

1-2016

Estudio retrospectivo de la influencia del sexo del feto en el volumen de producción de vacas lecheras de la raza Holstein en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia

Carlos Daniel Barreto Arciniegas
Universidad de La Salle, Bogotá

Diego Alejandro Pardo Barón
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria



Part of the [Large or Food Animal and Equine Medicine Commons](#)

Citación recomendada

Barreto Arciniegas, C. D., & Pardo Barón, D. A. (2016). Estudio retrospectivo de la influencia del sexo del feto en el volumen de producción de vacas lecheras de la raza Holstein en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/medicina_veterinaria/174

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Medicina Veterinaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**Estudio retrospectivo de la influencia del sexo del feto en el volumen de
producción de vacas lecheras de la raza Holstein en el municipio de San Pedro
De Los Milagros, Antioquia, Colombia**

**CARLOS DANIEL BARRETO ARCINIEGAS
DIEGO ALEJANDRO PARDO BARÓN**

UNIVERSIDAD DE
LA SALLE

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD MEDICINA VETERINARIA

BOGOTÁ D.C.

Enero de 2016

**Estudio retrospectivo de la influencia del sexo del feto en el volumen de
producción de vacas lecheras de la raza Holstein en el municipio de San Pedro
De Los Milagros, Antioquia, Colombia**

CARLOS DANIEL BARRETO ARCINIEGAS

COD. 14081113

DIEGO ALEJANDRO PARDO BARÓN

COD. 14061707

DIRECTOR: CÉSAR GÓMEZ

**Trabajo de grado presentado como parte de los requisitos para optar por el título
de Médico Veterinario**

UNIVERSIDAD DE

LA SALLE

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD MEDICINA VETERINARIA

BOGOTÁ D.C.

Enero de 2016

DIRECTIVOS

RECTOR

Hno.

VICERRECTOR ACADÉMICO

Hno.

**VICERRECTOR DE PROMOCIÓN Y
DESARROLLO HUMANO**

Hno.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

Dr.

**DECANA DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS**

Dra. Claudia Aixa Mutis Barreto

SECRETARIO ACADÉMICO

Dr. Alejandro Tobón González

DIRECTOR CLÍNICA VETERINARIA

Dr. Edgar Gutiérrez

DIRECTOR MEDICINA VETERINARIA

Dr. Fernando Nassar

ACEPTACIÓN

DIRECTOR

Dr. CESAR GÓMEZ

JURADO

Dra. LILIANA CHACÓN

JURADO

Dra. GLORIA MAYOR

COMPROMISO

El presente trabajo no contiene ideas que sean contrarias a la doctrina católica en asuntos de dogma y moral.

Ni la Universidad, ni el director, ni el jurado calificador son responsables de las ideas expuestas por los graduandos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE	5
Generalidades de la fisiología reproductiva de la hembra bovina	5
Fisiología de la lactancia	11
Factores que influyen en la lactancia	14
Determinación del sexo de un individuo	17
Relación entre el sexo del feto y la producción láctea	18
Biotecnología de la reproducción	20
Lechería en Colombia	23
MATERIALES Y MÉTODOS	25
Localización	25
Tipo de estudio	25
Población de estudio y tamaño de muestra	26
Métodos y procedimiento	27
Variables y análisis estadístico	28
RESULTADOS	29
DISCUSIÓN	36
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Figura 1. Esquema del Ciclo Estral de la Vaca.	7
Figura 2. Producción de leche influenciada por el sexo del feto a través de las lactancias	19
Figura 3. Localización geográfica del municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia	26
Figura 4. Comparación de producción de leche según el sexo de la cría	33
Figura 5. Comparación de producción de leche según el parto y sexo de la cría	34
Figura 6. Comparativo de producción de leche según el sexo de la cría en los dos primeros partos	35

TABLA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación de los animales incluidos en el estudio	29
Tabla 2. Distribución de crías durante los dos partos	32

**Estudio retrospectivo de la influencia del sexo del feto en el volumen de
producción de vacas lecheras de la raza Holstein en el municipio de San Pedro
De Los Milagros, Antioquia, Colombia**

RESUMEN

La producción láctea a nivel mundial y específicamente en Colombia, corresponde a una de las principales actividades económicas. Debido a la importante demanda de leche y productos lácteos a nivel mundial y la escasa oferta de los mismos en Colombia, y dadas las actuales condiciones de introducción de Colombia en mercados internacionales, la industria lechera colombiana requiere cada vez mayor competitividad por lo que es necesario que tanto el número de animales como el volumen de producción en los hatos de ganadería especializada se incremente de manera significativa para así beneficiar en mayor parte a los productores lecheros pero también a la economía colombiana en general. En el ámbito productivo, con el fin de determinar si existe o no una relación significativa entre el sexo de la cría durante las dos primeras gestaciones y el pico de producción de leche de la vaca, se realizó el presente estudio retrospectivo mediante la revisión de registros de producción y partos de 100 vacas provenientes de 11 fincas del municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. Se encontró que las vacas cuyo producto de gestación durante sus dos primeros partos es de hembra, producen mayor cantidad de leche comparada con las vacas cuyo producto de gestación es de macho, así mismo se pudo establecer que las vacas cuyos dos partos son de hembra producen mayor cantidad de leche con respecto a las que tienen crías hembra y macho, macho y hembra o dos machos.

Palabras Claves: San Pedro de los Milagros, Bovinos, Producción láctea, Gestación

ABSTRACT

Milk production worldwide and specifically in Colombia, corresponds to one of the main economic activities. Due to the strong demand for milk and dairy products worldwide and the limited supply of them in Colombia, and given the current conditions of introduction of Colombia in international markets, the Colombian dairy industry requires increasing competitiveness and it is necessary to increase significantly both, the number of animals and the volume of production specialized livestock herds. This is needed in order to benefit most dairy farmers but also it would be beneficial for the Colombian economy. In the production area, in order to determine whether there is a significant relationship between sex of calves during the first two pregnancies and the peak of milk production in the cow, the present retrospective study was conducted by reviewing records production and delivery of 100 cows from 11 farms in the municipality of San Pedro de los Milagros, Antioquia. It was found that cows whose product of pregnancy during their first two births are female, produce more milk compared to cows whose product of gestation is male, also was established that cows whose two parts are female produce more milk compared to those with female and male, male and female or two male offspring.

Keywords : San Pedro de los Milagros , cattle, milk production, pregnancy

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios el hombre se planteó la necesidad de capturar y domesticar animales para su beneficio con el fin de obtener productos y subproductos como es el caso de la carne y la leche provenientes de los bovinos.

Los bovinos representan una especie que fortalece de manera importante la economía colombiana, latinoamericana y mundial, aunque trasciende también su rol a las áreas sanitaria, social y cultural para la humanidad (Villar, 2009).

En Latinoamérica, dentro de los sectores económicos más importantes se encuentran la agricultura y la ganadería y en ese aspecto, Colombia cuenta con una población de ganado bovino de aproximadamente 22.527.783 animales que proveen al país de productos y subproductos obtenidos a partir de la producción y reproducción de bovinos en el país para así suplir la demanda nacional e internacional en casos de exportaciones (ICA, 2015). Dada la creciente demanda de leche y productos lácteos a nivel mundial y la escasa oferta de los mismos en Colombia, y debido a las actuales condiciones de introducción de Colombia en mercados internacionales como los TLC, hacen que la industria lechera colombiana requiera ser cada vez más competitiva, por esta razón es imperativo aumentar el número de animales y el volumen de producción en los hatos de ganadería especializada (Botero et al., 2006). Lo anterior se traduce en un reto para el éxito económico de la ganadería colombiana (Romero et al., 1999).

En Colombia, la producción de leche se desarrolla en dos tipos de producción: 1) la especializada, con una participación del 40% y 2) la de doble propósito, con el 60% de la producción total (FEDEGAN, 2009). La lechería especializada se ubica principalmente en trópico alto, mientras que el sistema de doble propósito se encuentran ubicados en trópico bajo, en regiones con temperaturas altas y lejos de los mercados (Holmann et al., 2003). Así pues, los sistemas de producción de leche deberán enfocarse en incrementar su productividad, de manera que les sea posible competir con precios bajos en los mercados de apertura.

En Colombia, Antioquia es uno de los departamentos con mayor producción de leche, junto con Caquetá, Huila, Quindío, Caldas y Risaralda. Este departamento produce el 17% de la leche total del país (Restrepo, 2005) y cuenta con zonas en donde se manejan lecherías de doble propósito y otras dedicadas a la lechería especializada. En las zonas de lechería especializada la raza predominante es la Holstein con presencia de pequeños núcleos de Jersey y Ayrshire entre otras. (IICA – FINCA S.A., 2003). Actualmente, el promedio de producción de leche por vaca Holstein en Antioquia es de 14 litros por día o 4200 litros por lactancia y las condiciones de manejo son semi-intensivas con un uso relativamente alto de concentrados, pastos y fertilizantes para los suelos. (Holmann, 2003).

Dentro del requerido incremento de la productividad, es posible desglosar diversos factores que deben mejorarse en el proceso de producción de leche en Colombia, dentro de estos se pueden destacar la cantidad de leche expresada como la producción total y la composición y características de la leche producida (Barrios y Olivera, 2013). Los principales factores que influyen en la productividad de las vacas se han descrito a profundidad, clasificados tanto en factores intrínsecos como en factores extrínsecos, dentro de los intrínsecos se incluye la genética de la vaca, edad de la vaca, el momento de la lactancia y, la condición corporal. Por otro lado, dentro de los factores extrínsecos se incluyen la época del parto, la salud de la vaca, las características del ordeño y la alimentación de la vaca (Caraviello, 2004; SIPSA, 2013). Esporádicamente, se ha mencionado la determinación y preselección del sexo de la cría, como un factor determinante en la cantidad de leche producida por una vaca (Kowalski, 2005). En recientes estudios, se ha demostrado que el sexo del feto influye en la capacidad de la glándula mamaria de sintetizar leche durante la lactancia (Hinde et al., 2014) sin embargo, se conoce poco acerca de esta influencia en hatos lecheros en Colombia. Lo anterior motivó la realización del presente trabajo de investigación con la finalidad de determinar si en los hatos del municipio de San Pedro de los Miagros, Antioquia, el sexo del feto influye en el volumen de producción de vacas lecheras de

raza Holstein y si una gestación con feto hembra es determinante para la producción durante la lactancia de la siguiente gestación.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar mediante la revisión de registros de producción y partos, si el sexo del feto influye en el volumen de producción durante las dos primeras lactancias de vacas Holstein en lecherías especializadas del municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. Colombia.

Objetivos específicos

- Seleccionar 11 hatos lecheros con animales Holstein puros, que posean registros completos y actualizados de producción y partos en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia.
- Determinar el sexo de las gestaciones y el volumen de producción para las dos primeras lactancias de los animales seleccionados para el estudio.
- Analizar y confirmar mediante herramientas estadísticas si el sexo del feto afecta el volumen de producción de la vaca para así establecer conclusiones y recomendaciones finales provenientes de los resultados obtenidos en el presente estudio.

MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Generalidades de la fisiología reproductiva de la hembra bovina

La capacidad reproductiva de una hembra depende de cómo se llevan a cabo varios eventos fisiológicos: secreción hormonal, fertilización, implantación, formación del embrión, preñez y parto. La fertilidad puede ser interrumpida en cualquiera de los estadios de reproducción mencionados, los cuales son controlados fisiológicamente por el hipotálamo, la hipófisis, los ovarios, la glándula adrenal y el tracto reproductivo (Manrique, 1990).

Para que ocurra el premier celo en la hembra, se requiere la acción de las hormonas producidas por el hipotálamo, la hipófisis y los ovarios. Para que el ciclo estral inicie en un animal joven se requiere que los estrógenos cumplan su acción primordial (Ver Figura 1). La acción de estas hormonas comienza en la pubertad, aproximadamente desde los 6 a los 18 meses de edad en algunas razas especializadas, o de 14 a 18 meses de edad en novillas criollas y cebuinas, hasta cuando alcanza la madurez sexual, el desarrollo corporal necesario y el peso indicado para ser servida. Este punto de desarrollo se conoce como madurez somática (Cunningham, 2003).

El momento del primer servicio depende también de la raza, y de las condiciones adecuadas de alimentación y salud para la novilla, se puede realizar a los 18 meses de edad, aproximadamente, pero se prefiere la madurez somática, es decir cuando la hembra alcanza el 65% del peso adulto para su raza a la madurez cronológica. Las actividades fisiológicas del aparato reproductor de los bovinos son de naturaleza cíclica permanente y se desarrollan dentro de un periodo de 21 días con un rango de 18 a 23 días (Bedford, 1982).

Los procesos reproductivos coordinados son controlados por factores reguladores locales y sistémicos. Las gonadotropinas, FSH y LH, son esenciales para el desarrollo

de los folículos antrales más allá de la etapa temprana. En el ganado vacuno, el crecimiento del folículo se produce en una oleada, con un patrón de 2 a 3 ondas por ciclo. La aparición de la onda es provocada por un aumento transitorio de las concentraciones circulantes de FSH, este hecho promueve el crecimiento significativo de las células de la granulosa de las proteínas reguladoras del ciclo celular y aumentan la producción de estradiol y la expresión de receptores de LH (Castañeda, 2009).

El Ciclo Estral de la Vaca

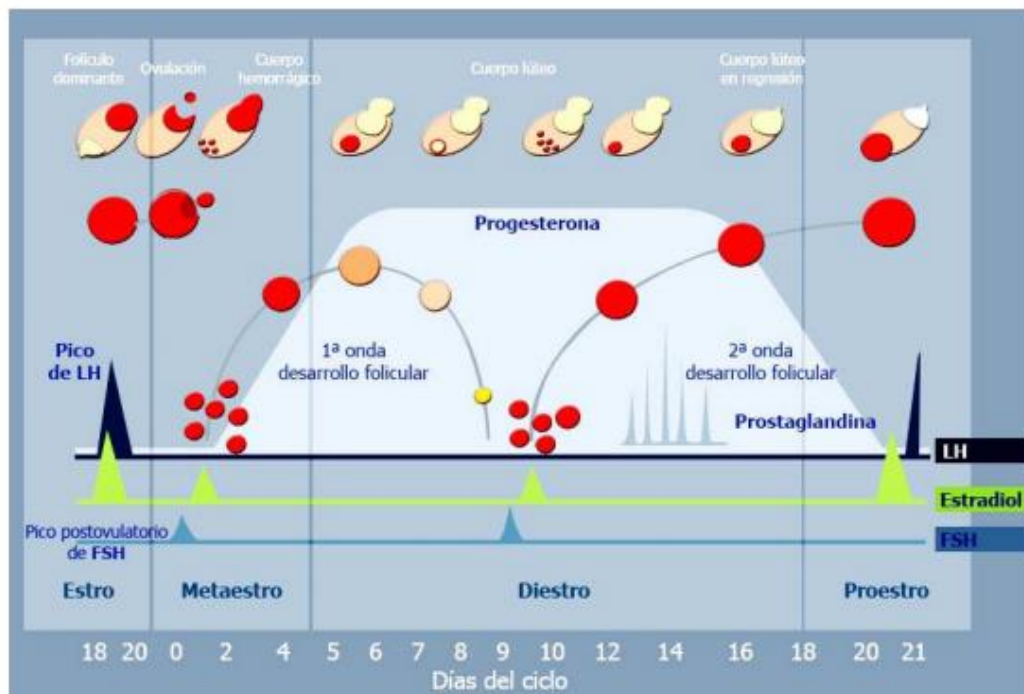


Figura 1. Esquema del Ciclo Estral de la Vaca. Fuente: Reproducción Bovina. UNAM

La foliculogénesis es un proceso dinámico caracterizado por una proliferación acelerada y una diferenciación de las células somáticas que componen el folículo. (Henao & Trujillo, 2000), es un proceso enérgicamente controlado que en bovinos se presenta durante los períodos prepuberal, puberal, anestro postparto, ciclo estral y primeros meses de gestación.

Por otra parte, el crecimiento y maduración folicular representan una sucesión de transformaciones subcelulares y moleculares de diversos componentes del folículo, a

saber el oocito, la granulosa y la teca, regidas por varios factores tanto intraováricos como intrafolículos y algunas señales hormonales que conducen a la secreción de andrógenos y estrógenos como el caso del estradiol. En el crecimiento folicular intervienen la proliferación y diferenciación inducidas por hormonas de células de la teca y de la granulosa, lo que finalmente causa incremento en la capacidad de los folículos de producir estradiol y de reaccionar a las gonadotropinas. La producción de estradiol determina cuál folículo adquirirá los receptores de LH necesarios para la ovulación y la luteinización. Las perturbaciones en la respuesta de la granulosa y teca a las señales gonadotrópicas interrumpen el crecimiento folicular e inician la atresia (Albarracín, 2005). Por su parte, el reclutamiento consiste en la formación de una población de folículos antrales de donde uno es seleccionado para la ovulación. En cada ciclo ovárico es reclutado un grupo de folículos primordiales que crecen de manera continua debido a los incrementos en las concentraciones de FSH (Castañeda, 2009). Durante el ciclo estral ocurren cambios característicos en la morfología del ovario. Acercándose al momento del estro el folículo ovulatorio alcanza un gran tamaño y produce grandes cantidades de estradiol, hasta que logra la inducción del pico preovulatorio de LH. En este momento un grupo de folículos pequeños empieza a crecer durante la denominada onda folicular. De estos folículos, sólo uno va a ser seleccionado y seguirá creciendo, mientras los otros sufren un periodo de atresia (Henaó & Trujillo., 2000).

El proceso de ovulación ocurre aproximadamente entre 25 y 36 horas después del inicio de estro y sucede con la ruptura de la pared folicular y estructuras que la separan de la superficie ovárica, constituida por fibras del tejido conectivo (Hernández et al., 2008). Los folículos preovulatorios sufren tres importantes cambios durante el proceso de ovulación, la maduración citoplasmática y nuclear del oocito, la pérdida de la cohesividad de las células del montículo ovárico entre las células de la capa granulosa y, finalmente el adelgazamiento y rotura de la pared folicular externa (Hernández at al., 2008).

La vaca es un animal poliestral, es decir, que sus ciclos estrales son continuos a intervalos fisiológicos, sin que estén alterados por estaciones, esto solo ocurre en países que tienen 4 estaciones, en el trópico como en nuestro medio esto no ocurre y la vaca cicla durante todo el año, excepto que esté gestando o que tenga algún problema, ya sea de nutrición o sanidad. El ciclo estral ha sido definido como el período que comprende desde el comienzo del celo hasta el próximo celo (Manrique, 1990).

Inicialmente la fase folicular o de regresión lútea (proestro) es una fase que dura tres días con fase hormonal es folicular en donde los genitales externos muestran edematización de la vulva y congestión de las mucosas. Adicionalmente, en el ovario hay crecimiento folicular (Hernández et al., 2008). Este proceso comienza con la regresión del cuerpo lúteo del ciclo anterior y finaliza con la manifestación de celo. Al producirse la destrucción del cuerpo lúteo ocurre un descenso en los niveles de progesterona y posteriormente la pérdida de tejido luteal, siendo la PGF2a de origen uterino el principal luteolítico. Como consecuencia de la caída de los niveles de progesterona, disminuye el feedback negativo que la hormona tenía a nivel hipotalámico y comienza a incrementarse la frecuencia pulsátil de las hormonas gonadotróficas (FSH y LH) estimulándose así el crecimiento folicular y el desarrollo de un gran folículo acompañado del incremento en los niveles de estradiol. Una vez que estos niveles alcanzan el umbral, se estimula la receptividad al macho y comienza el período de celo o estro (Sintex, 2005).

Después de la fase folicular sucede la fase periovulatoria que comprende el estro y el metaestro. El estro es conocido como el celo o calor y tiene una duración de 1-2 días (6-36 horas), corresponde a una fase hormonal folicular que induce la producción y liberación de estrógeno. Por su parte el metaestro se encuentra en una fase hormonal lútea y tiene una duración de 4 días. En esta fase en el ovario se forma el cuerpo lúteo a partir del folículo que sufrió el proceso de ovulación. En esta fase el animal está tranquilo, la vulva se pliega y se observa seca, algunas veces hay rastro de flujo sanguinolento, aunque esto es más frecuente en novillas que en vacas (Hernández et

al., 2008). Esta fase comienza con la receptividad al macho e involucra todos los cambios que permiten la ovulación y comienzo de la formación del cuerpo lúteo. Los signos que la hembra presenta durante el estro incluye inquietud, ansiedad, bramidos frecuentes y pérdida del apetito; en algunos casos en las vacas lecheras, se afecta de manera negativa la producción. Adicionalmente, las vacas presentan descarga de moco filante, edema de vulva y en el útero se produce un aumento del tono miométrial detectable por palpación transrectal. Durante esta fase, los estrógenos alcanzan el umbral de estimulación del centro cíclico hipotalámico, estimulando a las neuronas hipotalámicas a producir el pico de GnRH y en consecuencia el pico de LH. Con respecto a la FSH, disminuye su secreción, consecuencia del feedback negativo estrogénico y de la inhibina, con excepción del momento en que se produce el pico preovulatorio de LH, en que puede aparecer un pico de FSH.

Posteriormente, aproximadamente 4 a 12 horas después de la onda de LH, se incrementa tanto la concentración basal como la amplitud de los pulsos de FSH, relacionándose esto con la primer onda de crecimiento folicular. Luego de 12 a 24 horas de iniciado el celo. En este momento, el sistema nervioso se torna refractario al estradiol y se detienen todas las manifestaciones psíquicas del mismo. Inmediatamente después de la finalización del celo, ocurre el metaestro (6 días). En este período sucede la ovulación de la vaca y comienza la organización celular y el desarrollo del cuerpo lúteo. La ovulación ocurre aproximadamente de 28 a 32 horas de iniciado el celo y es desencadenada por el pico preovulatorio de LH. Posterior a la ovulación sucede una hemorragia profunda y el folículo se llena de sangre convirtiéndose en cuerpo hemorrágico. En la formación del cuerpo lúteo (luteinización) se producen una serie de cambios morfológicos y bioquímicos que permiten que las células foliculares se transformen en células luteales, cambios que finalizan al séptimo día con un cuerpo lúteo funcional (Sintex, 2005; Castañeda, 2009).

Finalmente ocurre la fase luteal (Diestro) que tiene una duración de 12 días. Es conocida también como la fase lútea dada la influencia hormonal que ocurre. En esta

fase el animal muestra silencio sexual, la mucosa vulvar es de color rosa pálido, no hay brillo, ni humedad y los órganos se encuentran sin flujo. El ovario contiene un cuerpo lúteo y el tracto genital está bajo la influencia de la progesterona (Hernández et al., 2008). Esta fase se caracteriza por el dominio del cuerpo lúteo. El mantenimiento del mismo así como la síntesis de progesterona está ligada a la hormona LH que es progesterotrófica y luteotrófica. Otras hormonas que intervendrían en la síntesis de progesterona, son la FSH y la Prostaciclina (PGI₂).

La FSH se une a receptores ubicados en el cuerpo lúteo y provoca un aumento en la secreción de progesterona. Por otro lado la PGI₂ estimular las células luteales para producir progesterona y aumenta el flujo sanguíneo a nivel ovárico con el efecto positivo sobre la síntesis y secreción de progesterona. En caso de que el oocito no sea fecundado, el cuerpo lúteo permanece funcional hasta el día 15-20, después del cual comienza a sufrir una regresión como preparación para un nuevo ciclo estral (Sintex, 2005).

Fisiología de la lactancia

Durante la lactancia temprana, la mayor prioridad del organismo es la producción láctea. Adicionalmente, las vacas tienden a movilizar su reserva corporal o energía primaria para soportar el proceso de producción de leche. En este estado inicial de la lactancia, las vacas no consumen suficientes cantidades de alimento y se encuentran en estado de deficiencia energética lo que las lleva a perder peso y a disminuir drásticamente sus capacidades de concepción (Wattiaux, 2005).

La fisiología de la lactancia abarca el desarrollo de la glándula mamaria desde la etapa fetal hasta la edad adulta, el desarrollo futuro durante la preñez y el inicio de la lactancia con los consecuentes sucesos adaptativos metabólicos y de comportamiento. Al inicio de la preñez el sistema endocrino sufre dramáticos cambios. El crecimiento de la glándula mamaria es estimulado por la hormona de crecimiento (HC) y la prolactina

(PRL), esteroides adrenocorticales, estrógeno y progesterona, gastrina y secretina del sistema gastrointestinal (Glauber, 2007).

El inicio de la lactancia genera en el organismo aumento del volumen sanguíneo, producción cardíaca, flujo sanguíneo mamario y flujo sanguíneo a través del flujo sanguíneo hepático y gastrointestinal, que proveen a la glándula mamaria con nutrientes y hormonas para la síntesis de leche. El reflejo de eyección se activa con la presencia de leche en la glándula y la acción de la oxitocina que actúa en la contracción de las células mioepiteliales. Además de los mecanismos centrales, actúan los mecanismos locales dentro de la glándula mamaria y permiten la regulación del inicio de la lactancia así como el mantenimiento, la regulación del flujo sanguíneo y la apoptosis (muerte programada) de las células de la glándula mamaria. Diversos estudios recientes han demostrado que la vasopresina tiene un lugar en la eyección de leche. Adicionalmente, se ha establecido que una mayor eficiencia en la respuesta de oxitocina se obtiene si la vaca es alimentada durante el ordeño (Glauber, 2007).

La leche es producida por la secreción de la glándula mamaria de hembras saludables, correctamente alimentadas y manejadas en ambientes adecuados. Este producto en promedio contiene cerca de 12% de sólidos totales y 88% de agua aunque estas proporciones varían según la raza, entre individuos y según el manejo alimentario y salud de la ubre (Wattiaux, 2013).

Debido a los sistemas de selección y reproductivos, las vacas lecheras producen mucho más leche que la necesaria para criar su cría, sin embargo, a pesar del aumento de la producción lechera, la composición de la leche se mantiene durante este periodo lo que quiere decir que los cambios en las demandas metabólicas en las vacas en lactancia tienden a aumentar (Glauber, 2007).

Durante la edad adulta el ciclo de la lactancia puede dividirse en periodos consecutivos: mamogénesis, lactogénesis, galactopoesis e involución. Cada una de estas fases se

encuentra caracterizada por un estricto control hormonal. Hay tres categorías de hormonas involucradas en este proceso: inicialmente las hormonas reproductivas (estrógenos, progesterona, lactógeno-placentario, prolactina y oxitocina) que actúan directamente sobre la glándula mamaria.

La somatotropina o lactógeno placentario corresponde a una hormona placentaria que se ha encontrado en diferentes especies y que promueve el crecimiento del feto, adicionalmente, estimula la glándula mamaria lo que hace que tenga un efecto lactogénico. Esta hormona es producida y secretada por las células binucleares gigantes de la placenta (UNAL, 2016). De manera sintética, la somatotropina bovina recombinante (rbST) se utiliza para incrementar la producción de leche. Esta hormona aumenta las concentraciones séricas del factor de crecimiento parecido a la insulina tipo I (IGF-I) y estas dos hormonas participan en el proceso de regulación de los procesos fisiológicos para incrementar a lactopoyesis. Por otro lado, en vacas lecheras, la administración de somatotropina recombinante durante los procesos de inseminación, aumenta el porcentaje de concepción (Hernández y Gutiérrez, 2013).

Posteriormente, actúan las hormonas metabólicas (hormona del crecimiento, corticosteroides, tiroides, insulina) que funcionan en distintas partes del cuerpo y tienen efecto secundario sobre la glándula. Finalmente las hormonas de producción local que incluyen la prolactina, hormona paratiroidea-peptídica (PTHrp) y leptina. La PTHrp se expresa en células del epitelio mamario durante la lactancia y se ha establecido en recientes experimentos en cobayos que su secreción puede relacionarse con las concentraciones de calcio extracelular lo que le da importancia en el transporte de calcio desde la sangre a la leche (Glauber, 2007).

La producción de leche de una vaca es el resultado de la relación del ambiente y de la herencia. Para que las evaluaciones genéticas sean precisas es importante que el registro de producción de leche indique con el mayor cuidado posible el potencial genético de los animales. Para esto, algunos factores ambientales que influyen

directamente en la producción de leche, pueden ser controlados utilizando el ajuste previo para remover el efecto ejercido en el desempeño de los animales (Cerón et al., 2003).

Factores que influyen en la lactancia

El agua, la energía, la proteína, los minerales y las vitaminas son requeridos para la reproducción normal de bovinos, y, estos mismos nutrientes son requeridos en mayor o menos cantidad para sobrellevar procesos fisiológicos de la vida del animal: mantenimiento, crecimiento y producción láctea (Wattiaux, 2005). Dentro de los factores principalmente involucrados en la lactancia de las vacas se incluyen la dinámica celular, la edad de la vaca, las características genéticas de las mismas e incluso la endogamia que provoca un determinante resultado negativo en la producción de leche (Parland et al., 2007).

Los principales efectos ambientales controlados con factores de ajuste para la producción de leche por lactancia envuelven otras características de desempeño de la vaca (duración del periodo seco anterior al parto, duración del periodo parto-concepción, días en lactancia, entre otros). También existen efectos causados por el manejo o nivel de producción de las haciendas (número de ordeños diarias, el sistema de alimentación, el sistema de ordeño entre otros) y los efectos causados por el ciclo de vida del animal, como por ejemplo la edad y el número de partos de la vaca (Cerón et al., 2003).

- Dinámica celular

El número de células secretorias de la leche y su actividad determina la producción y la forma de la curva de lactancia. La dinámica celular y la producción láctea perduran durante 240 días de lactancia en vacas Holstein de alta producción. El número de células secretorias aumenta al comienzo de la lactancia mientras que la producción de leche por célula disminuye. La producción de leche por célula aumenta

significativamente a partir del pico de la lactancia y tiende a ser constante durante la lactancia. El aumento de leche hasta el pico de la lactancia podría deberse a la continua diferenciación celular más que al aumento en número de células, mientras la disminución de leche después del pico probablemente sea debido a pérdida en el número de células secretorias y no a una pérdida de la actividad secretoria. La pérdida en número de células secretorias es debido a la tasa de muerte celular por apoptosis en la ubre (Stefanon et al, 2002).

- Involución

Este proceso se refiere a la regresión gradual de la glándula mamaria después de cumplir su función durante la lactancia fisiológica. El curso de sucesos durante éste periodo es importante dado que tiene impacto sobre la futura lactancia. Igual que en otros periodos de la lactancia, está bajo control endocrino.

Estudios experimentales In vitro indican que la pérdida de células epiteliales por apoptosis está relacionado con la disminución de nivel de prolactina, hormona de Crecimiento y IGF-I. Se cree que la HC normalmente estimula la síntesis de IGF-I y optimiza la acción de la prolactina por supresión de la acción de IGFBP-5 (IGF unida proteína), el cual es un inhibidor de la acción del IGF-1 (Glauber, 2007).

- Edad de la vaca

La productividad de la vaca varía con la edad. Hembras jóvenes de primer parto tienden a producir menos leche que aquellas de segundo y tercer parto; de igual forma, hembras con muchos partos empiezan a decaer en su producción de leche.

- Características genéticas

La raza de la vaca influye en su potencial productivo, cada raza presenta niveles

distintos en cuanto a la composición y producción de leche. Las razas lecheras y doble propósito más usadas por su capacidad productiva en Colombia son: Holstein, Pardo Suizo, Normando, Jersey, Ayrshire, Gyr y sus cruces. Cada raza tiene características propias en cuanto contenido de sólidos totales en su leche y a niveles de producción.

- Clima

En este respecto, estudios afirman que la probabilidad de una cría nacida macho se incrementa en un 3% por cada milímetro de evaporación por día adicional. Los resultados indican que los factores asociados a temperaturas muy elevadas y mayor evaporación influyen el sexo del feto en vacas lecheras. Estos resultados representan el soporte de la hipótesis bajo la cual existe una asociación significativa entre el clima durante el mes anterior a la concepción y el sexo de la progenie subsecuente lo que influirá directamente en la producción láctea de la vaca (Roche et al., 2006).

Adicionalmente, estudios sugieren que el tiempo en el cual se realizan los procesos de inseminación artificial, afecta el género de la cría afirmando que vacas que son servidas a las 0 y 32 horas tienen un mayor porcentaje de crías hembra en su descendencia (Pursley et al., 1998).

- Condición Corporal

La evaluación periódica de la CC permite a los productores prever la producción de leche y la eficiencia reproductiva de sus animales. La CC al parto afecta la salud, la eficiencia reproductiva y la producción de leche en la futura lactancia. Luego del parto, los animales entran en balance energético negativo, en este caso, la energía necesaria para la producción de leche se obtiene a partir del alimento consumido y de la movilización de reservas corporales lo que lleva a la pérdida de CC del animal. La magnitud en la pérdida de CC en el inicio de la lactancia depende también del nivel de

producción y de la CC al momento del parto. Generalmente, las vacas de mayor producción pierden mas estado corporal debido a un balance energético negativo más marcado. Al momento del parto, la CC óptima debe ser de 3.5 y las vacas no deberían perder más de un punto durante los primeros dos meses de lactancia. Lo anterior indica que al momento del secado debería alcanzarse una CC de 3.25 a 3.5 para alcanzar el objetivo de CC al momento del parto. Por otra parte, la CC al momento del parto y la intensidad con la que se pierde dicha condición al inicio de la lactancia, repercute de manera directa sobre la subsiguiente producción de leche, pero también sobre el desempeño reproductivo del hato y la incidencia de enfermedades de tipo metabólico. Las vacas que llegan al momento del parto con una CC muy alta presentan restricciones al consumo de alimento en el inicio de la lactancia y esto intensifica el balance energético negativo, mientras que las vacas que llegan al momento del parto con una CC muy baja producen menor cantidad de leche por carecer de las reservas energéticas necesarias para sostener altas producciones de leche (Grigera y Bargo, 2005).

Determinación del sexo de un individuo

La determinación del sexo de un individuo se da por la combinación de los cromosomas sexuales en el genoma del animal. Para el caso de los bovinos, al igual que en el humano la presencia del cromosoma X y del cromosoma Y en el genoma del individuo determina el desarrollo de un animal macho, y la presencia de dos cromosomas X determina el desarrollo de un animal hembra. Esto se debe principalmente a la presencia de ciertos genes en el cromosoma Y, tales como el gen SRY que codifica proteínas que inhiben la producción de un esteroide llamado estrógeno en las células primordiales del embrión, durante los estadios iniciales del desarrollo embrionario. Esta proteína SRY bloquea la producción de la enzima encargada de producir estrógeno (aromatasa). Esta condición favorece al desarrollo de un embrión macho. En el caso de que el cromosoma Y no esté presente en el genoma, no se producirá la proteína SRY lo cual permitirá la producción normal de estrógeno y

por ende el desarrollo de un embrión hembra (Kowalski, 2005).

Relación entre el sexo del feto y la producción láctea

Desde los años 70, los biólogos han dirigido muchas de las investigaciones a entender los sesgos adaptativos de las madres ligados al sexo de la cría en diferentes especies animales (Amadesi et al., 2015).

Aunque la proporción de sexos al nacer ha sido la principal variable investigada, también se han incluido en los estudios la transferencia fisiológica postnatal y el comportamiento de cuidado de la madre, lo cual permite flexibilidad en el estudio de la asignación de recursos de la madre sesgada al sexo. El comportamiento de cuidado que tiene la madre con el neonato sesgado al sexo ha sido investigado como un agente relacionado con la producción de leche sesgada al sexo de la cría en diferentes especies de mamíferos. En un estudio realizado por Hinde y colaboradores en 2014, se investigó la magnitud y la dirección de los sesgos de sexo relacionados con la síntesis de leche en vacas de la raza Holstein, para lo cual se revisaron registros de 113,750 vacas. A partir de este estudio, se estableció que en el pico de la lactancia, las madres bovinas de hembras, a través de los partos, producen mayor volumen de leche que compensa la densidad energética reducida de leche para las hijas. En el ganado vacuno, se han realizado algunos estudios como el de Hinde en 2014, que han revelado que la producción de leche es sesgada al sexo a favor de los hijos, las hijas e incluso algunos determinan que no hay existencia de la producción sesgada al sexo. Sin embargo, mediante modelos estadísticos de alta complejidad, se ha determinado que las vacas producen significativamente mayor cantidad de leche cuando su cría es hembra en comparación a vacas que tienen cría macho (Ettema y Ostergaard, 2015). Adicionalmente, se ha demostrado que los efectos del sexo del feto de la primera gestación influyen positivamente y tienen consecuencias persistentes en la producción láctea de la vaca durante las preñeces subsecuentes. Específicamente, la gestación de

una hija en el primer parto de la vaca, incrementa la producción en aproximadamente 445Kg en las siguientes dos lactancias (Ettema y Ostergaard, 2015).

Es importante mencionar que generalmente las vacas lecheras se encuentran concurrentemente preñadas durante la lactancia, aproximadamente +200 días de los 305 que dura el periodo de lactancia. Con respecto a este aspecto, en el estudio de Hinde y colaboradores (2014) se encontró que la síntesis de leche durante la primera lactancia puede ser afectada no solo por el sexo de la cría producida, sino también por el sexo del feto gestado durante la lactancia. Finalmente también se pudo predecir que la glándula mamaria programada en respuesta al sexo del feto, persistirá en las subsecuentes lactaciones dada que la capacidad de sintetizar la leche es acumulativa a través de los partos. Las anteriores predicciones de Hinde y colaboradores se clarifican de manera más específica mediante una representación esquemática que se puede analizar a continuación (Ver Figura 2.).

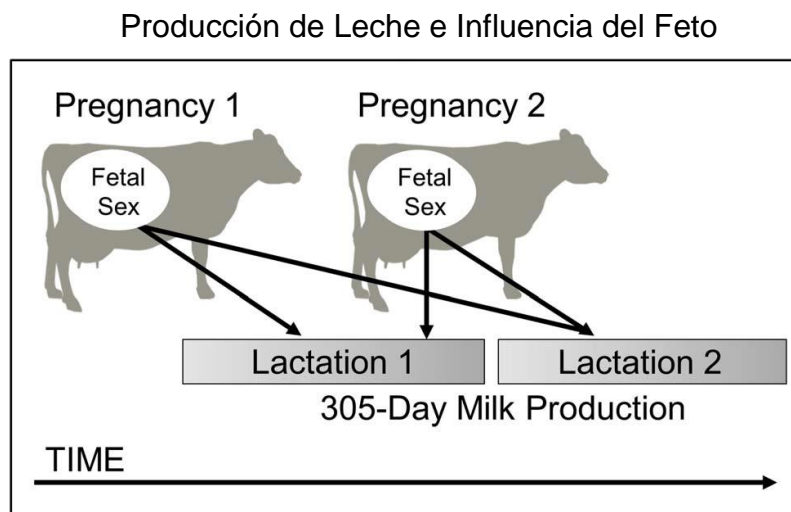


Figura 2. Producción de leche influenciada por el sexo del feto a través de las lactancias Fuente: Hinde et al., 2014

Se ha establecido que el sexo del feto en la primera preñez puede alterar la producción de leche a lo largo de múltiples lactancias ya que la glándula mamaria sufre importantes cambios de desarrollo durante la primera preñez (Hinde et al., 2014).

Como conclusión, las vacas lecheras de raza Holstein demostraron un efecto biológico significativo del sexo del feto con respecto a la producción de leche a favor de las hijas y, de manera importante, el hecho de que haya menos producción de leche a favor de los hijos, no se compensa con una mayor cantidad de grasa y proteína en la leche producida, por el contrario, la producción total de energía de la leche fue mayor en vacas gestantes de hembras.

Biotechnología de la reproducción

La aplicación de biotecnologías en la reproducción se ha convertido en una de las herramientas más importantes para acelerar los avances genéticos en la ganadería bovina. La diferenciación sexual de los mamíferos es un proceso secuencial que se inicia en el momento de la fecundación (XX o XY) (Amadesi et al., 2015). La primera fase de diferenciación sexual ocurre con la organogénesis gonadal en función del sexo genético del embrión (Palma, 2001). El dimorfismo que existe entre los cromosomas sexuales es la base para determinación del sexo a través del cariotipo. En bovinos, el número diploide de los cromosomas es de 60, con un gran cromosoma X submetacéntrico y un pequeño Y metacéntrico y 58 restantes cromosomas acrocéntricos (Palma, 2001). Varias metodologías se han aplicado para conocer el sexo, entre ellos la biopsia de blástomos de embriones para determinar o no la presencia del cromosoma Y. La técnica tiene una efectividad alrededor del 90%, siendo su principal ventaja la escasa probabilidad de dañar el embrión y su desventaja, que no siempre es fácil predecir el número de blastómeros necesarias para producir una cantidad suficiente de copias de ADN para determinar el sexo de los embriones (Shea, 1998). Esta biopsia del embrión se realiza aproximadamente cuando tiene 2 ó 3 días de desarrollo. En este periodo, los embriones pueden tener entre 8 y 16 células. La utilización de micromanipuladores permite remover una célula del embrión denominada blastómero, y se procede a la amplificación utilizando PCR de la región que se encuentra en el cromosoma Y (Chrenek et al., 2001 y Hirayama et al., 2004).

- Inseminación Artificial con Semen Sexado

Por cientos de años, los productores y propietarios de ganaderías de leche y de carne habían deseado un método que permitiera predeterminedar el sexo de la descendencia de sus animales de producción. La habilidad de seleccionar individualmente los espermatozoides hizo realidad este deseo desde los años 90. En la actualidad, el semen puede ser sexado con una precisión mayor al 90% mediante el uso de la citometría de flujo (Wheeler et al., 2006).

Anteriormente, algunos productores tenían el pensamiento de que durante el proceso de sexaje espermático se podría dañar el ADN e incrementar la incidencia de anomalías genéticas, sin embargo en la actualidad hay referencia miles de nacimientos vivos producto de semen sexado en los cuales se puede evidenciar ejemplares sin anomalías, (Seidel, 1999). En un estudio realizado sobre la normalidad de las crías concebidas por inseminación artificial con semen sexado, no se obtuvo evidencia significativa en las tasas de mortinatos ni en anomalías genéticas en los nacidos vivos (Garner y Seidel, 2002), lo cual es confirmado por otros estudios (Tumban et, al., 2004) que presentaron valores similares sin ninguna anomalía en los nacimientos que se produjeron.

El semen sexado genera un eslabón fuerte en las ganaderías de leche especializadas ya que el mismo es enriquecido con el cromosoma X de toros genéticamente superiores y aplicado en vacas lecheras elite lo que permite producir hembras de reemplazo en menos tiempo y de los mejores animales, adicionalmente, las fincas incrementan mediante el uso de semen sexado, la presión de selección para características de producción de leche (Hohenboken, 1999). Generalmente, el semen sexado se ha usado en las producciones lecheras para inseminar vacas de elevado mérito genético.

El uso de semen sexado en procesos de inseminación artificial permite a los

productores determinar previamente el sexo de las crías, lo que resulta en una ganancia genética dentro de los hatos así como un incremento en la eficiencia económica de los mismos. Por otra parte, el uso de semen sexado en conjunción con la producción de embriones in vitro genera ventajas en el momento de obtener descendencia predeterminada (Schenk y Seidel, 1999 y Wheeler et al., 2006).

Se han desarrollado diversas estrategias para que el uso de semen sexado mejore la eficiencia y la relación costo efectiva. Una de estas estrategias indica la realización del primer servicio con semen sexado seguido de un servicio de semen no sexado en vacas que repiten el celo, mediante el uso de este método, se ha mostrado un resultado de 62% de crías hembras en la descendencia en el primer parto de una hembra bovina (Moore y Thatcher, 2006).

Los beneficios económicos de usar semen sexado van a depender en un inicio de la fertilidad de la hembra, dado que a menor fertilidad se van a requerir más dosis de semen a mayor costo. Actualmente, el semen sexado es usado en fincas en donde los productores no solo buscan incrementar la producción láctea, sino también obtener reemplazos de sus vientres, aumentar los animales productivos y producir ejemplares de exposición (Seidel, 2003).

A pesar de que el uso de semen sexado ha ganado interés en las últimas décadas, otras estrategias de manejo pueden ser utilizadas paralelamente para manipular el sexo de la descendencia en bovinos, con un gran beneficio económico para los productores. Dentro de estas estrategias se incluyen la selección de animales dominantes, el manejo de la condición corporal de los animales y el bienestar que se brinda a los mismos. Hasta el momento, se ha descrito que el rango de dominancia maternal se encuentra asociado al sexo del feto en vacas lecheras, favoreciendo a las crías hembras (Hohenbrink y Tillmann, 2012).

Lechería en Colombia

Las explotaciones de producción agropecuarias se estructuran a partir de las actividades en que se enfocan, de acuerdo con la disponibilidad de recursos, patrones de producción, productividad e ingresos; y se desarrollan a partir de la presencia de diferencias importantes en cuanto al uso de los recursos disponibles, la tecnología aplicada y los productos generados (Moreno et al., 2009). La industria lechera, vista como una unidad económica, es aquella donde el productor hace un conjunto de todos los elementos que pueden ser importantes para una óptima producción y desarrollo de su enfoque productivo, luego de una excelente sinergia sin fugas este productor logra convertir eso en litros de leche que se venden para generar utilidades (Herrera et al., 2011). En Colombia, la producción de leche es una de las principales actividades económicas del sector agrario. Ésta se desarrolla en dos tipos de producción como fue mencionado anteriormente 1) la especializada, con una participación del 40% y 2) la de doble propósito, con el 60% de la producción total (FEDEGAN, 2009).

La lechería especializada, que generalmente se ubica en el trópico alto, es aquella donde la vaca es ordeñada sin ternero, y las crías hembras se alimentan artificialmente y los machos se descartan. Las vacas, generalmente puras o con un excelente valor genético, son suplementadas con concentrados balanceados; lo cual hace que la producción de leche se eleve. El sistema de doble propósito, es aquel donde el ternero macho es levantado y vendido después del destete y la vaca es ordeñada con el ternero al pie. Su alimentación se fundamenta en el pastoreo extensivo por lo general son vacas que no superan los 6 litros de leche, y se encuentran en trópico bajo, en regiones con altas temperaturas y lejos de los mercados (Holmann et al., 2003).

En la actualidad, Colombia se encuentra en el proceso de adquisición de nuevos mercados internacionales como el TLC con Estados Unidos, entre otros, lo que hacen que las explotaciones lecheras colombianas requieran ser cada vez más competitiva (Botero et al., 2006). La productividad refleja la capacidad de producir bienes y

servicios, dados los recursos disponibles, y es medida como la relación entre la producción total y los insumos totales utilizados en la producción (Shiji Zhao et al., 2008; Oijen M. Van et al., 1993).

La dinámica de la producción de leche en Colombia, ha venido acompañada por el desarrollo del consumo de productos lácteos. Esto ha llevado a alcanzar, en los últimos años, un nivel de auto abastecimiento cercano al 98.5%. La producción nacional de leche fresca ha presentado en la última mitad del siglo un aumento en forma rápida y sostenida. El Ministerio de Agricultura reportó que pasó de 728 millones de litros en 1950 a 1.879 millones en 1978 y se calcula en 6.975 millones de litros en 2004. El sistema de producción de lechería especializada aporta 52% y el de doble propósito el 48% restante. La tasa de crecimiento anual para el periodo 1994-2004 fue del 3,5%. La evolución inicial de la producción de leche en Colombia estuvo muy relacionada con el desarrollo de la ganadería de clima frío, por las ventajas que presentaban estas zonas para la adaptación de las razas especializadas en la producción de leche importadas de Europa, Norte América y Nueva Zelanda. La dinámica de la producción en esas zonas, estuvo relacionada igualmente con su cercanía a los grandes centros de consumo, en un momento en que las deficiencias en infraestructura vial impedían el flujo de leche entre regiones distantes. Todo esto contribuyó al florecimiento de la ganadería especializada, en regiones como el Altiplano Boyacense, el Oriente Antioqueño y Nariño. En estas regiones se producía la mayoría de la leche líquida que se consumía en el país. La leche que se producía en las otras regiones se comercializaba como quesos o como leche líquida destinada a mercados locales. El mayor desarrollo de la lechería especializada en Colombia, se produjo a través del mejoramiento de características como la genética, la nutrición, los sistemas de manejo, la introducción de sistemas de ordeño mecánico, la renovación y fertilización de las praderas y la suplementación de las vacas. (López y Vásquez, 2009).

Los ganaderos productores de leche en el país deberán enfocarse en incrementar su productividad, sin incurrir en un incremento de los costos de producción, de manera que les sea posible competir con precios bajos en los nuevos mercados, este hecho, genera la necesidad de realizar este trabajo retrospectivo y así determinar si el género

de la cría puede influenciar positivamente la producción lechera en los hatos de una zona determinada del país.

MATERIALES Y METODOS

Localización

La obtención de los datos se realizó en explotaciones ubicadas en Colombia, en el departamento de Antioquia, en el municipio de San Pedro de los Milagros (Ver Figura 3.).

San Pedro de los Milagros se encuentra ubicado en la Región Norte del departamento de Antioquia, Con aproximadamente 24.350 habitantes tiene una extensión de 229 kilómetros cuadrados, con una temperatura media de 16° C. y una altura sobre el nivel de 2.475 metros. La humedad relativa en el municipio es del 79%. Se encuentra a una distancia de 44 kilómetros del municipio de Medellín y limita por el norte con los municipios de Belmira y Entreríos, por el este, con el municipio de Don Matías, por el sur, con los municipios de Girardota, Copacabana y Bello y por el oeste con el municipio de San Jerónimo (Alcaldía Antioquía, 2014). Este municipio pertenece a la cuenca lechera del departamento de Antioquia y cuenta con ganaderías Holstein especializadas, razón por la cual, fue elegido para la realización del presente análisis retrospectivo.

Tipo de Estudio

El presente es un estudio observacional, longitudinal en el tiempo, retrospectivo, de tipo descriptivo general que buscó determinar la existencia de la relación entre el sexo del feto y la producción durante la primera y segunda lactancia de vacas Holstein en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia, mediante la revisión de registros de producción y partos.

Localización de San Pedro de los Milagros, Antioquia



Figura 3. Localización geográfica del municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia

Fuente: Map data © 2013 Google

Población de estudio y tamaño de muestra

A partir de la aproximación a los hatos ganaderos cuya composición son animales Holstein de alta calidad genética, se seleccionaron 11 fincas productivas para incluir en el estudio. Se utilizó la base de datos del software ganadero INTERHERD®, y se tuvo en cuenta la información registrada desde el año 2007 hasta el 2013. La información del software que se tuvo en cuenta fue: número del animal (ID), finca, municipio, identificación del animal, raza, fecha de nacimiento, número de parto, fecha de parto, sexo de la cría, volumen de producción ajustada a 305 días, promedio producción y número de hijos. A pesar de que aproximadamente 10.000 animales se encontraban registrados en el

software, para el presente estudio se analizaron los registros de 100 vacas provenientes de 11 fincas seleccionadas.

Como criterios de selección se incluyeron los siguientes: que fueran ganaderías puras y certificadas, que fueran ganaderías que solamente tuvieran animales Holstein registrados, que fueran fincas que contaran con el seguimiento continuo y profesional de los registros, que los registros de animales, de partos y de lactancias se encontraran actualizados, que la institución ASISTEGAN® contara con los registros completos de las fincas y los animales seleccionados, que los animales seleccionados tuvieran mínimo dos partos y que existiera el registro del volumen de producción en cada lactancia para ser incluido en el análisis. Por lo anterior y dados los estrictos parámetros de inclusión, se revisaron a profundidad los registros de 100 animales, sin embargo, los investigadores son conscientes de la necesidad de incluir más animales en una próxima investigación para que los resultados de la misma sean más significativos y aplicables a la región y a otras regiones de Colombia.

Métodos y procedimiento

El estudio tuvo una duración de aproximadamente cuatro meses desde inicios de Abril hasta fin de Julio de 2015. Los pasos que se llevaron a cabo para esta revisión fueron:

- Recolección de datos: se tomó la información de la base de datos de INTERHERD® que posee la institución ASISTEGAN® ubicada en el municipio San Pedro de los Milagros, esta institución pertenece a la Federación Nacional de Ganaderos de Colombia FEDEGAN®.
- Organización de la información: los datos se clasificaron teniendo en cuenta el siguiente orden: número del animal (ID), finca, municipio, identificación del animal, raza, fecha de nacimiento, número de parto, fecha de parto, sexo de la cría, volumen de producción ajustada a 305 días, promedio producción y número

de hijos. Los datos se tabularon en una tabla de Excel para luego ingresarlos al programa estadístico.

Variables y análisis estadístico

- Se incluyó el análisis de la estadística descriptiva de los datos obtenidos en cada finca.
- Se realizó un análisis de frecuencias para determinar la inclinación de sexos de crías en el municipio de San Pedro de los Milagros.
- Los datos se procesaron bajo un análisis de correlación múltiple con el fin de determinar el grado de incidencia del sexo del feto sobre la producción de leche en las 2 primeras lactancias.
- Los datos se sometieron a un análisis de regresión por separado (1ra y 2da lactancia) para determinar la tendencia en la producción según el sexo del feto para cada lactancia.
- Las fincas de donde provienen los animales seleccionados solamente utilizan el servicio mediante inseminación artificial por lo cual no se incluyó un análisis por método de servicio reproductivo.
- Todos los datos se analizaron mediante el uso del paquete estadístico StatGraphics Plus® V:16.0.03.

RESULTADOS

En la tabla 1. es posible observar la relación de los animales incluidos en el estudio, en ella se describe claramente la finca de la cual proviene el animal, la identificación del animal y la fecha de nacimiento del mismo. En el presente análisis se incluyeron 100 animales provenientes de 11 fincas ubicadas en el municipio de San Pedro de los Milagros. Todos los animales se encontraban entre 4 y 11 años en el momento del análisis. Adicionalmente, los 100 animales fueron servidos mediante inseminación artificial para las dos preñeces, con un total de 200 preñeces. El número de servicios para obtener estas preñeces fue en de 128 preñeces (64%) obtenidas con un solo servicio, 38 preñeces (29%) obtenidas con dos servicios, 13 preñeces (6.5%) obtenidas con 3 servicios, 14 preñeces (7%) obtenidas con 4 servicios, 4 preñeces (2%) obtenidas con 5 servicios, y una preñez (1%) obtenida con 6, 7 y 9 servicios respectivamente.

Listado de Animales y Fincas Incluidos en el Presente Estudio

# ID	FINCA	ID Animal	Fecha de Nacimiento
1	La Clarita	RMK803 Maggie	10/23/2010
2	La Clarita	RMK809 Lusitana	12/8/2010
3	La Clarita	RMK805 Pinguina	10/30/2010
4	La Flavia	RMK774 Elisea	2/23/2010
5	La Flavia	RMK799 Emy	8/1/2010
6	La Flavia	RMK795 Galactica	6/21/2010
7	La Flavia	RMK781 Hailyn	3/22/2010
8	La Flavia	RMK780 Heily	3/22/2010
9	La Flavia	RMK792 Irene	5/18/2010
10	La Flavia	RMK692 Ligera	7/5/2007
11	La Flavia	RMK801 Lujuria	9/16/2010
12	La Flavia	RMK721 Marilyn	4/18/2008

13	La Flavia	RMK776 Martinica	2/28/2010
14	La Flavia	RMK769 Melodia	11/14/2009
15	La Flavia	RMK765 Primada	9/23/2009
16	La Flavia	RMK735 Primicia	8/5/2008
17	La Flavia	RMK771 Prisca	12/21/2009
18	La Flavia	SF2 Romance	1/29/2010
19	La Flavia	RMK770 Tita	11/17/2009
20	La Herradura	RMK789 Ceniza	5/7/2010
21	La Herradura	RMK790 Ciara	5/12/2010
22	La Herradura	RMK752 Elvita	3/6/2009
23	La Herradura	RMK791 Emiliana	5/16/2010
24	La Herradura	RMK755 Ester	5/27/2009
25	La Herradura	RMK30 I-Caponera	8/13/2008
26	La Herradura	RMK754 Jelly	4/30/2009
27	La Herradura	RMK737 Lulu	9/18/2008
28	La Herradura	RMK764 Lupita	9/14/2009
29	La Herradura	RMK739 Princesa	10/6/2008
30	La Herradura	RMK722 Sacha	4/22/2008
31	La Herradura	RMK751 Yesca	2/7/2009
32	La Herradura	RMK758 Zuky	7/8/2009
33	El Indio	RMK747 Beatriz	11/26/2008
34	El Indio	RMK748 Elvira	12/8/2008
35	El Indio	RMK708 Mancha	1/2/2008
36	El Indio	RMK713 Yara	1/24/2008
37	La Lima	RMK772 Jofaina	1/24/2010
38	La Lima	RMK785 Marian	4/29/2010
39	La Lima	RMK782 Salmuera	3/25/2010
40	La Lima	RMK757 Terry	7/3/2009
41	La Lima	RMK750 Tinea	1/11/2009
42	Llanuba	1839-6 Alteza	1/30/2006
43	Llanuba	1871-9 Blanca	9/27/2007
44	Llanuba	1814-9 Carusa	9/21/2004
45	Llanuba	1844-6 Colombina	1/1/2008
46	Llanuba	1852-9 Daniela	3/5/2007
47	Llanuba	1838-8 Mansa	1/10/2008
48	Llanuba	1848-7 Marimba	11/30/2008

49	Llanuba	1860-2 Pandora	8/30/2012
50	Llanuba	1836-2 Pantera	5/14/2008
51	Llanuba	1843-8 Patricia	11/21/2007
52	Llanuba	1831-3 Princesa	2/28/2009
53	Llanuba	1819-8 Sara	6/14/2008
54	Llanuba	1847-9 Valeria	11/22/2008
55	La Florida	2390 Catyra	6/12/2010
56	La Florida	7842 Estrella	4/29/2010
57	La Florida	7703 Mosca	12/20/2009
58	La Florida	7848 Sardina	8/14/2008
59	La Pradera	7872 Caponera	6/30/2009
60	La Pradera	0059 Claudia	4/1/2008
61	La Pradera	7871 Esther	4/16/2009
62	La Pradera	7869 Fatima	12/9/2008
63	La Pradera	7853 Flor	6/30/2008
64	La Pradera	6797 Garsita	3/3/2010
65	La Pradera	0445 Mariposa	3/30/2005
66	La Pradera	7860 Motita	2/8/2009
67	La Pradera	7875 Natalia	2/27/2009
68	La Pradera	7712 Nalia	10/11/2009
69	La Pradera	7864 Perla	6/5/2009
70	La Pradera	0476 Sofia	5/30/2007
71	El Paisaje	6791 Chapa	12/26/2009
72	El Paisaje	4870 Conchita	9/10/2006
73	El Paisaje	7845 Nata	11/24/2008
74	El Paisaje	2396 Niña	5/16/2010
75	El Paisaje	7851 Panchita	10/2/2008
76	Paduas	38 Aguila	10/15/2007
77	Paduas	24 Antioneta	5/20/2005
78	Paduas	29 Asafata	12/2/2005
79	Paduas	34 Azucar	6/25/2007
80	Paduas	55 Celia	12/29/2009
81	Paduas	46 Clarita	4/28/2008
82	Paduas	51 Concha	7/16/2009
83	Paduas	5 Juana	12/3/2004
84	Paduas	35 Juanita	8/2/2007

85	Paduas	3 Lucero	10/22/2004
86	Paduas	56 Lucy	1/15/2010
87	Paduas	37 Marisol	8/29/2007
88	Paduas	31 Monagil	2/21/2006
89	Paduas	54 Navidad	12/24/2009
90	Paduas	21 Novena	4/6/2005
91	Paduas	47 Pandora	5/1/2008
92	Paduas	53 Pilar	12/5/2009
93	Paduas	48 Reina	10/3/2008
94	Paduas	52 Sol	10/1/2009
95	Paduas	39 Tormenta	10/13/2007
96	Paduas	42 Toñis	1/14/2008
97	La Trinidad	03 Conchita	1/11/2008
98	La Trinidad	66 Corbata	8/7/2006
99	La Trinidad	Francia	10/18/2010
100	La Trinidad	Viruela	1/15/2011

Tabla 1. Relación de los animales incluidos en el estudio

Durante la revisión y el análisis de los datos, se determinó que de las 100 vacas durante el primer parto, 54 crías fueron hembras (54%) y 46 crías fueron machos (46%), mientras que en el caso del segundo parto, 49 crías fueron hembras (49%) y 51 crías fueron machos (51%). Esta distribución se puede observar en la tabla 2. De manera general de las 200 preñeces 103 crías (51.5%) fueron hembras y 97 crías (48.5%) fueron machos.

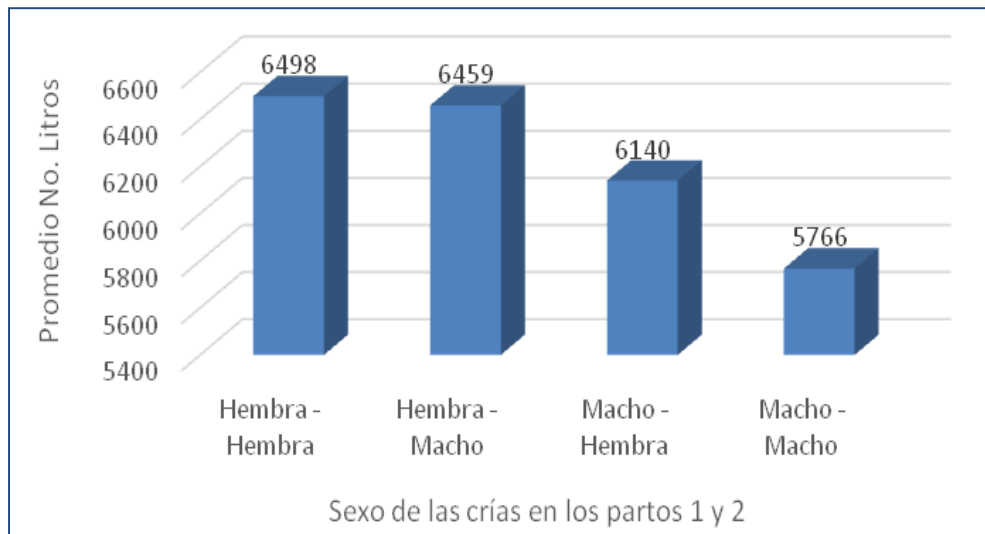
Distribución de Crías en Cantidad Neta

Parto	Hembras	Machos	Total
Primero	54	46	100
Segundo	49	51	100
Total	103	97	200

Tabla 2. Distribución de crías durante los dos partos

Durante este análisis también se realizó una distribución de frecuencias teniendo en cuenta los dos partos y sus producciones, en la figura 4. es posible observar que tanto los animales que tuvieron crías hembra en los dos partos como los que tuvieron

hembra en el primer parto y macho en el segundo, presentaron mayor producción láctea con respecto a los animales que tuvieron macho en el primer parto y hembra en el segundo y a los que tuvieron crías macho en los dos partos. De manera detallada, en esta gráfica, se observa el comportamiento de producción de leche en las dos primeras lactancias, en relación con el sexo de la cría en el grupo de 100 vacas Holstein seleccionadas para este estudio. La mayor producción se presenta en las vacas cuyas crías en los dos partos fueron hembras, con un promedio de 6.498 litros, seguida por las vacas que tuvieron crías hembra y macho en el primer y segundo parto respectivamente con 6.459 litros, disminuyendo el volumen en un 0,6%. Si en el primer parto, la vaca tuvo una cría macho y en el segundo parto una hembra el volumen de leche se ve disminuido en un mayor porcentaje (5,5%) en comparación con el grupo de vacas que tuvieron solo hembras. En cuanto a las vacas que solo tuvieron crías machos, tanto en el primero como en el segundo parto se presenta una diferencia de un 11,3 %, es decir la producción de leche se reduce en 731 litros en una lactancia de 305 días.



Comparación de Producción Láctea según el Sexo de la Cría

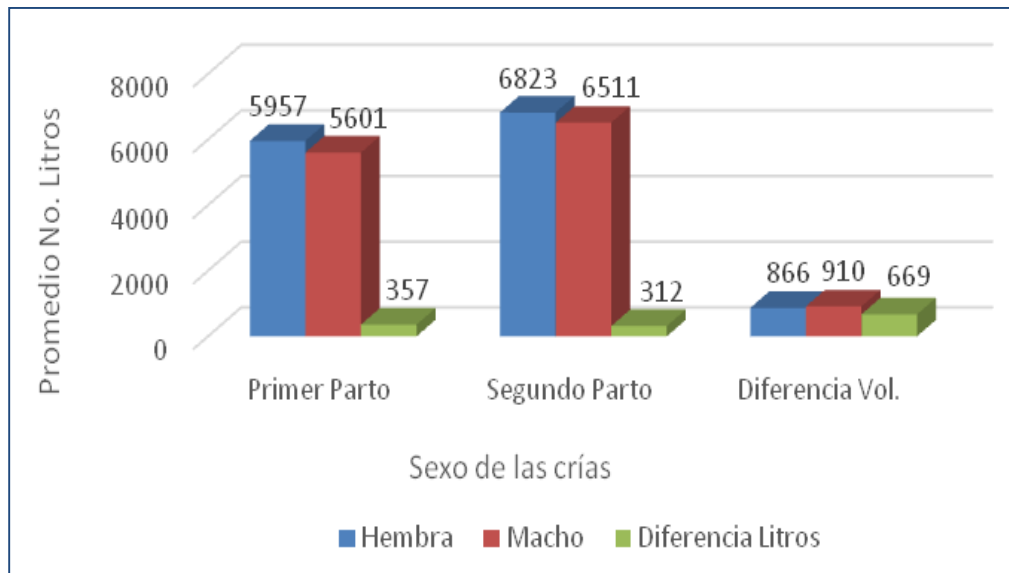
Figura 4. Comparación de producción de leche según el sexo de la cría.

Adicionalmente, se realizó un análisis que incluye el promedio de producción por lactancia, diferenciando el primer parto del segundo y las crías hembras de los machos. De este análisis se fue posible evidenciar que cuando la cría de una vaca lechera en el primer parto fue hembra, el volumen de leche producida durante los 305 días de lactancia fue mayor en 357 litros comparado con un parto cuyo producto fueron machos; en el caso del segundo parto también se presenta una diferencia positiva en el parto de hembra con respecto al parto de macho, con una diferencia de 312 litros. Esta información se encuentra en la figura 5.

La diferencia en volumen en las dos primeras lactancias es de 866 litros para partos de hembras y de 910 litros para partos de machos, aunque la diferencia total de litros en las lactancias es mayor para machos el volumen total es menor en 669 litros.

Comparación de Producción Láctea según el Parto y el Sexo de la Cría

5.



Figura

Comparación de producción de leche según el parto y sexo de la cría

Finalmente, se realizó el análisis comparativo de la producción de leche según el sexo de la cría en los dos primeros partos teniendo en cuenta cada una de las lactancias. En este caso, se encontró que en general, las vacas con crías hembra en los dos partos presentaron mayor producción láctea tanto en la primera como en la segunda lactancia, así mismo, vacas que tuvieron en el primer parto cría hembra y en el segundo parto cría macho, si bien produjeron 0.6% menos que en el caso anterior, tuvieron una

producción láctea 4.9% mayor a las que tuvieron macho y hembra respectivamente y 10.7% más producción láctea con respecto a las que tuvieron crías macho en los dos partos, esta información se puede evidenciar en la siguiente gráfica (Figura 6.).

En la figura 6. es posible observar también que las vacas que durante el primer parto tuvieron cría hembra, en el segundo parto tuvieron un incremento del 16.7% en su producción láctea cuando el producto de esta segunda gestación fue hembra y un incremento del 18.3% cuando el producto de la segunda gestación fue macho.

Comparación de la Producción Láctea según el Sexo de la Cría en los dos Primeros Partos

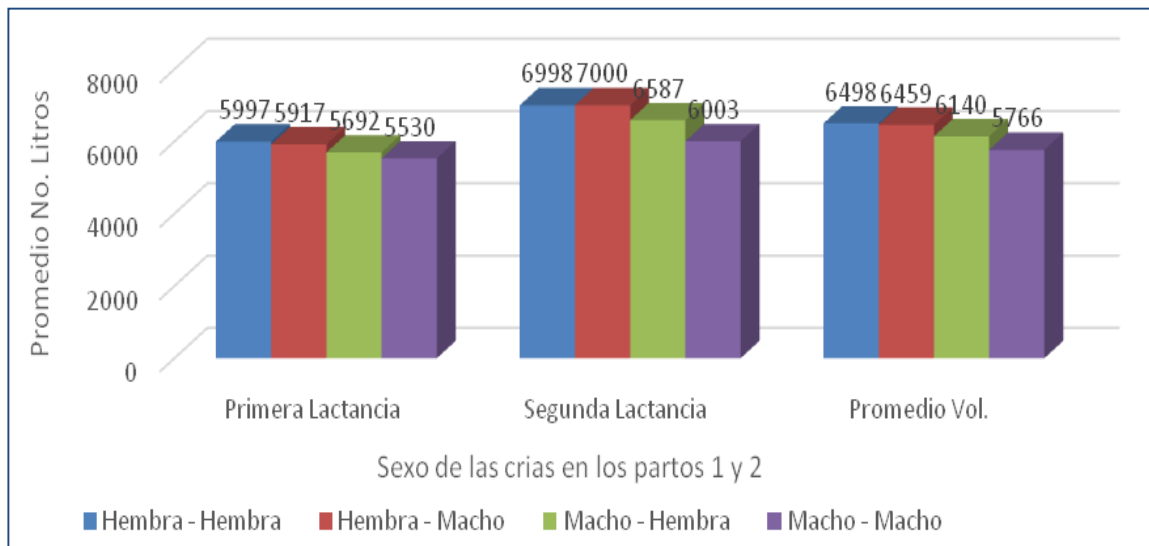


Figura 6. Comparativo de producción de leche según el sexo de la cría en los dos primeros partos

DISCUSION

A nivel mundial son pocos los estudios que se han realizado con respecto a la relación del sexo del feto y la producción láctea de las vacas, y el auge de estas investigaciones, resurgió con la publicación en 2014 de Hinde y colaboradores. A nivel nacional no existe ningún estudio publicado que profundice en la relación del sexo de la cría con cantidad de leche producida por la hembra. Con el presente estudio se obtuvieron datos que ayudan a enriquecer el número de publicaciones a propósito de la producción láctea en bovinos en Colombia.

El municipio de San Pedro de los Milagros fue elegido debido a que se encuentra ubicado en una de las zonas lecheras más importantes del departamento de Antioquia, lo cual fue tenido en cuenta para seleccionar de manera precisa las ganaderías que se deseaban incluir en el presente estudio.

La raza elegida fue la Holstein ya que como mencionan Roche y colaboradores (2006), la raza de la vaca influye en su potencial productivo, adicionalmente se eligieron animales adultos entre segundo y cuarto parto ya que la productividad de la vaca varía con la edad y las hembras de primer parto generalmente tienen una menor producción lo cual podía haber interferido en los resultados de la presente investigación.

A pesar de que aproximadamente 10.000 animales se encontraban registrados en el software InterHerd, para el presente estudio se analizaron los registros de 100 vacas provenientes de 11 fincas seleccionadas, dados los estrictos parámetros de inclusión, se revisaron a profundidad 100 registros, sin embargo, los investigadores son conscientes de la necesidad de incluir más animales en una próxima investigación para que esta produzca resultados con mayor significancia aplicables a producciones de la misma región y de otras regiones del país.

En el primer análisis fue posible determinar que la producción láctea fue mayor en vacas cuyos dos partos dieron hembras como producto, la diferencia con respecto a vacas cuya cría fue hembra y después macho fue de 0,6% y con respecto a vacas que tuvieron cría macho y luego hembra fue de 5,5%, mientras que la diferencia con respecto a vacas cuyo parto fue de macho en los dos casos fue de 11,3% lo que corresponde a un total de 731 litros de leche por lactancia, esta situación es de gran importancia económica ya que el productor dejaría de producir 2,4 litros diarios de leche por vaca, con los mismos costos de producción. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Hinde y colaboradores en 2014 en donde se estableció que en el pico de la lactancia, las madres bovinas de hembras, a través de los partos, producen mayor volumen de leche que compensa la densidad energética reducida de leche para las hijas. En dicho estudio los autores revisaron registros de 1,500,000 vacas.

De la misma forma, así como concluyeron Hinde y colaboradores en 2014, en este análisis se observó que cuando la cría en un primer parto es hembra, el volumen de producción láctea es mayor en 357 litros con respecto a vacas cuya primera cría es macho y la misma diferencia se observa en el caso de los segundos partos con una diferencia de 312 litros determinando un resultado positivo cuando la cría es hembra.

Lo anterior confirma en este caso la hipótesis que menciona que hay mayor producción de leche en partos con crías hembras con respecto a partos de crías machos; esta información es de suma importancia para el productor, ya que le permite tomar decisiones acertadas en cuanto al uso de técnicas biotecnológicas de la reproducción como es el caso de la inseminación artificial con semen sexado en el hato. Esto adicionalmente generará un beneficio económico ya que la relación costo beneficio garantiza que la inversión en el semen sexado se va a ver recompensada en un aumento de la proporción de las crías hembras lo que a su vez constituye un aumento significativo en la producción láctea.

El consorcio internacional de genómica de la leche analizó los resultados de los estudios ya mencionados y concluyeron que la producción láctea puede verse sustancialmente mejorada si se seleccionan las vacas de mayor producción láctea y adicionalmente se usan en ellas inseminaciones con semen sexado, adicionalmente mencionan que la inseminación con semen sexado en novillas vírgenes puede determinar la historia productiva de dicha hembra, sin embargo, en hembras cuyo primer parto fue un macho, el uso de semen sexado en el siguiente servicio, puede favorecer una mayor producción en la segunda lactancia.

Los resultados de Hinde y los del presente estudio, concuerdan con lo también estudiado por Ettema y Ostergaard (2015) y por Chegini y colaboradores (2015). Los estudios mencionan que los efectos del sexo del feto de la primera gestación influyen positivamente y tienen consecuencias persistentes en la producción láctea de la vaca durante las preñeces subsecuentes, de manera más específica, concluyen que la gestación de una hija en el primer parto de la vaca, incrementa la producción en aproximadamente 445Kg en las siguientes dos lactancias. Adicionalmente, se concluyó que debido a que las vacas lecheras se encuentran lactando de manera concomitante con la preñez durante aproximadamente 200 días, la producción láctea durante la primera lactancia se encuentra afectada tanto por el sexo de la cría producida como por el sexo del feto gestado durante la lactancia.

Por otro lado, los diferentes estudios mencionados, han concluido que los porcentajes de grasa en la leche y lactosa, no presentan variaciones relacionadas al sexo de la cría (Hinde et al, 2014), sin embargo, estos parámetros no fueron evaluados en el presente estudio lo que genera una necesidad de continuar con las investigaciones.

A pesar de que los autores de los estudios mencionados, sugieren que los mecanismos precisos por los cuales el sexo del feto tiene influencia sobre el desarrollo de la glándula mamaria, se ha establecido que la producción láctea de una vaca es el resultado de la cantidad de células epiteliales mamarias y la actividad de las mismas

bajo el efecto de diferentes factores como las prácticas de manejo de los animales, nutrición, frecuencia del ordeño, estado de la glándula mamaria, estado general de salud y condición corporal entre otros.

De los estudios previos en este tema, se concluyó que la glándula mamaria programada en respuesta al sexo del feto, persiste en las subsecuentes lactaciones debido a que la capacidad de sintetizar la leche es acumulativa a través de los partos pues la glándula mamaria sufre cambios de desarrollo durante la primera preñez, esta afirmación no ha podido ser demostrada del todo con el presente análisis retrospectivo ya que sería necesario incluir más de dos partos para determinar si este proceso acumulativo ocurre también en los animales provenientes de San Pedro de los Milagros, sin embargo, si se observó un aumento significativo en la producción láctea cuando el primer parto fue hembra.

Dentro de las múltiples reacciones que ha generado el estudio de Hinde principalmente, se menciona la posibilidad de estar enfrentando un evento evolutivo en el cual las hijas generan un efecto más dramático en el desarrollo de la glándula mamaria de la madre debido a la mayor producción de hormonas que puede generar el feto hembra sin tener ningún efecto negativo. El feto hembra produce mayor cantidad de estrógenos que pueden atravesar la placenta e ir al torrente sanguíneo de la madre y así influenciar el desarrollo de la glándula mamaria. Los machos, a pesar de que también producen estrógenos, la alta cantidad de los mismos podría afectar su propio desarrollo genital, mientras que es posible que el feto hembra pueda enviar más hormonas a su madre sin ningún riesgo para ellas mismas. Adicionalmente se cree que la arquitectura celular y en sí la glándula mamaria puede modificar su capacidad de sintetizar leche a través de las preñeces y a su vez de las lactancias. La diferencia en la producción de leche con respecto al sexo de la cría, puede representar una adaptación evolutiva en la cual las vacas ayudan a sus crías hembras a desarrollarse más temprano, incrementando su potencial reproductivo.

El mecanismo por el cual la producción de diferentes cantidades de leche debido a la diferencia de sexos, no ha sido investigado a profundidad en los estudios previos, sin embargo se sugiere que puede estar ligado a la hormona de señalización de la placenta.

Después de los hallazgos de Hinde en Estados Unidos, autores de Canadá (Beavers y Doormaal, 2014) hicieron un estudio similar que incluyó 5.4 millones de lactancias de 2.5 millones de vacas. Para las dos primeras lactancias, las vacas que tuvieron crías hembras presentaron una producción láctea mayor en un 0.4% con respecto a las vacas que tuvieron crías machos. A pesar de que la diferencia fue mucho menos significativa que la encontrada en Estados Unidos y en Colombia, el fenómeno fue confirmado.

Posteriormente, en Nueva Zelanda también fue replicado el estudio (Hayr y colaboradores, 2015) y en este caso, las vacas con crías hembras en su segunda lactancia también tuvieron una mayor producción láctea que aquellas vacas cuya segunda cría fue macho, incluso tuvieron una mayor longitud de la lactancia. En el presente estudio se tuvo en cuenta la cantidad total de litros de leche sin tener en cuenta el tiempo que duró cada lactancia por lo cual los resultados no pueden ser comparados con los reportados por Hayr.

Es bien sabido que los machos tienen un mayor tamaño al nacer lo cual aumenta la incidencia de dificultades al parto y esto a su vez tiene un efecto negativo sobre la producción láctea. Estos parámetros fueron excluidos de los estudios realizados en Estados Unidos y Canadá para así confirmar sus resultados, sin embargo en el presente estudio no se tuvo en cuenta el tamaño al nacimiento ni la cantidad de distocias presentadas en las vacas de San Pedro de los Milagros.

De la revisión realizada en el presente estudio, se deduce que uso de semen sexado puede ser benéfico en Colombia, si bien estas ganaderías utilizan como método

reproductivo la inseminación artificial, no tienen implementado del todo el uso de semen sexado lo cual implicaría un aumento significativo en su producción de leche y un beneficio económico a mediano y largo plazo lo que concuerda con lo mencionado por Schenk y Seidel en 1999 y por Wheeler y colaboradores en 2006, estos autores afirman que el uso de semen sexado permite no solo determinar previamente el sexo de las crías sino que a su vez se obtienen ganancias genéticas y económicas en los hatos que lo utilizan. Si bien hasta el momento el semen sexado se ha destinado principalmente para la inseminación de vacas de alto valor genético, el presente estudio y los realizados en Estados Unidos, Canadá y Nueva Zelanda, han demostrado que el uso de este tipo de semen en procesos de inseminación artificial puede incrementar no solo el valor genético de una descendencia como afirmó Hohenboken en 1999, sino también puede incrementar la producción en términos de litros de leche lo que se traduce en mayores ingresos a la lechería.

En términos de costos, puede ser que haya lecherías en Colombia en las que no sea posible inseminar siempre con semen sexado, a pesar de esto, estudios como los realizados por Moore y Thatcher en 2006 indican que existen estrategias para obtener más crías hembras en una producción lechera. Dentro de estas estrategias los autores mencionan que al usar una primera inseminación con semen sexado, seguida de un segundo servicio con semen no sexado en vacas que repiten celo, aproximadamente el 62% de las crías serán hembras.

Por otra parte, es importante mencionar que de los registros evaluados es necesario verificar y detectar aquellas vacas que repiten celo varias veces antes de quedar preñadas, pues si bien el uso de semen sexado tiene bastantes ventajas, los beneficios económicos van a depender en gran parte de la fertilidad de la hembra, pues como mencionó Seidel en 2013, a menor fertilidad se van a requerir más dosis de semen a mayor costo.

Finalmente, tal como mencionaron Hohenbrink y Tillmann en 2012, existen otras estrategias aparte del uso de semen sexado para manipular el sexo de la descendencia en las vacas, estas estrategias pueden incluir la selección de animales que muestren dominancia, así como el manejo de la condición corporal de los bovinos y el bienestar que se da a los mismos. Por ahora, los autores mencionados han afirmado que el rango de dominancia maternal está fuertemente asociado al sexo del feto en vacas lecheras, favoreciendo a las crías hembras.

A pesar de que los resultados del presente estudio concuerdan con los reportados por otros autores, se encuentran discrepancias marcadas con estudios realizados en Brasil y Dinamarca. En el estudio de Graesboll y colaboradores (2015), realizado con 578 vacas Holstein de Dinamarca, concluyeron que las vacas que tienen crías machos producen una mayor cantidad de leche con respecto a las que tienen crías hembras y a su vez, las vacas que presentaron dificultades al parto, produjeron mayor cantidad de leche que las que tuvieron partos sin problemas.

Por su parte, en el estudio realizado por Pires en Brasil (2014), en 4.807 vacas, no se encontraron diferencias significativas en la producción de leche relacionadas al sexo del feto.

Finalmente, en un estudio realizado por Alberghina y colaboradores en 2015 en Italia, se evidenció la marcada diferencia en el metabolismo hepático entre vacas que tuvieron crías hembras con respecto a las que tuvieron crías machos. En el caso de las vacas con crías hembras, se encontró un marcado aumento en el nivel de proteína total, albúmina, urea y glucosa. Debido a que estos parámetros metabólicos son coordinados normalmente por las hormonas maternas, el estudio sugiere que las hormonas fetales juegan un rol significativo en la alteración del estado fisiológico de la vaca durante el periodo de gestación, parto y lactancia. Estas diferencias, podrían ser el resultado de la deshidratación fisiológica postparto, la cual está ligada generalmente a la mayor producción de leche. En el presente estudio, no se evaluaron parámetros

metabólicos, pero esta puede ser una explicación a las diferencias entre producciones lácteas relacionadas al sexo y sería interesante ahondar en estas investigaciones en el futuro.

A pesar de que los presentes resultados concuerdan con los hallazgos de algunos de los autores mencionados, los investigadores son conscientes de la necesidad de incluir más animales en una investigación futura con el fin de obtener resultados significativos y comparables. Adicionalmente, es necesario realizar este tipo de estudios de manera retrospectiva en diferentes regiones del país incluyendo mayor cantidad de datos, por tal razón es indispensable que cada ganadería posea registros adecuadamente actualizados con información certera que permita la realización de este tipo de análisis en la región y en todo el país.

CONCLUSIONES

- Mediante el presente estudio fue posible determinar que las vacas Holstein provenientes del municipio de San Pedro de los Milagros, cuyo producto de gestación son crías hembras, tienen lactancias más eficientes en producción por litro que las vacas que tuvieron crías machos.
- Se estableció que las vacas cuya primera preñez es de hembra, aumentan su producción láctea tanto en la primera como en la segunda lactancia y en las lactancias consecutivas.
- Las vacas que tuvieron la primera cría fue hembra (1. Hembra – Hembra o 2. Hembra – Macho), estuvieron en los grupos con mayor producción en volumen de leche, comparados con los grupos cuyo primer producto de gestación fue macho (1. Macho - Macho o 2. Macho- Hembra).
- El uso de técnicas de la bioreproducción como la inseminación artificial con semen sexado puede generar beneficios económicos para la ganadería láctea

ya que el número de hembras nacidas se incrementa y de esta forma la cantidad de leche producida.

- Tener registros completos favorece la identificación de animales con mayor valor genético y de animales que produzcan mayormente crías hembras, esto favorece la realización de análisis como el presente y la puesta en marcha de estrategias de selección y uso de métodos de reproducción para aumentar la producción.
- La realización de estudios retrospectivos como este se hace necesaria para así comprobar si las afirmaciones de otros autores son validas en nuestras zonas lecheras y en todo el territorio nacional.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo con lo encontrado en el presente estudio es indispensable recordar a los ganaderos la importancia tener registros completos y actualizados ya que estos ayudan al proceso de selección de animales genéticamente superiores y a la realización de estudios como el presente.
- Debido a que vacas con mayor dominancia maternal tienden a tener mas crías hembras, es importante que los productores detecten este tipo de comportamientos en sus animales para así detectar los animales que potencialmente son más productores de hembras en sus gestaciones.
- El uso de semen sexado es una técnica por medio de la cual se obtiene un mayor porcentaje de hembras lo que de acuerdo con el estudio genera un aumento en la producción de leche durante la primera lactancia y las lactancias subsecuentes.

- Se recomienda la realización de más estudios de este tipo en el territorio nacional que incluyan una mayor cantidad de registros para tener un resultado más significativo y aplicable a otras regiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albarracín, J. (2005) Vitricación de Ovocitos Bovinos Mediante la Técnica Open Pulled: Tesis Doctoral. España 2005. Universidad Autónoma De Barcelona. p.13, 14, 16.

Alberghina, D; Piccione, G; Giannetto, C; Morgante, M; Gianessella, M. (2015). Sex of Offspring Influences Metabolism during Early Transition Period in Dairy Cows. *Archives Animal Breeding*. 58. 73-77

Alcaldía de San Pedro de los Milagros, Antioquia (2015) Revisado en Febrero de 2015 desde Internet: www.sanpedrodelosmilagros-antioquia.gov.co/index.shtml

Amadesi, A; Frana, A; Gandini, L; Bornaghi, V; Parati, K; Bongioni, G; Puglisi, R; Galli, A. (2015). Comparison between primary sex ratio in spermatozoa of bulls and secondary sex ratio in the deriving offspring. *Theriogenology*. 83: 199-205.

Barrios, D. & Olivera, M. (2013). Análisis de la competitividad del sector lechero: caso aplicado al norte de Antioquia, Colombia. *Innovar Journal*, 23(48), 33-42.

Beavers L; Van Doormaal B. (2014) Is Sex-Based Milk Production a Real Thing? Canadian Dairy Network. www.cdn.ca/March.

Bedford, J. (1982) Fertilization, in: Reproduction in Mammals, Book 1. Germ cells and fertilization, Austin CL and Short RV. Cambridge U. Press.

- Botero, L. & Rodríguez, D. (2006). Costo de Producción de un litro de leche en una ganadería de sistema doble propósito, Magangué, Bolívar. *Revista MVZ de Córdoba*, 11(2), 806-815.
- Caraviello, D. (2004). Tópicos de fertilidad en vacas de alta producción. *Reproducción y Genética 611*. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin. Páginas 1-10.
- Castañeda, L. (2009). Fisiología de la reproducción bovina: desde la fecundación hasta la implantación embrionaria. Trabajo de Grado. Universidad de La Salle. Sede Bogotá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 90p.
- Cerón, M; Tonhati, H; Costa, C; Solarte, C; Benavides, O. (2003). Factores de ajuste para producción de leche en bovinos Holstein colombiano. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 16(1) p26-32.
- Chegini, A; Hossein, N; Hosseini, H. (2015). Effect of Calf Sex on some Productive, Reproductive and Health Traits in Holstein Cows. *Spanish Journal of Agricultural Research*.13(2) 7p.
- Chrenek, P; Boulanger, L; Heyman, Y; Uhrin, P; Laurincik, J; Bulla, J; Renard, P. (2001). Sexing and multiple genotype analysis from a single cell bovine embryo. *Theriogenology*. 55, 1071-1081.
- Cunningham, J. (2003) Fisiología Veterinaria: 3ª ed. España. Elsevier p. 421
- Ettema, J; Ostergaard, S. (2015). Short Communication: Economics of sex-biased milk production. *Journal of Dairy Science*. 98:1078-1081.

- Federación Colombiana de Ganaderos. (2009). Lo que usted necesita saber sobre la leche en Colombia, Bogotá.
- Garner, D; Seidel Jr. (2002). Current Status of Sexing Mammalian Spermatozoa, *Reproduction*. 124, 733-743.
- Gasque, R. (2008) Enciclopedia Bovina. Capítulo 10. Reproducción Bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Primera Edición. 391-413.
- Glauber, C. (2007). Fisiología de la Lactancia en la Vaca Lechera. Sitio Argentino de Producción Animal. 1-4.
- Graesboll, K; Kirkeby, C; Nielsen, S; Engbo L. (2015). Danish Holsteins Favor Bull Offspring: Biased Milk Production as a Function of Fetal Sex, and Calving Difficulty. *PLoS ONE*. 10(4). 1-12.
- Grigera, J; Bargo, F. (2005). Evaluación del Estado Corporal en Vacas Lecheras. El Sitio de la Producción Animal. 1-9
- Hasler, J; Cardey, E; Stokes, J; Bredbacka, P. (2002). Nonelectrophoretic PCR-sexing of bovine embryos in a commercial environment. *Theriogenology*. 58, 1457-1469.
- Hayr, M; Hess, A; Garrick, D. (2015). Impact of Including Calf Gender in Models to Predict Breeding Values for Lactation Yields in Dairy Cattle. *Iowa State University Animal Industry Report*. ASL R2966. 661: 29.
- Henao, G; Trujillo, L. (2000). Establecimiento Y Desarrollo De La Dominancia Folicular Bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 13(2). p118-120.

- Hernández, J; Gutiérrez, G. (2013). La Somatotropina Bovina Recombinante y la Reproducción en Bovinos, Ovinos y Caprinos. *Agrociencia*, 47(1), 35-45
- Hernández, A; Góngora A; Jiménez, C; Rodríguez, J; Prieto, E; Chacón, L; Escobar, F. (2008). Reproducción en la Vaca Fisiología y Aplicaciones: Ed. UNAL, Primera Edición, p. 7-115.
- Herrera, C. et al. (2011). Análisis de costos e ingresos de un hato lechero como herramienta para la toma de decisiones en el largo plazo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 24 (3), 401-401.
- Hinde, K. (2014). Fetal Daughters Influence Milk Production in Cows. International Milk Genomics Consortium. Internet: <http://milkgenomics.org/article/fetal-daughters-influence-milk-production-cows/>. Consultado en Enero de 2016.
- Hinde, K; Carpenter, A; Clay, J; Bradford, B. (2014). Holsteins Favor Heifers, Not Bulls: Biased Milk Production Programmed during Pregnancy as a Function of Fetal Sex. *PLoS ONE*. 9(2): e86169.
- Hirayama, H; Kageyama, S; Moriyasu, S; Sawai, K; Onoe, S; Takahashi, Y; Katagiri, S; Toen, K; Watanabe, K; Notomi, T; Yamashina, H; Matsuzaki, S; Minamihashi, A. (2004). Rapid sexing of bovine preimplantation embryos using loop-mediated isothermal amplification. *Theriogenology*. 62: 887-896.
- Hohenboken W. (1999). Applications of Sexed Semen in Cattle Production. *Theriogenology*. 52, 1421-1433.
- Hohenbrink, S; Tillmann, S. (2012). Influence of Social Dominance on the Secondary Sex Ratio and Factors Affecting Hierarchy in Holstein Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 95:5694-5701.

Holmann, F. et al. (2003). Evolution of Milk Production Systems in Tropical Latin America and its interrelationship with Markets: An Analysis of the Colombian Case. *Livestock Research for Rural Development* 15(9).

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2015). Censo Pecuario Nacional 2015. Revisado en Febrero de 2015 desde Internet:
<http://www.ica.gov.co/getdoc/8232c0e5-be97-42bd-b07b-9cdbfb07fcac/Censos>

IICA – FINCA S.A. (2003). Análisis de competitividad y ventajas comparativas de la ganadería de leche en Colombia. 4ed. Medellín: impresos Ltda. 22p.

Kowalski, A. (2005). Determinación y preselección del sexo en ganadería bovina. *Manual de Ganadería Doble Propósito*. Editor Fundación Girarz. Capítulo 6. Páginas 626-630.

Kunieda, T., M. Xian, E. Kobayashi, T. Imamichi, K. Moriwaki, and Y. Toyoda. (1992). Sexing of mouse preimplantation embryos by detection of Y chromosome-specific sequences using polymerase chain reaction. *Biology of Reproduction* 46:692.

López, A; Vásquez, S. (2009). Costos de Producción Lechera en Colombia, Problemas y Oportunidades. Trabajo de Grado. Universidad EAFIT. Escuela de Administración, Medellín, Antioquia.

Manrique, J. (1990). Fisiología de la reproducción del ganado Lechero. FONAIAP DIVULGA. 33(1). 5p.

Moore, K; Thatcher, W. (2006). Major Advances Associated with Reproduction in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 89:1254-1266.

- Moreno, F. & Bustamante, C. (2009). Clasificación de los sistemas de producción agropecuarios a partir de la gestión integral de los recursos productivos. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22(3), 407-407.
- Palma G. (2001). Biotecnología de la Reproducción, selección del Sexo en Mamíferos. Argentina 1a Edición.
- Parland, S; Kearney, J; Rath, M; Berry, D. (2007). Inbreeding Effects on Milk Production, Calving Performance, Fertility, and Conformation in Irish Holstein-Friesians. *Journal of Dairy Science*. 90:4411-4419.
- Pires, M; Machado, G; Vercesi, A; Geraldi, G; Santana, T; El Faro, L; Paro, C. (2014). Fetal Sex Influence in the Productive Performance in Holstein Cows in Brazil. *Boletim de Indústria Animal*. 71(0).
- Pursley, J; Silcox, R; Wiltbank, M. (1998). Effect of Time of Artificial Insemination on Pregnancy Rates, Calving Rates, Pregnancy Loss, and Gender Ratio After Synchronization of Ovulation in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. 81(8). p 2139-2144.
- Restrepo, S. (2005). Control lechero en fincas piloto de la cooperativa Colanta. Medellín. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrarias. Disponible en la biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. 123p.
- Roche, J; Lee, J; Berry, D. (2006). Climatic Factor and Secondary Sex Ratio in Dairy Cows. *American Dairy Science Association*. 89: 3221-3227.

- Romero, J., Villamil, L., Pinto, J. (1999). Impacto económico de enfermedades animales en sistemas productivos en Sudamérica estudios de caso. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 18(2), 498-511.
- Schenk, J; Seidel, G. (1999). Imminent Commercialization of Sexed Bovine Sperm. Proceedings *The Range Beef Cow Symposium XVI*. Paper 118. 9p.
- Seidel Jr. (1999). Sexing mammalian spermatozoa and embryos—State of the art. *Journal of Reproduction and Fertility*. 54:475-485.
- Seidel, G. (2003). E-conomics of Selecting for Sex: the most important genetic trait, *Theriogenology*. 59. 585-598.
- Shea B. (1999). Determining the sex of bovine embryos using polymerase chain reaction results: a six-year retrospective study. *Theriogenology* 51:841-854.
- Shiji, Z. et al. (2008). Productivity growth australian broadacre and dairy industries. *Australian Commodities*. 15 (1), 236-242.
- Sintex. (2005). Fisiología reproductiva del bovino. Sitio Argentino de Producción Animal. 4p.
- SIPSA (Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario). (2013). Factores de variación en la producción de leche de vaca. *Boletín Mensual. Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria*. 14. Páginas 1-4.
- Stefanon, B. et al. (2002). Mammary apoptosis and lactation persistency in dairy animals. *Dairy Research Institute*. 69:37-52.

Tubman, L; Brink, Z; Suh, T; Seidel Jr. (2004) Characteristics of calves produced with sperm sexed by flow cytometry/cell sorting. *Journal of Animal Science*. 82:1029-1036.

Universidad Nacional de Colombia. (2016). Hormonas Placentarias. Anatomía y Fisiología de la Reproducción Animal. Internet: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/veterinaria/2017107/und_6/html/hormonas_placenta.html. Revisado en Enero de 2016.

Villar, C. (2009). Efecto de los parasitismos sobre la reproducción bovina. Enfermedades parasitarias en general y de bovinos. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Páginas 1-6.

Wattiaux, M. (2004). Reproduction and Genetic Selection. The Babcock Institute. Chapter 11. Reproduction and Nutrition. p1-5.

Wattiaux, M. (2013). Composición de la Leche y Valor Nutricional. *Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera*. Esenciales Lecheras. Páginas 73-76.

Wheeler, M; Rutledge, J; Fischer-Brown, A; VanEtten, T; Malusky, S; Beebe, D. (2006). Application of sexed semen technology to in vitro embryo production in cattle. *Theriogenology*. 65: 219-227.