



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS VERACRUZ

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA GANADERO CRIOLLO LECHERO
TROPICAL Y EDAD Y PESO A LA PUBERTAD EN LAS HEMBRAS**

VÍCTOR HUGO SEVERINO LENDECHY

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTOR EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ.

2015

La presente tesis, titulada: **Caracterización del sistema ganadero Criollo Lechero Tropical y edad y peso a la pubertad en las hembras**, realizada por el alumno: **Víctor Hugo Severino Lendechy**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. PONCIANO PÉREZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



DR. FELIPE MONTIEL PALACIOS

ASESOR:



DR. ADALBERTO ROSENDO PONCE

ASESOR:



DRA. ALEJANDRA SOTO ESTRADA

ASESOR:



DR. JAIME GALLEGOS SÁNCHEZ

Tepetates, Veracruz, 2 de junio de 2015

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA GANADERO CRIOLLO LECHERO TROPICAL Y EDAD Y PESO A LA PUBERTAD EN LAS HEMBRAS

Víctor Hugo Severino Lendechy, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar las condiciones en las que se desarrolla el ganado bovino Criollo Lechero Tropical (CLT), así como la edad y peso a la pubertad y al primer estro de las hembras. El estudio se realizó en tres etapas: 1) Caracterizar el manejo y nivel tecnológico (NT) de las unidades de producción (UP) de ganado CLT, y la edad y peso a la pubertad de las hembras. El manejo zootécnico que recibe el ganado bovino CLT es similar a otras razas presentes en el trópico y las UP poseen en un 33.3% NT bajo, 44.4% medio y 22.3% alto. En promedio, la edad y peso a la pubertad es de 18.1 ± 3.9 m y 278 ± 25.5 kg, respectivamente, la cual varía según el NT de las UP (20.0 ± 3.0 y 280.0 ± 33.3 NT bajo, 18.2 ± 1.64 y 286.3 ± 20.0 NT medio y 15.0 ± 1.6 y 260.0 ± 35.0 NT alto, respectivamente). 2) Este estudio fue para determinar si la complementación alimenticia reduce la edad y mejora el peso a la pubertad de vaquillas CLT de 8 y 10 meses (m) de edad. Se utilizaron 19 hembras CLT prepúberes, distribuidas en cuatro tratamientos: T1) becerras de 8 m de edad con complementación alimenticia (CCA, n=5); T2) becerras de 8 m de edad sin complementación alimenticia (SCA, n=5); T3) becerras de 10 m de edad CCA (n=5); y T4) becerras de 10 m de edad SCA (n=4). El 100% de las vaquillas de T3 presentaron la pubertad contra 0% en T1, T2 y T4. La complementación alimenticia a vaquillas de T1 y T3 mejoró la ganancia diaria de peso y la ganancia de peso total, el desarrollo folicular y aumentó la concentración de P₄ en sangre. Sin embargo, las vaquillas de T1 no presentaron la pubertad. 3) Este estudio se realizó para determinar la edad y peso al primer estro detectado en vaquillas CLT de 8 y 10 m de edad con y sin complementación alimenticia. Se utilizaron 60 hembras CLT prepúberes, distribuidas en cuatro tratamientos: T1, T2, T3 y T4 con n=15 en cada tratamiento. La edad y peso promedio al primer estro detectado en T2 y T4 fue de 20.4 ± 0.5 m y 287.2 ± 5.9 kg comparada con 17.5 ± 0.6 m y 296.8 ± 7.8 kg en T1 y T3 (P<0.05). La complementación alimenticia disminuye la edad e incrementa las ganancias de peso al primer estro en hembras bovinas CLT de 8 y 10 m de edad.

Palabras clave: Razas bovinas criollas, índice tecnológico, AMCROLET, nutrición.

CHARACTERIZATION OF THE CRIOLLO LECHERO TROPICAL CATTLE SYSTEM AND AGE AND WEIGHT AT PUBERTY IN FEMALES

Víctor Hugo Severino Lendechy, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

The aim of this study was to characterize the conditions where Criollo Lechero Tropical (CLT) develops, also the age and weight at puberty, and first estrus in females. The study was conducted in three stages: 1) Characterize the management and technology level (TL) of the production units (PU) with CLT, and the age and weight at puberty in females. Zootechnical handling cattle receiving CLT is similar to other races in the tropics and possess PU whit 33.3% TL low, 44.4% TL medium and 22.3% TL high. On average, the age and weight at puberty is 18.1 ± 3.9 months and 278 ± 25.5 kg, respectively, which varies according to the TL of the PU (20.0 ± 3.0 and 280.0 ± 33.3 TL low, 18.2 ± 1.64 and 286.3 ± 20.0 TL medium and 15.0 ± 1.6 and 260.0 ± 35.0 TL high, respectively). 2) This study was to determine if the food complementation reduces weight and improves age at puberty of heifers CLT of 8 and 10 months of age. 19 CLT prepubertal females were used, distributed in four treatments. T1) with food complementation to calves aged 8 months (CCA, n=5); T2) No food complementation to calves aged 8 months (SCA, n=5); T3) calves aged 10 months with food complementation CCA (n=5); and T4) calves age of 10 months no food complementation SCA (n=4). 100% of heifers in T3 presented puberty against 0% in T1, T2 and T4. Food complementation in T1 and T3 improves daily gain and total weight gain, follicular development and increases the concentration of P_4 in blood. However, heifers of T1 they showed no puberty. 3) This study was to determine the age and weight at first estrus in heifers CLT of 8 and 10 months of age whit and whitout food complementation. 60 CLT prepubertal females were used, distributed in four treatments: T1, T2, T3 and T4 with n=15 each. The average age and weight at first estrus in T2 and T4 was 20.4 ± 0.5 months and 287.2 ± 5.9 kg compared with 17.5 ± 0.6 months and 296.8 ± 7.8 kg in T1 and T3 ($P<0.05$). Food complementation decreases the age and weight gain increases the first estrus in female cattle CLT 8 and 10 months old.

Keywords: Race creoles bovines, technology index, AMCROLET, nutrition.

A mi esposa Clara Inés

No sé si fue consecuencia del destino o de una fuerza superior el haberte conocido. Sin embargo, doy gracias a Dios y a la vida, porque permitieron que aparecieras en mi camino, nunca imaginé lo feliz que sería y soy a tu lado, eres una mujer extraordinaria que me complementa y me hace un mejor ser humano, día a día me convengo aún más de que no pude encontrar mejor compañera de vida, en tus múltiples facetas de esposa, consejera y madre has demostrado tu valía, nobleza y amor incondicional hacia mí y nuestras hijas, lo cual te vuelve un ser inigualable. Todos los días le pido a Dios que nos permita seguir compartiendo y disfrutando el fruto de nuestro amor, personificado en Sofía y Daniela, sé que todavía nos falta mucho por vivir y experimentar -si Dios así lo permite-, pero, invariablemente deseo con todo mi ser, que podamos seguir compartiendo palmo a palmo los retos, triunfos y derrotas que en el tránsito natural por el camino de la vida se tienen que pasar. Sé que con nada material te puedo pagar tu apoyo, consejos y compañerismo en esta travesía por el mundo del estudio que desde hace varios años me propuse y que hoy vemos cristalizado después de cinco años de lucha, sacrificio y dedicación, donde viviste conmigo esfuerzo, desvelo y tristeza, pero también alegría, gozo y triunfo. Te quiero agradecer con todo mi corazón tu presencia y apoyo en algunos momentos de manera física y en otros con tu pensamiento y emoción. Meta cumplida mi amor, este triunfo es tanto tuyo como mío, gracias por estar a mi lado, y así deseo que Dios y la vida nos permitan continuar.

A mis hijas Sofía y Daniela

Mis nenas preciosas, en este momento ustedes son muy pequeñas para entender muchas cosas, pero esto que escribo es una manera de inmortalizar la emoción que siento. Ustedes son el motor que mueve mi vida, desde el momento que llegaron a este mundo mi vida cambio para bien. Ser su padre me llena de orgullo y placer al verlas reír, llorar, comer, jugar, caminar, correr, en una palabra crecer. Me exacerba, me llena de gozo y me deja sin palabras poderlas besar, abrazar y cada día que paso con ustedes a su lado me enamoro más de la vida. Quiero que vean en mi un ejemplo de vida y por ello me esfuerzo cada día para poder ser un padre digno de ustedes, porque sé que fui bendecido por Dios al ser su padre pero también tengo presente que representa una responsabilidad enorme formarlas como mujeres de bien, buenas y de buenas

costumbres en esta sociedad tan complicada que nos está tocando vivir. Quiero que sepan que la vida no es fácil, pero es hermosa y por ello vale la pena vivirla. Sean siempre mujeres dignas que se guíen por sus principios, valores y por su corazón, luchen por lo que quieren sin pasar por encima de nadie. Le pido a Dios que las proteja y que con el tiempo la experiencia y la madurez su andar se vuelva más pausado más no perezoso, su mirada más profunda más no perdida y sus pensamientos más serios y ordenados más no cerrados y obtusos. Las amo con todo mí ser y hoy estoy convencido que Dios existe porque ustedes están aquí.

A mis padres Víctor Hugo y María Edith

Mis queridos viejos, ustedes fueron, son y serán un ejemplo de vida para mí por siempre, lo que pueda yo decir sobre ustedes y sus enseñanzas son poco, comparado con todo lo bueno que han aportado a mi existencia a lo largo de mi vida. Solo tengo agradecimiento y admiración en mi corazón por ustedes, le doy gracias a Dios porque les ha permiti6 ver realizada su obra que somos mi hermano y yo. Hoy tengo la dicha de compartir con ustedes un triunfo más en mi vida personal y profesional, en la cual ustedes fueron una parte fundamental con su apoyo y consejos, donde yo muchas veces sentí flaquear mis fuerzas estuvieron ustedes dándome ánimo y consuelo. Hoy queridos padres, estoy pleno de orgullo y alegría al decirles que he cumplido una meta más, la cual he alcanzado con esfuerzo, tes6n y dignidad, así como ustedes me han enseñado toda la vida, guardando los principios de integridad y buena voluntad hacia mis semejantes, disfrutando cada momento bueno o malo, con dignidad y valentía, no dejándome derrotar por la adversidad. Gracias eternas por todo lo que me han dado en la vida, los amo y seguiré luchando guiado por los principios y valores que me inculcaron desde niño y que tengo presentes siempre en mi mente y corazón. Dios los bendiga mis queridos viejos.

A mi hermano José Juan

Querido hermano, comparto contigo mi alegría y dicha, buscando como siempre ser un ejemplo positivo de lucha y crecimiento, agradezco como siempre tú apoyo, así como, tú amor y compromiso para con mis hijas, deseo que igualmente tú sigas siendo un hombre de lucha y trabajo como hasta ahora lo has hecho no dejándote derrotar por las vicisitudes de la vida, mi agradecimiento, respeto y cariño para ti querido hermano, Dios

nos permita seguir compartiendo momentos buenos y malos de nuestras vidas y que el día de mañana podamos seguir aprendiendo uno del otro conducidos por el amor de hermanos y la buena voluntad que nuestros padres nos han enseñado, gracias por tu apoyo incondicional, que Dios te bendiga querido hermano.

A mi abuela Luz María (QEPD)

Querida abuela, lamentablemente la vida ya no permitió que conocieras a mis hijas y que pudieras compartir este momento conmigo en vida, pero sé que tu espíritu esta en esencia con nosotros, tu espíritu que siempre fue de una mujer luchadora y comprensiva. Tu presencia en mi vida fue esencial porque siempre te caracterizaste por ser una madre y abuela amorosa, le pido a Dios que donde quiera que te encuentres te permita seguir siendo testigo que tu ejemplo de trabajo y dedicación sigue vivo en tus hijos y nietos, te dedico este humilde logro en mi vida como una muestra de reconocimiento y agradecimiento a tu vida de lucha y sacrificio. Luz María, siempre te recordare y te llevare en mi corazón.

Agradecimientos

Al Dr. Ponciano Pérez Hernández, por sus consejos y apoyo brindados durante mis estudios, que me permitieron ver las cosas desde otra perspectiva, no solo técnica y científica, sino humana.

Al Dr. Felipe Montiel Palacios, invaluable mentor y amigo que ha compartido conmigo no solo sus enseñanzas académicas, sino también su amistad y consejos como el gran ser humano que es, regalándome enseñanzas de vida que son invaluableles en mi crecimiento como profesionista y como persona, por todo, gracias.

Al Dr. Adalberto Rosendo Ponce, por sus comentarios siempre positivos y alentadores, y por su apoyo en la realización de este proyecto.

A la Dra. Alejandra Soto Estrada, por sus comentarios y aportaciones durante mi preparación académica, los cuales me ayudaron a fortalecer mis conocimientos científicos y técnicos.

Al Dr. Jaime Gallegos Sánchez, por su amistad y apoyo que me dio la posibilidad de crecer como investigador.

A los señores: Conrado Zamora Guerrero, José Jaime Gonzales Elizondo, Juan Antonio Zorrilla Valle, Antonio Tejeda Rojas, Ángel Ríos Ortiz, Eduardo Isla Fuster, Adalberto Rosendo Sánchez, Jorge Priego Noguera, Fernando Izaguirre Flores, por su apoyo y hospitalidad durante la realización de este proyecto.

Al MVZ Jorge Priego Noguera, por su hospitalidad y apoyo al facilitar su rancho y ganado para la realización de este experimento, lo cual considero invaluable y le estoy muy agradecido.

A mis amigos: Lizbeth, Abraham, Vicente, Viviana, Valeria, Verónica y Will, mis mejores deseos en su vida profesional y personal, y un fuerte abrazo a donde quiera que se encuentren, que dios los bendiga.

A la AMCROLET, por la facilidades prestadas para la realización de este proyecto.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT, por haberme otorgado la beca para la realización de mis estudios de postgrado.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Planteamiento del problema.....	2
2. Hipótesis.....	3
3. Objetivos.....	3
4. Revisión de literatura.....	4
4.1. Ganadería de doble propósito en México.....	4
4.2. El ganado Criollo Lechero Tropical en los agroecosistemas bovinos de doble propósito en América Latina y México.....	5
4.3. Factores que afectan la edad a la pubertad.....	7
4.3.1. Nutrición.....	7
4.3.2. Clima.....	8
4.3.3. Raza.....	9
4.3.4. Eje hipotálamo-pituitaria-ovarios en hembras pre-púberes.....	11
4.3.5. Dinámica folicular.....	12
4.3.6. Indicadores metabólicos.....	15
4.3.7. Bioestimulación o efecto macho.....	17
4.4. Importancia de la ganadería bovina en los agroecosistemas Tropicales.....	18
4.5. Enfoque en agroecosistemas Bovinos.....	19
4.6. Modelo de agroecosistema bovino con ganado Criollo Lechero Tropical....	20
5. Literatura citada.....	23
 CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON GANADO CRIOLLO LECHERO TROPICAL Y EDAD A LA PUBERTAD DE LAS HEMBRAS	 34
1.1. Introducción.....	36
1.2. Materiales y métodos.....	37
1.3. Resultados y discusión.....	40
1.4 Conclusiones.....	48
1.5. Literatura citada.....	49
 CAPÍTULO II. EDAD Y PESO A LA PUBERTAD EN VAQUILLAS CRIOLLO LECHERO TROPICAL CON Y SIN COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA	 52
2.1. Introducción.....	54
2.2. Materiales y métodos.....	55
2.3. Resultados y discusión.....	58
2.4. Conclusiones.....	63
2.5. Literatura citada.....	63

CAPITULO III. EDAD Y PESO AL PRIMER ESTRO EN VAQUILLAS CRIOLLO LECHERO TROPICAL CON Y SIN COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA.....	67
3.1. Introducción.....	69
3.2. Materiales y métodos.....	70
3.3. Resultados y discusión.....	72
3.4. Conclusiones.....	79
3.5. Literatura citada.....	79
DISCUSIÓN GENERAL.....	84
CONCLUSIONES GENERALES.....	86
RECOMENDACIONES.....	87
LITERATURA CITADA.....	88

LISTA DE CUADROS	Página
Cuadro 1. Municipio, ubicación geográfica, clima, temperatura y precipitación media anual por unidad de producción donde se realizó la encuesta.....	38
Cuadro 2. Actividades realizadas, instalaciones y equipo de los productores entrevistados, consideradas para determinar el nivel tecnológico del sistema de producción de ganado Criollo Lechero Tropical.....	40
Cuadro 3. Edad, escolaridad y experiencia en el manejo de la raza Criollo Lechero Tropical según nivel tecnológico de las unidades de producción.....	41
Cuadro 4. Composición de los hatos de ganado Criollo Lechero Tropical de los productores entrevistados según el nivel tecnológico.....	42
Cuadro 5. Promedio de edad, peso a la pubertad y primer servicio de vaquillas Criollo Lechero Tropical en las unidades de producción según nivel tecnológico.....	48
Cuadro 6. Edad a la pubertad de las becerras Criollo Lechero Tropical por grupos de edad y tratamiento (Media±DE).....	74

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Modelo de agroecosistema bovino con ganado Criollo Lechero Tropical.....	22
Figura 2. Cambios en peso corporal de becerras CLT de 8 meses (T1; con complementación alimenticia y T2; sin complementación alimenticia).....	60
Figura 3. Cambios en peso corporal de becerras CLT de 10 meses (T3; con complementación alimenticia y T4; sin complementación alimenticia).....	61
Figura 4. Cambios de peso corporal de becerras CLT de 8 meses (T1; con complementación alimenticia y T2; sin complementación alimenticia).....	75
Figura 5. Cambios de peso corporal de becerras CLT de 10 meses (T3; con complementación alimenticia y T4; sin complementación alimenticia).....	76
Figura 6. Grafica de Kaplan-Meier que indica la probabilidad de edad al primer estro para las becerras de 8 meses (T1; con complementación alimenticia y T2; sin complementación alimenticia).....	77
Figura 7. Grafica de Kaplan-Meier que indica la probabilidad de edad al primer estro para las becerras de 10 meses (T3; con complementación alimenticia y T4; sin complementación alimenticia).....	78

INTRODUCCIÓN GENERAL

La ganadería de Doble Propósito (DP) representa el 46% del inventario ganadero nacional (SAGARPA-SIAP, 2014) y solo aporta el 19.5% de la producción de leche y 50% de la producción de carne (INEGI, 2010). El manejo reproductivo es deficiente (Mejía-Baustista *et al.*, 2010), y se refleja en intervalos entre partos de 500 a 540 días, porcentaje de concepción de 45 a 55%, edad al primer parto de 42 a 48 meses (m) y edad a la pubertad superior a 30 m (Pérez-Hernández *et al.*, 2002; Vite *et al.*, 2007; Mejía- Bautista *et al.*, 2010).

La edad a la pubertad indica el inicio de la vida productiva del animal (De la Torre, 2007; Evans y Rawlings, 2010), y tiene importancia zotécnica y económica (Patterson *et al.*, 1992; Faure y Morales, 2003; Ciccioli *et al.*, 2005); lo anterior, se acentúa más en el trópico, por las características propias del ambiente y causan baja eficiencia reproductiva (Faure y Morales, 2003; Maquivar y Galina, 2010).

Los principales factores relacionados con el inicio de la pubertad son la nutrición (Gasser *et al.*, 2006a,b,c), clima (Araujo-Guerra, 2004; Hernández y Zavala, 2007), raza (Nogueira, 2004; Abeygunawardena y Dematawewa, 2004) y bioestimulación o efecto macho (Landaeta-Hernández y Chenoweth, 2011; Fiol y Ungerfeld, 2012). La investigación, se ha realizado principalmente en razas *Bos indicus*, *Bos Taurus* y *Bos taurus/Bos indicus*, predominantes en el trópico y que han demostrado cierto potencial genético (vigor híbrido) y productivo (Bó *et al.*, 2003; Nogueira, 2004; Valverde-Saenz *et al.*, 2008). Sin embargo, la respuesta productiva continúa siendo variable (De Alba, 1999; Gómez *et al.*, 2002).

En México, el ganado Criollo Lechero Tropical (CLT) se maneja principalmente por productores de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Criollo Lechero Tropical (AMCROLET), universidades y centros de investigación, que lo han conservado y desarrollado mediante el establecimiento de hatos experimentales, demostrativos y productivos. La escasa información disponible sobre el CLT, limita el

desarrollo de estrategias para mejorar su eficiencia productiva (Guerrero *et al.*, 2011). Estudios realizados con este tipo de ganado manejado en condiciones de pastoreo, indican que la pubertad se presenta a una edad más joven (17 ± 1 m) y menor peso (280 ± 10 kg) con respecto a la *B. taurus* y *B. indicus* (Valverde-Saenz *et al.*, 2008; De Alba, 2011). No obstante, la edad y peso a la pubertad de las hembras manejadas en las unidades de producción de los socios de la AMCROLET no se ha determinado, ni tampoco se conocen los principales factores que la afectan, y si puede reducirse mediante una mejora en la alimentación.

Con base a lo anterior, este estudio se realizó para caracterizar el manejo del ganado bovino CLT de los socios de la AMCROLET; determinar la edad y peso a la pubertad de las hembras, y los factores que la afectan, así como, si la complementación alimenticia a becerras de 8 y 10 m de edad, reduce el tiempo a la pubertad y al primer estro, al mejorar la ganancia de peso, la dinámica folicular y la producción de progesterona.

1. Planteamiento del problema

El ganado bovino predominante en el trópico de México está conformado por cruces indefinidas entre razas cebuinas y europeas, caracterizadas por tener pobre eficiencia reproductiva. La raza CLT, manejada por los socios de la AMCROLET presente en México, está adaptada a las fluctuaciones en la calidad y cantidad de forrajes, altas temperaturas, humedad y resistencia a enfermedades y parásitos. No obstante, la información de la edad y peso a la pubertad de las hembras CLT manejadas por los socios de la AMCROLET es muy limitada. Se sugiere que las hembras CLT tienen la habilidad de presentar la pubertad a los 17 ± 1 m y con peso de 280.0 ± 10 kg, valor que es menor a la de otras razas presentes en el trópico. Es necesario documentar esta precocidad y determinar si la complementación alimenticia de vaquillas de diferente edad permite adelantar la pubertad y el primer estro al mejorar la ganancia de peso.

Lo anterior, toma relevancia en el trópico, dado al manejo nutricional que reciben las becerras antes y después del destete, que afecta su desarrollo y comportamiento productivo y reproductivo.

2. Hipótesis

2.1. Hipótesis general 1

El ganado bovino Criollo Lechero Tropical, propiedad de los socios de la AMCROLET, se maneja en condiciones similares a otras razas del trópico mexicano y las hembras alcanzan la pubertad en promedio a los 18 m de edad con un peso vivo de 280 kg.

2.2. Hipótesis general 2

La complementación alimenticia de becerras Criollo Lechero Tropical de 8 y 10 m de edad mejora las ganancias diarias de peso, el desarrollo folicular y las concentraciones de progesterona en sangre, por lo cual las vaquillas presentan la pubertad a los 17 m de edad con peso vivo de 280 kg.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general 1

Caracterizar y conocer las condiciones en las que se desarrolla el ganado bovino Criollo Lechero Tropical propiedad de los socios de la AMCROLET, su nivel tecnológico, la edad y peso a la pubertad de las hembras y los factores que la afectan.

3.2. Objetivo general 2

Determinar si la complementación alimenticia a becerras CLT de 8 y 10 m de edad reduce la edad a la pubertad y al primer estro, al mejorar la ganancia diaria de peso, el desarrollo folicular y la concentración de progesterona en sangre.

3.2 Objetivos particulares

1. Caracterizar el sistema ganadero de los hatos bovinos pertenecientes a la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical (AMCROLET); determinar su nivel tecnológico, peso y edad a la pubertad de las hembras, así como los factores que la afectan.
2. Determinar si la complementación alimenticia a vaquillas de 8 y 10 m de edad reduce la edad a la pubertad y al primer estro, al mejorar la ganancia diaria de peso, el desarrollo folicular y las concentraciones de progesterona en sangre.

4. Revisión de literatura

4.1. Ganadería de doble propósito en México

El inventario bovino en México es superior a los 31 millones de cabezas (SAGARPA-SIAP, 2014), y según la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas (CNG), existen más de 800 000 productores pecuarios, de los cuales cerca de 700 000 se dedican a la ganadería bovina para producir leche y/o carne (Rocha, 2009). La ganadería DP se desarrolla principalmente en la costa del Golfo de México que comprende el 28.3% del territorio nacional y posee el 46% del inventario bovino (Espinosa-García *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2003; Magaña-Monforte *et al.*, 2006). En Veracruz, Chiapas y Tabasco se concentra el 80% de la ganadería DP y el resto se distribuye en los diferentes estados con clima subtropical generando el 19.5% de la producción nacional de leche y el 50% de la producción de carne (INEGI, 2010).

En el DP se utilizan cruza *B. taurus* x *B. indicus* en diferentes proporciones de cruce y la alimentación se basa en el pastoreo de gramas nativas y pastos inducidos (Castañeda *et al.*, 2001; Pérez-Hernández *et al.*, 2003). Esta ganadería se caracteriza por baja productividad y bajo nivel tecnológico (Vilaboa *et al.*, 2009), que se observa en los índices productivos desde la fase de crianza, con destetes de becerros a los 8 ó 10 meses de edad (156 kg peso en promedio), producción láctea por lactancia de 815 L (Díaz-Rivera *et al.*, 2011); edad a la pubertad de 30 meses en promedio; edad al primer parto de 42 a 48 m; periodo entre partos superior a 540 días y tasas de parición de entre 45 a 55% (Villa, 1994; Vite *et al.*, 2007).

Los factores que más inciden sobre los índices productivos antes mencionados, son el manejo nutricional que reciben los animales durante su vida productiva y las condiciones climáticas en las que se desarrollan (Maquivar y Galina, 2010). Sin embargo, es necesario destacar que el DP no busca alcanzar altas tasas de producción, sino optimizar el uso de los recursos forrajeros disponibles; esto tal vez influenciado por los bajos precios pagados al productor y la falta de fuentes de inversión tanto pública como privada (Gamboa *et al.*, 2005). Este tipo de ganadería es flexible y adaptable ya que tiende hacia la producción de leche y/o carne conforme a los cambios en los precios del mercado (Bermúdez, 2005); es administrada, generalmente, como negocio familiar cuya finalidad es producir leche o queso artesanal, becerros destetados y bovinos de desecho para el abasto de carne (Urduñeta *et al.*, 2004; Vilaboa *et al.*, 2009).

4.2. El ganado Criollo Lechero Tropical en los agroecosistemas bovinos de doble propósito en América Latina y México

En América Latina y el Caribe, los bovinos criollos se encuentran distribuidos en diferentes regiones y países, en sistemas de producción para leche o carne, desde zonas muy bajas como el trópico húmedo hasta los ecosistemas Andinos, donde han evolucionado y por lo cual poseen genes únicos para el ambiente específico (De Alba, 2011). Algunos ejemplos de razas criollas y regiones donde han evolucionado son: ganado Caracú en Brasil; Limonero y Llanero en Venezuela; Harton del Valle,

Romosinuano, Blanco Orejinegro y San Martinero en Colombia; ganado Reyna en Nicaragua; Barroso Salmeco en Guatemala; Criollo Dominicano en Republica Dominicana y, el Chinampo, Frijolillo, Nunkini y Criollo Lechero Tropical en México (de Alba, 2011; DAD-IS, 2011).

El ganado bovino Criollo de México (Chinampo, Frijolillo, Nunkini y CLT) es descendiente del ganado traído a América por los españoles en el siglo XVI y que a lo largo de 500 años se adaptó por selección natural a las condiciones del trópico (DAD-IS, 2011), desarrollando rusticidad, adaptabilidad, resistencia a enfermedades (De Alba, 2011), ectoparásitos (González-Cerón *et al.*, 2009) y capacidad productiva a bajo costo (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012b). Sin embargo, es poco utilizado y su población presenta una tendencia a disminuir, su inventario representa el 0.005% del inventario bovino nacional y el 0.05% en comparación con el estado que cuenta con mayor número de bovinos (Veracruz, 3'681,925 bovinos), además que no se tienen estadísticas de su aportación a la producción nacional (Vilaboa *et al.*, 2011a), debido principalmente a que estas razas se conforman y desarrollan en hatos pequeños, en sistemas de producción familiar mediante el pastoreo extensivo (Tewolde, 2007; De Alba, 2011).

En México, la AMCROLET (FAO-SAGARPA, 2002), se enfoca al respaldo y declaración de las genealogías, expedición de certificados individuales, comparación de valores genéticos entre hatos, mejoramiento genético de la raza y control de registros e inventarios (Vilaboa *et al.*, 2011b).

La AMCROLET ha establecido hatos comerciales en el norte y centro de la Costa del Golfo de México (Tamaulipas y Veracruz, principalmente) (Vilaboa *et al.*, 2011b); para el año 2010, dicha organización contaba con un inventario de 1 657 bovinos registrados ante dicha Asociación y 88 socios (activos y no activos); no obstante, se sabe de la existencia de hatos y productores no registrados (AMCROLET, 1998, 2010). En el continente americano, existe poca utilización y desarrollo de razas criollas en los sistemas ganaderos, debido a la incorporación de razas o líneas especializadas en

producción de carne y leche, y al desconocimiento y falta de difusión de la raza (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012a,b).

4.3. Factores que afectan la edad a la pubertad

Algunos factores que afectan la pubertad son: nutrición (Gasser *et al.*, 2006a,b,c), clima (Araujo-Guerra, 2004; Hernández y Zavala, 2007), raza (Nogueira, 2004; Abeygunawardena y Dematawewa, 2004), interacción eje hipotálamo-hipófisis-ovarios (Day y Anderson, 1998; Evans y Rawlings, 2010), dinámica folicular (Evans *et al.*, 1994; Romano *et al.*, 2007), indicadores metabólicos (Ciccioli *et al.*, 2003; Perry, 2012) y la bioestimulación o efecto macho (Landaeta-Hernández y Chenoweth, 2011; Fiol y Ungerfeld, 2012); todos ellos interactuando unos con otros.

4.3.1. Nutrición

La pubertad se presenta cuando el animal alcanza un peso determinado, por ello, es necesario alimentar adecuadamente a las novillonas (Gasser *et al.*, 2006a). La pubertad en novillonas cebú se inicia cuando el animal alcanza un peso aproximado del 60 al 70% del peso adulto (Nogueira, 2004; Abeygunawardena y Dematawewa, 2004), y de 64 al 67% en novillas *B. taurus/B. indicus* (González-Stagnaro, 1995; Gonzalez-Stagnaro *et al.*, 2006), por lo cual, se recomienda proporcionar un complemento alimenticio para alcanzar el 65% del peso adulto y llegar a la pubertad en el menor tiempo posible (Perry, 2012).

Estudios previos (Patterson *et al.*, 1992; Schillo *et al.*, 1992) indican que la pubertad está determinada genéticamente por el peso de cada animal, lo cual está relacionado con su estado nutricional (Hernández y Zavala, 2007), ya que las novillonas necesitan alcanzar el 60 a 66% de su peso adulto para presentar su pubertad. Otros autores sugieren alcanzar entre 50 a 55% de su peso adulto; así novillonas que alcanzaron el 53% de su peso adulto presentaron su pubertad a los 13 meses comparado con el 58% a los 15 meses (Funston y Deutscher, 2004). A su vez, las novillonas que desarrollaron el 55%

de su peso adulto comparado con las que llegaron al 65%, no tuvieron diferencias a la pubertad a los 12 meses de edad (Patterson *et al.*, 1991).

En regiones tropicales, la nutrición es uno de los principales factores que afecta la pubertad de los bovinos (Maquivar y Galina, 2010), debido a que la mayor parte de las novillonas se alimentan exclusivamente de pastos con 55% o menos en nutrientes digestibles (TND) comparado con valores superiores al 65% en pasturas de climas templados (NRC, 2001; Ayala *et al.*, 2006); lo que hace a los primeros deficientes en proteína, energía y minerales en la mayor parte del año. Lo anterior, se acrecenta dado que la complementación alimenticia es limitada y en ciertos casos nula (Basurto, 1997), y causa disminución de crecimiento, retraso en la madurez sexual, y la pubertad se presente hasta después de los dos años de edad o más. Las novillonas criadas en climas templados con pasturas de mejor calidad nutricional y con complementación alimenticia, presentan la pubertad a los 9 o 12 meses de edad (Gasser *et al.*, 2006a; Maquivar y Galina, 2010).

La nutrición esta relacionada con un mayor peso (327 ± 17 vs 303 ± 23 kg) y menor edad a la pubertad (262 ± 10 vs 368 ± 10 d) en animales suplementados con respecto a las vaquillas testigo (Yelich *et al.*, 1995; Gasser *et al.*, 2006a), y reduce la edad a la pubertad al aumentar la frecuencia de pulsos de la hormona luteinizante (LH) (16 ± 6 vs 3 ± 1 pulsos/24 h), folículos de mayor tamaño (12.02 ± 2.1 vs 10.85 ± 1.0 mm), mayor número de ondas foliculares (2.7 ± 0.05 vs 2.0 ± 0.05) y secreción de estrógenos (4.13 ± 1.11 vs 2.04 ± 0.82 pg/ml) comparadas con vaquillas sin complementación alimenticia (Honaramooz *et al.*, 1999; Gasser *et al.*, 2006a,b,c).

4.3.2. Clima

Las temperaturas altas y las variaciones en la humedad relativa en el ambiente son comunes en el trópico de México (Hernández *et al.*, 2007), y con frecuencia rebasan la capacidad de disipar calor del animal, provocando condiciones de estrés que afectan su fisiología y homeostasis, retrasan la pubertad (≥ 30 meses de edad) al disminuir el

consumo voluntario de alimento, menor ganancia de peso (0.250 a 0.348 g/d) y bajo peso corporal a la pubertad (280 a 300 kg) (Faure y Morales, 2003; Wets *et al.*, 2003).

La alta temperatura y humedad son características de una determinada época del año y según la especie, puede actuar acelerando o retardando la pubertad (Araujo-Guerra, 2004). En vaquillas *B. taurus* criadas a temperaturas de $22\pm 6.7^{\circ}\text{C}$, la pubertad se presenta entre los 18 y 24 meses, comparado con 22 y 36 meses en *B. indicus* (Abeygunawardena y Dematawewa, 2004; Córdova-Izquierdo *et al.*, 2010). Las vaquillas *B. taurus*, manejadas a temperaturas de 29 a 32°C , que son comunes en agroecosistemas tropicales, disminuyen la ganancia de peso y su pubertad se prolonga ≥ 30 meses (Hafez, 2000; Abeygunawardena y Dematawewa, 2004; Córdova-Izquierdo *et al.*, 2010). En novillonas Cebú, el calor excesivo generado por las altas temperaturas ($\geq 30^{\circ}\text{C}$), influye en el celo de éstas, y se disminuye el inicio de la madurez sexual (Araujo-Guerra, 2004).

La humedad presente en los trópicos ($\geq 60\%$) y representada por la época de lluvia principalmente (1200 a 2200 mm/año), se relaciona con el inicio de la madurez sexual por la calidad variable de las pasturas. Así, cuando la temperatura (20 a 22°C) y la precipitación (≥ 1200 mm/año) son óptimas, el crecimiento de los pastos es abundante, mientras que cuando la lluvia disminuye y las temperaturas se incrementan ($\geq 32^{\circ}\text{C}$), la calidad del forraje disminuye rápidamente, creando un periodo prolongado en el cual la pobre calidad alimenticia limita el crecimiento de los animales (Ramos *et al.*, 1998). El desempeño reproductivo de los bovinos en agroecosistemas tropicales, depende en gran parte de su adaptación a las condiciones climáticas del ambiente (Córdova-Izquierdo *et al.*, 2010).

4.3.3. Raza

La edad a la pubertad para hembras *B. indicus* oscila entre 22 a 36 meses (Nogueira, 2004; Abeygunawardena y Dematawewa, 2004) comparado con 7 a 12 meses en hembras *B. taurus* (Gonzalez-Stagnaro, 1995; Orrego *et al.*, 2003); diferencias

ocasionadas por el clima y manejo, en que se crían. Así, el ganado *B. indicus* es criado en lugares con temperaturas promedio $\geq 30^{\circ}\text{C}$, alimentadas con pasturas de baja calidad nutrimental ($\text{TND} \leq 55\%$) (Ayala *et al.*, 2006), con presencia de ectoparásitos y un manejo rústico o tradicional (la becerria se alimenta práctica y exclusivamente de la leche de la madre hasta los 7 a 8 meses de edad, en que se realiza el destete; y posteriormente recibe escasa o nula complementación alimenticia y mineral) (Abeygunawardena y Dematawewa, 2004; Hernández *et al.*, 2007; Maquivar y Galina, 2010). La exposición continua a este tipo de características ambientales y de manejo ha desarrollado tolerancia, resistencia y adaptabilidad en las hembras *B. indicus* (Nogueira, 2004), así como también disminución en su productividad y precocidad (Abeygunawardena y Dematawewa, 2004; Nogueira, 2004).

A su vez, las hembras *B. taurus* se han desarrollado en ambientes donde la temperatura promedio es de $10 \pm 5^{\circ}\text{C}$, la alimentación es con pasturas de mejor calidad nutrimental, no existen ectoparásitos y se complementa a los animales desde su nacimiento, lo cual disminuye la edad a la pubertad (Bo, 2002; Faure y Morales, 2003; Chase *et al.*, 2004; De Alba, 2011).

Desde el punto de vista fisiológico, las características de la pubertad en las novillonas *B. taurus* y *B. indicus* son similares (Nogueira, 2004). Así, los patrones y mecanismos de retroalimentación positiva y negativa del 17β -estradiol en la secreción pulsátil de LH en sangre antes y después de la pubertad son similares en *B. taurus* (2 ± 1 y 16 ± 2 pulsos/24 h, respectivamente) y *B. indicus* (3 ± 1 y 15 ± 2 pulsos/24 h, respectivamente) (Bó *et al.*, 2003; Senger, 2003; Nogueira, 2004), y el tamaño del cuerpo lúteo y la secreción de progesterona también es similar en *B. taurus* ($1.93 \pm 0.05 \text{ cm}^2$ y $9.5 \pm 0.9 \text{ ng mL}^{-1}$, respectivamente) y *B. indicus* ($1.83 \pm 0.06 \text{ cm}^2$ y $8.9 \pm 0.7 \text{ ng mL}^{-1}$, respectivamente) (Faure y Morales, 2003).

Pocos estudios se han realizado para caracterizar la pubertad de las hembras Criollo Lechero Tropical, especie *B. taurus* presente en México descendiente del ganado traído a América por los españoles en el siglo XVI y que a lo largo de 500 años se ha adaptado

por selección natural a las condiciones del trópico (DAD-IS, 2011), desarrollando rusticidad, adaptabilidad, resistencia a enfermedades (De Alba, 2011) y ectoparásitos (González-Cerón *et al.*, 2009). Algunos autores (Valverde-Saenz *et al.*, 2008; De Alba, 2011) sugieren que las vaquillas de esta raza manejadas en condiciones de pastoreo alcanzan la pubertad a una edad más joven y menor peso comparada con otras razas *B. taurus* y *B. indicus*.

4.3.4. Eje hipotálamo- pituitaria- ovarios en hembras pre-púberes

El inicio de la pubertad es resultado de eventos complejos en el eje hipotálamo-hipófisis-gónadas (Senger, 2003). En las terneras, desde pocos días de su nacimiento, existe crecimiento de los folículos antrales estimulados por un aumento temprano de gonadotropinas (Evans y Rawlings, 2010); este incremento inicial en la actividad endócrina parece ser controlado por una retroalimentación negativa, hasta que la novillona tiene la condición corporal suficiente o un estado metabólico maduro apto para la reproducción (Schillo *et al.*, 1992). Sin embargo, el significado funcional del aumento transitorio temprano en la secreción de gonadotropinas no es claro aun, aunque esto estimula el desarrollo de la fuente de folículos antrales (Evans y Rawlings, 2010).

El sistema neuroendocrino del hipotálamo es responsable de la síntesis de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), que estimula en la hipófisis la secreción de LH y FSH, que a su vez en conjunto regulan el desarrollo y la maduración folicular. La LH causa la ovulación (Berardinelli, 2007; Evans y Rawlings, 2010).

Durante el anestro pre-puberal o desarrollo pre-puberal, la secreción de GnRH se inhibe por la retroalimentación negativa del 17β -estradiol producida en el ovario, lo cual se refleja en baja frecuencia de los pulsos de LH (3 a 4 pulsos/24 h); esta baja frecuencia de pulsos de LH evita la maduración final del folículo y no existe ovulación (Berardinelli, 2007; Evans y Rawlings, 2010). Durante los 80 días previos a la primera ovulación, existe una disminución en la sensibilidad al efecto inhibitorio de la retroalimentación negativa del estradiol, lo cual incrementa la frecuencia de pulsos de LH de <4 a 16 ± 2 pulsos/24 h,

estimulando el crecimiento de los folículos antrales de 5.3 ± 1.5 a 10.6 ± 2.4 mm y aumentando la concentración de estrógenos en sangre de 1.5 ± 0.5 a 6.7 ± 0.4 pg/ml; este incremento en la secreción de estrógenos eventualmente causa el pico preovulatorio de LH y la primera ovulación (Day y Anderson, 1998; Evans y Rawlings, 2010).

En las hembras pre-púberes, los ovarios presentan oleadas de crecimiento folicular (2 ± 1) y producción de estradiol (1.3 ± 1.0 pg/ml) (Evans *et al.*, 1994; Rodrigues *et al.*, 2002; Romano *et al.*, 2007); pero, los folículos no completan su maduración final ni ovulan, indicando que el patrón de pulsatilidad de GnRH y LH, es distinto al de los animales maduros (Madgwick *et al.*, 2005; Hernández y Zavala, 2007); así, se estableció que los componentes del sistema neuroendocrino que controlan la reproducción son potencialmente funcionales poco después del nacimiento (Galina y Valencia, 2006). Sin embargo, el centro tónico del hipotálamo es extremadamente sensible a la retroalimentación negativa de los esteroides producidos por el ovario y, por lo tanto, la secreción de GnRH se inhibe (Rodrigues *et al.*, 2002). Eventualmente, ésta sensibilidad excesiva se va perdiendo, permitiéndose un patrón de secreción de gonadotropinas que estimula un mayor desarrollo folicular y, como consecuencia, un incremento en la producción de estradiol (Lopez *et al.*, 2005; Evans y Rawlings, 2010).

La capacidad del hipotálamo de emitir un pico de GnRH en respuesta a la retroalimentación positiva de los estrógenos, no es lo mismo en animales jóvenes que adultos, pero aumenta conforme se aproxima a la pubertad (Galina y Valencia, 2006). Cuando el centro cíclico ha desarrollado su capacidad de respuesta y la concentración periférica de estradiol es suficiente, se desencadena la liberación masiva de GnRH característica del pico preovulatorio y ocurre la primera ovulación que indica la llegada de la pubertad (Schillo *et al.*, 1992; Rodrigues *et al.*, 2002).

4.3.5. Dinámica folicular

En las terneras pre-púberes las oleadas foliculares se observan desde los ocho meses de edad y prácticamente presentan las mismas similitudes a la de los animales maduros

(Evans *et al.*, 1994; Evans y Rawlings, 2010); consistente en 2 ó 3 oleadas foliculares, pasando por los estados de reclutamiento, selección y dominancia (Romano *et al.*, 2007; Perry, 2012).

El reclutamiento es un proceso por el cual un grupo de folículos antrales comienza a crecer por la estimulación de gonadotropinas. Durante la selección, un solo folículo con capacidad potencial de alcanzar la ovulación es elegido y evita la atresia. Finalmente, en la dominancia el folículo seleccionado inhibe el reclutamiento de un nuevo grupo de folículos (Evans y Rawlings, 2010). El primer evento está determinado por la oleada de FSH que ocurre cercana a la ovulación, en la etapa temprana del ciclo estral, y aquellos folículos de 2 a 4 mm con receptores para FSH inician un reclutamiento, pudiendo detectarse por medio de ultrasonido varios folículos de 6 a 9 mm (Roche y Boland, 1991; Adams *et al.*, 1992). Después de 2 a 4 días, ocurre la selección de un sólo folículo, y el resto de los folículos acompañantes disminuyen su tamaño y sufren atresia (Savio *et al.*, 1988).

No se ha podido comprobar la existencia de un mecanismo único para explicar el proceso de selección; sin embargo, prevalece el concepto de que una vez que el reclutamiento inicia, debido a la estimulación de gonadotropinas, el folículo que predomina coordina la expresión de genes de factores de crecimiento, enzimas esteroideogénicas e inhibina, lo que lo convierte en el folículo seleccionado que ovulará (Fortune, 1994). Sin embargo, en el caso de las oleadas foliculares presentes en las hembras pre-púberes el folículo dominante no ovula y se atresia, hasta que eventualmente el animal alcanza las condiciones físicas y fisiológicas necesarias. Por lo tanto, difieren con los animales adultos sólo en magnitud, no en esencia (Evans *et al.*, 1994; Evans y Rawlings, 2010).

Entre los factores que influyen en el crecimiento folicular de becerras antes y después de la pubertad están la concentración (ng/ml) de LH que oscila entre 0.68 ± 0.13 a 2.83 ± 0.53 y progesterona de 0.5 ± 0.09 a 8.0, respectivamente (Madgwick *et al.*, 2005); así como la época del año, ya que las hembras nacidas en primavera y otoño presentan

la pubertad de manera más regular comparado con las de invierno, que tardan de 3 a 4 meses más en presentar su primer celo (Badinga *et al.*, 1992; Hernández y Zavala, 2007). La nutrición, está considerada entre los factores más importantes (Schillo *et al.*, 1992; Gasser *et al.*, 2006b; Romano *et al.*, 2007; Perry, 2012). El diámetro máximo del folículo dominante (12.36 ± 0.05 mm) se alcanza muy cerca del inicio de la pubertad (Romano *et al.*, 2007), pero la restricción alimenticia, es decir, que no se cubran los requerimientos mínimos nutricionales; es suficiente motivo para causar una pérdida del 10 a 15% del peso vivo y la disminución del crecimiento del folículo dominante de 1.48 ± 0.11 a 1.1 ± 0.13 mm/día, lo cual resulta en la falta de ovulación (Bossis *et al.*, 1999).

Las novillonas que mantienen su peso (350 ± 25 kg) tienen folículos dominantes más grandes (15.7 ± 0.9 mm) comparado con aquellas que pierden peso (10.4 ± 0.9 mm) y que no alcanzan a ovular (Rhodes *et al.*, 1995). Se ha determinado, que por cada 10 kilos de peso perdido en el animal, el diámetro del folículo ovulatorio disminuye (0.31 ± 0.006 mm), al igual que su persistencia que es de 3.0 ± 0.4 a 1.8 ± 0.6 días (Wettemann y Bossis, 2000). Esto es consistente con lo reportado por Stagg *et al.* (1995) donde, el crecimiento y el tamaño máximo alcanzado por el folículo dominante fue menor en novillonas inducidas nutricionalmente en anestro, que durante los ciclos ovulatorios previos.

El crecimiento folicular disminuye durante la restricción alimenticia (1.1 ± 0.8 mm/día), pero al reiniciar la alimentación, las oleadas foliculares subsecuentes pueden resultar en la ovulación o luteinización, debido a que el tamaño folicular se incrementa (1.4 ± 0.7 mm/día) entre el periodo de la realimentación y la primera ovulación. El crecimiento del folículo dominante se incrementa de forma lineal con las oleadas foliculares anteriores a la ovulación y, aumenta su persistencia de 1.8 ± 0.7 a 2.8 ± 0.9 días, durante las dos oleadas foliculares previas a la ovulación (Rhodes *et al.*, 1995; Wettemann y Bossis, 2000).

Dado que la dinámica folicular y la edad a la pubertad son afectadas por la nutrición, la mejora en la alimentación disminuye los problemas reproductivos en el aspecto

fisiológico; sin embargo, es necesario un peso mínimo (310 ± 27.3 kg) para estimular la presencia de la pubertad, de manera independiente a la nutrición (Romano *et al.*, 2007).

4.3.6. Indicadores metabólicos

Existen diferentes hipótesis que tratan de explicar como la presencia de la pubertad y la ovulación pueden estar reguladas por sustancias químicas cuya concentración sanguínea varía según el estado nutricional del animal (condición corporal o reserva de grasa corporal) y que actúan simultáneamente como indicadores metabólicos a varios sitios del eje hipotálamo-hipófisis-ovarios. Entre estos indicadores metabólicos se menciona a la leptina (Ciccioli *et al.*, 2003; Zieba *et al.*, 2005), el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-I) (Richards *et al.*, 1991; Diskin *et al.*, 2003), y los ácidos grasos no esterificados (AGNE) (Bossis *et al.*, 1999). Estos indicadores poseen importantes funciones en el control del desarrollo folicular, liberación de hormonas gonadotropicas, presencia de la pubertad y es probable que sean importantes mediadores de los efectos de la ingesta alimentaria y el balance energético en los bovinos. Así, los niveles séricos de estas hormonas y factores de crecimiento que regulan dichas funciones y su desempeño, se ven afectados por los cambios en el peso corporal o estado nutricional que tienen las novillonas (Diskin *et al.*, 2003; Barb y Kraeling, 2004). La función de dichos indicadores se describe en los párrafos siguientes.

La leptina es una hormona secretada por las células grasas (Chilliard *et al.*, 2005), relacionada en la regulación de la ingesta de alimento o balance energético y con el eje neuroendocrino en ratones, humanos y en las grandes especies de animales domésticos (Barb y Kraeling, 2004). En novillonas con restricción alimenticia al administrar $0.2 \mu\text{g/kg}$ de leptina se aumenta la secreción pulsátil de LH (≤ 5 a 10 ± 4 pulsos/24 h), no así en animales suplementados (4 ± 2 pulsos/24 h) (Morrison *et al.*, 2001; Barb y Kraeling, 2004), sugiriendo que el estado nutricional es un factor importante para modular la respuesta hipotálamo-pituitaria a la leptina (Zieba *et al.*, 2005). Cambios en la concentración (>4.5 ng/ml) de leptina en sangre se asocian con el inicio de la pubertad en las novillonas suplementadas (García *et al.*, 2002), indicando la existencia de una sensibilidad muy alta

en el eje hipotálamo-hipófisis a las variaciones en el *estatus* nutricional de las novillonas pre-púberes. En otros estudios, la inhibición de la secreción de LH inducida por la restricción alimenticia disminuyó al administrarse leptina, lo cual demostró una asociación positiva entre la secreción de ambas hormonas (Morrison *et al.*, 2001; Amstalden *et al.*, 2002).

La leptina parece ser un vínculo importante entre el estado nutricional y el eje neuroendocrino (Amstalden *et al.*, 2000; Williams *et al.*, 2002; Barb y Kraeling, 2004), y puede ser un indicador metabólico para la presentación de la pubertad, sugiriéndose que funciona como una señal, que al incrementar sus concentraciones circulantes (5 a 7 ng/ml) activa al eje reproductivo y se presenta la pubertad.

El IGF-I es un polipéptido sintetizado en órganos de importancia reproductiva (hipotálamo, hipófisis, ovario, oviducto, útero y placenta), así como corazón, pulmón, riñón, hígado, páncreas y bazo (Ruiz-Arboleda *et al.*, 2011); su función es de señal metabólica mediante la cual el consumo de alimento o las reservas corporales de energía regulan la función ovárica a través del control de la secreción de la LH o mediante un efecto directo sobre el ovario (Wettemann y Bossis, 2000; Ruiz-Arboleda *et al.*, 2011), estimulando específicamente, la proliferación celular y la esteroidogénesis (Spicer y Chamberlain, 1998).

Las novillonas sin complementación alimenticia tardan más en llegar a la pubertad y tienen concentraciones reducidas de IGF-I en el plasma sanguíneo (123.16 ± 6.10 ng/ml) durante los dos últimos ciclos anteriores a la ovulación comparado con novillonas complementadas (139.23 ± 9.86 ng/ml) (Bossis *et al.*, 1999, 2000; Wettemann y Bossis, 2000). Así, la nutrición desempeña una función importante en la regulación del incremento o disminución del IGF-I en la sangre; a su vez, la IGF-I tiene un efecto sobre la actividad folicular, ovulación y la pubertad en los bovinos (Bossis *et al.*, 1999; Ruiz-Arboleda *et al.*, 2011).

El último indicador en referencia son los AGNE, moléculas grasas, utilizados por el hígado como fuente de energía (Drackley *et al.*, 2006), reesterificados a triglicéridos hepáticos y transportados nuevamente a circulación en la forma de lipoproteínas de muy baja densidad; lo anterior implica una movilización de grasa corporal de las reservas del animal y el consiguiente aumento de los AGNE en sangre (Marin *et al.*, 2011). Esto se presenta, cuando se somete al animal a una restricción alimenticia (Bossis *et al.*, 2000). En novillonas (*B. taurus*) las concentraciones de AGNE en sangre se incrementaron (175 ± 50 mg/dl) y al reiniciar la alimentación las concentraciones disminuyeron (100 ± 50 mg/dl) (Yambayamba *et al.*, 1996), sugiriendo que los AGNE tal vez no afecten directamente al eje hipotálamo-hipófisis para regular la secreción de gonadotropinas y su función es más como un indicador de la movilización de las reservas grasas del animal (Wettemann y Bossis, 2000).

4.3.7. Bioestimulación o efecto macho

El efecto estimulador de los machos sobre la actividad cíclica de las hembras mediante el estímulo genital, feromonas, u otras señales externas, se conoce como bioestimulación o efecto macho (Chenoweth, 1983). Se ha reportado que el efecto bioestimulador del toro en vacas (*B. taurus* y *B. indicus*) en posparto amamantando a su becerro es diferente al observado en las novillonas (*B. taurus* y *B. indicus*), ya que en estas últimas, el efecto bioestimulador del toro es evidente solo en aquellas que se mantengan ganando peso, es decir, para que exista efecto bioestimulador en novillonas deben estar ganando peso, no así, en vacas (Roberson *et al.*, 1991; Landaeta-Hernández y Chenoweth, 2011). Izard y Vandenberg (1982) demostraron que la exposición de novillas taurinas de razas cárnicas en edad pre-puberal a la orina de toros acelera la llegada de la pubertad. Sin embargo, un peso adecuado (56 a 60% del peso adulto), el cual está influenciado por la raza y el *estatus* nutricional, parece ser un requisito para que a la exposición de orina ocurriera una respuesta (Landaeta-Hernández y Chenoweth, 2011). Las novillonas criadas en grupos de hembras y machos alcanzan la pubertad en menos tiempo (más jóvenes) (15.5 ± 2.3 m) que aquellas aisladas de los machos (17.2 ± 3.4 m) (Rekwot *et al.*, 2000). Roberson *et al.* (1991) reportaron que

novillonas con altas ganancias de peso (520 ± 0.20 g) durante la exposición al toro llegaron a la pubertad antes (14.2 ± 1.8 m) que aquellas (18.1 ± 2.9 m) con baja ganancia de peso (233 ± 0.12 g), indicando que existe una relación entre la condición corporal y el *estatus* nutricional de las novillonas, con la edad a la pubertad y la respuesta a la bioestimulación (Fiol *et al.*, 2010).

4.4 Importancia de la ganadería bovina en los agroecosistemas Tropicales

En el mundo, la ganadería bovina en regiones tropicales es de las actividades pecuarias más difundidas e importantes en porcentaje poblacional, económico y productivo (Magaña-Monforte *et al.*, 2006; Cruz-Uribe, 2011; Absalón-Medina *et al.*, 2012); ésta se realiza en condiciones físicas y agroecológicas heterogéneas, haciendo a los indicadores, al manejo productivo y administrativo de los recursos, diversos y complejos (Cruz-Uribe, 2011).

La ganadería bovina que se desarrolla principalmente en regiones tropicales es denominada de DP, ésta se maneja de manera semiintensiva, en pastoreo, en ranchos pequeños o medianos, asociada comúnmente a cultivos agrícolas (Toledo, 1994; Cruz-Uribe, 2011). Se caracteriza por su bajo nivel tecnológico en la mayoría de los casos, lo que se refleja en bajos índices productivos (Camargo, 1996; Absalón-Medina *et al.*, 2012), poca utilización de insumos, utilización de mano de obra familiar, reorientación de la actividad hacia la producción de leche y/o carne según los precios del mercado; además de ser una actividad que se transmite a través de generaciones; lo cual, en la mayoría de los casos delimita la apertura a nuevas tecnologías y/o cambios en el sistema de producción; así, esta actividad pecuaria es un proceso social donde convergen aspectos agroecológicos, técnicos, tecnológicos, económicos y culturales. Por tanto, el papel que desempeña el ente controlador en la toma de decisiones es fundamental para entender el por qué y el cómo en el sistema (Magaña-Monforte *et al.*, 2006; Cruz-Uribe, 2011; Absalón-Medina *et al.*, 2012).

4.5 Enfoque en agroecosistemas Bovinos

El enfoque en agroecosistemas ofrece un marco de referencia para analizar sistemas de producción agropecuarios en su totalidad, incluyendo el conjunto de entradas, salidas y las interacciones entre sus partes (Martínez, 1999; Ruiz, 2006a,b). Éste enfoque se basa y/o fundamenta en la teoría general de sistemas ó enfoque sistémico (Bertalanffy, 1976), y establece que las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas en términos de sus elementos separados ya que en los sistemas no hay unidades aisladas, por el contrario, todas sus partes actúan con una misma orientación y finalidad común siendo necesario el correcto funcionamiento de los elementos que lo integran para el eficaz desempeño del todo en su conjunto (Chiavenato, 2000).

El enfoque en agroecosistemas permite delimitar la unidad de estudio, en su nivel jerárquico deseado, para entender la complejidad en la realidad (Ruiz, 2006a,b), ya que en la ganadería bovina existen una serie de factores interrelacionados e interactuando que la vuelven multifactorial. Si bien, el estudio y análisis de un agroecosistema se puede enfocar a una sola área, se reconoce la existencia y la interacción de todos los elementos que lo componen. Así, el agroecosistema bovino se construye e integra, con el objetivo de evaluar, analizar y comprender los sistemas de producción, para dar soluciones específicas, analizadas, discutidas e implementadas a diversos problemas; así como contribuir en la producción de alimentos, materias primas, servicios ambientales y otros satisfactores que la sociedad demanda (Morales *et al.*, 2004; Ruiz, 2006a,b). Las modificaciones introducidas por el hombre al establecer agroecosistemas bovinos afectan la flora, fauna, la dinámica de las poblaciones, la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía dentro del ecosistema, y hacen que su estabilidad dependa de subsidios energéticos (Ghersa y Martínez-Ghersa, 1991; Hald, 1999; Bilenca, 2000).

Por lo tanto, en esta investigación se consideró al agroecosistema bovino como la unidad de estudio conformada por un componente biótico (cobertura vegetal-animal) que interactúa con un componente abiótico (suelo, aire, agua, temperatura, precipitación,

entre otros), los cuales son manejados por el ente controlador (ganadero, familia, empresa), que a su vez es afectado o influenciado por las condiciones socioeconómicas y culturales del mismo (Vieira, 1999; Ruiz, 2006a, b). Así, la interacción entre factores bióticos, abióticos y el manejo del ente controlador incide directamente en el inicio de la vida productiva de los animales reflejado en la edad y peso a la pubertad de las hembras (Morales *et al.*, 2004; González-Stagnaro *et al.*, 2006; Absalón-Medina *et al.*, 2012).

4.6 Modelo de agroecosistema bovino con ganado Criollo Lechero Tropical

El agroecosistema bovino con ganado CLT se considera como un sistema abierto conformado por diferentes elementos como: los componentes bióticos y abióticos, las entradas y salidas del sistema, el hato animal, la unidad de producción que a su vez es modificada y adecuada para la producción agropecuaria, los empleados (directos e indirectos), las instalaciones y el ganadero o productor, quien es el tomador de las decisiones para el manejo adecuado de su sistema de producción.

En este tipo de sistema de producción, el ganadero, familia o empresa (ente controlador) son quienes deciden las entradas o insumos que llegaran a beneficiar al sistema. El conjunto de entradas para la producción bovina con ganado CLT, busca (según sea el caso) implementar, mantener o mejorar el manejo nutricional, sanitario y reproductivo del hato, lo cual hace más eficiente la productividad de las hembras al disminuir su edad e incrementar su peso a la pubertad. El manejo de la unidad de producción, trae beneficios al ente controlador al incrementar la producción de leche que en este caso es la orientación zootécnica de la raza, y a la venta de becerros para abasto (salidas del sistema), todo lo anterior esta inmerso e interactua con los componentes bióticos y abióticos del agroecosistema bovino con ganado CLT.

El agroecosistema bovino con CLT es un modelo multifactorial donde influyen y confluyen aspectos agroecológicos, sanitarios, productivos, administrativos, alimenticios, socioeconómicos, que en está investigación afectan en la edad y peso a la pubertad de las hembras. Si bien, sólo se enfoca a dicha área se reconoce la complejidad en la misma

y la influencia también de otros factores (bióticos y abióticos). La combinación de todo lo anterior junto con la toma de decisión del ente controlador en cuanto a las entradas, finalidad productiva y manejo, influyen y determinan la edad a la pubertad de las hembras; esto en función a la capacidad tecnológica y financiera con la que se disponga, por lo cual fue importante la caracterización de este tipo de agroecosistema (Figura 1).

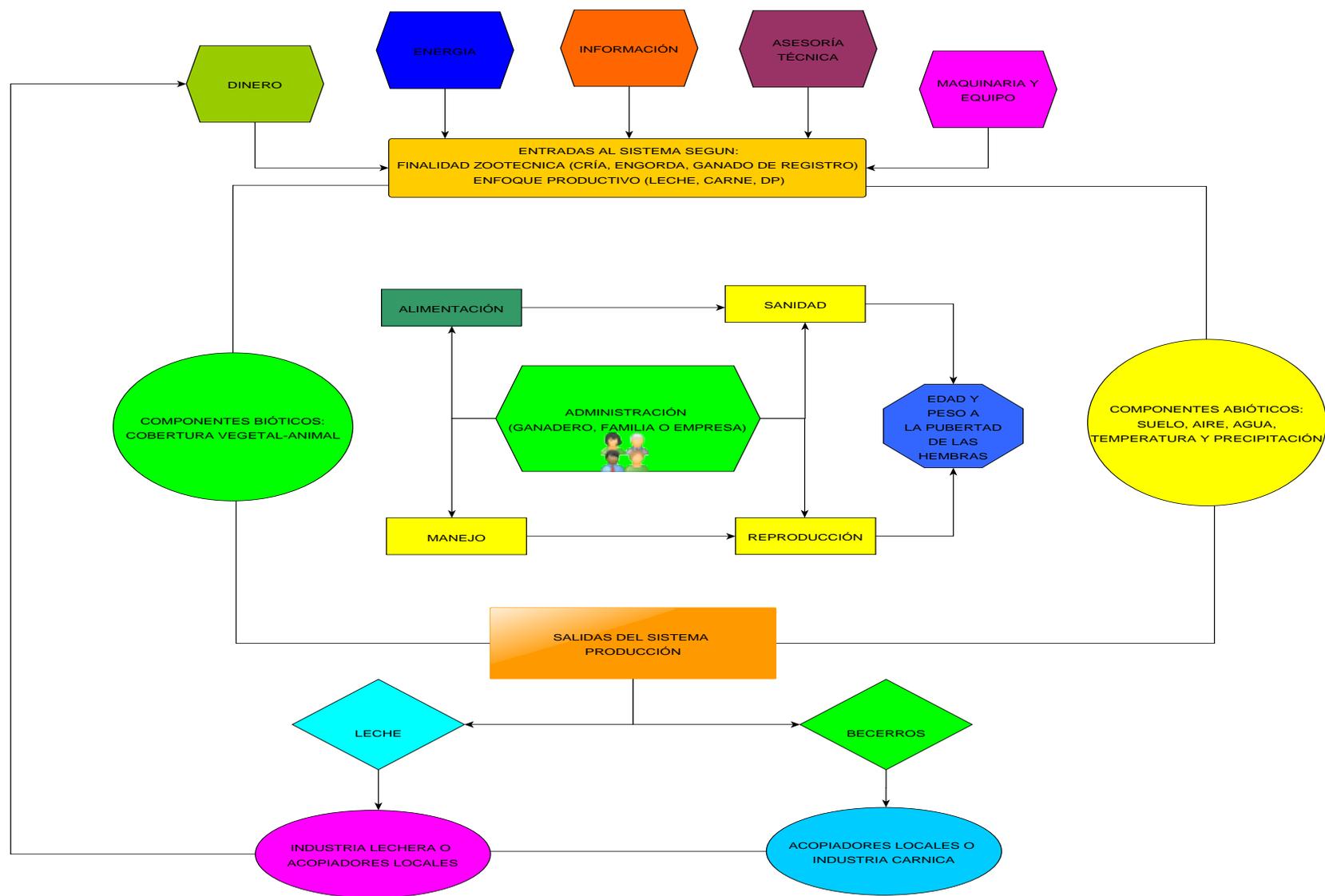


Figura 1. Modelo de agroecosistema bovino con ganado Criollo Lechero Tropical.

5. Literatura citada

- Abeygunawardena, H. and Dematawewa, C. 2004. Prepuberal and postpartum anestrus in tropical Zebu cattle. *Animal Reproduction Science* 82-83: 373-387.
- Absalón-Medina, V.A., Blake, R.W., Fox, D.G., Juárez-Lagunes, F.I., Nicholson, Ch.F., Canudas-Lara, E.G., Rueda-Maldonado, B.L. 2012. Limitations and potentials of dual-purpose cow herds in central coastal Veracruz, México. *Tropical Animal Health and Production* 44: 1131-1142.
- Adams, G.P., Matteri, R.L., Kastelic, J.P., Ko, J.C. and Ginther, O.J. 1992. Association between surges follicle-stimulating hormone and emergence of follicular waves in cattle. *Journal of Reproduction and Fertility* 94: 177-188.
- AMCROLET (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Criollo Lechero Tropical). 1998. Reglamento Técnico de la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Lechero Tropical. AMCROLET. 12 p.
- AMCROLET (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Criollo Lechero Tropical). 2010. Archivo inventario bovino octubre 2010. AMCROLET. Veracruz, México. 34 p.
- Amstalden, M., García, M.R., Williams, S.W., Stanko, R.L., Nizielski, S.E., Morrison, C.D., Keisler, D.H., Williams, G.L. 2000. Leptin gene expression, circulating leptin, and luteinizing hormone pulsatility are acutely responsive to short-term fasting in pre-pubertal heifers: relationships to circulating insulin and insulin-like growth factor. *Biology of Reproduction* 63: 127-133.
- Amstalden, M., Garcia, M.R., Stanko, R.L., Nizielski, S.E., Morrison, C.D., Keisler, D.H., Williams, G.L. 2002. Central infusion of recombinant ovine leptin normalizes plasma insulin and stimulates a novel hypersecretion of luteinizing hormone after short-term fasting in mature beef cows. *Biology of Reproduction* 66: 1555-1561.
- Araujo-Guerra, A. 2004. Pubertad en la hembra Bovina. Disponible en: www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/cria/57pubertad_en_la_hembra_bovina.htm. Consultado en junio, 2012.
- Ayala, R., Ardy, C., Pierruguez, R., Chongo, B., Piedra, R. 2006. Valor nutritivo del ensilado de pastos tropicales III. Fermentación ruminal en carneros alimentados con ensilado sólo o suplementado con energía y/o proteína. Disponible en: www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030306.html. Consultado en agosto, 2013.
- Badinga, L., Driancourt, M.A., Savio, J.D., Wolfenson, D., Drost, M., Sota, R.L., Thatcher, W.W. 1992. Endocrine and ovarian responses associated with the first wave dominant follicle in cattle. *Biology of Reproduction* 47: 871-883.

- Barb, C.R. and Kraeling, R.R. 2004. Role of leptin in the regulation of gonadotropin secretion in farm animals. *Animal Reproduction Science* 82-83: 155-167.
- Basurto, C.H. 1997. Sincronización del estro en bovinos del trópico. *In: Memorias del curso de Farmacología y su aplicación en la clínica Bovina*. Colegio de Médicos Veterinarios Zootecnistas del D.F. México. pp: 11-19.
- Berardinelli, J. 2007. Management practices to overcome problems with puberty and anestrus. *In: Proceedings, Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*. September 11 and 12, Billings, Montana. pp: 1-14.
- Bermúdez, A. 2005. Gerencia de fincas agropecuarias. *In: Manual de Ganadería Doble Propósito*. Edit. González-Stagnaro y Soto. Fundación GIRARZ. Venezuela. pp: 4-8.
- Bertalanffy, L. V. 1976. Teoría General de los Sistemas. Fondo de Cultura Económica. México. 24 p.
- Bilenca, D. 2000. Los agroecosistemas y la conservación de la biodiversidad: el caso del pastizal pampeano. *Gerencia Ambiental* 67: 566-571.
- Bó, G.A. 2002. Dinámica folicular y tratamientos hormonales para sincronizar la ovulación en el ganado bovino. *In: Memorias XI congreso venezolano de producción e industria animal*. Valera 22 al 26 de Octubre. Valera-Trujillo. pp: 1-17.
- Bó, G.A., Baruselli, P.S., Martinez, M.F. 2003. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. *Animal Reproduction Science* 78:307-326.
- Bossis, I., Wettemann, R.P., Welty, S.D., Vizcarra, J.A., Spicer, L.J., Diskin, M.G. 1999. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: ovarian and endocrine function preceding cessation of ovulation. *Journal of Animal Science* 77: 1536-1546.
- Bossis, I., Wettemann, R.P., Welty, S.D., Vizcarra, J., Spicer, L.J. 2000. Nutritionally induced anovulation in beef heifers: Ovarian and endocrine function during realimentation and resumption of ovulation. *Biology of Reproduction* 62: 1436-1444.
- Camargo, M. 1996. Evaluación tecnológica de sistemas de producción con vacunos de doble propósito en el norte del Estado Táchira-Estudio de casos. Tesis MSc. Universidad Central de Venezuela. Facultades Agronomía y Ciencias Veterinarias. Maracay, Venezuela. 169 p.
- Castañeda, O., Lagunes, J., Castillo, H., Ávila, A.A. 2001. Utilización de sementales híbridos para el mejoramiento genético de la ganadería de doble propósito. *In: Día del ganadero*. Centro Experimental "La Posta"-CIR Golfo Centro-INIFAP. Veracruz, México. pp: 19-33.

- Chase, C.C. Jr., Riley, D.G., Olson, T.A., Coleman, S.W., Hammond, A.C. 2004. Maternal and reproductive performance of Brahman x Angus, Senepol x Angus, and Tuli x Angus cows in the subtropics. *Journal of Animal Science* 82: 2764-2772.
- Chenoweth, P.J. 1983. Reproductive management procedures in control of breeding. *Animal Production Australia* 15: 28-31.
- Chiavenato, I. 2000. Teoría de sistemas. *In: Introducción a la Teoría General de la Administración*. 5ta. ed. McGraw-Hill. pp: 768-769.
- Chilliard, Y., Delavaud, C., Bonnet, M. 2005. Leptin expression in ruminants: Nutritional and physiological regulations in relation with energy metabolism. *Domestic Animal Endocrinology* 29: 3-22.
- Ciccioli, N.H., Wettemann, R.P., Spicer, L.J., Lents, C.A., White, F.J., Keisler, D.H. 2003. Influence of body condition at calving and postpartum nutrition on endocrine function and reproductive performance of primiparous beef cows. *Journal of Animal Science* 81: 3102-3120.
- Ciccioli, N.H., Charles-Edwards, S.L., Floyd, C., Wettemann, R.P., Purvis, H.T., Lusby, K.S., Horn, G.W. and Lalman, D.L. 2005. Incidence of puberty in beef heifers fed high- or low-starch diets for different periods before breeding. *Journal of Animal Science* 83:2653-2662.
- Córdova-Izquierdo, A., Murillo-Medina, A.L., Castillo-Juárez, H. 2010. Efecto de factores climáticos sobre la conducta reproductiva bovina en los trópicos. *Revista electrónica de Veterinaria*. Disponible en: www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010110.html. Consultado en enero, 2013.
- Cruz-Uribe, F. 2011. Tendencias para la producción bovina mundial. *Revista Ciencia Animal* 4: 97-103.
- Day, M.L. and Anderson, L.H. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science* 76: 1-15.
- De Alba, J. 1999. Búsqueda de soluciones genéticas y administrativas para la producción de leche en América Tropical. AMPA-Colegio de Postgraduados. Documento interno. México. 7 p.
- De Alba, J. 2011. Los Criollos Lecheros Tropicales. *In: El libro de los bovinos criollos de América*, J. de Alba Martínez. Biblioteca Básica de Agricultura (Colegio de Postgraduados), Ediciones Papiro Omega S.A. de C.V. pp: 91-156.
- De la Torre, R. 2007. La reproducción de las razas criollas. Departamento de Agricultura, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Consultado en febrero, 2013.

- Díaz-Rivera, P., Oros-Noyola, V., Vilaboa-Arroniz, J., Martínez-Dávila, J.P., Torres-Hernández, G. 2011. Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en las Choapas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 191-199.
- Diskin, M.G., Mackey, D.R., Roche, J.F., Sreenan, J.M. 2003. Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. *Animal Reproduction Science* 78: 345-370.
- DAD-IS (Domestic Animal Diversity Information System). 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org/dadis>. Consultado en marzo, 2013.
- Drackley, J.K., Donkin, S.S., Reynolds, C.K. 2006. Major advances in fundamental dairy cattle nutrition. *Journal of Dairy Science* 89: 1324-1336.
- Espinoza-García, J.A., Matus-Gardea, J.A., Martínez-Damián, M.A., Santiago-Cruz, M.J., Román-Ponce, H., Bucio-Alanís, L., 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 34:651-661.
- Evans, A.C.O. y Rawlings, N.C. 2010. Fisiología de la pubertad de terneros y terneras. *Taurus, Bs. As.*, 12: 11-23. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/130-fisiologia_pubertad.pdf. Consultado en septiembre, 2012.
- Evans, A.C.O., Adams, G.P., Rawlings, N.C. 1994. Endocrine and ovarian follicular changes leading up to the first ovulation in prepubertal heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 100: 187-194.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2002. Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios (RGP) de México. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/.../InfoRGPecuariosM.aspx. Consultado en mayo, 2014.
- Faure, R. y Morales, C. 2003. La pubertad de la hembra bovina: I. Aspectos fisiológicos. *Revista de Salud Animal* 25: 13-19.
- Fiol, C. and Ungerfeld, R. 2012. Bioestimulation in cattle: stimulation pathways and mechanisms of response. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: S29-S45.
- Fiol, C., Quintans, G., Ungerfeld, R. 2010. Response to biostimulation in peri-puberal beef heifers: influence of male-female proximity and heifer's initial body weight. *Theriogenology* 74: 569-575.
- Fortune, J.E. 1994. Ovarian follicular growth and development in mammals. *Biology of Reproduction* 50: 225-232.

- Funston, R.N. and Deutscher, G.H. 2004. Comparison of target breeding weight and breeding date for replacement beef heifers and effects on subsequent reproduction and calf performance. *Journal of Animal Science* 82: 3094-3099.
- Galina, C.S. y Valencia, J. 2006. Fisiología de la reproducción. *In: Reproducción de los animales domésticos*. 2ª. Ed. México, Limusa. pp: 85-125.
- Gamboa, J., Magaña, M., Rejón, M., Pech, V. 2005. Eficiencia económica de los sistemas de producción de carne bovina en el municipio de Tizimín, Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 5: 79-84.
- Garcia, M.R., Amstalden, M., Williams, S.W., Stanko, R.L., Morrison, C.D., Keisler, D.H., Nizielski, S.E., Williams, G.L. 2002. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. *Journal of Animal Science* 80: 2158-2167.
- Gasser, C.L., Grum, D.E., Mussard, M.L., Fluharty, F.L., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006a. Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science* 84: 2050-2056.
- Gasser, C.L., Burke, C.R., Mussard, M.L., Behlke, E.J., Grum, D.E., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006b. Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development. *Journal of Animal Science* 84: 2042-2049.
- Gasser, C.L., Bridges, G.A., Mussard, M.L., Grum, D.E., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006c. Induction of precocious puberty in heifers III: Hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science* 84: 2035-2041.
- Ghersa, C.M. y Martínez-Ghersa, M.A. 1991. Cambios ecológicos en los agroecosistemas de la Pampa Ondulada. Efectos de la introducción de la Soja. *Ciencia e Investigación* 5: 182-188.
- Gómez C.H., Tewolde, A., y Nahed, T.J. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 10: 175-183.
- González-Cerón, F., Becerril-Pérez, C. M., Torres-Hernández, G., y Díaz-Rivera, P. 2009. Garrapatas que infestan regiones corporales del bovino Criollo Lechero Tropical en Veracruz, México. *Agrociencia* 43: 11-19.
- Gonzalez-Stagnaro, C. 1995. Manejo reproductivo en las novillas mestizas de reemplazo. *In: Mejora de la ganadería mestiza de doble propósito*. Ninoska Madrid-Bury, N. y E. Soto Belloso (eds). Ed. Astro Data. Maracaibo (Venezuela). Capítulo XXVI. pp: 487-521.

- González-Stagnaro, C., Goicochea, J., Rodríguez, M.A., Madrid-Bury, N., y González-Villalobos, D. 2006. Incorporación al servicio en novillas mestizas doble propósito. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 14: 1-9.
- González-Stagnaro, C., Madrid-Bury, N., Goicochea-Llaque, J., González-Villalobos, D., y Rodríguez-Urbina, M.A. 2007. Primer servicio en novillas de doble propósito. Revista Científica, FCV-LUZ 17: 39-46.
- Guerrero, H.L.J., Pérez-Hernández, P., López-Ortiz, S., Montiel Palacios, F., Estrella-García, A., y Ahuja-Aguirre, C. 2011. Sincronización del estro con PGF2 α y conducta estrual en vacas Criollo Lechero Tropical. Archivos de Zootecnia 60: 829-832.
- Hafez, E.S.E. 2000. Reproductive management *In*: Reproduction in farm animals. Edición 6^a. Editorial Lea & Febiger. pp: 121-322.
- Hald, A. B. 1999. The impact of changing the season in which cereals are sown on the diversity of the weed flora in rotational fields in Denmark. Journal of Applied Ecology 36: 24-32.
- Hernández, A., Cervantes, P., Salinas, V.M., García, R., Tejeda, A., Gallardo, F., Álvarez, J.L. 2007. Respuesta al estrés por calor en la vaca Criollo Lechero Tropical bajo un sistema de doble propósito en México. Revista de Salud Animal 29: 85-90.
- Hernández, J. y Zavala, J. 2007. Fisiología de la reproducción. *In*: Reproducción bovina. 1ra. Edición, División del sistema de universidad abierta. FMVZ-UNAM. pp: 61-72.
- Honaramooz, A., Cook, S.J., Beard, A.P., Bartlewski, P.M., Rawlings, N.C. 1999. Nitric oxide regulation of gonadotrophin secretion in prepubertal heifers. Journal of Neuroendocrinology 11: 667-676.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática). Censo Agropecuario 2010. Disponible en: www.inegi.gob.mx. Consultado en abril, 2013.
- Izard, M.K. and Vandenberg, J.G. 1982. The effects of bull urine on puberty and calving date in crossbred beef heifers. Journal of Animal Science 55: 1160-1168.
- Landaeta-Hernández, A. y Chenoweth, P. 2011. Bioestimulación o efecto macho. Mundo Pecuario 7: 85-96.
- Lopez, H., Sartori, R., Wiltbank, M.C. 2005. Reproductive hormones and follicular growth during development of one or multiple dominant follicles in cattle. Biology of Reproduction 72: 788-795.

- Madgwick, S., Evans, A.C.O., and Beard, A.P. 2005. Treating heifers with GnRH from 4 to 8 weeks of age advanced growth and the age at puberty. *Theriogenology* 63: 2323-2333.
- Magaña-Monforte, J.G., Ríos-Arjona, G., y Martínez-González, J.C., 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivo Latinoamericano de Producción Animal* 14: 105-114.
- Maquivar, M. and Galina, C.S. 2010. Factors affecting the readiness and preparation of replacement heifers in tropical breeding environments. *Reproduction in Domestic Animals* 45: 937-942.
- Marín, M.P., Ríos, C.A, Contreras, H., Robles, J., y Meléndez, P. 2011. Ácidos grasos no esterificados al parto y su relación con producción lechera en vacas Holstein. *Archivos de Zootecnia* 60: 257-264.
- Martínez, J.P. 1999. Modelo conceptual de agroecosistema para el desarrollo agrícola sustentable basado en el hombre. *In: Memoria del III Simposio Internacional y IV Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Un futuro agrícola sostenible.* Sociedad Mexicana de Agricultura Sostenible A.C. (SOMAS). pp: 127-133.
- Mejía-Bautista, G.T., Magaña, J.G., Segura-Correa, J.C., Delgado, R. y Estrada-León, R.J. 2010. Comportamiento reproductivo y productivo de vacas *Bos indicus*, *Bos taurus* y sus cruces en un sistema de producción vaca: cría en Yucatán, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12: 289-301.
- Morales, M., Martínez, J.P., Torres, G., y Pacheco, J.E. 2004. Evaluación del potencial para la producción ovina con el enfoque de agroecosistemas en un ejido de Veracruz, México. *Técnica Pecuaria México* 42: 347-359.
- Morrison, C.D., Daniel, J.A., Holmberg, B.J., Djiane, J., Raver, N., Gertler, A., and Keisler, D.H. 2001. Central infusion of leptin into well-fed and undernourished ewe lambs: effects on feed intake and serum concentrations of growth hormone and luteinizing hormone. *Journal of Endocrinology* 168: 317-324.
- NRC (National Research Council). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. *In: National Research Council.* 7th rev. ed. National academy press, Washington, D.C. pp: 429-431.
- Nogueira, G.P. 2004. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Animal Reproduction Science* 82-83:361-372.
- Orrego, J., Delgado, A., y Echevarría, L. 2003. Vida productiva y principales causas de descarte de vacas holstein en la cuenca de lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 14: 68-73.

- Patterson, D.J., Corah, L.R., Brethour, J.R., Spire, M.F., Higgins, J.J., Kiracofe, G.H., Stevenson, J.S., and Simms, D.D. 1991. Evaluation of reproductive traits in *Bos taurus* and *Bos indicus* crossbred heifers: effects of postweaning energy manipulation. *Journal of Animal Science* 69: 2349-2361.
- Patterson, D.J., Perry, R.C., Kiracofe, G.H., Belows, R.A., Staigmiller, R.B. and Corah, L.R. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *Journal of Animal Science* 70: 4018-35.
- Pérez, P., Rojo, R., Álvarez, A., y García, J. 2003. Necesidades investigación y transferencia de tecnología de la cadena de bovinos de doble propósito en el estado de Veracruz. Fundación Produce Veracruz. Veracruz, México. 170 p.
- Pérez-Hernández, P., García-Winder, M. and Gallegos-Sánchez, J. 2002. Bull exposure and increased within-day milking to suckling interval reduced postpartum anoestrus in dual purpose cows. *Animal Reproduction Science* 74: 111-119.
- Perry, G.A. 2012. Physiology and endocrinology symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. *Journal of Animal Science* 90: 1172-1182.
- Ramos, J.A., Mendoza, G.D., Aranda, E., García-Bojalil, C., Bárcena, R., and Alanís, J. 1998. Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass. *Animal Feed Science and Technology* 70: 249-256.
- Rekwot, P.I., Ogwy, D., Oyedipe, E., and Sekoni, V. 2000. Effects of bull exposure and body growth on onset of puberty in Bunajii and Friesian x Bunajii heifers. *Reproduction Nutrition Development* 40: 359-367.
- Rhodes, F.M., DeAth, G., and Entwistle, K.W. 1995. Animal and temporal effects on ovarian follicular dynamics in Brahman heifers. *Animal Reproduction Science* 38: 265-277.
- Richards, M.W., Wettemann, R.P., Spicer, L.J., and Morgan, G.L. 1991. Nutritional anestrus in beef cows: Effects of body condition and ovariectomy on serum luteinizing hormone and insulinlike growth factor-I. *Biology of Reproduction* 44: 961-966.
- Roberson, M.S., Wolfe, M.W., Stumpf, T.T., Werth, L.A., Cupp, A.S., Kojima, N., Wolfe, P.L., Kittok, P.J., and Kinder, J.E. 1991. Influence of growth rate and exposure to bulls on age at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 69: 2092-2098.
- Rocha, M.A.E. México. 2009. "COOL" e importaciones de carne afectaría el hato ganadero de México. Disponible en: www.agromeat.com. Consultado en octubre, 2012.

- Roche, J.F. and Boland, M.P. 1991. Turnover of dominant follicles in cattle of different reproductive states. *Theriogenology* 35: 81-90.
- Rodrigues, H.D., Kinder, J.E., and Fitzpatrick, L.A. 2002. Estradiol regulation of luteinizing hormone secretion in heifers of two breed types that reach puberty at different ages. *Biology of Reproduction* 66: 603-609.
- Romano, M.A., Barnabe, V.H., Kastelic, J.P., de Oliveira, C.A., and Romano, R.M. 2007. Follicular dynamics in heifers during pre-pubertal and pubertal period kept under two levels of dietary energy intake. *Reproduction in Domestic Animals* 42: 616-622.
- Ruiz, O. 2006a. Enfoque de sistemas y agroecosistemas. *In: Agroecología y Agricultura Orgánica en el Trópico*. López, O., Ramírez, S., Ramírez, M., Moreno, G., Alvarado, A. (edit). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia-Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez. pp: 27-35.
- Ruiz, O. 2006b. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. *Interciencia* 31: 140-145.
- Ruiz-Arboleda, J.L., Uribe-Velásquez, L.F., Osorio, J.H. 2011. Factor de crecimiento semejante a insulina tipo 1 (IGF-1) en la reproducción de la hembra bovina. *Veterinaria y Zootecnia* 5: 68-81.
- Savio, J.D., Keenan, L., Boland, M.P., and Roche, J.F. 1988. Pattern of growth of dominant follicles during the oestrus cycle of heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 88: 663-671.
- Schillo, K.K., Halls, J.B., and Hileman, S.M. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *Journal of Animal Science* 70: 3994-4005.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). Sistema de Información y Estadística Agropecuaria y Pesquera (SIAP). 2014. Estadística básica. Estadísticas del sector ganadero. Población ganadera 1996-2014 (carne y leche). Disponible en: www.siap.sagarpa.gob.mx/. Consultado en septiembre, 2015.
- Senger, P.L. 2003. Reproductive physiology. *In: Pathways to pregnancy and parturition*. 2nd ed. Current Conceptions, Inc., Pullman, WA. pp: 128-143.
- Spicer, L.J. and Chamberlain, C.S. 1998. Influence of cortisol on insulin- and insulin-like growth factor I (IGF-I)-induced steroid production and on IGF-I receptors in cultured bovine granulosa cells and thecal cells. *Endocrine* 9: 153-161.
- Stagg, K., Diskin, M.G., Roche, J.F., and Sreenan, J.M. 1995. Association between FSH concentrations and follicle growth during normal oestrous cycles and nutritional anoestrus in heifers. *Journal of Reproduction and Fertility* 15: 66.

- Tewelde, A. 2007. Los Criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. *In: Simposio sobre recursos genéticos en América Latina APPA - ALPA - Cusco, Perú.* pp: 13-19.
- Toledo, M.J. 1994. Ganadería bajo pastoreo: posibilidades y parámetros de sostenibilidad. *In: Ganadería y recursos naturales en América Central: estrategias para la sostenibilidad.* Homan, E. J. (ed.) San José, Costa Rica. pp: 141-162.
- Urdaneta, F., Peña, M., y Casanova, Á. 2004. Tipificación tecnológica del sistema de producción con ganadería bovina de doble propósito (*Bos taurus* x *Bos indicus*). *Revista Científica* 14: 254-262.
- Valverde-Saenz, S.I., Walsh, J.D., Gardner, C.M., Mulliniks, J.T., Schilling, S.B., Hallford, D.M., Gonzales, A.L., Fredrickson, E.L., Kane, K.K., and Hawkins, D.E. 2008. Age at puberty in beef heifers: Criollo cattle versus British crossbred cattle. *American Society of Animal Science* 59: 237-240.
- Vieira, F. 1999. El método de escenarios para definir el rol de los INIA's en la investigación agroindustrial. *In: Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional ISNAR. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del cono Sur PROCISUR.* La Haya, Países Bajos. pp: 6-36.
- Vilaboa, A. J., Díaz, R. P., Ruíz, R. O., Platas, R. D. E., González, M. S., y Juárez, L. F. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 53-62.
- Vilaboa, J., Keating, N., Bautista, R., Díaz, P., Pérez, P. y Quirós, O. 2011a. El Criollo Lechero Tropical (CLT) en el contexto de la ganadería mexicana. Primera parte. *Fundación Produce Veracruz A.C. Agroentorno* 134: 28-29. Disponible en: www.funprover.org/agroentorno/index.asp. Consultado en abril, 2013.
- Vilaboa, J., Keating, N., Bautista, R., Díaz, P., Pérez, P. y Quirós, O. 2011b. El Criollo Lechero Tropical (CLT) en el contexto de la ganadería mexicana. Segunda parte. *Fundación Produce Veracruz A.C. Agroentorno* 135: 23-25. Disponible en: www.funprover.org/agroentorno/index.asp. Consultado en abril, 2013.
- Vilaboa-Arroniz, J., Quirós-Madrugal, O., Díaz-Rivera, P., WingChing-Jones, R., Brower-Keating, N., y Zetina-Córdoba, P. 2012a. Los sistemas ganaderos con Criollo Lechero Tropical (Reyna) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 23: 167-178.
- Vilaboa-Arroniz, J., Quirós-Madrugal, O.J., Díaz-Rivera, P. y Zetina-Córdoba, P. 2012b. Situación del bovino criollo lechero tropical (CLT) en México, Nicaragua y Costa Rica. *Archivos de Zootecnia* 61: 31-39.

- Villa, A. 1994. Problemas reproductivos en el ganado de doble propósito mantenido en el trópico húmedo de México. Soluciones generadas a través de la investigación. Memorias. *In: XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*. Acapulco, Gro., México. pp: 536-537.
- Vite, C., López, R., García-Muñiz, J.G., Ramírez, R., Ruíz, A., y López, R. 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. *Veterinaria México* 38: 63-79.
- Wets, J.W., Mullinix, B.G., and Bernard, J.K. 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake, and milk yield of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86: 232-242.
- Wettemann, R. P. and Bossis, I. 2000. Energy Intake Regulates Ovarian Function in Beef Cattle. *Journal of Animal Science* 77: 1-10.
- Williams, G.L., Amstalden, M., Garcia, M.R., Stanko, R.L., Nizielski, S.E., Morrison, C.D., and Keisler, D.H. 2002. Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle. *Domestic Animal Endocrinology* 23: 339-349.
- Yambayamba, E.S.K., Price, M.A., and Foxcroft, G.R. 1996. Hormonal status, metabolic changes, and resting metabolic rate in beef heifers undergoing compensatory growth. *Journal of Animal Science* 74: 57-69.
- Yelich, J.V., Wettemann, R.P., Dolezal, H.G., Lusby, K.S., Bishop, D.K., and Spicer, L.J. 1995. Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth hormone, insulin-like growth factor I, insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 73: 2390-2405.
- Zieba, D.A., Amstalden, M., and Williams, G.L. 2005. Regulatory roles of leptin in reproduction and metabolism: A comparative review. *Domestic Animal Endocrinology* 29: 166-185.

CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN CON GANADO CRIOLLO LECHERO TROPICAL Y EDAD A LA PUBERTAD DE LAS HEMBRAS

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el sistema de ganado bovino Criollo Lechero Tropical (CLT) en México, determinar su nivel tecnológico (NT), así como la edad y peso a la pubertad en hembras. El estudio se realizó en los estados de Veracruz, Guerrero, Tabasco y Chiapas. Se entrevistó a nueve productores, socios de la AMCROLET, para recabar información referente al manejo nutricional, sanitario y reproductivo del ganado, e infraestructura existente en las unidades de producción (UP). La información se analizó mediante estadística descriptiva. El manejo zootécnico que recibe el ganado bovino CLT es similar a otras razas presentes en el trópico y las UP poseen en un 33.3% NT bajo, 44.4% medio y 22.3% alto. En promedio, la edad y peso a la pubertad es de 18.1 ± 3.9 m y 278 ± 25.5 kg, respectivamente, la cual varía según el NT de las UP (20.0 ± 3.0 y 280.0 ± 33.3 NT bajo, 18.2 ± 1.64 y 286.3 ± 20.0 NT medio y 15.0 ± 1.6 y 260.0 ± 35.0 NT alto, respectivamente). Las hembras CLT son precoces, y la alimentación de las vaquillas es uno de los principales factores que afecta la edad a la pubertad de las hembras.

Palabras Clave: Razas bovinas criollas, unidades de producción bovinas, doble propósito, índice tecnológico, AMCROLET.

**CHARACTERIZATION OF THE SYSTEM OF CRIOLLO LECHERO TROPICAL
CATTLE AND AGE OF PUBERTY IN FEMALES
ABSTRACT**

The aim of this study was to characterize the system Criollo Lechero Tropical (CLT) in Mexico, determine its technological level (TL) and age and weight at puberty in females. The study was conducted in the states of Veracruz, Guerrero, Tabasco and Chiapas. Nine producers AMCROLET partners were interviewed to obtain information relating to nutrition, reproductive health and livestock management, and the existing infrastructure in the production units (PU). Data was analyzed using descriptive statistics. Zootechnical handling cattle receiving CLT is similar to other races in the tropics and possess PU with 33.3% TL low, 44.4% TL medium and 22.3% TL high. On average, the age and weight at puberty is 18.1 ± 3.9 months and 278 ± 25.5 kg, respectively, which varies according to the TL of the PU (20.0 ± 3.0 and 280.0 ± 33.3 TL low, 18.2 ± 1.64 and 286.3 ± 20.0 TL medium and 15.0 ± 1.6 and 260.0 ± 35.0 TL high, respectively). The CLT females are early. However, heifers feeding is one of the main factors affecting the age of puberty females.

Key words: Race creoles bovines, bovine production units, dual-purpose, technology index, AMCROLET.

1.1. Introducción

El Criollo Lechero Tropical (CLT) presente en México es manejado principalmente por la Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Criollo Lechero Tropical (AMCROLET), universidades y centros de investigación, que han tratado de conservarlo y desarrollarlo con el establecimiento de hatos experimentales, demostrativos y productivos (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012b). Esta raza, se considera especializada en producción de leche a base de pastos naturales, adaptada a través de la selección natural a las condiciones ambientales adversas de las regiones tropicales (De Alba, 2011; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012a,b), sobre todo a las fluctuaciones de forraje a través del año (De Alba, 2011). También se le atribuye mayor precocidad, fertilidad, facilidad al parto y longevidad que ciertas razas cebú y europeas adaptadas a los trópicos (de Alba y Kennedy, 1994; Casas y Tewolde, 2001), así como resistencia a enfermedades (De Alba, 2011) y ectoparásitos (Frisch, 1999; González-Cerón *et al.*, 2009). No obstante, la información sobre aspectos de manejo zootécnico y parámetros reproductivos de esta raza son limitados.

La edad a la pubertad es importante porque determina el inicio de la vida productiva de una hembra y esta se encuentra influenciada principalmente por el manejo nutricional que las becerras reciben antes y después del destete, en promedio varía de 36 a 40 meses en las hembras en condiciones tropicales (González-Stagnaro *et al.*, 2007).

El interés de conservar y estudiar al ganado CLT no es solo con fines científicos; su conservación y estudio son importantes para el desarrollo de sistemas productivos alternos en hatos bovinos del trópico, mediante el uso y aprovechamiento de sus capacidades productivas (FAO-SAGARPA, 2002; de Alba, 2011; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012a,b). Por lo anterior, es necesario realizar estudios orientados en aspectos técnico-productivos para con base a ello diseñar estrategias que promuevan el uso del ganado CLT en México y Latinoamérica. Por ello, una opción para obtener información vigente y confiable de las hembras CLT es trabajar con la AMCROLET, lo cual permitirá determinar

el manejo zootécnico del ganado CLT, así como la edad y peso a la pubertad de las hembras.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar el sistema de ganado bovino CLT en México, en relación con su nivel tecnológico, la edad y peso a la pubertad de las hembras y los factores que la afectan.

1.2. Materiales y métodos

Selección de productores para entrevista

Se entrevistó a directivos de la AMCROLET para obtener información de los productores con ganado CLT. Con base a lo anterior y con datos de dicha Asociación se seleccionaron nueve socios activos, localizados en los estados de Veracruz, Guerrero, Tabasco y Chiapas, México (AMCROLET, 1998, 2010).

Ubicación de las unidades de producción donde se realizó la entrevista

Con la finalidad de realizar la encuesta al productor con ganado bovino CLT se visitaron a nueve productores localizados en los municipios de Tamiahua, Tantoyuca, Tecolutla, Manlio Fabio Altamirano, Catemaco y Rinconada, Veracruz; uno en el municipio de Olinalá, Guerrero; otro en el municipio de Centro, Tabasco, y uno en el municipio de Huixtla, Chiapas. La Información específica relacionada con la localización de cada UP y sus características climáticas se muestran en el Cuadro 1.

Se trató de una muestra estructural para un estudio mixto cuali-cuantitativo, para aprovechar al máximo la información existente de los productores contemplados como unidad de análisis (Dávila, 1999; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012a). El criterio de selección fue ser productor que tuviera animales CLT o cruces con ésta y estar registrado como miembro activo en la AMCROLET o manifestar interés de ingresar a la misma.

Cuadro 1. Municipio, ubicación geográfica, clima, temperatura y precipitación media anual por unidad de producción donde se realizó la encuesta.

Municipio	Ubicación geográfica	Clima	Temperatura media anual (°C)	Precipitación media anual (mm)
1) Tamiahua	21° 17' Lat. N y 97° 27' Long. O, a 4 msnm	Cálido-extremoso	23	1,500
2) Tantoyuca	21° 21' Lat. N y 98° 14' Long. O, a 140 msnm	cálido-extremoso	23	1,000 a 1,500
3) Tecolutla	20° 29' Lat. N y 97° 00' Long. O, a 10 msnm	Tropical cálido	23.6	1,494
4) Rinconada	19° 21' Lat. N y 96° 34' Long. O, a 215 msnm	tropical húmedo	26.5	900
5) Manlio Fabio Altamirano	19° 12' Lat. N y 19° 08' Long. O, a 10 msnm	tropical húmedo	25.3	1,500
6) Catemaco	95° 04' Lat. N y 18° 26' Long. O, a 350 msnm	cálido-extremoso	29	2,000
7) Olinala	17° 47' Lat. N y 98° 44' Long. O, a 1,400 msnm	cálido-subhúmedo	22	800
8) Centro	17° 96' Lat. N y 92° 96' Long. O, a 10 msnm	tropical húmedo	26.4	1,500
9) Huixtla	15° 08' Lat. N y 92° 28' Long. O, a 28 msnm	cálido húmedo	27.5	1,500

Fuente: García (1981); CONAGUA (2014).

Estructura del instrumento de evaluación

El instrumento de evaluación para la caracterización fue un cuestionario estructurado con 21 preguntas distribuidas en cinco rubros principales que incluyeron: 1) Identificación del socio (nombre, sexo, edad, nombre del rancho y ubicación de la UP), 2) Aspectos socioculturales (lectura, escritura y escolaridad), 3) Aspectos socioeconómicos (finalidad de la ganadería, antigüedad como socio de la AMCROLET o manejando la raza CLT), 4) Aspectos tecnológicos (genética, pastizales, alimentación, manejo, sanidad,

reproducción, instalaciones y equipo; conformación del hato, tipo de pastos, tipo y época de suplementación, tipo de animales suplementados, método de identificación del hato, empleo de registros productivos y reproductivos, actividades sanitarias, manejo reproductivo empleado, instalaciones y equipo); y 5) Técnico-productivas relacionadas con la pubertad de las hembras CLT (edad y peso a la pubertad, y edad al primer servicio) (Doorman *et al.*, 1991; Basurto, 1997; Abadi-Ghadim y Pannell, 1999).

Análisis de la información y clasificación de las unidades de producción

Se diseñó una base de datos en Excel en donde se capturó la información obtenida en campo. La información obtenida en los puntos 1, 2, 3 y 4, se utilizó para caracterizar el sistema ganadero CLT y determinar su nivel tecnológico (NT) en bajo (6-10 puntos), medio (11-15 puntos) y alto (16-20 puntos), de acuerdo con la metodología propuesta por Vilaboa y Díaz (2009), modificando el NT (Cuadro 2), mientras que con la información del punto 5 se determinaron la edad y peso a la pubertad de las hembras CLT. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SPSS versión 10.

Se clasificaron nueve UP en base a el municipio o localidad donde se encuentran ubicadas, como se enumera a continuación: 1) Tamiahua, 2) Tantoyuca, 3) Tecolutla, 4) Rinconada, 5) Manlio Fabio Altamirano, 6) Catemaco; 7) Olinala; 8) Centro y 9) Huixtla.

Cuadro 2. Actividades realizadas, instalaciones y equipo de los productores entrevistados, consideradas para determinar el nivel tecnológico del sistema de producción de ganado Criollo Lechero Tropical.

Actividades realizadas, instalaciones y equipo	Rango de puntaje*
Tipo de suplementación alimenticia para el ganado	0-2
Tipo de animales suplementados	0-2
Tiempo de suplementación alimenticia al ganado	0-2
Vacunación contra enfermedades clostridiales y rabia	0-1
Desparasitación contra endo y ectoparasitos	0-1
Campañas zoonosológicas contra Brúcela-tuberculosis bovina	0-1
Registros productivos y reproductivos	0-1
Diagnóstico de mastitis	0-1
Tipo de empadre	0-2
Manejo de becerros	0-2
Corrales de manejo	0-1
Bodega	0-1
Camioneta	0-1
Bomba de agua	0-1
Herramientas diversas	0-1

*Es el valor asignado en puntos a la actividad, instalación y equipo en cada rubro, la sumatoria final de estos puntos ubica a la unidad de producción en un nivel tecnológico bajo, medio y alto.

1.3. Resultados y discusión

Identificación del socio y aspectos socioculturales según el nivel tecnológico de las unidades de producción

El 100% de los entrevistados fueron hombres, con edad y escolaridad promedio de 56.1 ± 15.3 (máximo 71 y mínimo 26 años) y 15.8 ± 4.1 años, respectivamente (Cuadro 3); el 22.2% pertenecían a instituciones de investigación (COLPOS, UNACH). Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Vilaboa-Arroniz *et al.* (2012a), en Costa Rica, con edad y escolaridad en años de 57.0 ± 5.0 y 19.0 ± 2.5 , respectivamente, indicando que la mayoría de los productores son gente madura. En años de experiencia (Cuadro 3) se han reportado diferencias (33.0 ± 3.5 ; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012a) y similitudes (24.0 ± 14.0 ; Peña *et al.*, 1999; Vilaboa y Díaz, 2009). Lo cual demuestra la heterogeneidad entre productores en regiones tropicales y de diferentes latitudes.

La edad madura de los productores y los años de experiencia indican una falta de secuencia generacional, lo cual ya ha sido reportado por otros autores (Silva *et al.*, 2007; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009) atribuyendo estas condiciones a la emigración de los jóvenes a otras actividades no relacionadas con el sector agrícola.

Cuadro 3. Edad, escolaridad y experiencia en el manejo de la raza Criollo Lechero Tropical según nivel tecnológico de las unidades de producción.

Nivel tecnológico	UP	Edad (años)	Escolaridad (años)	Experiencia (años)
Bajo (6-10 puntos)	4, 7 y 9	58.0±10.4	13.3±8.1	7.0±6.1
Medio (11-15 puntos)	1, 3, 5 y 6	58.5±22.1	16.3±3.0	23.3±16.2
Alto (16-20 puntos)	2 y 8	48.5±6.4	18.0±1.4	9.5±6.4
Promedio		56.1±15.3	15.8±4.1	13.2±9.5

Conformación del hato CLT de acuerdo con el nivel tecnológico de las unidades de producción

Se realizó el inventario del hato de los nueve productores entrevistados, observándose en general un buen desarrollo del hato en las UP, principalmente en vacas en producción, vacas horras (improductivas) y novillonas (Cuadro 4). Las similitudes y diferencias encontradas en la composición del hato entre las UP, se deben a la heterogeneidad de los productores, al nivel tecnológico y tipo de manejo, que cada productor proporciona a sus animales durante su vida productiva (González-Stagnaro *et al.*, 2007; Cruz-Uribe, 2011; Absalón-Medina *et al.*, 2012).

Cuadro 4. Composición de los hatos de ganado Criollo Lechero Tropical de los productores entrevistados según el nivel tecnológico.

Composición del hato	Nivel tecnológico							
	Bajo n=3	%	Medio n=4	%	Alto n=2	%	Total n=9	%
Sementales	5	2.5	21	3.6	13	2.2	39	2.8
Vacas en ordeña	36	18.3	159	27.4	325	54.5	520	37.9
Vacas horras	49	24.9	97	16.7	20	3.4	166	12.1
Novillos	1	0.5	33	5.7	0	0	34	2.5
Novillonas	59	29.9	124	21.4	114	19.1	297	21.6
Beceros	18	9.1	73	12.6	54	9.1	145	10.6
Becerras	29	14.7	73	12.6	70	11.7	172	12.5
Total	197	100	580	100	596	100	1373	100

Manejo general de las unidades de producción y los hatos de ganado Criollo Lechero Tropical

El 78% de los productores con ganado CLT entrevistados manejan su ganado en el sistema de producción de doble propósito y sólo 22% tiene como objetivo la producción de leche, lo cual indica que aun cuando éste ganado es una raza lechera, los productores lo manejan como la mayoría del ganado en el trópico, en el sistema de DP.

El 33% de los productores destina el 10% de la superficie de su UP como reserva ecológica, y 22% ocupan el 20% de su UP para sembrar caña de azúcar (*Sacharum officinarum*) y maíz (*Zea mays*), cultivos utilizados para complementar el pasto y alimento para la época de escasez de forraje. El 22.3% de los productores proporciona complemento alimenticio con concentrado y sales minerales de manera permanente a su hato, el 44.4% solo proporcionan minerales y el 33.3% restante suplementan con sal mineral a ciertos animales y en forma esporádica.

El 100% realiza manejo zoonosanitario, indicando que tienen conocimiento y cultura para prevenir enfermedades zoonóticas (brucelosis y tuberculosis) presentes en la zona donde están sus UP.

El 90% desteta a los becerros entre 6 y 8 meses de edad, y solo el 10% de los productores lo realiza a los 3 meses de edad; únicamente 22% proporciona suplementación mineral y alimento concentrado después del destete a las hembras. Estos resultados muestran que la mayoría de los productores manejan de manera rústica o tradicional a sus animales de reemplazo; es decir, las becerras se alimentan práctica y exclusivamente de la leche de su madre hasta el destete (7 a 8 meses) y posteriormente reciben escasa o nula complementación alimenticia y mineral, lo cual afecta su comportamiento reproductivo (pubertad) (González-Stagnaro *et al.*, 2007; Absalón-Medina *et al.*, 2012).

El 67% tiene registros productivos y reproductivos vigentes y actualizados, indicando que conocen el historial de sus animales. El 100% realiza empadre con monta directa, 90% de manera permanente y 10% por época; el 44% de los productores utiliza inseminación artificial y el 67% realiza diagnóstico de gestación, ya que cuentan con instalaciones y equipo necesario para esta actividad.

Las características de manejo anteriormente descritas en las UP con ganado CLT son similares a las reportadas para otras UP en condiciones tropicales (González-Stagnaro *et al.*, 2007; Vilaboa y Díaz, 2009; Absalón-Medina *et al.*, 2012).

Caracterización de las unidades de producción según su nivel tecnológico

Nivel tecnológico bajo (6-10 puntos)

El 33.3% de las UP maneja sus animales con un nivel tecnológico bajo, consistente en suplementar de forma esporádica con alimento comercial y sal mineral a vacas y becerros; ordeñar a las vacas con apoyo de la cría al pie para facilitar la bajada de la leche y dejar al becerro mamar la leche residual hasta los 7 a 8 meses de edad en que se realiza el destete. Posteriormente, las hembras y machos se envían al potrero; las primeras para alcanzar la edad y peso para su primer servicio y los segundos, algunos son vendidos para el abasto y otros se conservan como sementales.

El ganado se mantiene con pastoreo rotacional o extensivo en potreros principalmente con pastos estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), llanero (*Brachiaria dictyoneura*), señal (*Brachiaria decumbens*), insurgente (*Brachiaria brizantha*), grama nativa (*Paspalum* spp. y *Axonopus* spp.) y Tanzania (*Panicum maximum*).

La sanidad consiste en desparasitar externamente a los animales dos a tres veces al año e internamente cada 180 días, y en vacunar cada seis meses contra enfermedades comunes en la zona como derriengue, fiebre carbonosa, carbón sintomático, y participación en la campaña zoonosaria Brucela-Tuberculosis Bovina.

El empadre generalmente es continuo con monta natural. Las instalaciones y equipo de estas UP son muy básicas o limitadas, desde su inexistencia *per se*, hasta el deterioro o desuso. Aunque la UP 4, 7 y 9 se ubican en el NT bajo (Cuadro 3), existieron dos diferencias fundamentales entre ellas; la primera en que la 4 y 7 corresponden a UP particulares, mientras que la 9 es una UP manejada por una institución educativa; la segunda diferencia es que la 4 y 7, comparadas con la 9, mantienen constante el manejo de su hato; sin embargo, 4 y 7 no cuentan con el uso de tecnología necesario para ubicarlos en un nivel tecnológico más alto. Por otro lado, 9 por cuestiones administrativas propias de la Institución, ocasionó que se perdiera la continuidad en el uso de tecnología en la UP y que se limitara el manejo del CLT.

Nivel tecnológico medio (11-15 puntos)

El 44.4% de las UP se manejan con un nivel tecnológico medio, dado que suplementan a vacas y becerros con ensilado, alimento comercial y sales minerales, de manera controlada, es decir, de forma selectiva, para animales en producción o en temporada de escasez de pasturas. El ordeño de las vacas se realiza con apoyo de la cría para facilitar el descenso de la leche y dejan al becerro mamar la leche residual hasta el destete, realizado entre los 7 y 8 meses de edad. Después del destete, las hembras y machos se envían al potrero, las primeras para alcanzar la edad y peso para su primer servicio, y los segundos, algunos se venden para el abasto y otros se conservan como sementales.

El ganado se mantiene con pastoreo rotacional o extensivo en potreros principalmente con pasto estrella de África, llanero, señal, insurgente, pangola (*Digitaria decumbens*) y Tanzania.

El 80% de las UP destinan áreas dentro de sus ranchos para sembrar caña de azúcar y maíz, con la finalidad de conservar forraje para los animales. Las prácticas sanitarias consisten en la desparasitación interna y externa cada 180 días y de dos a tres veces al año, respectivamente. Vacunan a los animales cada seis meses contra enfermedades comunes en la zona como derriengue, fiebre carbonosa y carbón sintomático; algunos (75%) realizan diagnóstico de mastitis mediante la prueba de California y 100% participan en la campaña zoonosaria de Brucela-Tuberculosis Bovina; también llevan registros productivos y reproductivos del hato.

El empadre es continuo con monta natural, pero también el 100% de los ganaderos emplean la inseminación artificial, para lo cual, cuentan con instalaciones y equipos adecuados, aunque no de alta tecnología.

Las UP 1, 3 y 6, se han dedicado muchos años a la crianza de la raza CLT, por lo tanto, cuentan con suficiente experiencia en su manejo (Cuadro 3). El productor de la 1, por cuestiones de salud dejó de dar continuidad al manejo que hacía en su UP, lo cual disminuyó el uso de tecnologías; los productores de la UP 3 y 6 por cuestiones económicas personales disminuyeron la inversión en el rancho y solo mantuvieron el manejo necesario para que la UP sea funcional y rentable. En el caso de la UP 5 es administrada por una Institución de investigación, cuyo compromiso es difundir la raza y generar conocimientos sobre su uso y aprovechamiento, para demostrar las bondades productivas y reproductivas del ganado CLT bajo condiciones de manejo similares a las utilizadas por la mayoría de los productores con ganado de DP en la región, y en general a las usadas en la ganadería lechera tropical, donde existe poco uso y disponibilidad de insumos para la producción y el manejo tecnológico es limitado. Por ello, su nivel tecnológico no fue mayor.

Nivel tecnológico alto (16-20 puntos)

El 22.3% de las UP se manejan con un nivel tecnológico alto. El manejo consiste en complementar con ensilado, alimento balanceado y sales minerales a libre acceso y de manera permanente a vacas y becerros. El ordeño de las vacas es con ordeñadora mecánica, controlan el amamantamiento y crían artificialmente a los becerros que se destetan entre los tres y seis meses de edad; posteriormente, las hembras y machos se envían al potrero, las primeras para alcanzar la edad y peso para su primer servicio y los machos, algunos se venden para el abasto y otros se conservan como sementales.

El ganado se mantiene en potreros con pasto estrella de África, llanero, señal, insurgente y Tanzania; destinan áreas para sembrar maíz para conservar forraje y suplementar a los animales.

La sanidad consiste en la desparasitación interna y externa cada 180 días y de dos a tres veces al año, respectivamente. Vacunan cada seis meses contra derriengue, fiebre carbonosa y carbón sintomático; diagnostican mastitis con la prueba de California, y participan en la campaña zoonosanitaria de Brucela-Tuberculosis Bovina.

Cuentan con registros productivos y reproductivos del hato, el empadre es controlado con monta natural e inseminación artificial, y cuentan con instalaciones y equipos en buenas condiciones de uso y nivel tecnológico.

Aunque las UP 2 y 8 (Cuadro 3) usan tecnologías similares, el productor de la UP 2 al momento de la entrevista, estaba finalizando su proceso para ser miembro de la AMCROLET, por lo cual no tenía acceso a la información, apoyos y asesoría que ofrece dicha organización; el tamaño de su UP es menor, menos animales y tiempo de experiencia en el manejo y uso de la raza CLT. Por el contrario, el productor de la UP 8 es socio de la AMCROLET y cuenta con todos los beneficios que brinda dicha organización; es un productor con tradición ganadera, su UP es de las más grandes de

la región, amplia experiencia en el manejo de la raza y cuenta con recursos económicos para implementar manejos sofisticados y tener alta producción.

Las diferencias encontradas en los NT (alto, medio y bajo) entre las UP (pastizales, alimentación, registros, manejo, sanidad, reproducción, instalaciones y equipo), son atribuibles principalmente a la heterogeneidad existente entre los productores en regiones tropicales (Magaña *et al.*, 2006; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009). Estas diferencias radican principalmente en la utilización de componentes tecnológicos, finalidad productiva (leche, carne y DP), superficie pecuaria, unidades animal, carga animal, venta de animales por año y si la UP pertenece a un particular o a una Institución, según sea el caso (Espinoza-García *et al.*, 2000; Gómez *et al.*, 2002; Magaña *et al.*, 2006; Vilaboa y Díaz, 2009; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012a); estos aspectos confieren particularidades en los procesos de innovación, adopción de tecnología y rentabilidad de la UP (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009; Vilaboa y Díaz, 2009).

Información técnico-productiva de edad y peso a la pubertad según nivel tecnológico

La información técnico-productiva relacionada con la edad y peso a la pubertad en hembras CLT fue diferente según el NT (bajo, medio y alto) (Cuadro 5). Las hembras en las UP con NT bajo presentan la pubertad a mayor edad comparadas con las UP con NT medio y alto, lo cual causa que la edad al primer servicio sea mayor. A su vez, las hembras en UP con NT medio la pubertad la presentan a menor edad comparadas con las UP con NT bajo, pero a mayor edad que las hembras manejadas en UP con NT alto (Cuadro 5).

El peso a la pubertad de las hembras en UP con NT bajo es menor comparadas con las manejadas en UP con NT medio, pero mayor que las de UP con NT alto, debido a que las hembras en UP con NT alto presentan la pubertad a edad más joven comparadas con las UP con NT bajo y medio, y por lo tanto tienen menos peso. Estas diferencias se atribuyen al NT y al manejo nutricional, que cada UP somete a sus becerras, antes y

después del destete (González-Stagnaro *et al.*, 2007), sugiriendo que la alimentación es uno de los factores más importantes que determina la edad y peso a la pubertad de las hembras CLT.

El promedio de edad, peso a la pubertad y primer servicio de las hembras CLT según la información técnico-productiva de los productores (Cuadro 5), indica que su pubertad se alcanza a una edad más joven y por lo tanto inician su vida productiva antes, comparadas con otras razas presentes en el trópico, en donde la edad y peso a la pubertad se reporta que es mayor a los 30 meses y con pesos de 300 a 350 kg, y ocasiona que el primer parto se tenga a los 42±6 meses (Villa-Godoy, 1996; Vite *et al.*, 2007). Lo anterior, muestra la precocidad de las hembras CLT manejadas en el trópico.

Cuadro 5. Promedio de edad, peso a la pubertad y primer servicio de vaquillas Criollo Lechero Tropical en las unidades de producción según nivel tecnológico.

Variable	Nivel tecnológico			Promedio
	Bajo 4, 7 y 9	Medio 1, 3, 5 y 6	Alto 2 y 8	
Edad a la pubertad (m)	20.0±3.0	18.2±1.64	15.0±1.6	18.1±3.9
Peso a la pubertad (kg)	280.0±33.3	286.3±20.0	260.0±35.0	278.0±25.5
Edad al primer servicio (m)	22.1±2.0	20.6±2.0	17.5±1.5	20.0±2.0

1.4. Conclusiones

El manejo zootécnico que recibe el ganado Criollo Lechero Tropical propiedad de los socios de la AMCROLET es similar a la de otras razas presentes en el trópico. En promedio, la edad y peso a la pubertad de las vaquillas es de 18.1±3.9 m y 278±25.5 kg, la cual es menor en las hembras manejadas en unidades de producción con nivel tecnológico alto. La alimentación de las vaquillas es uno de los principales factores que afecta la edad a la pubertad y al primer servicio de las hembras Criollo Lechero Tropical.

1.5. Literatura citada

- Abadi-Ghadim, A.K., and Pannell, D.J. 1999. A conceptual framework of adoption of an agricultural innovation. *Agriculture and Economic* 21: 145-154.
- Absalón-Medina, V.A., Blake, R.W., Fox, D.G., Juárez-Lagunes, F.I., Nicholson, Ch.F., Canudas-Lara, E.G., and Rueda-Maldonado, B.L. 2012. Limitations and potentials of dual-purpose cow herds in central coastal Veracruz, México. *Tropical Animal Health and Production* 44: 1131-1142.
- AMCROLET (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Criollo Lechero Tropical). 1998. Reglamento Técnico de la Asociación Mexicana de Criadores de ganado Romosinuano y Lechero tropical. 12 p.
- AMCROLET (Asociación Mexicana de Criadores de Ganado Romosinuano y Criollo Lechero Tropical). 2010. Archivo inventario bovino octubre 2010. Veracruz, México. 34 p.
- Basurto, C.H. 1997. Sincronización del estro en bovinos del trópico *In: Memorias del Curso de Farmacología y su Aplicación en la Clínica Bovina*. México, D.F. Colegio de Médicos Veterinarios Zootecnistas del D.F. México. pp: 11-19.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Precipitación y temperatura media anual. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/>. Consultado en diciembre, 2014.
- Casas, E., y Tewolde, A. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 9: 63-67.
- Cruz-Uribe, F. 2011. Tendencias para la producción bovina mundial. *Revista Ciencia Animal* 4: 97-103.
- Dávila, A. 1999. Métodos y técnicas cualitativas de investigación en ciencias sociales. Delgado J. M. y J. Gutiérrez (coordinadores). Síntesis, Madrid. 10 p.
- De Alba, J. 2011. Los Criollos Lecheros Tropicales. *In: El libro de los bovinos criollos de América*, J. de Alba Martínez. Biblioteca Básica de Agricultura (Colegio de Postgraduados), Ediciones Papiro Omega S.A. de C.V. pp: 91-156.
- De Alba, J., and Kennedy, B.W. 1994. Genetic parameters of purebred and crossbred Milking Criollos in tropical Mexico. *Animal Production* 58: 159-165.
- Doorman, F., Miranda R.F., De Nie C., Ooijens J., Ovares R.L., Ramírez A.C., Sáenz C. C., y Sancho B.E. 1991. La metodología del diagnóstico en el enfoque "Investigación Adaptativa". *In: Guía para la ejecución de un diagnóstico con énfasis*

en el análisis de finca del pequeño productor agropecuario. Universidad Nacional Heredia, Costa Rica. Universidad Estatal de Utrecht, Holanda. IICA, San José Costa Rica. pp: 42-43.

Espinoza-García, J.A., Matus-Gardea, J.A., Martínez-Damián, M.A., Santiago-Cruz, M.J., Román-Ponce, H., y Bucio-Alanís, L. 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 34: 651–661.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2002. Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios (RGP) de México. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/.../InfoRGPEcuariosM.aspx. Consultado en Mayo, 2013.

Frisch, J. E. 1999. Towards a permanent solution for controlling cattle ticks. *International Journal for Parasitology* 29: 57-71.

García, E. 1981. Ubicación geográfica, clima y precipitación. *In: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen*. 3a Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. pp: 143-201.

Gómez, C.H., Tewolde, A.M., y Nahed, J.T. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 10: 175-183.

González-Cerón, F., Becerril-Pérez, C.M., Torres-Hernández, G., y Díaz-Rivera, P. 2009. Garrapatas que infestan regiones corporales del bovino Criollo Lechero Tropical en Veracruz, México. *Agrociencia* 43: 11-19.

González-Stagnaro, C., Madrid-Bury, N., Goicochea-Llaque, J., González-Villalobos, D., y Rodríguez-Urbina, M.A. 2007. Primer servicio en novillas de doble propósito. *Revista Científica, FCV-LUZ* 17: 39-46.

Magaña, M.J.G., Ríos, G.A., y Martínez, J.C.G. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México, *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14: 105-114.

Peña, M., Urdaneta, F., Arteaga, G., y Casanova, A. 1999. Características personales y actitudinales del productor gerente de empresas de ganadería bovina de doble propósito en los municipios Rosario y Machiques de Perijá. *Revista Facultad Agronomía* 16: 259-264.

Silva, D., Rincón, N., Pérez, Y., Peña, M., y Urdaneta, F. 2007. Nudos críticos de procesos gerenciales en unidades de producción de ganadería de doble propósito del municipio Machiques de Perijá, estado Zulia. *Revista Facultad Agronomía* 24: 547-576.

- Vilaboa, J., Díaz, P. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical* 27: 427-436.
- Vilaboa-Arroniz, J., Díaz-Rivera, P., Ruiz-Rosado, O., Platas-Rosado, D.E., y González-Muñoz, S., Juárez-Lagunes, F. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 53-62.
- Vilaboa-Arroniz, J., Quirós-Madrugal, O., Díaz-Rivera, P., WingChing-Jones, R., Brower-Keating, N., y Zetina-Córdoba, P. 2012a. Los sistemas ganaderos con criollo lechero tropical (Reyna) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 23: 167-178.
- Vilaboa-Arroniz, J., Quirós-Madrugal, O.J., Díaz-Rivera, P., y Zetina-Córdoba, P. 2012b. Situación del bovino criollo lechero tropical (CLT) en México, Nicaragua y Costa Rica. *Archivos de Zootecnia* 61: 31-39.
- Villa-Godoy, A. 1996. Problemas reproductivos en el ganado de doble propósito mantenido en el trópico húmedo de México. Soluciones generadas a través de la investigación. Memorias. *In: XIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias*. Acapulco, Gro., México. pp: 536-537.
- Vite, C., López, R., García-Muñiz, J.G., Ramírez, R., Ruíz, A., y López, R. 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. *Veterinaria México* 38: 63-79.

CAPÍTULO II. EDAD Y PESO A LA PUBERTAD EN VAQUILLAS CRIOLLO LECHERO TROPICAL CON Y SIN COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar si la complementación alimenticia reduce la edad y mejora el peso a la pubertad de vaquillas Criollo Lechero Tropical (CLT) al mejorar su ganancia de peso, dinámica folicular, tasa de ovulación y la concentración de progesterona (P_4) en sangre. Se utilizaron 19 hembras CLT prepúberes de 8 y 10 meses (m) de edad, distribuidas en cuatro tratamientos en un arreglo factorial 2x2, donde los factores fueron: edad de la vaquilla (8 y 10 m) y complementación alimenticia (Con y Sin). T1) vaquillas de 8 m de edad con complementación alimenticia (CCA, n=5); T2) vaquillas de 8 m de edad sin complementación alimenticia (SCA, n=5); T3) vaquillas de 10 m de edad CCA (n=5); y T4) vaquillas de 10 m de edad SCA (n=4). A las vaquillas se les examinó los ovarios con ultrasonografía para caracterizar los cambios en las estructuras ováricas, y se les tomó muestras sanguíneas para medir la concentración plasmática de P_4 mediante radioinmunoensayo. La edad a la pubertad se determinó al detectar por ultrasonido un cuerpo lúteo indicativo de ovulación seguido de un incremento en la concentración de $P_4 \geq 1 \text{ ng mL}^{-1}$ en dos muestreos consecutivos. Todos los animales se pesaron cada 22 días desde el inicio del experimento hasta que ovularon para determinar sus cambios de peso corporal y su ganancia de peso. El peso inicial de las vaquillas varió de acuerdo a la edad, siendo más bajo en las de los T1 y T2 en contraste con las de los T3 y T4. La ganancia de peso (g/d) y ganancia de peso total (kg) fue mayor ($P < 0.05$) para las vaquillas de T1 y T3, comparado con las de T2 y T4. El 100% de las vaquillas de T3 presentaron la pubertad contra 0% en las de T1, T2 y T4. El peso y edad a la pubertad de las vaquillas en T3 fue de $301.6 \pm 1.2 \text{ kg}$ y $16.5 \pm 0.5 \text{ m}$, respectivamente. El número, diámetro folicular (mm) y la concentración de P_4 (ng mL^{-1}) en sangre fue mayor ($P < 0.05$) en las vaquillas del T1 y T3 comparado con las de T2 y T4. La complementación alimenticia a vaquillas de 10 m de edad (T3) reduce la edad a la pubertad al mejorar la ganancia diaria de peso, peso total, desarrollo folicular y aumentar la concentración de P_4 en sangre. Lo mismo se observa en vaquillas de 8 m de edad (T1), pero no logran ovular y presentar la pubertad.

Palabras clave: CLT, nutrición, ovulación, dinámica folicular.

**AGE AND WEIGHT OF PUBERTY IN CRIOLLO LECHERO TROPICAL HEIFERS
WITH AND WITHOUT FOOD COMPLEMENTATION
ABSTRACT**

The aim of this study was to determine the effect of dietary complementation on weight gain, follicular dynamics, ovulation rate, concentration of progesterone (P₄) levels as well as age and weight at puberty in heifers Criollo Lechero Tropical (CLT). Old heifer (8 and 10 months) and feed supplementation (with and without): 19 CLT prepubertal females aged 8 and 10 months of age, over four treatments in a 2x2 factorial arrangement, where the factors were used. T1) with food supplementation to calves aged 8 months (CCA, n=5); T2) No food supplementation to calves aged 8 months (SCA, n=5); T3) calves aged 10 months with food supplementation CCA (n=5); and T4) calves age of 10 months no food supplementation SCA (n=4). A heifers ovaries were examined with ultrasonography to characterize changes in ovarian status, and blood samples were taken to determine plasma P₄ concentrations by radioimmunoassay. Ovulation was determined when P₄ concentrations were ≥ 1 ng mL⁻¹ on two successive samples and by detection of a corpus luteum by ultrasound. All animals were weighed every 22 days from the start of the experiment until ovulated to determine their body weight changes and weight gain. The initial weight of heifers varied according to age, being lower in heifers 8 months of T1 and T2 in contrast with to T3 and T4. The weight gain (g/d) and total weight gain (kg) was higher (P<0.05) for heifers in T1 and T3 compared to T2 and T4. 100% of heifers of T3 presented puberty against 0% in heifers of T1, T2 and T4. The weight and age at puberty in heifers T3 was 301.6±1.2 kg and 16.5±0.5 months, respectively. The number and diameter (mm) follicle was greater (P<0.05) in heifers of T1 and T3 compared to T2 and and T4. P₄ concentration (ng mL⁻¹) levels were also higher (P<0.05) in heifers of T1 and T3 compared to T2 and T4. Dietary supplementation of heifers aged 10 months (T3), allowed presented puberty to improve weight gain, total weight gain, follicular development and increase the blood concentration of P₄. The same is observed in heifers 8 months of age (T1), but not ovulation and presentation of puberty is achieved.

Keywords: CLT, nutrition, ovulation, follicular dynamics.

2.1. Introducción

La pubertad en la hembra bovina es la culminación de una serie de eventos que resultan en la presencia del celo, acompañado de la ovulación y una función lútea normal (Day y Anderson, 1998). Esta etapa fisiológica tiene especial importancia económica y productiva, ya que las novillonas con pubertad a edad temprana tienen menor costo que las de edad tardía (De la Torre, 2007; Tewolde, 2007; Evans y Rawlings, 2010) y las que tienen su primer becerro alrededor de los dos años de edad, producen más becerros en su vida que las de tres años o más (Yelich *et al.*, 1995; Ciccioli *et al.*, 2005).

Para que la pubertad se presente en el menor tiempo posible, es necesario considerar la interrelación de varios factores, entre ellos el manejo, la nutrición (De la Torre, 2007; Evans y Rawlings, 2010), peso (Gasser, 2006d), raza (Nogueira, 2004), edad, clima y las enfermedades (Faure y Morales, 2003). Estos factores son de importancia en el trópico, ya que las características propias del ambiente causan que la pubertad se presente en las novillonas después de los 30 m, lo que ocasiona baja eficiencia reproductiva al tener su primer parto entre los 42±8 m (Vite *et al.*, 2007; Maquivar y Galina, 2010).

Lo anterior se ha reportado en genotipos bovinos de razas cebuinas, europeas y sus cruza *B. taurus/B. indicus* (Vaccaro *et al.*, 1993; Corro *et al.*, 1999). Las primeras, aunque tienen buena capacidad de adaptación al trópico, han perdido productividad y precocidad (Nogueira, 2004); las segundas, son razas europeas especializadas que tienen dificultades de adaptación a ambientes tropicales (Suárez *et al.*, 2006) y las terceras aún y cuando han demostrado cierta mejoría por su vigor híbrido, no han ofrecido una solución a la problemática de la ganadería tropical, principalmente por sus índices productivos inconsistentes (Gómez *et al.*, 2002; De Alba, 2011).

Una alternativa a la problemática anterior mencionada es el uso del ganado Criollo Lechero Tropical (Montiel-Urdaneta, 1993; Tewolde, 1993; Casas y Tewolde, 2001; De

¹Severino, V.H., Pérez, P., Montiel, F., Rosendo, A. 2014. Caracterización del sistema de ganado Criollo Lechero Tropical y determinación de edad y peso a la pubertad en hembras. Datos sin publicar.

Alba, 2011). Un estudio realizado recientemente por Severino *et al.* (2014)¹ indicaron que las vaquillas CLT propiedad de socios de la AMCROLET, presentan la pubertad a una edad promedio de 20.0 ± 3.0 , 18.2 ± 1.64 y 15.0 ± 1.6 m dependiendo del nivel tecnológico utilizado (bajo, medio y alto, respectivamente) y con pesos vivos de 280.0 ± 33.3 (bajo), 286.3 ± 20.0 (medio) y 260.0 ± 35.0 kg (alto), indicando que la alimentación es el principal factor que la afecta, y sugiriendo que esta raza tiene precocidad y capacidad de adaptación en regiones tropicales.

Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar si la complementación alimenticia a vaquillas de 8 y 10 m de edad reduce la edad a la pubertad al mejorar la ganancia diaria de peso, el peso corporal, la dinámica folicular, tasa de ovulación y la concentración de progesterona en sangre.

2.2. Materiales y métodos

Ubicación geográfica de la unidad de producción

El estudio se realizó en la unidad de producción (UP) ubicada en Ixtacomitán, Tabasco, México, localizada a $17^{\circ} 96' 67''$ latitud Norte y $92^{\circ} 96' 67''$ longitud Oeste, a una altura de 10 msnm, con clima tropical húmedo, temperatura y precipitación media anual de 26.4°C y 1,500 mm, respectivamente (García, 1981; CONAGUA, 2014).

Características de las hembras bovinas CLT experimentales

Se seleccionaron 19 hembras CLT prepúberes de 8 y 10 m de edad, identificadas conforme a los registros existentes y mantenidas con el manejo habitual de la UP con respecto a la alimentación (pastoreo) y sanidad (desparasitación interna y externa cada 180 días y de dos a tres veces al año, respectivamente; vacunación cada seis meses contra derriengue, fiebre carbonosa y carbón sintomático). Las hembras, se identificaron con numeración progresiva según el orden de inclusión en el estudio y se distribuyeron al azar.

Factores, tratamientos y diseño experimental

Los dos factores considerados fueron: edad de la vaquilla (8 y 10 m) y complementación alimenticia (Con y Sin), que produjeron cuatro tratamientos: T1) becerras de 8 m con complementación alimenticia (CCA; n=5); T2) becerras de 8 m sin complementación alimenticia (SCA; n=5); T3) becerras de 10 m CCA (n=5); y T4) becerras de 10 m SCA (n=4). El diseño experimental fue un arreglo factorial 2x2.

Las becerras con complementación alimenticia (T1 y T3) se mantuvieron en potreros con pasto señal (*Brachiaria decumbens*) y estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), y se les proporcionó complementación alimenticia con alimento balanceado comercial (18% de proteína cruda), a razón de 2 kg por animal/día y sales minerales a libre acceso (8% de fósforo) desde su inclusión en el estudio hasta que algún grupo de las vaquillas presentaron la pubertad. Las becerras sin complementación alimenticia (T2 y T4) tuvieron el mismo manejo que las de T1 y T3, con excepción del complemento alimenticio.

Variables de estudio

Las variables estudiadas fueron peso inicial, ganancia diaria de peso, ganancia de peso total, peso y edad a la pubertad, dinámica folicular, ovulación y concentración de progesterona en sangre.

Peso inicial, ganancia de peso, ganancia de peso total y peso a la pubertad

El peso inicial se determinó pesando las becerras al inicio del estudio y posteriormente cada 22 días hasta el final del tratamiento; con esta información se determinó la ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y peso a la pubertad.

Dinámica folicular y ovulación

Para determinar la dinámica folicular, se consideraron ciclos de 22 días durante los cuales a cada una de las becerras bajo estudio se les examinó las estructuras ováricas por ultrasonografía transrectal dos veces por semana a partir del día 1 (inicio del estudio) al 17, y de manera continua los días 18 a 22. Estos ciclos de evaluación ultrasonográfica se continuaron hasta detectar la ovulación en alguno de los grupos, indicativo del inicio de la pubertad.

Para caracterizar los cambios en las estructuras ováricas, en cada evaluación se midieron los folículos presentes y se determinó la talla folicular y la presencia de un folículo dominante. Las becerras que presentaron folículo dominante de 12 a 15 mm de diámetro y que a la siguiente evaluación ultrasonográfica éste ya no se observó, se les realizó ultrasonografía en los días +7 y +14 a partir de la desaparición del folículo, para confirmar la ovulación mediante la detección de un cuerpo lúteo (CL). En caso de no encontrar un CL se reinició la evaluación de ciclos cada 22 días.

Para monitoriar la dinámica folicular se utilizó un ultrasonido portátil Universal modelo UMS 900, con un transductor transrectal de 7.0 MHz, el cual se insertó por vía rectal y se colocó a lo largo de la superficie dorsal del cuerno del útero. Posteriormente, se realizaron movimientos laterales para examinar los ovarios. El tracto reproductivo no se manipuló directamente antes o durante el examen ultrasonográfico (Ginther *et al.*, 1989; Taylor *et al.*, 1993).

Toma de muestras de sangre y determinación sérica de progesterona

A todas las hembras se les determinó la concentración sérica de progesterona para confirmar la presencia y funcionalidad del CL, tomando como criterio que la concentración de P₄ fuera ≥ 1 ng mL⁻¹ en dos muestreos consecutivos. Los muestreos sanguíneos se realizaron en los mismos días de las evaluaciones ultrasonográficas, mediante la punción de la vena coccígea, con aguja calibre 21G x 38 mm y tubos

Vacutainer® de 6 ml sin anticoagulante. Las muestras se centrifugaron a 2,500 rpm por 10 min en un tiempo no mayor a 4 h, con la finalidad de separar el suero y hacer alícuotas que se congelaron a -20°C hasta la determinación de la concentración de progesterona por radioinmunoensayo en fase sólida.

Análisis estadístico

Para determinar el efecto de tratamiento en la ganancia diaria de peso, ganancia de peso total, peso y edad a la pubertad, se realizaron análisis de varianza en un arreglo factorial 2x2. Los resultados de la actividad folicular y concentración sérica de progesterona se evaluaron por un análisis univariado de medidas repetidas, considerando como covariables peso inicial, ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y peso a la pubertad. La tasa de ovulación se analizó con una prueba de Chi-cuadrada; y para determinar el efecto del peso inicial, ganancia de peso, ganancia de peso total, peso a la pubertad y tratamiento sobre la tasa de ovulación, se realizó una regresión logística. Todas estas pruebas se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences V. 10).

2.3. Resultados y discusión

Cambios en peso corporal

El peso inicial de las vaquillas varió de acuerdo a la edad, siendo más bajo en las vaquillas de 8 m (151.2±8.2 kg y 152.7±7.3 kg, para T1 y T2 respectivamente), en contraste con aquel de las vaquillas de 10 m que fue de 216.1±7.0 para el T3 y de 212.5±6.8 kg para el T4. La complementación alimenticia mejoró ($P<0.05$) la ganancia de peso (g/d) y ganancia de peso total (kg) en las vaquillas con complementación alimenticia (0.516±0.06 y 92.8±7.3 en T1, y 0.538±0.09 y 96.8±5.5 en T3, respectivamente) con respecto a las sin complementación alimenticia (0.300±0.05 y 54.2±0.5 en T2, y 0.323±0.05 y 58.1±5.2 en T4, respectivamente), confirmando que la complementación alimenticia en becerras CLT de 8 y 10 m de edad, mejora su ganancia

diaria de peso y los cambios en peso corporal, tal como ha sido reportado por otros autores (Gasser *et al.*, 2006a,b,d; Maquivar *et al.*, 2010).

Edad y peso a la pubertad

La complementación alimenticia de las vaquillas a los 10 m de edad permitió que el 100% de ellas presentarán su pubertad a los 16.5 ± 0.5 m y con un peso promedio de 301.6 ± 1.2 kg, comparado con 0% en vaquillas con complementación alimenticia a los 8 m de edad, y vaquillas sin complementación alimenticia de 8 y 10 m de vida (Figura 2 y 3). Aun cuando las hembras de 8 m con complementación alimenticia tuvieron mayor ganancia de peso y ganancia de peso total que las hembras sin complementación, éstas no ovularon en el periodo de estudio, debido a que no tuvieron el tiempo suficiente para alcanzar las condiciones físicas (peso) necesarias para ovular (Faure y Morales, 2003; Perry, 2012). Lo anterior, sugiere que las vaquillas CLT requieren de un peso y edad mínimo para presentar la pubertad, y que en este estudio es de 17 m y 301 kg en promedio.

Los beneficios de la mejora en la alimentación de las vaquillas en la ganancia de peso y edad a la pubertad se ha documentado en razas *B. taurus* (Gasser *et al.*, 2006a,b,d), *B. indicus* (Nogueira, 2004; Romano *et al.*, 2007) y *B. taurus/B. indicus* (Grajales *et al.*, 2006; Maquivar *et al.*, 2010). Así, se ha observado aumento temprano en la frecuencia de pulsos de LH (16 ± 6 vs 3 ± 1 pulsos/24 h), folículos de mayor tamaño (12.02 ± 1.1 vs 10.85 ± 1.0 mm), mayor número de ondas foliculares (2.7 ± 0.05 vs 2.0 ± 0.05) y mayor secreción de estrógenos (4.13 ± 1.11 vs 2.04 ± 0.82 pg/ml) en novillonas *B. taurus* complementadas con alimento *versus* testigo, respectivamente (Honaramooz *et al.*, 1999; Gasser *et al.*, 2006a,b,c). Sin embargo, los mecanismos exactos mediante los cuales la complementación alimenticia y las ganancias de peso (condición corporal) contribuyen a disminuir la edad a la pubertad no están bien definidos (Maquivar y Galina, 2010). No obstante, la suplementación alimenticia en becerras CLT, resultó ser una herramienta eficaz para aumentar las ganancias de peso y reducir la edad a la pubertad en vaquillas de 10 m de edad.

La información sobre la edad y peso a la pubertad en hembras CLT es limitada (de Alba, 2011); sin embargo, se ha reportado que vaquillas de esta raza manejadas en condiciones de pastoreo alcanzan la pubertad a una edad más joven y con menor peso comparado con otras razas *B. taurus* y *B. indicus* (Valverde-Saenz *et al.*, 2008; De Alba, 2011). Los resultados obtenidos en este estudio, aunados a los de Severino *et al.* (2014)¹ indican que el CLT es una raza precoz, en relación con lo reportado en condiciones tropicales de *B. taurus*, *B. indicus* y *B. taurus/B. indicus* con edad y peso a la pubertad de 22 a 36 m y 350 a 370 kg, respectivamente (Orrego *et al.*, 2003; Vite *et al.*, 2007; Maquivar y Galina, 2010).

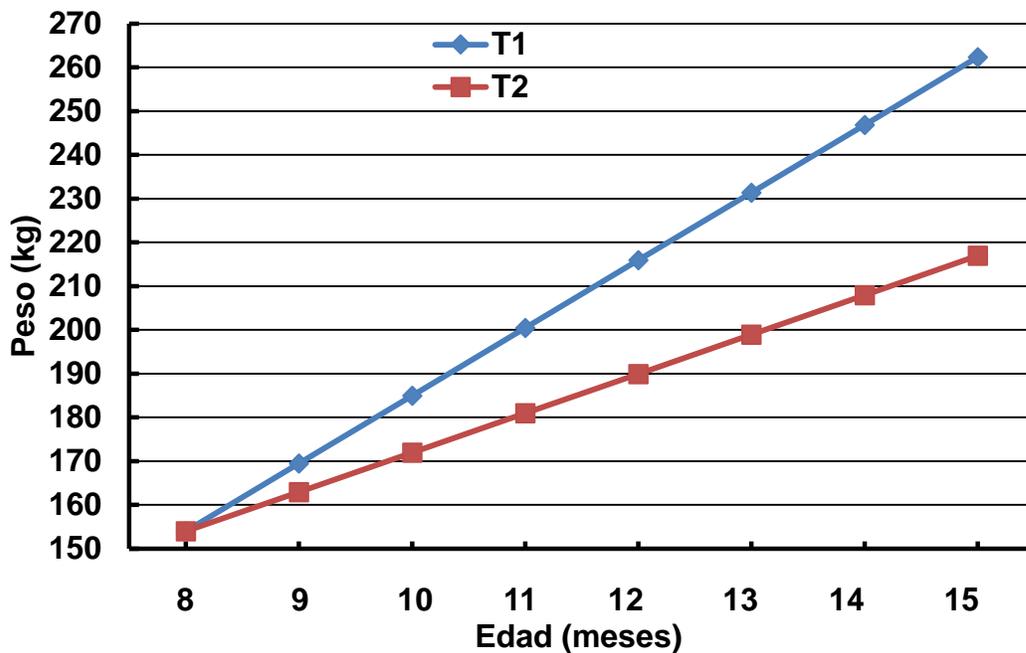


Figura 2. Cambios en peso corporal de becerras CLT de 8 meses (T1; con complementación alimenticia y T2; sin complementación alimenticia).

¹Severino, V.H., Pérez, P., Montiel, F., Rosendo, A. 2014. Caracterización del sistema de ganado Criollo Lechero Tropical y determinación de edad y peso a la pubertad en hembras. Datos sin publicar.

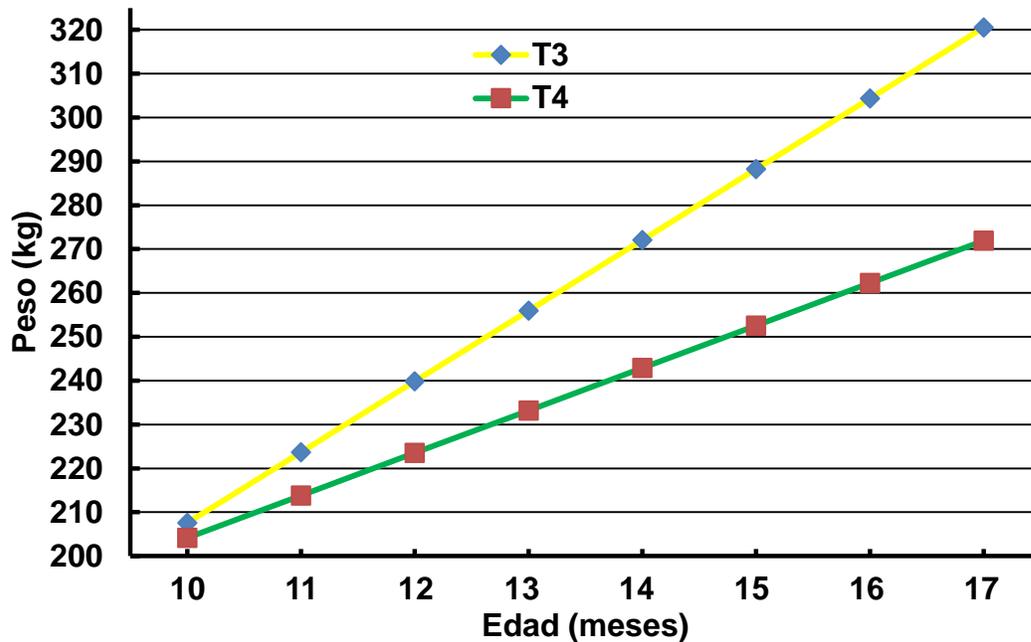


Figura 3. Cambios en peso corporal de becerras CLT de 10 meses (T3; con complementación alimenticia y T4; sin complementación alimenticia).

Dinámica Folicular

La complementación alimenticia a vaquillas de 8 y 10 m de edad mejoró la dinámica folicular, observándose mayor ($P < 0.05$) número de folículos y tamaño del folículo (mm) (128 ± 10.0 y 7.8 ± 2.1 en T1, y 152 ± 12.0 y 11.0 ± 2.5 en T3, respectivamente) con respecto a las de sin complementación alimenticia (97 ± 5.0 y 4.3 ± 1.9 en T2, y 115 ± 6.0 y 6.7 ± 2.0 en T4, respectivamente), lo cual coincide con lo reportado por Romano *et al.* (2007), quienes en novillonas *B. indicus* alimentadas con una dieta alta en energía tuvieron mejor desarrollo folicular (10.52 ± 0.33 mm) con respecto a las alimentadas con una dieta baja en energía (9.76 ± 0.15 mm). A su vez, Gasser *et al.* (2006b) encontraron diferencias en el desarrollo folicular de novillonas *B. taurus* complementadas (13.4 ± 0.4 mm) con las no complementadas (11.1 ± 0.3 mm). Los resultados anteriores muestran que el manejo y el estatus nutricional de becerras en desarrollo antes de la pubertad es muy importante para un mejor crecimiento folicular y desempeño reproductivo (Maquivar *et al.*, 2010; González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, 2012).

Ovulación

Las vaquillas con complementación alimenticia de 10 m de edad fueron las que ovularon y presentaron la pubertad, lo cual es diferente a lo reportado por Maquivar *et al.* (2010) con novillonas *B. taurus/B. indicus* con y sin complementación alimenticia que ovularon el 77 y 57%, respectivamente; a una edad de 673 ± 146 días y peso promedio de 340 kg, lo que se atribuyó a las ganancias de peso y mejor condición corporal de los animales con complementación alimenticia.

La diferencia en los resultados obtenidos en estos estudios, se debe a que la mayoría de las vaquillas CLT utilizadas en el presente estudio no tuvieron el tiempo suficiente para alcanzar las condiciones físicas (peso) necesarias para ovular, dado que el experimento finalizó cuando las vaquillas ovularon en uno de los grupos en estudio. Lo anterior, debido a que las novillonas requieren un peso específico (45 a 60% de su peso adulto en *B. taurus* y *B. indicus*) para ovular por primera vez y llegar a la pubertad (Faure y Morales, 2003; Perry, 2012).

Producción de progesterona

La concentración de P_4 en sangre fue mayor ($P < 0.05$) en las vaquillas de 8 y 10 m con complementación alimenticia (0.29 ± 0.06 en T1 y 1.69 ± 0.27 ng mL⁻¹ en T3) con respecto a las alimentadas con pasto (0.12 ± 0.01 en T2 y 0.19 ± 0.05 en T4). Las vaquillas de 10 m de edad y con complementación alimenticia fueron las únicas que ovularon y por lo tanto presentaron la pubertad. Los resultados obtenidos en este estudio, son similares a lo observado en la raza Avileña Negra-Ibérica antes de la pubertad y diferente en pospubertad (0.34 ± 0.28 y 2.42 ± 2.0 ng mL⁻¹, respectivamente) (González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, 2012). Lents *et al.* (2011) reportaron en novillonas *B. taurus* de 9.1 ± 0.1 y 12.3 ± 0.1 m de edad diferencias en la concentración de progesterona entre las hembras que permanecieron sin complementación alimenticia (< 1 ng mL⁻¹) con respecto a las con complementación alimenticia (1.78 ± 0.18 ng mL⁻¹), indicando que la concentración de progesterona en sangre está relacionado positivamente con las

ganancias de peso y condición corporal de los animales, durante la etapa de desarrollo antes y después de la pubertad.

Es necesario realizar otros estudios, para determinar si la complementación alimenticia reduce la edad y mejora el peso a la pubertad de las hembras CLT, con un mayor número de unidades experimentales y disminuyendo el manejo de los animales para evitar estrés y extendiendo el tiempo del experimento para que los animales alcancen las condiciones físicas (peso corporal) necesarias y expresen su potencial reproductivo.

2.4. Conclusiones

La complementación alimenticia permite que vaquillas de 10 m de edad presenten la pubertad a los 16.5 ± 0.5 m y 301.6 ± 1.2 kg, al incrementar la ganancia diaria de peso y mejorar los cambios de peso corporal, el desarrollo folicular y aumentar la concentración de progesterona en sangre. La complementación alimenticia a vaquillas de 8 m de edad mejora la ganancia de peso, el desarrollo folicular y aumenta la producción de progesterona, pero no logra que las vaquillas presenten la pubertad a los 15 m de edad.

2.5. Literatura citada

Casas, E. y Tewolde, A. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 9: 63-67.

Ciccioli, N.H., Charles-Edwards, S.L., Floyd, C., Wettemann, R.P., Purvis, H.T., Lusby, K.S., Horn, G.W. and Lalman, D.L. 2005. Incidence of puberty in beef heifers fed high- or low-starch diets for different periods before breeding. Journal of Animal Science 83: 2653-2662.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Precipitación y temperatura media anual en el municipio de Centro, Tabasco. Disponible en: [www.conagua.gob.mx/.../CONAGUA01%20Programa%20Integral%20de%20Tabasco%20\(PIHT\).pdf](http://www.conagua.gob.mx/.../CONAGUA01%20Programa%20Integral%20de%20Tabasco%20(PIHT).pdf). Consultado en diciembre, 2014.

Corro, M., Rubio, I., Castillo, E., Galindo, L., Aluja, A., Galina, C.S. and Murcia, C. 1999. Effect of blood metabolites, body condition and pasture management on milk yield

- and postpartum intervals in dual-purpose cattle farms in the tropics of the State of Veracruz, Mexico. *Preventive Veterinary Medicine* 38: 101-117.
- Day, M.L. and Anderson, L.H. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science* 76: 1-15.
- De Alba, J. 2011. Los Criollos Lecheros Tropicales. *In: El libro de los bovinos criollos de América*, J. de Alba Martínez. Biblioteca Básica de Agricultura (Colegio de Postgraduados), Ediciones Papiro Omega S.A. de C.V. pp: 91-156.
- De la Torre, R. 2007. La reproducción de las razas criollas. Departamento de agricultura, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Consultado en febrero, 2013.
- Evans, A.C.O. y Rawlings, N.C. 2010. Fisiología de la pubertad de terneros y terneras. *Taurus, Bs. As.*, 12: 11-23. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/130_fisiologia_pubertad.pdf. Consultado en septiembre, 2012.
- Faure, R. y Morales, C. 2003. La pubertad de la hembra bovina: I. Aspectos fisiológicos. *Revista Salud Animal* 25: 13-19.
- García, E. 1981. Ubicación geográfica, clima y precipitación. *In: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 3a Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. pp: 143-201.
- Gasser, C.L., Grum, D.E., Mussard, M.L., Fluharty, F.L., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006a. Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science* 84: 2050-2056.
- Gasser, C.L., Burke, C.R., Mussard, M.L., Behlke, E.J., Grum, D.E., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006b. Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development. *Journal of Animal Science* 84: 2042-2049.
- Gasser, C.L., Bridges, G.A., Mussard, M.L., Grum, D.E., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006c. Induction of precocious puberty in heifers III: Hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science* 84: 2035-2041.
- Gasser, C.L., Behlke, E.J., Grum, D.E. and Day, M.L. 2006d. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. *Journal of Animal Science* 84: 3118-3122.
- Ginther, O.J., Kastelic, J.P., and Knopf, L. 1989. Composition and characteristics of follicular waves during the bovine estrous cycle. *Animal Reproduction Science* 20: 187-200.

- Gómez, C.H., Tewolde, A. y Nahed-Toral, J. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 10: 175-183.
- González-Stagnaro, C. y de la Fuente-Martínez, J. 2012. Pubertad en novillas de la raza Española Avileña-Negra Ibérica. Revista Científica, FCV-LUZ 22: 17-23.
- Grajales, H., Hernández, A. y Prieto, E. 2006. Edad y peso a la pubertad y su relación con la eficiencia reproductiva de grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. Livest. Resear. Rural Developmental 18: 1-20.
- Honaramooz, A., Cook, S.J., Beard, A.P., Bartlewski, P.M. and Rawlings, N.C. 1999. Nitric oxide regulation of gonadotrophin secretion in prepubertal heifers. Journal of Neuroendocrinology 11: 667-676.
- Lents, C.A., Randel, R.D., Stelzleni, A.M., Caldwell, L.C. and Welsh, T.H. Jr. 2011. Function of the corpus luteum in beef heifers is affected by acute submaintenance feeding but is not correlated with residual feed intake. Journal of Animal Science 89: 4023-4031.
- Maquivar, M. and Galina, C.S. 2010. Factors Affecting the readiness and preparation of replacement heifers in tropical breeding environments. Reproduction of Domestic Animals 45: 937-942.
- Maquivar, M.G., Galina, C.S., Galindo, J.R., Estrada, S., Molina, R., and Mendoza, G.D. 2010. Effect of protein supplementation on reproductive and productive performance in *Bos indicus* x *Bos taurus* heifers raised in the humid tropics of Costa Rica. Tropical Animal Health Production 42: 555-560.
- Montiel-Urdaneta, N.S. 1993. Edad y peso a la pubertad en novillas Criollo Limonero. Revista científica. FCV-LUZ 3: 5-13.
- Nogueira, G.P. 2004. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. Animal Reproduction Science 82-83: 361-372.
- Orrego, J., Delgado, A. y Echevarría, L. 2003. Vida productiva y principales causas de descarte de vacas holstein en la cuenca de lima. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú 14: 68-73.
- Perry, G.A. 2012. Physiology and endocrinology symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. Journal of Animal Science 90: 1172-1182.
- Romano, M.A., Barnabe, V.H., Kastelic, J.P., de Oliveira, C.A. and Romano, R.M. 2007. Follicular dynamics in heifers during pre-pubertal and pubertal period kept under two levels of dietary energy intake. Reproduction of Domestic Animals 42: 616-622.

- Suárez, M., Ossa, G. y Pérez, J. 2006. Factores ambientales y genéticos que influyen sobre la edad al primer parto en hembras de la raza Romosinuano. *Revista MVZ Córdoba* 11: 738-743.
- Taylor, C., Rajamahendran, R. and Walton, S.J. 1993. Ovarian follicular dynamics and plasma luteinizing hormone concentrations in norgestomet-treated heifers. *Animal Reproduction Science* 32: 173-184.
- Tewolde, A. 1993. El estado actual de los recursos genéticos animales en América Latina. *In: Simposio sobre los recursos genéticos animales en América Latina.* ALPA/FAO/CATIE. Santiago, Chile. pp: 25-50.
- Tewolde, A. 2007. Los Criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. *In: Simposio sobre recursos genéticos en América Latina APPA - ALPA - Cusco, Perú.* pp: 13-19.
- Vaccaro, L., Vaccaro, R., Verde, O., Mejías, H., Ríos, L., and Romero, E., 1993. Harmonizing genetic type and environmental level in dual-purpose cattle herds in Latin America. *World Animal Review* 77: 15-20.
- Valverde-Saenz, S.I., Walsh, J.D., Gardner, C.M., Mulliniks, J.T., Schilling, S.B., Hallford, D.M., Gonzales, A.L., Fredrickson, E.L., Kane, K.K. and Hawkins, D. E. 2008. Age at puberty in beef heifers: Criollo Cattle versus British crossbred cattle. *Proceedings, Western Section. American Society of Animal Science* 59: 237-240.
- Vite, C., López, R., García-Muñiz, J.G., Ramírez, R., Ruíz, A. y López, R. 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. *Veterinaria México* 38: 63-79.
- Yelich, J.V., Wettemann, R.P., Dolezal, H.G., Lusby, K.S., Bishop, D.K. and Spicer, L.J. 1995. Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth hormone, insulin-like growth factor I, insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 73: 2390-2405.

CAPITULO III. EDAD Y PESO AL PRIMER ESTRO EN VAQUILLAS CRIOLLO LECHERO TROPICAL CON Y SIN COMPLEMENTACIÓN ALIMENTICIA RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar la edad y peso al primer estro detectado en vaquillas Criollo Lechero Tropical (CLT) con y sin complementación alimenticia. Se utilizaron 60 hembras CLT prepúberes de 8 y 10 meses (m) de edad, distribuidas en cuatro tratamientos producto de un arreglo factorial 2x2 donde los factores fueron: edad de la vaquilla (8 y 10 m) y complementación alimenticia (Con y Sin). T1) vaquillas de 8 m con complementación alimenticia (CCA, n=15), T2) vaquillas de 8 m sin complementación alimenticia (SCA, n=15), T3) Vaquillas de 10 m CCA (n=15) y T4) Vaquillas de 10 m SCA(n=15). Se determinó la ganancia de peso, edad, y presencia del estro físico. Todos los animales se pesaron cada 22 días desde el inicio del experimento hasta que presentaron celo. El peso inicial de las vaquillas varió de acuerdo a la edad, siendo más bajo en las vaquillas de 8 m (155.4 ± 10.2 , 154.7 ± 10.3 kg, para T1 y T2, respectivamente), en contraste con aquel de las vaquillas de 10 m que fue de 216.1 ± 7.0 para el T3 y de 212.5 ± 6.8 kg para el T4. La complementación alimenticia aumentó ($P < 0.05$) la ganancia diaria de peso (g/d) y ganancia de peso total (kg) en vaquillas de 8 (0.526 ± 0.08 y 154.1 ± 7.3) y 10 m (0.558 ± 0.08 y 117.7 ± 5.5) de edad comparado con las sin complementación alimenticia (0.326 ± 0.03 y 136.9 ± 0.5 en T2) y (0.333 ± 0.02 y 90.8 ± 5.2 en T4), respectivamente. El peso al primer estro detectado fue mayor y con menor edad en las vaquillas con complementación alimenticia (295.1 ± 7.5 y 17.7 ± 0.8 para T1, y 298.6 ± 8.2 y 17.3 ± 0.5 para T3) comparado con las sin complementación alimenticia (288.4 ± 2.5 y 21.6 ± 0.5 en T2, y 286.1 ± 9.4 y 19.2 ± 0.5 en T4). La edad y peso promedio al primer estro detectado de las vaquillas sin complementación alimenticia fue de 20.4 ± 0.5 m y 287.2 ± 5.9 kg comparada con 17.5 ± 0.6 m y 296.8 ± 7.8 kg, en las con complementación alimenticia ($P < 0.05$). La edad y peso promedio al primer estro en general fue de 18.9 ± 2.5 m y 292 ± 5.0 kg. La complementación alimenticia disminuye la edad e incrementa las ganancias de peso al primer estro en hembras bovinas CLT de 8 y 10 m de edad.

Palabras clave: CLT, nutrición, pubertad, ovulación.

AGE AND WEIGHT AT FIRST ESTRUS IN CRIOLLO LECHERO TROPICAL HEIFERS WITH AND WITHOUT FOOD COMPLEMENTATION

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the age and weight at first estrus detected in Criollo Lechero Tropical heifers (CLT) with and without food supplementation. 60 CLT prepubertal females aged 8 and 10 months of age, distributed in four treatments product of a settlement 2x2 factorial arrangement where the factors were: age of the heifer (8 and 10 months) and feed supplementation (With and Without). T1) Heifers 8 months with nutritional complementation (CCA, n=15), T2) Heifer 8 months without food complementation (SCA, n=15), T3) Heifers with food complementation 10 months (CCA, n=15) and T4) Heifers without food complementation 10 months (SCA, n=15). Was determined weight gain, age, and estrus physical presence. All animals were weighed every 22 days from the start of the experiment until presented estrus. The initial weight of heifers varied according to age, being lowest in eight months heifers (155.4 ± 10.2 , 154.7 ± 10.3 kg for T1 and T2, respectively), in contrast with that of heifers 10 months which was of 216.1 ± 7.0 to 212.5 ± 6.8 kg for T3 and for the T4. Dietary complementation increased ($P < 0.05$) weight gain (g/d) and total weight gain (Kg) in heifers of 8 (0.526 ± 0.08 and 154.1 ± 7.3 in T1) and 10 months (0.558 ± 0.08 and 117.7 ± 5.5 in T3) of age with food compared without complementation (0.326 ± 0.03 and 136.9 ± 0.5 in T2) and (0.333 ± 0.02 and 90.8 ± 5.2 in T4), respectively. The weight at first estrus detected was higher and younger heifers with nutritional complementation (295.1 ± 7.5 and 17.7 ± 0.8 for T1 and 298.6 ± 8.2 and 17.3 ± 0.5 for T3) compared to those without food complementation (288.4 ± 2.5 and 21.6 ± 0.5 in T2 and 286.1 ± 9.4 and 19.2 ± 0.5 in T4). The average age and weight at first estrus detected heifer without food complementation was 20.4 ± 0.5 months and 287.2 ± 5.9 Kg compared with 17.5 ± 0.6 months and 296.8 ± 7.8 Kg, with food complementation ($P < 0.05$). The average age and weight at first estrus in general was 18.9 ± 2.5 months and 292 ± 5.0 kg. Dietary supplementation decreases the age and increases gains weight at puberty in female cattle CLT of 8 and 10 months of age.

Keywords: CLT, nutrition, puberty, ovulation.

3.1. Introducción

La pubertad en las hembras bovinas es la culminación de una serie de eventos que resultan en la presencia del celo, acompañado de la ovulación y una función lútea normal (Day y Anderson, 1998). Para que la pubertad se presente a menor edad es necesario considerar la interrelación de factores, como el manejo (Faure y Morales, 2003) y la nutrición (Gasser *et al.*, 2006d; De la Torre, 2007; Evans y Rawlings, 2010).

La complementación alimenticia en novillonas reduce el tiempo para que las hembras bovinas alcancen el 45 a 60% de su peso adulto (*B. taurus* y *B. indicus*) y presenten la pubertad en 15 m (Faure y Morales, 2003; Perry, 2012); esta idea surgió a partir de estudios previos (Patterson *et al.*, 1992; Schillo *et al.*, 1992), indicando que la pubertad está determinada genéticamente por el peso de cada animal, lo cual está relacionado con su estado nutricional (Hernández y Zavala, 2007). El manejo nutricional que reciben las becerras en regiones tropicales y las características propias del ambiente condicionan a que la pubertad en las novillonas se presente después de los 30 m de edad (Vite *et al.*, 2007; Maquivar y Galina, 2010), lo que disminuye la eficiencia reproductiva.

La pubertad posee importancia económica y productiva, ya que las novillonas que la alcanzan a edad temprana implican menor costo con respecto a las que la presentan a edad tardía (De la Torre, 2007; Tewolde, 2007; Evans y Rawlings, 2010), y las que tienen su primer becerro alrededor de los dos años de edad, producen más becerros en su vida productiva que las que tienen su primer cría después a los tres años o más (Yelich *et al.*, 1995; Ciccioli *et al.*, 2005). Lo anterior se ha reportado principalmente en genotipos de razas cebuinas, europeas y sus cruzas *B. Taurus/B. indicus* (Vaccaro *et al.*, 1993; Corro *et al.*, 1999; Gómez *et al.*, 2002; Suárez *et al.*, 2006). Sin embargo, pocos trabajos se han enfocado en la raza Criollo Lechero Tropical (de Alba, 2011; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012).

En trabajos previos realizados por Severino *et al.* (2014)² con becerras CLT de 8 y 10 m de edad, complementadas con 2 kg de alimento concentrado durante 7 m, mostraron que las vaquillas de 10 m de edad presentan su pubertad a los 16.5 ± 0.5 m con un peso promedio de 301.6 ± 1.2 kg. En el mismo estudio, las vaquillas de 8 m con complementación alimenticia a pesar de que tuvieron ganancias de peso similares a las de 10 m, no presentaron la pubertad, indicando que las vaquillas requieren alcanzar las condiciones físicas (peso corporal) necesarias para expresar su potencial reproductivo. En otro estudio, se encontró que las vaquillas CLT manejadas en un nivel tecnológico alto, presentan la pubertad a los 15 m, sugiriendo que la alimentación es uno de los principales factores en el trópico que afecta su edad a la pubertad.

El CLT es un importante recurso genético en México (FAO-SAGARPA, 2002), su conservación y desarrollo son de vital importancia como procesos productivos alternos en hatos bovinos del trópico, mediante el uso y aprovechamiento de sus capacidades productivas (Casas y Tewolde, 2001; de Alba, 2011; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar si la complementación alimenticia a vaquillas CLT de 8 y 10 m de edad reduce su edad y mejora el peso al primer estro, al mejorar las ganancias diarias de peso e incrementar el peso corporal.

3.2. Materiales y métodos

Ubicación geográfica de la unidad de producción

El estudio se realizó en la UP ubicada en Ixtacomitán, Tabasco, México, localizada a $17^{\circ} 96' 67''$ latitud Norte y $92^{\circ} 96' 67''$ longitud Oeste, a una altura de 10 msnm, con clima tropical húmedo, temperatura y precipitación media anual de 26.4°C y 1,500 mm, respectivamente (García, 1981; CONAGUA, 2014).

²Severino, V.H., Montiel, F., Pérez, P. 2014. Edad y peso a la pubertad en vaquillas Criollo Lechero Tropical con y sin complementación alimenticia. Datos sin publicar.

Características de las hembras bovinas CLT experimentales

Se seleccionaron 60 hembras CLT prepúberes de 8 y 10 m de edad, identificadas conforme a los registros existentes y mantenidas con el manejo habitual de la UP con respecto a la alimentación (pastoreo) y sanidad (desparasitación interna y externa cada 180 días y de dos a tres veces al año, respectivamente; vacunación cada seis meses contra derriengue, fiebre carbonosa y carbón sintomático). Las hembras, se identificaron con numeración progresiva según el orden de inclusión en el estudio y se distribuyeron al azar.

Factores, tratamientos y diseño experimental

Los factores fueron: edad de la vaquilla (8 y 10 m) y complementación alimenticia (Con y Sin). Los tratamientos fueron: T1) becerras de 8 m con complementación alimenticia (CCA; n=15); T2) becerras de 8 m sin complementación alimenticia (SCA; n=15); T3) becerras de 10 m CCA (n=15); y T4) becerras de 10 m SCA (n=15). El diseño experimental fue un arreglo factorial 2x2.

Las becerras con complementación alimenticia (T1 y T3) se mantuvieron en potreros con pasto señal (*Brachiaria decumbens*) y estrella de África (*Cynodon plectostachyus*), y se les proporcionó complementación alimenticia con alimento balanceado comercial (18% de proteína cruda), a razón de 2 kg por animal/día y sales minerales a libre acceso (8% de fósforo) desde su inclusión en el estudio hasta que algún grupo de las vaquillas presentaron la pubertad. Las becerras sin complementación alimenticia (T2 y T4) tuvieron el mismo manejo que las de T1 y T3, con excepción del complemento alimenticio.

Variables de estudio

Las variables bajo estudio fueron ganancia diaria de peso, ganancia de peso total, peso y edad al primer estro. El día de inicio del experimento las becerras se pesaron para

determinar su peso inicial y posteriormente cada 22 días hasta el final del estudio para determinar ganancia diaria de peso, ganancia de peso total y peso al primer estro. La detección de celos se realizó todos los días en dos periodos de observación, en la mañana (7:00 a 9:00 h) y en la tarde (19:00 a 21:00 h).

Análisis estadístico

Para determinar el efecto de tratamiento en la ganancia diaria de peso, ganancia de peso total, peso y edad al primer estro se realizó un análisis de varianza con un arreglo factorial 2x2, donde los factores fueron: edad de la vaquilla (8 y 10 m) y complementación alimenticia (Con y Sin). Para determinar la probabilidad de presentar el primer estro según el tratamiento asignado, se realizó un análisis de sobrevivencia del método Kaplan-Meier. Estas pruebas se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences V. 10).

3.3. Resultados y discusión

Cambios de peso corporal

El peso inicial de las vaquillas fue menor en las de 8 m (155.4 ± 10.2 , 154.7 ± 10.3 , para T1 y T2, respectivamente), en contraste con aquel de las de 10 m que fue de 216.1 ± 7.0 para el T3 y de 212.5 ± 6.8 kg para el T4. La complementación alimenticia mejoró ($P < 0.05$) la ganancia diaria de peso (g/d) y ganancia de peso total (kg) en las vaquillas con complementación alimenticia (0.526 ± 0.08 y 154.1 ± 7.3 en T1, y 0.558 ± 0.08 y 117.7 ± 5.5 en T3, respectivamente) con respecto a las sin complementación alimenticia (0.326 ± 0.03 y 136.9 ± 0.5 en T2, y 0.333 ± 0.02 y 90.8 ± 5.2 , en T4, respectivamente). Estos resultados son similares a los obtenidos en vaquillas de la raza criolla Maremmana (0.600 ± 0.20 g/d y 88.3 ± 16.0 kg, respectivamente; Sargentini *et al.*, 2007), pero diferentes a los obtenidos en hembras de la raza Avileña Negra-Ibérica (0.780 ± 0.11 g/d y 69.0 ± 18.0 kg, respectivamente; González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, 2012), debido al tipo (las fórmulas son diferentes en el contenido proteico y energético) y cantidad (se manejo 2

kg diarios por animal y en los otros estudios al 2.5% del peso vivo del animal) de complemento alimenticio recibido por los animales durante los estudios.

Edad y peso al primer estro

El 100% de las vaquillas en estudio presentaron su primer estro. Las vaquillas con complementación alimenticia presentaron su primer estro a un mayor peso (kg) y en menor edad (m) (295.1 ± 7.5 y 17.7 ± 0.8 en T1, y 298.6 ± 8.2 y 17.3 ± 0.5 en T3, respectivamente) comparadas con las sin complementación alimenticia (288.4 ± 2.5 y 21.6 ± 0.5 en T2, y 286.1 ± 9.4 y 19.2 ± 0.5 en T4, respectivamente). El promedio general de edad y peso al primer estro fue 18.9 ± 2.5 m y 292 ± 5.0 kg, respectivamente (Figura 4 y 5). El impacto nutricional sobre la ganancia de peso y la edad a la pubertad en becerras se ha documentado principalmente en razas *B. taurus* (Gasser *et al.*, 2006a,b,d), *B. indicus* (Nogueira, 2004; Romano *et al.*, 2007) y *B. taurus/B. indicus* (Grajales *et al.*, 2006; Maquivar *et al.*, 2010). Sin embargo, en vaquillas CLT de 10 m de edad con complementación alimenticia se reportó recientemente una edad y peso a la pubertad de 16.5 ± 0.5 m y 301.6 ± 1.2 kg, respectivamente (Severino *et al.*, 2014)².

Los resultados obtenidos se atribuyen a la mejora alimenticia que mantuvieron los animales, ya que ésta se relaciona positivamente con mayor peso (327 ± 17 vs 303 ± 23 kg), y menor edad a la pubertad (262 ± 10 vs 368 ± 10 d) en animales *B. taurus* complementados *versus* testigos, respectivamente (Gasser *et al.*, 2006a,d). Sin embargo, los mecanismos exactos mediante los cuales la complementación alimenticia y las ganancias de peso (condición corporal) contribuyen para disminuir la edad a la pubertad no están bien esclarecidos (Maquivar y Galina, 2010). No obstante, la complementación alimenticia en becerras CLT, resultó ser una herramienta eficaz para aumentar las ganancias de peso y reducir la edad a la pubertad.

²Severino, V.H., Montiel, F., Pérez, P. 2014. Edad y peso a la pubertad en vaquillas Criollo Lechero Tropical con y sin complementación alimenticia. Datos sin publicar.

El peso y edad al primer estro obtenido en las becerras CLT, son similares a lo reportado con otras razas criollas como la Maremmana (15.3±1.2 m y 380.0±20.2 kg, respectivamente; Sargentini *et al.*, 2007) y la Parda de Montaña (16.5±1.6 m y 332.6±88.3 kg, respectivamente; Bodas *et al.*, 2009), pero mayores a la Avileña Negra-Ibérica (12.0±1.0 m y 310.0±2.6 kg, respectivamente; González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, 2012).

Las diferencias y similitudes en la edad y peso a la pubertad de la raza criolla Maremmana, la Parda de Montaña y la Avileña Negra-Ibérica comparadas con el CLT, pueden atribuirse principalmente a factores como tamaño, conformación física, manejo y *estatus* nutricional que las becerras tienen durante su desarrollo antes de la pubertad (Maquivar *et al.*, 2010; González-Stagnaro y De la Fuente-Martínez, 2012); lo cual está relacionado con el fin zootécnico de cada raza (producción de carne, leche o DP; González-Stagnaro *et al.*, 2006, Maquivar y Galina, 2010). Las dos primeras razas son para producción de carne, la raza Avileña Negra-Ibérica es de DP, en cualquiera de los casos, estos animales tienen un mayor tamaño, conformación física más fuerte y un manejo zootécnico diferente comparado con el CLT destinado a la producción de leche.

Cuadro 6. Edad a la pubertad de las becerras Criollo Lechero Tropical por grupos de edad y tratamiento (Media±DE).

Tratamiento	Edad (m)		
	8	10	Totales
Con complementación	17.7±0.8 ^a	17.3±0.5 ^a	17.5±0.6 ^a
Sin complementación	21.6±0.5 ^b	19.2±0.5 ^b	20.4±0.5 ^b
Totales	19.6±0.7	18.2±0.5	18.9±2.5

^{a,b} Diferente literal por fila por grupo de edad indica diferencia estadística ($p < 0.05$)

Se encontró una interacción positiva entre la complementación alimenticia y la edad al primer estro (Cuadro 6), indicando que se disminuye la edad al primer estro al proporcionarse complementación alimenticia a las vaquillas de manera independiente con la edad de las vaquillas al inicio del estudio (8 ó 10 m de edad), por lo cual, se

recomienda suplementar a vaquillas de 10 m de edad, dado que el tiempo de complementación alimenticia es menor con respecto a las de 8 m.

Las vaquillas alimentadas solo con pasto presentaron su primer estro detectado en promedio tres meses más tarde con respecto a las con complementación alimenticia (20.4 ± 0.5 vs 17.5 ± 0.6 , respectivamente), incidiendo directamente sobre los aspectos económicos y productivos, ya que las novillonas que alcanzan la pubertad a menor edad (16 ± 1 m) implican un menor costo que aquellas con edad tardía, y las que tienen su primer becerro alrededor de los dos años de edad, producen más becerros en su vida que aquellas que paren su cría después de los tres años (Patterson *et al.*, 1992). Por lo tanto, reducir la edad a la pubertad determina una vida productiva más eficiente y prolongada (Yavas y Walton, 2000; Day y Grum, 2005; Peter *et al.*, 2009).

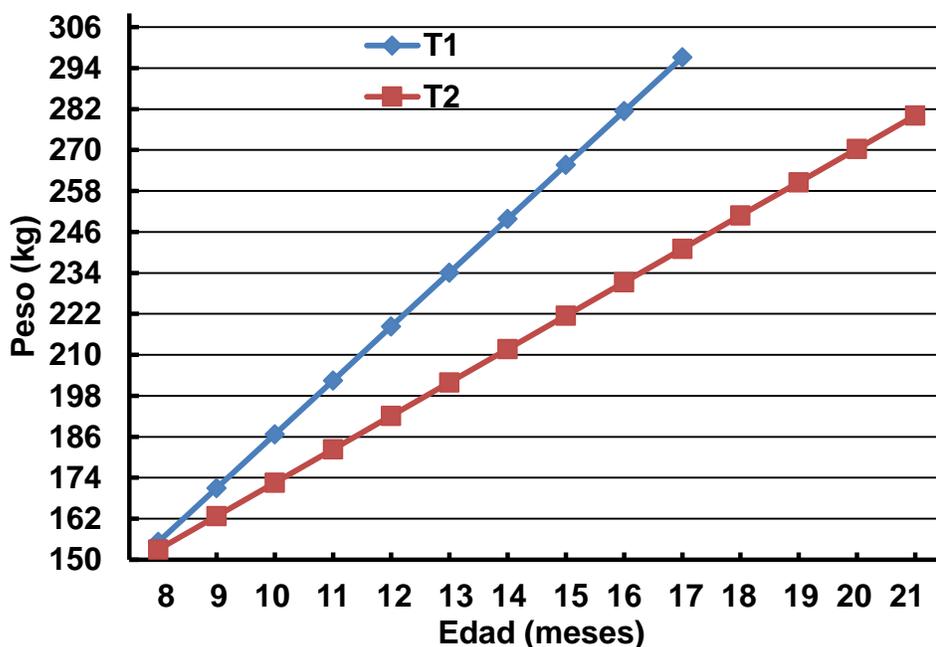


Figura 4. Cambios de peso corporal de becerras CLT de 8 meses (T1; con complementación alimenticia y T2; sin complementación alimenticia).

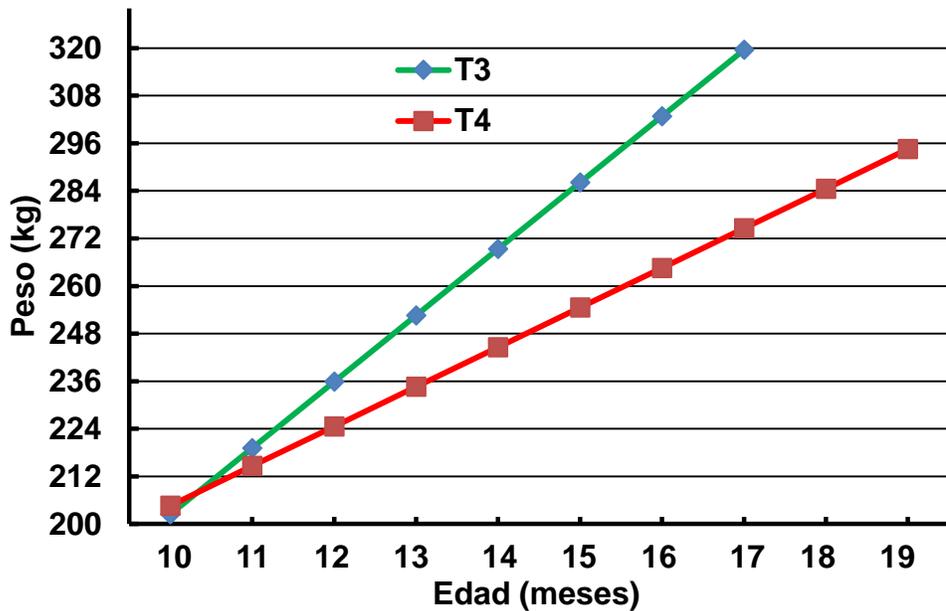


Figura 5. Cambios de peso corporal de becerras CLT de 10 meses (T3; con complementación alimenticia y T4; sin complementación alimenticia).

En la prueba de Kaplan-Meier se encontró diferencia ($P < 0.05$) en la edad al primer estro entre las becerras de 8 y 10 m (Figura 6 y 7), indicando que la probabilidad de que las vaquillas alcancen la pubertad a menor edad es mayor cuando éstas reciben complementación alimenticia, por lo que la complementación alimenticia tiene un efecto positivo sobre la disminución de la edad al primer estro, lo cual se relaciona con mejores ganancias de peso en los animales con complementación alimenticia.

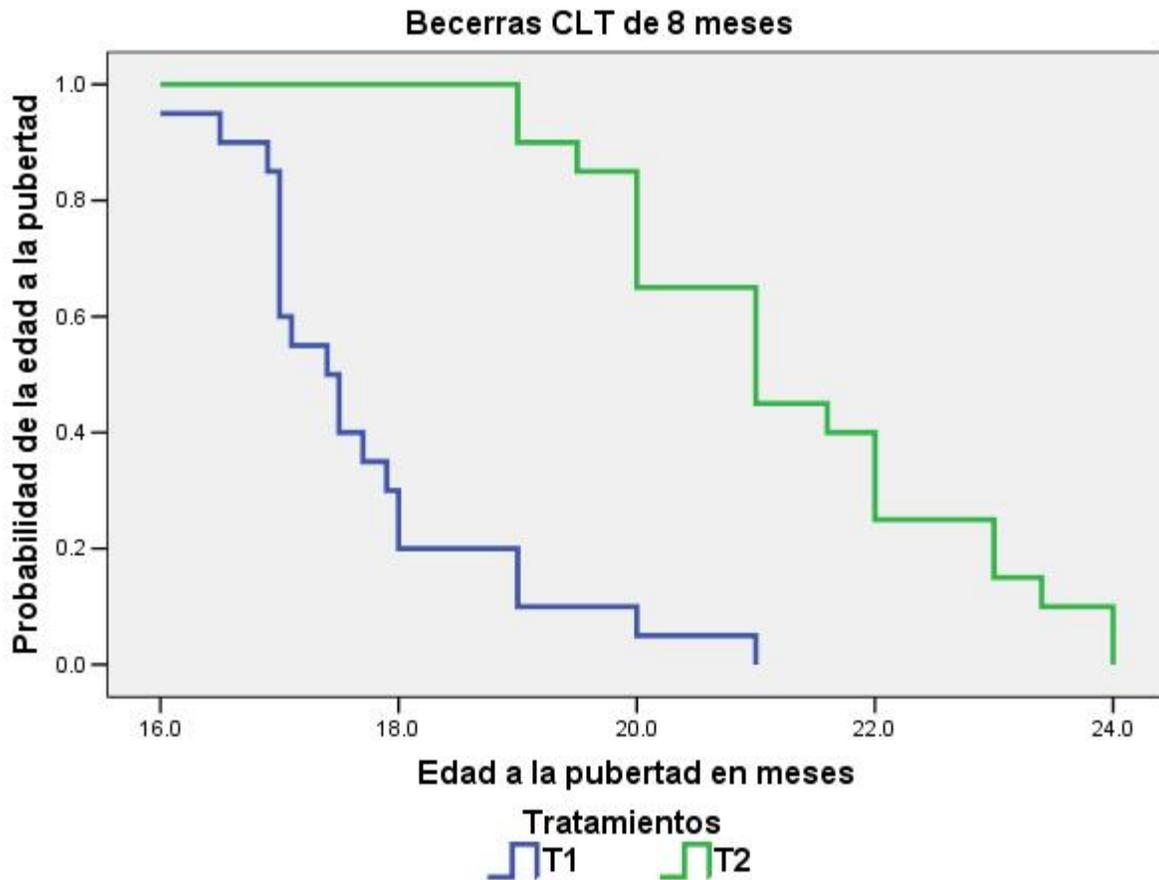


Figura 6. Grafica de Kaplan-Meier que indica la probabilidad de edad al primer estro para las becerras de 8 meses (T1; con complementación alimenticia y T2; sin complementación alimenticia).

La edad a la pubertad no está determinada únicamente por la edad o el peso, sino por un conjunto de condiciones fisiológicas (concentraciones de LH, estrógenos y hormonas metabólicas en sangre; Gasser *et al.*, 2006a,c; Ruiz-Arboleda *et al.*, 2011) que están relacionadas con el *estatus* nutricional de los animales, así como por condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa; Hernández *et al.*, 2007) y de manejo que cada unidad de producción somete a sus becerras, antes y después del destete (Gasser *et al.*, 2006b,d; González-Stagnaro *et al.*, 2007).

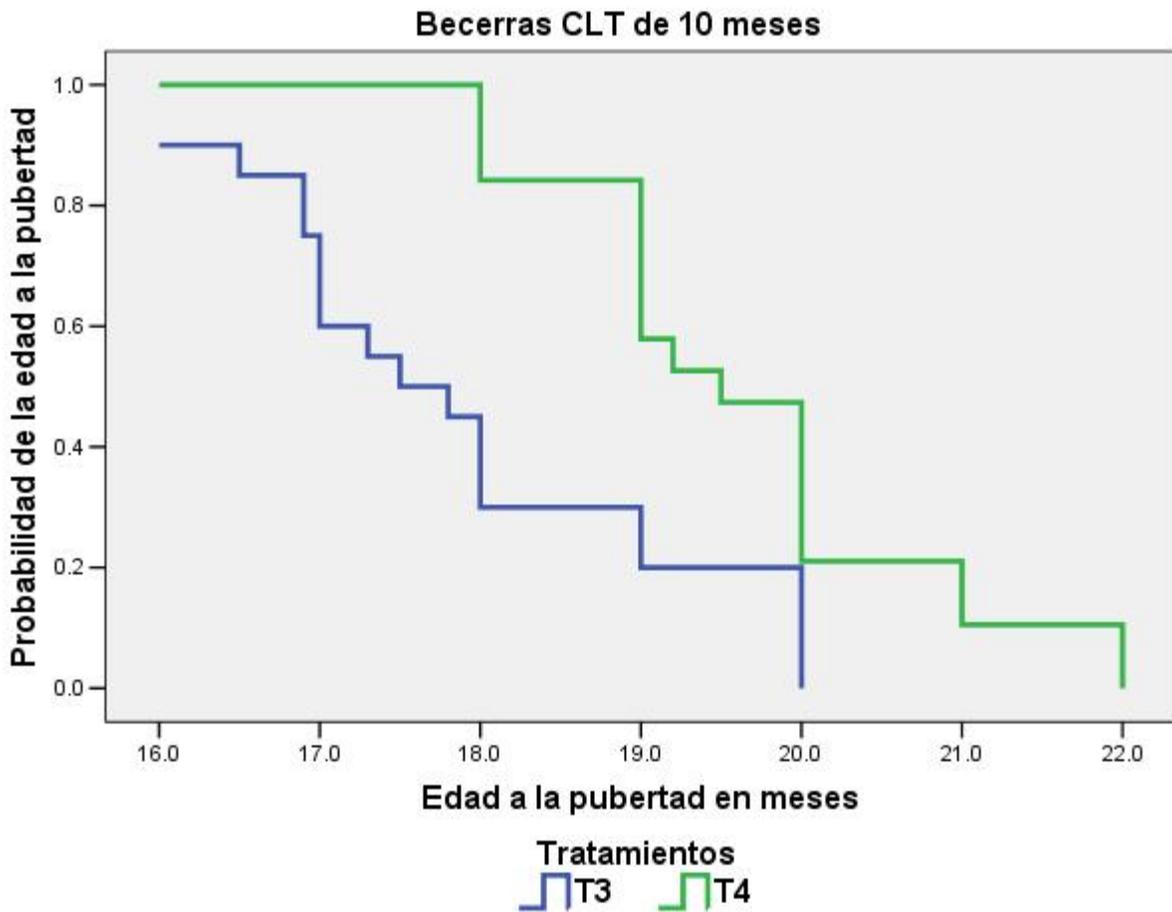


Figura 7. Grafica de Kaplan-Meier que indica la probabilidad de edad al primer estro para las becerras de 10 meses (T3; con complementación alimenticia y T4; sin complementación alimenticia).

Aunque la información sobre la edad y peso a la pubertad en el CLT es limitada (de Alba, 2011), se ha reportado que esta raza manejada en condiciones de pastoreo alcanza la pubertad a una edad más joven y menor peso comparada con otras razas *B. taurus* y *B. indicus* (Valverde-Saenz *et al.*, 2008; de Alba, 2011). Estudios recientes realizados con productores socios de la AMCROLET (Severino *et al.*, 2014)² mostraron que la edad y peso a la pubertad en promedio de las vaquillas es de 18.1±3.9 m y 278.0±25.2 kg; edad

²Severino, V.H., Montiel, F., Pérez, P. 2014. Edad y peso a la pubertad en vaquillas Criollo Lechero Tropical con y sin complementación alimenticia. Datos sin publicar.

que se disminuye a 16.5 ± 0.5 m y se aumenta el peso a 301.6 ± 1.2 kg al proporcionar complementación alimenticia a becerras CLT de 10 m de edad.

Los resultados obtenidos en este y los otros experimentos, muestran que el CLT es una raza precoz (de Alba, 2011), en relación con lo reportado en condiciones tropicales de *B. taurus*, *B. indicus* y *B. taurus/B. indicus* (edad y peso a la pubertad de 22 a 36 m y 350 a 370 kg, respectivamente; Orrego *et al.*, 2003; Vite *et al.*, 2007; Maquivar y Galina, 2010).

3.4. Conclusiones

La complementación alimenticia disminuye la edad al primer estro detectado e incrementa las ganancias de peso en hembras bovinas CLT de 8 y 10 m de edad. Es necesario que los animales tengan un mínimo de peso (55 a 60% de su peso adulto) para que alcancen la pubertad. La complementación alimenticia reduce la edad al primer estro de manera independiente con la edad de las vaquillas al inicio del estudio (8 ó 10 m de edad), por lo cual, se recomienda suplementar a vaquillas de 10 m de edad, dado que el tiempo de complementación alimenticia es menor con respecto a las de 8 m.

3.5. Literatura citada

Bodas, R., López-Campos, O. y Mantecón, A.R. 2009. Recría de terneras Parda de Montaña: alimentación y desarrollo productivo. Archivos de Zootecnia 58: 309-312.

Casas, E. y Tewolde, A. 2001. Evaluación de características relacionadas con la eficiencia reproductiva de genotipos criollos lecheros en el trópico húmedo. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 9: 63-67.

Ciccioli, N.H., Charles-Edwards, S.L., Floyd, C., Wettemann, R.P., Purvis, H.T., Lusby, K.S., Horn, G.W. and Lalman, D.L. 2005. Incidence of puberty in beef heifers fed high- or low-starch diets for different periods before breeding. Journal of Animal Science 83: 2653-2662.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Precipitación y temperatura media anual en el municipio de Centro, Tabasco. Disponible en:

[www.conagua.gob.mx/.../CONAGUA01%20Programa%20Integral%20de%20Tabasco%20\(PIHT\).pdf](http://www.conagua.gob.mx/.../CONAGUA01%20Programa%20Integral%20de%20Tabasco%20(PIHT).pdf). Consultado en diciembre, 2014.

- Corro, M., Rubio, I., Castillo, E., Galindo, L., Aluja, A., Galina, C.S. and Murcia, C. 1999. Effect of blood metabolites, body condition and pasture management on milk yield and postpartum intervals in dual-purpose cattle farms in the tropics of the State of Veracruz, Mexico. *Preventive Veterinary Medicine* 38: 101-117.
- Day, M.L. and Anderson, L.H. 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science* 76: 1-15.
- Day, M.L. and Grum, D.E. 2005. Breeding strategies to optimize reproductive efficiency in beef herds. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*. 21: 367-381.
- De Alba, J. 2011. Los Criollos Lecheros Tropicales. *In: El libro de los bovinos criollos de América*, J. de Alba Martínez. Biblioteca Básica de Agricultura (Colegio de Postgraduados), Ediciones Papiro Omega S.A. de C.V. pp: 91-156.
- De la Torre, R. 2007. La reproducción de las razas criollas. Departamento de agricultura, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Consultado en febrero, 2013.
- Evans, A.C.O. y Rawlings, N.C. 2010. Fisiología de la pubertad de terneros y terneras. *Taurus, Bs. As.*, 12: 11-23. Disponible en: http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/130_fisiologia_pubertad.pdf. Consultado en septiembre, 2012.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). SAGARPA (Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2002. Informe sobre la situación de los recursos genéticos pecuarios (RGP) de México. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/.../InfoRGPEcuariosM.aspx. Consultado en Mayo, 2013.
- Faure, R. y Morales, C. 2003. La pubertad de la hembra bovina: I. Aspectos fisiológicos. *Revista Salud Animal* 25: 13-19.
- García, E. 1981. Ubicación geográfica, clima y precipitación. *In: Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen*. 3a Ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, D.F. pp: 143-201.
- Gasser, C.L., Grum, D.E., Mussard, M.L., Fluharty, F.L., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006a. Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science* 84: 2050-2056.
- Gasser, C.L., Burke, C.R., Mussard, M.L., Behlke, E.J., Grum, D.E., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006b. Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development. *Journal of Animal Science* 84: 2042-2049.

- Gasser, C.L., Bridges, G.A., Mussard, M.L., Grum, D.E., Kinder, J.E. and Day, M.L. 2006c. Induction of precocious puberty in heifers III: Hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science* 84: 2035-2041.
- Gasser, C.L., Behlke, E.J., Grum, D.E. and Day, M.L. 2006d. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. *Journal of Animal Science* 84: 3118-3122.
- Gómez, C.H., Tewolde, A. y Nahed-Toral, J. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 10: 175-183.
- González-Stagnaro, C., Rodríguez-Urbina, M.A., Goicochea-Llaque, J., Madrid-Bury, N., y González-Villalobos, D. 2006. Crecimiento pre-destete en hembras bovinas doble propósito. *Revista Científica. FCV-LUZ* 16: 288-296.
- González-Stagnaro, C., Madrid-Bury, N., Goicochea-Llaque, J., González-Villalobos, D., y Rodríguez-Urbina, M.A. 2007. Primer servicio en novillas de doble propósito. *Revista Científica, FCV-LUZ* 17: 39-46.
- González-Stagnaro, C. y de la Fuente-Martínez, J. 2012. Pubertad en novillas de la raza Española Avileña-Negra Ibérica. *Revista Científica, FCV-LUZ* 22: 17-23.
- Grajales, H., Hernández, A. y Prieto, E. 2006. Edad y peso a la pubertad y su relación con la eficiencia reproductiva de grupos raciales bovinos en el trópico colombiano. *Livest. Resear. Rural Developmental* 18: 1-20.
- Hernández, A., Cervantes, P., Salinas, V.M., García, R., Tejeda, A., Gallardo, F. y Álvarez, J.L. 2007. Respuesta al estrés por calor en la vaca Criollo Lechero Tropical bajo un sistema de doble propósito en México. *Revista Salud Animal* 29: 85-90.
- Hernández, J. y Zavala, J. 2007. Fisiología de la reproducción. *In: Reproducción bovina*. 1ra. Edición, División del sistema de universidad abierta. FMVZ-UNAM. pp: 61-72.
- Maquivar, M. and Galina, C.S. 2010. Factors Affecting the readiness and preparation of replacement heifers in tropical breeding environments. *Reproduction of Domestic Animals* 45: 937-942.
- Maquivar, M.G., Galina, C.S., Galindo, J.R., Estrada, S., Molina, R., and Mendoza, G.D. 2010. Effect of protein supplementation on reproductive and productive performance in *Bos indicus* x *Bos taurus* heifers raised in the humid tropics of Costa Rica. *Tropical Animal Health Production* 42: 555-560.

- Nogueira, G.P. 2004. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. *Animal Reproduction Science* 82-83: 361-372.
- Orrego, J., Delgado, A. y Echevarría, L. 2003. Vida productiva y principales causas de descarte de vacas holstein en la cuenca de lima. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 14: 68-73.
- Patterson, D.J., Perry, R.C., Kiracofe, G.H., Belows, R.A., Staigmiller, R.B. and Corah, L.R. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *Journal of Animal Science* 70: 4018-35.
- Perry, G.A. 2012. Physiology and endocrinology symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. *Journal of Animal Science* 90: 1172-1182.
- Peter, A.T., Vos, P.L.A.M., and Ambrose, D.J. 2009. Postpartum anestrus in dairy cattle. *Theriogenology* 71: 1333-1342.
- Romano, M.A., Barnabe, V.H., Kastelic, J.P., de Oliveira, C.A. and Romano, R.M. 2007. Follicular dynamics in heifers during pre-pubertal and pubertal period kept under two levels of dietary energy intake. *Reproduction of Domestic Animals* 42: 616-622.
- Ruiz-Arboleda, J.L., Uribe-Velásquez, L.F. y Osorio, J. H. 2011. Factor de crecimiento semejante a insulina tipo 1 (IGF-1) en la reproducción de la hembra bovina. *Veterinaria y Zootecnia* 5: 68-81.
- Sargentini, C., Bozzi, R., Diaz-Rivera, P., Giorgetti, A., Martini, A. Lupi, P., Cazzola, P.L. Beltempo, S., and Carelli, T. 2007. Onset of puberty in Maremmana heifers. *Journal of Animal Science* 6: 385-394.
- Suárez, M., Ossa, G. y Pérez, J. 2006. Factores ambientales y genéticos que influyen sobre la edad al primer parto en hembras de la raza Romosinuano. *Revista MVZ Córdoba* 11: 738-743.
- Schillo, K.K., Halls, J.B. and Hileman, S.M. 1992. Effects of nutrition and season on the onset of puberty in the beef heifer. *Journal of Animal Science* 70: 3994-4005.
- Tewolde, A. 2007. Los Criollos bovinos y los sistemas de producción animal en los trópicos de América Latina. *In: Simposio sobre recursos genéticos en América Latina APPA - ALPA - Cusco, Perú.* pp: 13-19.
- Vaccaro, L., Vaccaro, R., Verde, O., MejõÃas, H., RõÃos, L., and Romero, E. 1993. Harmonizing genetic type and environmental level in dual-purpose cattle herds in Latin America. *World Animal Review* 77: 15-20.

- Vilaboa-Arroniz, J., Quirós-Madrigal, O.J., Díaz-Rivera, P., y Zetina-Córdoba, P. 2012. Situación del bovino criollo lechero tropical (CLT) en México, Nicaragua y Costa Rica. *Archivos de Zootecnia* 61: 31-39.
- Valverde-Saenz, S.I., Walsh, J.D., Gardner, C.M., Mulliniks, J.T., Schilling, S.B., Hallford, D.M., Gonzales, A.L., Fredrickson, E.L., Kane, K.K. and Hawkins, D. E. 2008. Age at puberty in beef heifers: Criollo Cattle versus British crossbred cattle. *Proceedings, Western Section. American Society of Animal Science* 59: 237-240.
- Vite, C., López, R., García-Muñiz, J.G., Ramírez, R., Ruíz, A. y López, R. 2007. Producción de leche y comportamiento reproductivo de vacas de doble propósito que consumen forrajes tropicales y concentrados. *Veterinaria México* 38: 63-79.
- Yavas, Y. and Walton, J.S. 2000. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: a review. *Theriogenology* 54: 1-23.
- Yelich, J.V., Wettemann, R.P., Dolezal, H.G., Lusby, K.S., Bishop, D.K. and Spicer, L.J. 1995. Effects of growth rate on carcass composition and lipid partitioning at puberty and growth hormone, insulin-like growth factor I, insulin, and metabolites before puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 73: 2390-2405.

DISCUSIÓN GENERAL

La caracterización del sistema ganadero Criollo Lechero Tropical, indica que las condiciones del manejo nutricional y sanitario del ganado, así como la infraestructura existente en las UP son similares a las empleadas en otras razas de bovinos presentes en el trópico mexicano (Vilaboa y Díaz, 2009; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012a). La mayoría de los productores son gente madura, es decir cercanos a la vejez, lo cual ya ha sido reportado por otros autores (Silva *et al.*, 2007; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009) atribuyendo estas condiciones a la emigración de los jóvenes a otras actividades no relacionadas con el sector agrícola.

Las diferencias encontradas en el NT entre las UP (pastizales, alimentación, registros, manejo, sanidad, reproducción, instalaciones y equipo), son atribuibles principalmente a la heterogeneidad existente entre los productores en regiones tropicales (Magaña *et al.*, 2006; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009). Estas diferencias radican principalmente en la utilización de componentes tecnológicos, finalidad productiva (leche, carne y DP), raza empleada, superficie pecuaria, unidades animal, carga animal, venta de animales por año y si la UP pertenece a un particular o a una Institución, según sea el caso (Espinoza-García *et al.*, 2000; Gómez *et al.*, 2002; Magaña *et al.*, 2006; Vilaboa y Díaz, 2009; Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2012a), estos aspectos pueden conferir particularidades para los procesos de la innovación, adopción de tecnología y rentabilidad de la UP (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2009; Vilaboa y Díaz, 2009).

La edad y peso promedio a la pubertad reportada por los productores fue de 18.1 ± 3.9 m y 278 ± 25.5 kg, respectivamente. Sin embargo, la información mostró diferencias en la edad y peso a la pubertad según el NT de la UP. Estas diferencias se atribuyen al NT y tipo de manejo (nutricional), que cada UP somete a sus becerras, antes y después del destete (González-Stagnaro *et al.*, 2007). No obstante, se observa que el CLT es precoz y con capacidad de adaptación a condiciones tropicales, comparado con otras razas presentes en el trópico.

Los dos experimentos, con hembras CLT de 8 y 10 m de edad con y sin complementación alimenticia permitieron comprobar, que la complementación alimenticia mejora la ganancia diaria de peso, la ganancia de peso total, el desarrollo folicular, la tasa de ovulación y aumenta la concentración de progesterona en sangre, independientemente de la edad de las vaquillas (8 ó 10 m). Sin embargo, se observó en el primer experimento que las vaquillas de 10 m con complementación alimenticia fueron las únicas en alcanzar la pubertad y las de 8 m con complementación alimenticia no, de manera similar a lo ocurrido en vaquillas de 8 y 10 m sin complementación alimenticia. Esto se atribuye a que no tuvieron el tiempo suficiente para alcanzar las condiciones físicas (peso) necesarias para la pubertad (Faure y Morales, 2003; Perry, 2012).

CONCLUSIONES GENERALES

El sistema de ganado Criollo Lechero Tropical en México está manejado por productores cercanos a la vejez. El manejo zootécnico que recibe este ganado es similar a otras razas presentes en el trópico y las unidades de producción analizadas poseen un nivel tecnológico bajo, medio y alto, lo cual también coincide con lo reportado en otras unidades de producción en regiones tropicales. En promedio, la edad y peso a la pubertad de las hembras Criollo Lechero Tropical es de 18.1 ± 3.9 m y 278.0 ± 25.5 kg, respectivamente. Pero, si existen diferencias en la edad y peso a la pubertad entre unidades de producción según el nivel tecnológico. La raza Criollo Lechero Tropical es precoz y con capacidad de adaptación al trópico.

La complementación alimenticia a vaquillas de 8 y 10 m de edad permite incrementar la ganancia diaria de peso, mejorar el desarrollo folicular y aumentar la concentración de progesterona en sangre, y que las vaquillas alcancen la pubertad a una edad y peso promedio de 18.9 ± 2.5 m y 292 ± 5.0 kg, respectivamente. Pero, es necesario que los animales tengan un mínimo de peso (55 a 60% de su peso adulto) para que lleguen a la pubertad, así también se considera más eficiente (menor tiempo y costo económico) dar complementación alimenticia a animales de 10 m de edad.

RECOMENDACIONES

El ganado Criollo Lechero Tropical demuestra características zootécnicas que le permiten considerarlo como una alternativa de producción en regiones tropicales. Sin embargo, se hace necesario delegar el manejo de los ranchos a generaciones jóvenes y profesionalizadas, y evitar la emigración de los jóvenes a otras actividades no relacionadas con el sector agrícola. Porque la permanencia de UP con ganado CLT se encuentra en riesgo, por la falta de una secuencia generacional.

Independientemente de la capacidad productiva del CLT, es necesario que los animales reciban un manejo nutricional adecuado para maximizar su potencial, es decir, aunque el CLT tiene cualidades reproductivas, se requiere poner atención al manejo nutricional que reciben las becerras antes y después del destete, y es necesario que los animales tengan un mínimo de peso (55 a 60% de su peso adulto) para alcanzar la pubertad. Así, también es más eficiente (menor tiempo y dinero) complementar alimenticiamente a becerras de 10 m de vida.

LITERATURA CITADA

- Espinoza-García, J.A., Matus-Gardea, J.A., Martínez-Damián, M.A., Santiago-Cruz, M.J., Román-Ponce, H., y Bucio-Alanís, L. 2000. Análisis económico de la tecnología bovina de doble propósito en Tabasco y Veracruz. *Agrociencia* 34: 651–661.
- Faure, R. y Morales, C. 2003. La pubertad de la hembra bovina: I. Aspectos fisiológicos. *Revista Salud Animal* 25: 13-19.
- Gómez, C.H., Tewolde, A.M., y Nahed, J.T. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 10: 175-183.
- González-Stagnaro, C., Madrid-Bury, N., Goicochea-Llaque, J., González-Villalobos, D., y Rodríguez-Urbina, M.A. 2007. Primer servicio en novillas de doble propósito. *Revista Científica, FCV-LUZ* 17: 39-46.
- Magaña, M.J.G., Ríos, G.A., y Martínez, J.C.G. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México, *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 14: 105-114.
- Perry, G.A. 2012. Physiology and endocrinology symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. *Journal of Animal Science* 90: 1172-1182.
- Silva, D., Rincón, N., Pérez, Y., Peña, M., y Urdaneta, F. 2007. Nudos críticos de procesos gerenciales en unidades de producción de ganadería de doble propósito del municipio Machiques de Perijá, estado Zulia. *Revista Facultad Agronomía* 24: 547-576.
- Vilaboa, J., Díaz, P. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical* 27: 427-436.
- Vilaboa-Arroniz, J., Díaz-Rivera, P., Ruiz-Rosado, O., Platas-Rosado, D.E., y González-Muñoz, S., Juárez-Lagunes, F. 2009. Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 53-62.

Vilaboa-Arroniz, J., Quirós-Madrigal, O., Díaz-Rivera, P., WingChing-Jones, R., Brower-Keating, N., y Zetina-Córdoba, P. 2012a. Los sistemas ganaderos con criollo lechero tropical (Reyna) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 23: 167-178.