731.73	8.95	85.22	23.67
Total vacas	14				
Promedios		4182.85	13.71	73.63	21.96

n = número de vacas

Cuadro No 9.- Cuarto parto

Parto No: 4	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	7	5718.57	18.72	42.71	21.96
Verano	5	2958.38	9.60	36.15	20.13
Otoño	3	4260.06	13.91	61.43	40.27
Invierno	3	2372.63	7.74	38.57	18.61
Total vacas	18				
Promedios		3827.41	12.49	44.71	25.24

n = número de vacas

Cuadro No.- 10

Vacas integradas según número de parto

PARTOS	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio(kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Parto1	44	5265.25	17.26	91.01	21.60
Parto2	23	4770.17	15.62	54.34	23.48
Parto3	14	4182.85	13.71	73.63	21.96
Parto4	18	3827.41	12.49	44.71	25.24
Total vacas	99				
Promedios		4511.34	14.77	65.92	23.07

n = número de vacas

Cuadro No 11: Volumen de producción según estación de parto en orden decreciente

ESTACIÓN/No DE PARTO	PROD/LAC TOTAL (kg)
Primavera parto 2	5872.03
Primavera parto 4	5718.57
Verano parto 3	5635.45
Verano parto 1	5595.61
Primavera parto 1	5551.22
Invierno parto 1	5520.66
Verano parto 2	5086.61
Invierno parto 2	4607.71
Otoño parto 1	4393.60
Otoño parto 3	4326.00
Otoño parto 4	4260.06
Primavera parto 3	4038.31
Otoño parto 2	3514.44
Verano parto 4	2958.38
Invierno parto 3	2731.73
Invierno parto 4	2372.63

Ordenando en forma decreciente el volumen de producción, sin importar la estación o número de parto, se observa que la mayor producción la alcanzaron las vacas de segundo parto paridas en primavera, seguido por las vacas de cuarto y más partos paridas en primavera, el grupo de cuarto y más partos de invierno tuvo el menor volumen de producción.

Cuadro No 12: Pico de producción según estación de parto en orden decreciente

ESTACIÓN/No DE PARTO	PRODUCCIÓN PICO POR DÍAS (kg)
Primavera parto 2	19.25
Primavera parto 4	18.74
Verano parto 3	18.47
Verano parto 1	18.34
Primavera parto 1	18.20
Invierno parto 1	18.10
Verano parto 2	16.67
Invierno parto 2	15.10
Otoño parto 3	14.18
Otoño parto 1	14.40
Otoño parto 4	13.96
Primavera parto 3	13.24
Otoño parto 2	11.52
Verano parto 4	9.69
Invierno parto 3	8.95
Invierno parto 4	7.77

Coincidiendo con el cuadro anterior, ordenando en orden decreciente la producción pico, se observa la misma tendencia; las vacas paridas en primavera alcanzaron el mayor volumen, en este caso las de segundo y cuarto parto, seguidas de las vacas paridas en verano de tercero y primero. Las vacas que alcanzaron el menor volumen fueron las de invierno, de tercero y cuarto o más partos.

Cuadro No 13: Tiempo al pico según estación de parto en forma decreciente

ESTACIÓN / No DE PARTO	TIEMPO AL PICO (días)
Otoño parto 1	99.30
Verano parto 1	89.11
Invierno parto 1	88.38
Primavera parto 1	87.27
Invierno parto 3	85.22
Verano parto 3	79.32
Otoño parto 3	78.66
Primavera parto 2	77.17
Otoño parto 4	61.43
Invierno parto 2	54.91
Primavera parto 3	51.32
Otoño parto 2	47.98
Primavera parto 4	42.70
Invierno parto 4	38.55
Verano parto 2	37.32
Verano parto 4	36.11

Ordenando en forma décreciente el tiempo al pico, coincide que todas las vacas de primer parto fueron las más tardías en alcanzarlo, siendo el grupo que más tiempo tardó el de las vacas paridas en otoño. El grupo de vacas que menos tiempo tardó en alcanzar el pico de producción fue el de las paridas en verano de cuatro y más partos.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los parámetros de los resultados obtenidos al integrar los datos de la totalidad de las vacas de acuerdo a su número de parto, no importando la estación en la que ocurrió el mismo, permite analizar el comportamiento y forma de la curva entre las diferentes clases de parición (1,2,3,4 y más ) y determinar el efecto del número de parto sobre la producción libre de influencias estacionales. Al comparar resultados, se observa una tendencia general decreciente; producciones pico descendientes de los grupos de primero al cuarto y más partos (cuadro No 10), en este caso los resultados concuerdan con los obtenidos por Zamorano (1986), quién encontró producciones pico mayores entre las vacas jóvenes y menores entre las vacas de mayor edad, en lo que respecta al tiempo al pico, este fue diverso según los grupos integrados, fue mayor la variación de acuerdo a la estación de parto y menor conforme al número de parto, aunque hubo uniformidad entre las vacas de primer parto, grupos que siempre mostraron un tiempo al pico muy prolongado, debido quizá a la forma de la curva y a la distribución de la producción en el tiempo, que es más uniforme en estas vacas que en las de más partos.

Según la ecuación de gamma incompleta, el grupo de vacas con mejor persistencia correspondió a las de cuarto parto 25.24 días, siendo el grupo de primer parto el que mostró una distribución de la producción muy uniforme a lo largo del ciclo productivo, las tendencia fue a ser menos persistentes conforme se incrementó el número de parto primero, segundo y tercero 21.60, 23.48 y 21.96 días respectivamente, en estos últimos grupos, la distribución de la producción fue muy irregular.. Estos resultados coinciden con Shanks *et al.* (1981) quienes

encontraron que el número de lactancia afecta inversamente la persistencia. El volumen de producción total, presentó una tendencia decreciente con diferencias relevantes entre los partos del primero al cuarto y más, en este aspecto, Gipson y Grossman (1987), encuentran que a mayor volumen de producción menor persistencia, en este aspecto no se coincidió con estos autores, ya que la persistencia mayor fue encontrada en las de cuarto parto las cuales se observo el volumen más bajo.

Al agrupar los datos de los registros de las vacas por estación de parto, sin importar el número de parto, permitió comparar los niveles y formas de las curvas de acuerdo a la estación en que se presentó el parto. Se encontraron grandes diferencias, la tendencia de la producción pico fue a disminuir, presentándose las producciones más bajas en los partos de invierno 12.48 kg y las más altas en los de primavera 17.35 kg, lo que no concuerda con los resultados de Keown *et al.* (1986), Zamorano (1986) y Stanton *et al.* (1992), quienes encontraron las producciones pico más bajas en verano y otoño.

El volumen de producción tuvo una tendencia decreciente a partir del grupo de vacas paridas en primavera, el cual alcanzó la cifra más alta 5295.03 kg, el grupo de menor volumen de producción correspondió al de invierno 3808.15 kg, Gipson y Grossman (1989), mencionan que conforme el nivel de producción se incrementa la persistencia declina, sin embargo los datos aquí encontrados, no coinciden con tal aseveración, dado que el subgrupo de primavera tuvo una razón de persistencia de 21.64 días, siendo la persistencia mayor para invierno con 22.43 días.

El tiempo al pico más corto fue para el grupo de verano con tan sólo 60.47 días, resultado que no concuerda con el de Strandberg y Lundberg (1991) quienes encontraron que las vacas paridas en primavera alcanzan el pico más rápidamente, tampoco se coincide con Keown *et al.* (1986), quienes también encontraron tiempos al pico menores en primavera, sin embargo, este último investigador menciona que conforme el volumen de producción se incrementa el tiempo al pico también lo hace, en este sentido los resultados coinciden con los datos de este autor.

Al integrar los datos de la totalidad de las vacas de acuerdo a su número de parto, no importando la estación en el que ocurrió este, permitirá analizar el comportamiento y forma de la curva de lactación entre las diferentes clases de pariciones (1,2,3,4 y más) y determinar el efecto del número de parto sobre la producción libre de influencias estacionales.

En la comparación de los resultados, se observa las mismas producciones pico descendente del tercero al segundo parto la diferencia es de forma global los resultados coinciden con los obtenidos por Zamorano (1986), quien encontró producciones pico mayores entre las vacas jóvenes y menores entre las vacas de mayor edad. En lo que respecta al tiempo al pico, este fue mayor en el segundo parto con respecto a las de tercer parto y la razón de persistencia fue ascendente a partir del segundo parto, siendo en los partos primero y el tercero, según la ecuación de gamma incompleta (21.60 y 21.96 días) y con una tendencia decreciente conforme a la razón de producción.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos al integrar los datos de las vacas, los cuales se observan en el cuadro No.5 correspondientes a las estaciones del año, indican que de las 59 vacas que parieron en primavera, 33 correspondieron a vacas en su primer parto, las que representaron el 55.93% del total de los animales que parieron en esa estación, mostradas en el cuadro No.6, que representan el 33.33% del total de los 99 animales muestreados.

Al comparar las lactaciones por estación de parto, la mayor producción correspondió a las vacas de primavera con 5295.03 kg, y una producción promedio por día de 17.35 kg. siendo la producción menor la de las vacas de invierno con 3808.15 kg, con una producción promedio por día de 12.48 kg, perteneciendo el tiempo al pico mayor de 71.84 días a las vacas de otoño y el menor a las vacas de verano con 60.47 días, la persistencia mayor fue de 26.40 días en la estación de otoño.

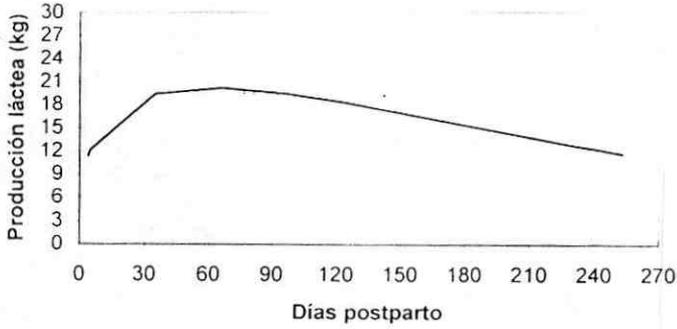
Por número de parto, la mayor producción por lactación fue para las de primer parto con 5265.25 kg y la menor le correspondió a las del cuarto parto con 3827.41 kg, siguiendo la misma trayectoria la producción por día que fue de 17.26 kg y 12.49 kg respectivamente, sin embargo, estas vacas de primer parto tardaron más tiempo en alcanzar la producción con un tiempo pico de 91.01 días, siendo el doble que las de cuatro partos que lo alcanzarán a los 44.71 días, pero su persistencia no fue similar ya que la más alta le perteneció a las de este último subgrupo con 25.24 días y la menor a las de primer parto con 21.60 días.

Queda demostrado que las curvas de lactación de las vacas del establo en estudio son afectadas tanto por la estación del año, como por el número de parto, de forma significativa aunado a la falta de tecnología, de manejo inadecuado y de atención médica veterinaria especializada, por lo que los resultados obtenidos son muy diferentes con establos altamente tecnificados en los cuales el promedio de producción por lactación durante 1998 en la Comarca Lagunera fue de 8030.00 kg (FIRA).

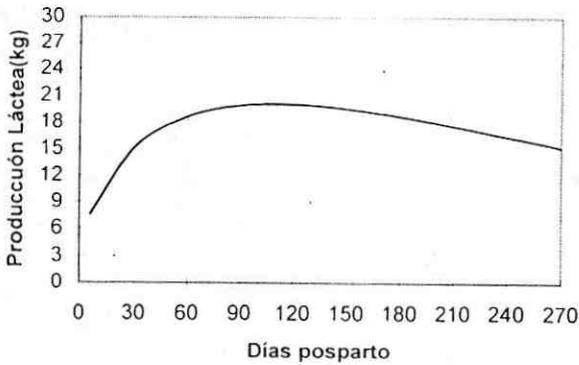
## SERIE No 1.- CURVAS DE LACTACIÓN DE VACAS DE PRIMER PARTO

Se presentan cuatro curvas típicas de vacas de primer parto, mostrando una suave elevación entre prepico y pico, una baja producción pico y una suave declinación postpico, lo que determina una uniforme distribución de la producción durante la lactación.

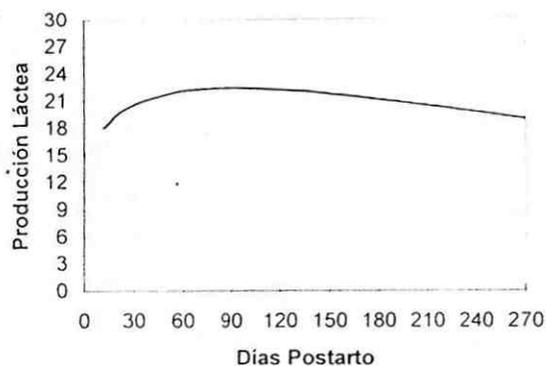
**Curva de lactación. Vaca 10 Primer parto**



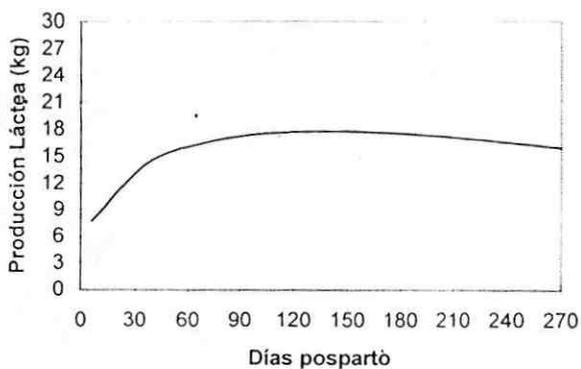
**Curva de lactación. Vaca 48 Primer parto**



### Curva de Lactación.Vaca 87 Primer parto



### Curva de Lactación. Vaca 154 Primer parto

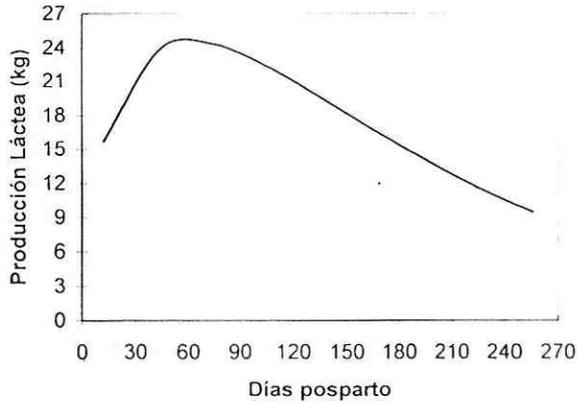


Parto No:l	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	33	5551.22	18.20	87.27	22.45
Verano	6	5595.61	18.34	89.11	23.30
Otoño	3	4393.60	14.40	99.30	18.79
Invierno	2	5520.66	18.10	88.38	21.87
Total	44				
Promedio		5265.27	17.26	91.01	21.60

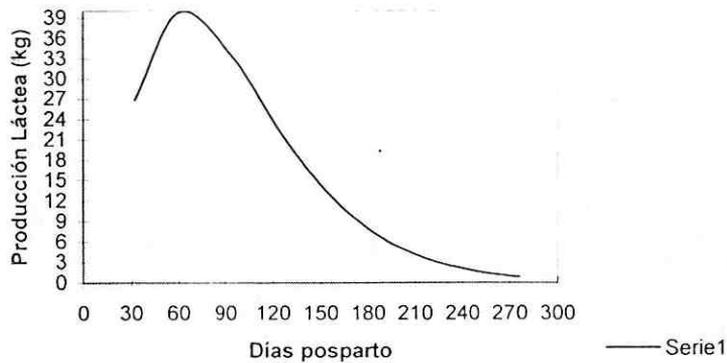
## SERIE No 2 CURVAS DE LACTACIÓN DE VACAS DE SEGUNDO PARTO

Se presentan dos curvas típicas de vacas de segundo parto, mostrando una rápida elevación entre el inicio y el pico, una producción pico elevada y una fuerte declinación postparto, una distribución irregular de la producción durante la lactación, ya que la mayor parte se produce durante la primera mitad del ciclo productivo.

**Curva de Lactación. Vaca 133 Segundo parto**



**Curva de Lactación. Vaca 135 Segundo parto**

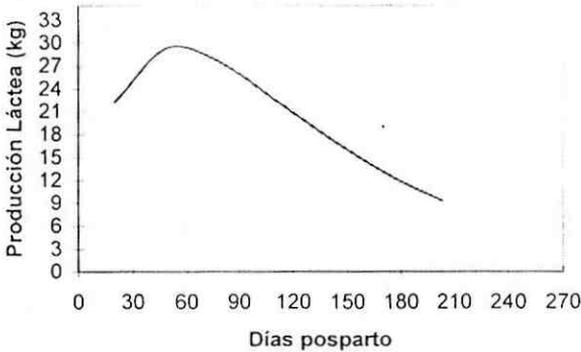


Parto No: 2	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	12	5872.03	19.25	77.17	22.60
Verano	7	5086.61	16.67	37.32	20.41
Otoño	3	3514.44	11.52	47.98	25.47
Invierno	1	4607.71	15.10	54.91	25.44
Total	23				
Promedio		4770.17	15.62	54.34	23.48

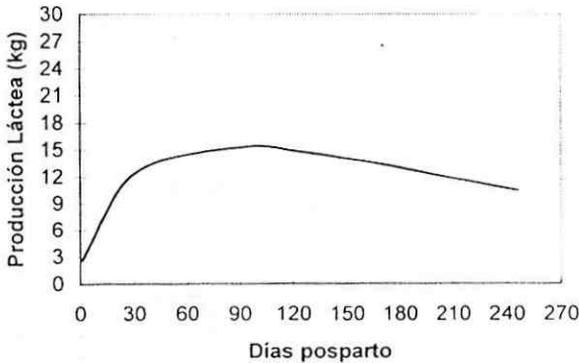
SERIE No 3 CURVAS DE LACTACIÓN DE VACAS DE TERCER PARTO

Se presentan cuatro curvas típicas de vacas de tercer parto, mostrando una rápida elevación entre prepico, una producción pico elevada y una fuerte declinación postpico, una distribución irregular de la producción durante la lactación, ya que la mayor parte se produce durante la primera mitad del ciclo productivo.

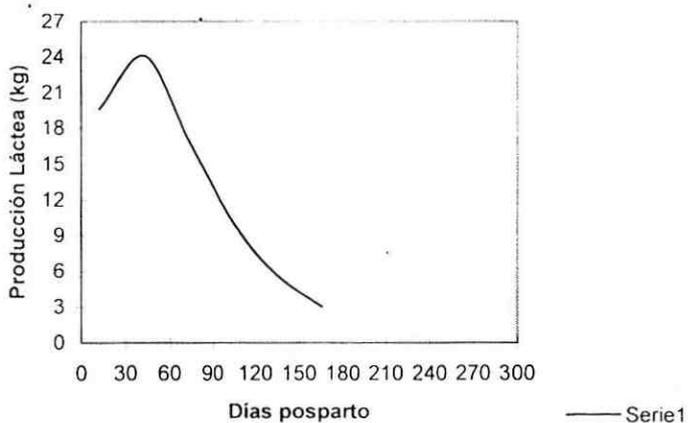
Curva de Lactación. Vaca 90 Tercer parto



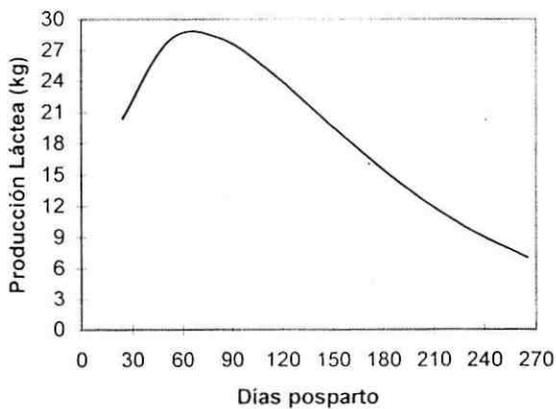
Curva de Lactación. Vaca 103 Tercer parto



### Curva de Lactación. Vaca 110 Tercer parto



### Curva de Lactación. Vaca 210 Tercer parto

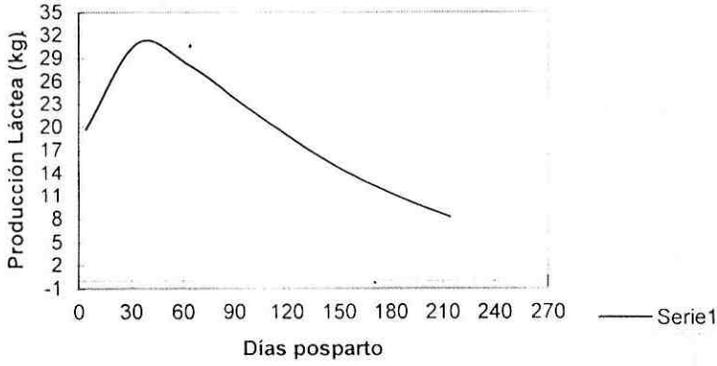


Parto No: 3	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	7	4038.31	13.24	51.32	19.46
Verano	2	5635.45	18.47	79.32	23.91
Otoño	2	4326.00	14.18	78.66	20.83
Invierno	3	2731.73	8.95	85.22	23.67
Total	14				
Promedio		4182.85	13.71	73.63	21.96

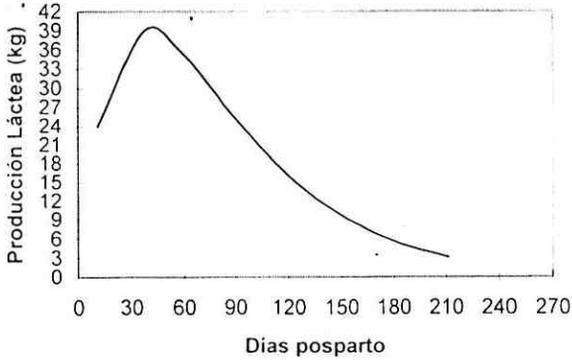
## SERIE No 4 CURVAS DE LACTACIÓN DE VACAS DE CUATRO Y MÁS PARTOS

Se presentan cuatro curvas típicas de vacas de cuarto parto, mostrando una rápida elevación entre prepico, una producción pico elevada y una fuerte declinación postpico, una distribución irregular de la producción durante la lactación, ya que la mayor parte se produce durante la primera mitad del ciclo productivo.

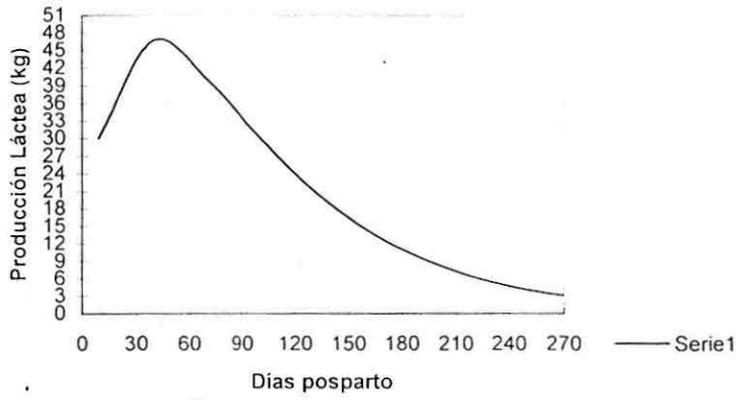
**Curva de lactación. Vaca 41 Cuarto parto**



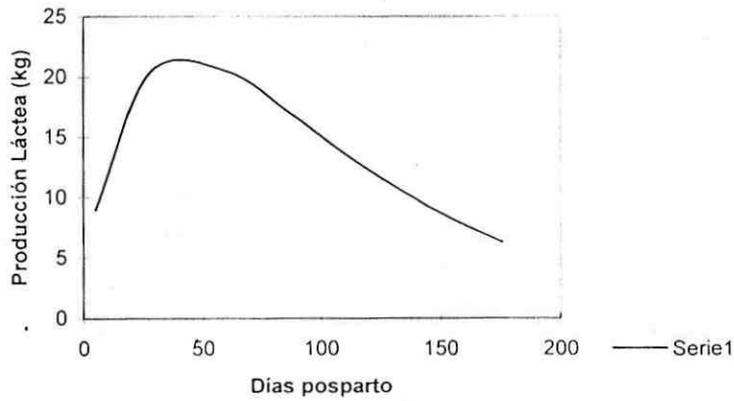
**Curva de Lactación. Vaca 201 Cuarto parto**



### Curva de lactación. Vaca 211 Cuarto parto



### Curva de Lactación. Vaca 67 Quinto parto

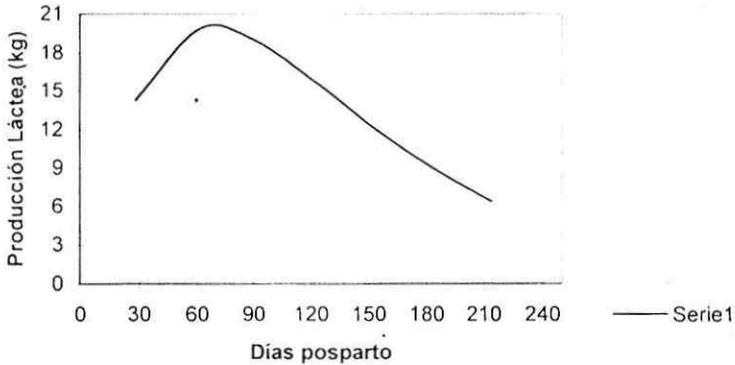


Parto No: 4	n	Prod/lact promedio (kg)	Prod/día promedio (kg)	Tiempo al pico (días)	Persistencia (días)
Primavera	7	5718.57	18.72	42.71	21.96
Verano	5	2958.38	9.60	36.15	20.13
Otoño	3	4260.06	13.91	61.43	40.27
Invierno	3	2372.63	7.74	38.57	18.61
Total	18				
Promedio		3827.41	12.49	44.71	25.24

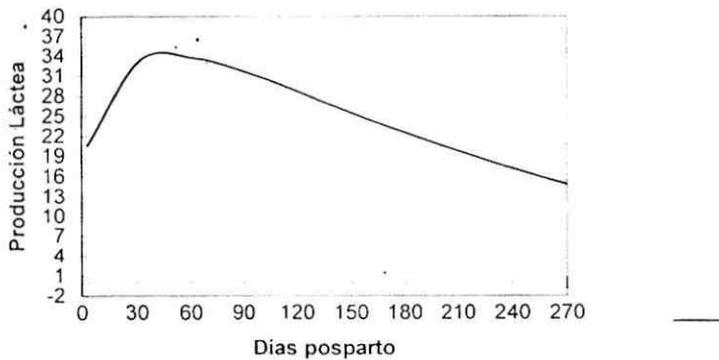
## SERIE No 5 CURVAS DE LACTACIÓN DE VACAS DE MÁS CUATRO PARTOS

Se presentan dos curvas típicas de vacas de quinto parto, mostrando las características de las curvas de más de dos partos, es decir, una rápida elevación entre prepico, una producción pico elevada y una fuerte declinación postpico, una distribución irregular de la producción durante la lactación, dado que la mayor parte se produce durante la primera mitad del ciclo productivo.

**Curva Lactación. Vaca 177 Quinto parto**



**Curva Lactación. Vaca198 Quinto parto**



## LITERATURA CITADA

- Akers, R. M., y A. M. Effort. 1984. Effect of presence of calf on milking induced release of prolactin and oxytocin during early lactation of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 67:115-122.
- Anderson, S. M., I. L. Mao, y J. L. Gill. 1989. Effect of frequency and spacing and precision of estimating total lactation milk yield and characteristics of the lactation curve. *Journal of Dairy Science*, 72:2387-2394.
- Bar-Anan R., J.I. Weller, G. R. Wiggans, K. Osterkorn. 1986. Prediction of annualized lactation yield from partial lactations. *Journal of Dairy Science*, 69:1897-1903.
- Byatt J. C., P. J. Eppard, L. Munyakazi, R. H. Sorbet. J. J. Veenhuizen, D. F. Curran, and R. J. Collier. 1992. Stimulation of milk yield and feed intake by bovine placental lactogen in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 75:1216-1223.
- Cobby, J. M y Y.I.P. Ledu. 1978. On fitting curves to lactation data. *Anim. Prod* 26: 127-133
- Congleton, W. R, y C. A. Roberts. 1987. Cumulative net income curve of the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 70:345.356.
- Cue, R. I. 1991. Variability of lactation curves in dairy cattle. *Dairy Science Abstracts*, (CAB Abstracts 1990-1991): 1.52
- Devyanov, P. N. 1991. Heritability of lactation curves. *Zootekhniya*, 7:15-17. (CAB Abstracts 1990-1991).
- Dhanao, M.S. 1981. A Note on an alternative form of the lactation model of Wood. *Animal Production*, 32:349-351.
- Dong, M. C. y L. D. Van Vleck. 1999. Correlations among first and second lactation milk yield and calving interval. *Journal of Dairy Science*. 72:1933-1936.

- Elizondo, V.C, y González S. F. 1995. Evaluación de algunas técnicas de manejo utilizadas dentro del estrés calórico en un establo de la Comarca Lagunera. XIX Congreso Nacional de Buiatría, Torreón Coah. 24-26 Agosto, No 428-431.
- Ferrando G. y J. Boza. 1990. Lactación de la cabra y factores que la regulan. Anales de la Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental. Vol. 2, No 1:46-77.
- FIRA Banco de Mexico.Marzo de 1998 "Diagnóstico de la Ganadería de leche." Subdirección regional Norte Residencial Estatal: Comarca Lagunera. Torreón Coah. No 68.
- Freeze B. S.,T. J. Richards. 1992. Lactation curve for use in economic optimization models in the dairy industry. Journal of Dairy Science, 75:2984-2989.
- Gardner, C. E. 1990. An introduction to creation y analysis of lactation curves. Dairy Science Abstracts, 2:277-283. (CAB Abstracts 1990-1991).
- Gipson, T. A, y M. Grossman. 1989. Diphasic analysis of lactation curves in dairy goats. Journal of Dairy Science, 72:1035-1044.
- Gipson, T. A., y M. Grossman. 1990. Lactation curves in dairy goats: A Review. Small Ruminants Research, 3:383-386.
- Grossman M., A. L. Kuck, y H. W. Norton. 1986. Lactation curves of purebred and crossbred dairy cattle. Journal of Dairy Science, 69:195-203.
- Hargrove, H. L., y G. R. Gilbert. 1984. Differences in morning and evening sample milkings and adjustment to daily weights and percents. Journal of Dairy Science, 67:194-200.
- Jacquemet, N., y E. C. Prigge. 1991. Effect of increased postmilking prolactin concentrations on lactation, plasma metabolites, and pancreatic hormones in lactating goats. Journal of Dairy Science, 74:109-114.
- Keown, J. F. R. W., Everett., N. B. Empet, y L. H. Wadell. 1986. Lactation curves. Journal of Dairy Science, 69:769-781.

- Knight, C. H., y M. Peaker. 1982. Development of the mammary gland. *Journal of Reproduction and Fertility*, 65:621-626.
- Knight, C. H., y C. J. Wilde. 1987. Mammary growth during lactation: implications for increasing milk yield. *Journal of Dairy Science*, 70:1991-2000.
- Lucas, H. L. 1974. The lactation curve and persistency. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. Mimeo Series #18, North Carolina State University: 23:87-102
- Madalena, F. E., M. L. Martínez, y A. F. Freitas. 1979. Lactation curves of Holstein-Friesian y Holstein x Gyr cows. *Animal Production*, 29:101-107.
- Meinert, T. R., S. Korver, y J. A. M. Arendons. 1989. Parameter estimation on milk yield and composition for 305 days and peak production. *Journal of Dairy Science*, 72:1534-1539.
- Metry, G. H., K. A. Mourad, J. C. Wilk, y B. T. McDaniel. 1994. Lactation curves for first lactation Egyptian Buffalo. *Journal of Dairy Science*, 77:1306-1314.
- Papajcsik, I. A., y J. Boderó. 1988. Modelling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. 1988. *Animal Production*, 47:201-207.
- Rook, A. J. J. France, y M. S. Dhanoa. 1993. On the mathematical description of lactation curves. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 121:97-102.
- Sakult, H y W. J. Boylan. 1992. Lactation curves for several US sheep breeds. *Animal Production*, 54:229-233.
- Shanks, R. D., P. J. Berger, A. E. Freeman, y F. N. Dickinson. 1981. Genetic aspects of lactation curves. *Journal Of Dairy Science*, 64:1852-1860.
- Shennan, D. B. 1994. Regulation of water y solute transport across mammalian plasma cell membranes by prolactin, review article. *Journal of Dairy Research*, 61:155-166.

- Sieber, M, A. E. Freeman, y D. H. Kelley. 1988. Relationships between body measurements, body weight, y productivity in Holstein dairy cows. 1988. *Journal of Dairy Science*, 71:3437-3445.
- Stanton, T. L., L.R. Jones, R. W. Everett, y S. D. Kachman. 1992. Estimating milk, fat, y protein lactation curves with a test day model. *Journal of Dairy Science*, 75:1691-1700.
- Strandberg E., y C. Lundberg. 1991. A Note on estimation of enviromental effects on lactation curves. *Animal Production*, 53:399-402.
- Van Tassel C. P., L. R. Jones, y S. W. Eicker. 1995. Production evaluation techniques based on lactation curves. *Journal of Dairy Science*, 78:457-465.
- Wood, P. D. P. 1974. A note on the estimation of total lactations yield from production on a single day. *Animal Production*, 19:393-396.
- Wood, P. D. P. 1976. Algebraic models of de lactation curves for milk, Fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Animal Production*, 22:35.40.
- Wood. P.D.P. 1981. A note on regional variations in the seasonality of milk production in dairy cattle. *Animal Production*, 32: 105- 108
- Zamorano V. H. E. 1986. Análisis cuantitativo de las curvas de lactación hasta el quinto parto en una unidad de producción comercial de ganado Holstein. *Veterinaria México*, 7, No 2:133.