



Universidad del Mar

Campus Puerto Escondido

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CRIANZA ARTIFICIAL PREDESTETE EN GANADO BOVINO DE UNA EXPLOTACIÓN DEL TRÓPICO SECO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE Maestro en Producción y Sanidad Animal

PRESENTA

Ing. Agron. Zoot. Esteban Alejandro Gopar Escamilla

DIRECTOR

Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano

CO-DIRECTOR

Dr. Serafín Jacobo López Garrido

Puerto Escondido, Oaxaca, 2023.

DEDICATORIA

A la vida por tener que vivirla...

A mis padres por darme vida...

A mi esposa por estar para vivirla...

Y mis hermanos y amistades por compartirla...

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Mar por todas las facilidades otorgadas.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo otorgado mediante la beca para llevar a cabo este proyecto.

Al Dr. Narciso Ysac Ávila Serrano, un especial agradecimiento por apoyarme en las complicaciones; por sus consejos, paciencia, tiempo y serenidad en todo momento para finalizar este proyecto, y sobre todo por su amistad.

Al Dr. Serafín Jacobo López Garrido por todo el apoyo y los consejos para mejorar este trabajo, por la confianza otorgada y en especial por esa atención hacia mi persona.

Al Dr. Alejandro Palacios Espinosa que, con su colaboración e ideas aportadas, su apoyo y consejos, le dio esos detalles especiales a este proyecto.

A los Doctores: Dr. Marco Antonio Camacho Escobar, Dra. Mónica Marcela Galicia Jiménez, Dr. Jaime Arroyo Ledezma, Dr. José Guadalupe Gamboa Alvarado y Dr. Edgar Iván Sánchez Bernal[†] (qepd), por orientarme en el procedimiento de la investigación, por su tiempo que favoreció a mi formación académica, por sus gestos de tranquilidad y paciencia, y sobre todo por su amistad, muchas, muchas gracias.

A mis compañeras: Nancy Serna, Ixayana Gurgua y Palmira Díaz por su amistad, respaldo, charlas y apoyo durante este tiempo, que hicieron de esto un recreo por la UMAR. Un paseo inolvidable.

A todos los que de alguna u otra forma contribuyeron a la realización de este proyecto, mil gracias.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I INTRODUCCIÓN	1
II REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 El sistema de producción bovina en clima tropical mexicano	5
2.2 Características agroecológicas de los sistemas tropicales de producción bovina	7
2.2.1 Tipos de suelo y climas	7
2.2.2 Tipos de forraje	10
2.2.3 Razas bovina	18
2.2.4 Alimentación	21
2.3 Tipos de sistemas de crianza de becerros	24
2.3.1 Crianza tradicional o amamantamiento no restringido	25
2.3.2 Sistema de amamantamiento restringido	25
2.3.3 Crianza artificial	26
2.4 Cuidados del ternero	26
2.5 Transición del becerro no rumiante a rumiante	29
2.5.1 Primera fase	31
2.5.2 Segunda fase	31
2.5.3 Tercera fase	33
2.6 Características del rumen y su biomasa microbiana	34
2.7 Alimentación del becerro	36
2.7.1 Calostro	36
2.7.2 Alimentación con dieta líquida	37

2.7.3	Dosificación de la dieta líquida	39
2.7.4	Alimentación sólida	39
2.8	Parámetros productivos	40
2.9	Factores que afectan parámetros productivos en becerros	41
2.9.1	Efecto de la nutrición materna	42
2.9.2	Efecto de la edad de la vaca	43
2.9.3	Efecto del sexo de la cría	44
2.9.4	Efecto del año y época de nacimiento	44
2.9.5	Patologías heredadas	44
2.9.6	Diarrea en becerros	45
III	HIPÓTESIS	47
IV	OBJETIVOS	48
4.1	Objetivo general	48
4.2	Objetivos específicos	48
V	MATERIALES Y MÉTODOS	49
5.1	Ubicación geográfica y ambiente	49
5.2	Unidades Experimentales	49
5.3	Preparación de dieta líquida	49
5.4	Dieta sólida	50
5.5	Pesaje de las unidades experimentales	51
5.6	Diseño experimental	52
5.6.1	VARIABLES EVALUADAS	52
5.6.2	Análisis Estadístico	54
VI	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
VII	CONCLUSIONES	63
VIII	LITERATURA CITADA	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Principales tipos climáticos del Trópico de México.	8
Cuadro 2	Principales pastos forrajeros en el Trópico Mexicano.	10
Cuadro 3	Principales especies arbóreas y arbustivas forrajeras en el trópico de México.	15
Cuadro 4	Constantes fisiológicas óptimos de terneros recién nacidos.	29
Cuadro 5	Comparación de la composición del calostro de buena calidad (primeros tres días posparto) y de la leche de vaca.	37
Cuadro 6	Valores de pH, acidez titulable (AT), grasa, proteína, lactosa, ceniza y diámetro de micelas de caseína de muestras de los primeros 90 días de lactancia.	38
Cuadro 7	Información nutricional del sustituto de leche para becerros utilizado durante el experimento.	50
Cuadro 8	Información nutricional del alimento iniciador utilizado en el presente experimento.	51
Cuadro 9	Comparación de medias ($\bar{X} \pm EE$) de las variables en la etapa predestete con dieta líquida, fija y proporcional al peso vivo (10%, 9% y 8%), en la crianza artificial de becerros doble propósito.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Regiones ecológicas de México y del estado de Oaxaca.	5
Figura 2	Becerro con biberón para la toma de la dieta líquida.	50
Figura 3	Técnica utilizada en el pesaje de las unidades experimentales.	51
Figura 4	Báscula digital colgante utilizada en el pesaje las unidades experimentales.	51
Figura 5	Curva de crecimiento modelo lineal del tratamiento con dieta fija.	59
Figura 6	Curva de crecimiento modelo cuadrático del tratamiento con dieta fija.	59
Figura 7	Curva de crecimiento modelo lineal del tratamiento con dieta proporcional.	60
Figura 8	Curva de crecimiento modelo cuadrático del tratamiento con dieta proporcional.	60

RESUMEN

La ganadería doble propósito en México ha implementado técnicas para aumentar la producción; sin embargo, durante la crianza artificial (CA) del becerro, los requerimientos no son atendidos, esta CA consiste en el manejo, cuidado y alimentación de los terneros hasta el destete. El objetivo fue evaluar el crecimiento de becerros doble propósito en un sistema de CA de la Costa de Oaxaca. Se utilizaron 30 becerros, alimentados en dieta líquida (DL) con sustituto de leche (SL) comercial, en dieta sólida con alimento balanceado comercial y zacate bramilla (*Cynodom dactylum*). Con el propósito de evaluar el efecto del porcentaje ofrecido con respecto al peso vivo (PV) se estableció un diseño experimental completamente al azar teniendo como fuente de variación el tratamiento alimenticio. A partir de la segunda semana de vida los tratamientos fueron: T1, n=15 becerros, 4 L*día⁻¹ de DL de SL; el pesaje fue cada semana hasta el destete. T2, n=15 becerros de DL de SL en forma proporcional, de acuerdo con el porcentaje del PV realizando el pesaje cada semana; considerando 10% para el primer mes, 9% para el segundo mes y 8% para el tercer mes. De acuerdo con los resultados obtenidos, los becerros no presentan diferencia estadística ($P>0.05$) por efecto de tratamiento en ninguna de las variables predestete evaluadas. En la curva de crecimiento el modelo cuadrático es de mayor ajuste con 99.9%, para ambos tratamientos, siendo sólo menos de 2 unidades porcentuales superior al modelo lineal.

Palabras claves: ternero, predestete, conversión alimenticia, destete.

ABSTRACT

Dual purpose cattle ranching in Mexico has implemented techniques to increase production; however, during the artificial rearing (AR) of the calf, the requirements are not met, this AR consists of the management, care and feeding of the calves until weaning. The objective was to evaluate the growth of dual purpose calves in a AR system on the Oaxaca Coast. Thirty calves were fed on a liquid diet (DL) with commercial milk replacer (SL), on a solid diet with commercial balanced feed and bramilla grass (*Cynodom dactylum*). With the purpose of evaluating the effect of the percentage offered with respect to live weight (LW), a completely randomized experimental design was established, having the feeding treatment as a source of variation. From the 2nd week of life, the treatments were: T1, n=15 calves, 4 L*day⁻¹ of SL DL; weighing was every week until weaning. T2, n=15 calves from DL to SL proportionally, according to the percentage of LW weighing each week; considering 10% for the first month, 9% for the second month and 8% for the third month. According to the results obtained, the calves do not present a statistical difference ($P>0.05$) due to the treatment effect in any of the pre-weaning variables evaluated. In the growth curve, the quadratic model is the best fit with 99.9%, for both treatments, being only less than 2 percentage units higher than the linear model.

Key words: calf, artificial rearing, feed conversion, weaning.

I. INTRODUCCIÓN

Existen diversos factores que impulsan los cambios en la demanda mundial de productos pecuarios. Desde el crecimiento demográfico, urbanización, ingreso disponible, preferencias del consumidor, precios, políticas públicas y, hasta factores sociales. Sin embargo, el aumento de la producción en la ganadería, a corto plazo, dependerá de la combinación en el uso de tecnología de fácil aplicación orientada para mejorar los rendimientos de carne y leche que demanda la población (CEDRRSA, 2020). De acuerdo con los datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA por sus siglas en inglés, en el año 2019 los principales países exportadores de carne de bovino fueron: Brasil, Australia y la India. México se ubica en la décima posición. Los principales importadores de carne de bovino fueron China, Estados Unidos y Japón. Por otra parte, de acuerdo con datos de USDA en el 2019, la Unión Europea, Estados Unidos y la India fueron los principales países productores de leche de origen bovino, y México ocupó el octavo lugar (USDA, 2019).

En nuestro país, de acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en 2020, solo 10 estados generaron 64 % de la carne que se produce, y solo 4 estados produjeron más de 50 % de leche de bovino, en diferentes tipos de sistemas de producción, tanto extensivos como intensivos; utilizando distintos grados de tecnología, áreas geográficas, afinidad productiva, medio ambiente y recursos disponibles (Palma, 2014). De acuerdo con lo anterior, se señala que el crecimiento de la producción ganadera dependerá de la combinación de tecnología, el número de animales y el manejo óptimo de los recursos de las unidades de producción (CEDRRSA, 2020).

En el trópico, la ganadería bovina de doble propósito se centra en la producción de carne y leche. Es la actividad económica predominante para las familias campesinas de estas regiones (Agudo, 2020). Esta actividad se basa en la venta de excedentes de leche y becerros al destete o destinados a la engorda (Orantes, Platas, Córdova, Santos & Córdova, 2014).

En el estado de Oaxaca, los productores realizan la actividad de forma extensiva, a pesar del desarrollo en la región de la costa. La ganadería bovina en esta región, presenta bajos niveles de tecnificación, poco interés para dotar de valor agregado a los productos y subproductos, así como deficiente gestión del control de calidad e inocuidad. Por otro lado, los altos costos de producción que se presentan en dichos sistemas de producción ganadera, son debido a la baja disponibilidad de insumos y sus altos costos. Es importante señalar que en los últimos años la región de la costa presenta el fenómeno de sequía atípica en los meses de marzo y abril, lo que ocasiona menor disponibilidad de agua y por tanto falta de alimentos para el ganado bovino como granos y forrajes, que limitan desarrollo de la ganadería (COPLADE, 2016).

El crecimiento de becerros lactantes en un sistema de crianza artificial en el trópico, consiste en la separación de su madre, con el fin de adelantar la oferta de leche o sustitutos lácteos y así disminuir los tiempos productivos (Quiroz & Ruiz, 2013).

El trópico mexicano es una región geográfica que tiene un gran potencial para incrementar la producción de carne y leche bovina, y satisfacer la demanda nacional de estos productos (CEDRRSA, 2020).

Tomando en cuenta que 28.12 % de superficie del estado de Oaxaca (SEMARNAT, 2014), corresponde al trópico seco, en climas tropicales los

sistemas de producción se caracterizan por la obtención de leche mediante la ordeña y la venta de becerros que es una de las principales fuentes de ingreso, además se caracteriza por tener bajos niveles de producción, falta de tecnología, deficiente manejo reproductivo y nutricional (Orantes *et al.* 2014, Martínez, Castillo, Villalobos & Hernández, 2017).

La alimentación en un sistema de producción es muy importante, no obstante, durante la crianza de becerros en el trópico, sus requerimientos nutricionales no son cubiertos en su totalidad, por lo que en ocasiones tienen que recurrir al uso de sustitutos de leche y alimentos iniciadores, lo que provoca aumento en los costos de producción para los ganaderos. Por lo anterior se deben buscar alternativas, eficientes y económicas (Vera, 2020), para criar satisfactoriamente los reemplazos de las vacas, que es uno de los factores importantes para el éxito de un sistema de producción pecuaria (Ybalmea, 2015).

El sistema de crianza de becerros más común que se practica en el trópico mexicano es el amamantamiento no restringido, con edades al destete de 7 a 8 meses, alcanzando un peso promedio de 170 kg (Bautista *et al.* 2020). Por otra parte, en la crianza artificial, a partir del quinto día, los becerros son alimentados dos veces al día con sustituto de leche y el destete se realiza entre los 60 a 90 días de edad, alcanzando pesos promedio entre 80 y 90 kg (Mateos, 2019). Sin embargo, la implementación del sistema de crianza artificial en el trópico seco de Oaxaca con bovinos doble propósito, aún no ha sido adoptado por los ganaderos como un sistema viable, y por lo tanto no ha sido evaluado.

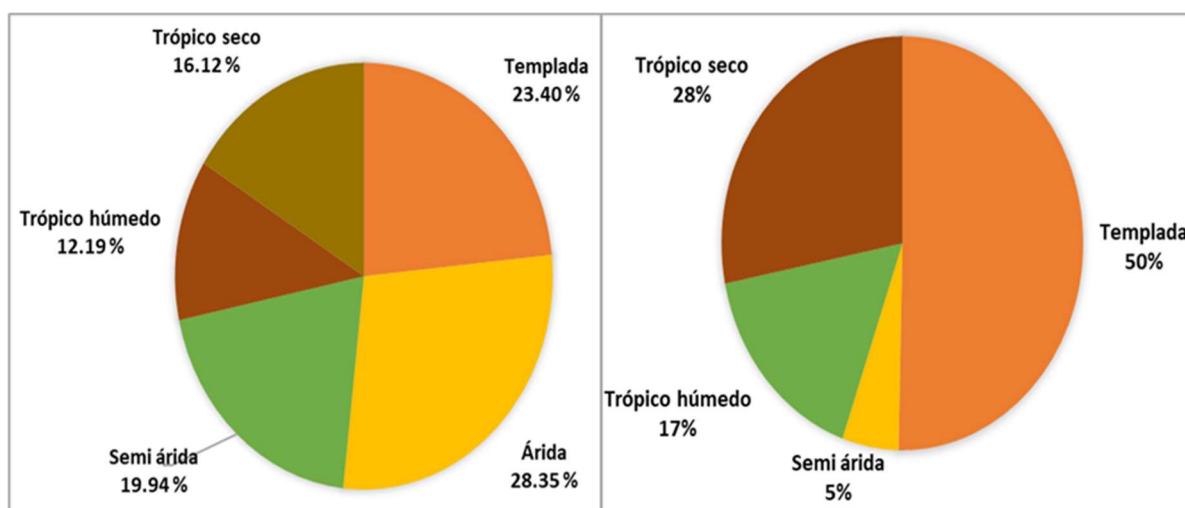
Por lo anterior, el objetivo general de la presente investigación fue evaluar el comportamiento del crecimiento predestete del becerro a través de

crianza artificial con dieta líquida mediante porción fija o proporcional al peso vivo del becerro en un sistema de producción del trópico seco.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El sistema de producción bovina en clima tropical mexicano

La diversidad biológica que caracteriza al país, debido a las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas, presenta variaciones, lo que genera diversas regiones ecológicas (Figura 1). De las cuales, la región tropical ocupa 28.3 % del total del territorio mexicano, en donde el trópico seco está distribuido en 26 estados y representa 16.2 %; mientras que el trópico húmedo ocupa 12.19 % del país (Enríquez, Meléndez, Bolaños & Esqueda, 2011). No obstante, en el estado de Oaxaca la región tropical corresponde el 45 % (SEMARNAT, 2014). En donde las actividades agropecuarias son la base del sustento de numerosas comunidades rurales. Sin embargo, debido al mal uso de los recursos naturales se ha provocado el deterioro ecológico estas zonas.



Regiones de México

Regiones de Oaxaca

Figura 1. Regiones ecológicas de México y del estado de Oaxaca

Fuente: Compendio de Estadísticas Ambientales (SEMARNAT, 2014).

En el trópico seco del Estado de Oaxaca (Figura 1), la mayoría de los sistemas de producción bovina son de doble propósito. Se caracterizan porque son de tipo extensivo, compuestos por unidades de pequeña escala, con escasa tecnificación, sin control de calidad y sin organización empresarial (COPLADE, 2016); en los cuales se produce leche y terneros de forma simultánea, con el dominio de alguno de los productos de acuerdo al clima y a la época del año, el precio del producto, la genética, el manejo de la pradera y el tipo suplemento usado en la alimentación. Estos sistemas ganaderos se basan en el uso de los recursos locales disponibles, dando prioridad al uso de pasturas tropicales. En pocos casos existe innovación en los sistemas de crianza para lograr animales con menor edad y con mayor peso al sacrificio con buenas características en la canal (Palma, 2014).

La ganadería bovina de doble propósito cada vez cobra mayor importancia por su contribución a la producción nacional de carne y leche; no obstante, aún existen factores como la escasa tecnología y los aspectos socioeconómicos que influyen, en el manejo, la sanidad, la reproducción, la genética y la alimentación, que requieren asesoría técnica y apoyo financiero para su adecuado funcionamiento.

El sistema de producción en cada región agroecológica varia, de acuerdo a la finalidad del sistema, hasta el tipo de alimentación. La ganadería doble propósito en condiciones del trópico seco, con adecuado apoyo es una adecuada alternativa para aumentar la producción en estas regiones (García *et al.*, 2015).

2.2 Características agroecológicas de los sistemas tropicales de producción bovina

En las regiones tropicales de México se desarrollan sistemas de producción con variabilidad en sus características sociales, estructura y tamaño (Bautista *et al.*, 2019). Al respecto Díaz *et al.*, 2011, enfatizan que en la ganadería tropical los productores consideran el desarrollo de su sistema de producción como empresa formal o familiar, pero también como fuente de ahorro o de subsistencia (Chalate *et al.*, 2010). Aunado a ello, el nivel educativo de los productores está estrechamente relacionado al uso de tecnología para incrementar el rendimiento en las unidades de producción (Espinosa *et al.*, 2018).

2.2.1 Tipos de suelo y climas

Con relación a las características agroecológicas del trópico mexicano, el tipo de suelo es parte fundamental en el funcionamiento de los sistemas productivos, a pesar de la diversidad edafológica en México, predominan ocho tipos de suelos distribuidos en diferente proporción en los estados más importantes que conforman el trópico mexicano, dentro de los cuales, los más abundantes son: los Cambisoles y Rendzinas que abarcan 31.1 % del área tropical, se tipifican por ser de fertilidad mediana a baja, al igual que los Acrisoles (8.7 %) y Nitosoles (5.6 %) que se caracterizan por su acidez. Los Gleysoles (2.3 %) son suelos que permanecen inundados la mayor parte del año y de fertilidad natural media a baja; los Litosoles (0.8 %) predominan las rocas calcáreas, son poco profundos, de fertilidad baja, con limitantes físicas y químicas, además de los Fluvisoles de origen aluvial, los cuales se caracterizan por sufrir inundaciones periódicas y de fertilidad variable, encontrados en las márgenes de los principales ríos del país de importancia para la ganadería en época de sequía (Enríquez *et al.*, 2011).

Los suelos de zonas tropicales se caracterizan por tener un pH ácido (≤ 7), y aquellos suelos con acidez con pH de 5 ó menor, tienen un efecto inhibitor sobre la fijación simbiótica de N, ligada no solamente a protones liberados, también al aumento de la solubilización de iones tóxicos como Al y Mn, y deficiencias de Ca, Mg, P y Mo (Quero, Enríquez, Bolaños & Villanueva, 2018).

La influencia de factores edáficos y el dinamismo de las características químicas del suelo permiten el establecimiento y desarrollo de distintos pastos adaptados para las diferentes condiciones. No obstante, la intensidad en el desarrollo agropecuario del país ocasiona mayor demanda en suelos fértiles y profundos, de igual forma en suelos poco aptos para la agricultura o la ganadería.

Otro aspecto para resaltar y de importancia son los tipos de climas (Cuadro 1) que se presentan en el trópico de México, dentro de los cuales destaca el grupo de climas A, tropicales lluviosos, con temperatura media del mes más frío mayor de 18°C, localizados en las vertientes del Golfo de México y el Pacífico, en altitudes de 0 a 1000 metros sobre el nivel del mar (msnm) (García, 2004).

Cuadro 1. Principales tipos climáticos del Trópico de México.

Clima/Características	Cantidad y distribución de la precipitación	Meses secos	Regiones
Aw ₀ El más seco de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano.	800 a 1200 mm Junio a Octubre	5 a 7	Llanura costera del Golfo, península de Yucatán y la mayor parte de la vertiente del Pacífico.

Aw ₁ Intermedio de humedad entre Aw ₀ y Aw ₂ , con lluvias en verano.	1200 a 1600 mm Junio a Noviembre	5 a 6	Nayarit y sur de Sinaloa, norte de Veracruz y sur de Tamaulipas y península de Yucatán.
Aw ₂ El más húmedo de los cálidos subhúmedos, con lluvias en verano.	1600 a 2000 mm Junio a Noviembre	1 a 3	Veracruz, Campeche, Quintana Roo y Chiapas.
Am Cálido húmedo con lluvias en verano, precipitación del mes más seco ≥ 60 mm, con suficiente lluvia para mantener humedad en el suelo durante todo el año.	2000 a 3500 mm Mayo a Febrero	1 a 3	Tabasco, Chiapas y algunas porciones de Veracruz.
Af Cálido húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco ≥ 60 mm.	≥ 3500 mm	0	Tabasco, Chiapas y Veracruz.
Bs ₁ El menos seco de los semiáridos (Bs), intermedio entre los muy áridos (Bw) y los húmedos (A o C).	500 a 800 mm	6 a 8	Colima, Morelos y Michoacán.

Fuente: Enríquez *et al.*, 2011.

2.2.2 Tipos de forrajes

Enríquez, Esqueda & Martínez (2021), mencionan que las praderas, los pastizales nativos, esquilmos agrícolas y cultivos forrajeros contribuyen a la producción nacional de forrajes en el país con 42 %, 29 %, 24 % y 4.9 % respectivamente. Sin embargo, en las áreas tropicales de México la fuente principal de alimento del hato bovino son los forrajes que se producen en las praderas, en donde las gramíneas más comunes son: *Brachiaria brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura* y *Megathyrus maximus* Sin. *Panicum máximum*; con pocas variedades o ecotipos en grandes superficies establecidas (Quero *et al.*, 2018).

Estos tipos de forrajes se clasifican en pastos nativos: que contribuyen a la alimentación del ganado, aunque tienen una producción baja y estacional, sumado a bajo valor nutritivo; por otra parte, pastos introducidos: del continente africano o de origen asiático, y unos son producto de mejoramiento genético, con buena adaptación a las condiciones del trópico mexicano (Enríquez *et al.*, 2011), son las especies más importantes de las zonas tropicales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Principales pastos forrajeros en el Trópico Mexicano.

Especie		Características
Nombre científico	Nombre Común	
<i>Axonopus scoparius</i>	Imperial	Gramínea perenne, adaptación al suelo con pH entre 5.0 a 7.0, y medianamente fértiles, con buen drenaje, no soporta encharcamiento. Altitud 600 a 2200 msnm, precipitación de 1000 a 2000 mm. Propagación por material vegetativo. Valor nutritivo: Proteína: 6 % a 12 %, digestibilidad 40 % a 80 %. De corte, barrera vida, heno o ensilaje.

<i>Bothriochloa pertusa</i> (L.) A. Camus	Colosuana, zacate carretero	Gramínea perenne, adaptación al suelo con pH entre 5.0 a 7.0, y fertilidad baja, con buen drenaje, soporta encharcamiento corto. Altitud 0 a 2000 msnm, precipitación de 600 a 900 mm. Propagación por semillas. Valor nutritivo: Proteína: 8 % a 12 %, digestibilidad 70 % en hojas jóvenes. Uso en pastoreo, control de erosión y cobertura.
<i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. Ex A. Rich) Stapf	Brizantha	Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 4.0 a 8.0, y fertilidad de media a alta, tolera periodos cortos de encharcamiento. Altitud de 0 a 1800 msnm, precipitación de 1000 a 3500 mm. Propagación por semilla escarificada y con densidad de siembra de 4 kg*ha ⁻¹ . Valor nutritivo: Proteína: 7% a 14 %, digestibilidad de 55% a 70 %. Uso en pastoreo, corte, acarreo y barrera viva.
<i>Brachiaria decumbens</i> Stapf.	Braquiaria	Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 3.8 a 7.5, y de baja fertilidad, con buen drenaje. Altitud de 0 a 1800 msnm, precipitación 1000 a 3500 mm. Propagación por semilla escarificada y con densidad de siembra de 2 a 3 kg*ha ⁻¹ o por material vegetativo. Valor nutritivo: Proteína: 8 % a 10 %, digestibilidad de 50 % a 60 %. Uso en pastoreo.
<i>Brachiaria dyctyoneura</i> (Figari. & de Not) Stapf.	Llanero	Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 3.5 a 6.0, con baja fertilidad y buen drenaje. Altitud de 0 a 1800 msnm, precipitación de 1200 a 3500 mm. Propagación por semilla escarificada con densidad de siembra de 4 kg*ha ⁻¹ o por material vegetativo. Valor nutritivo: Proteína: 6 % a 8 %, digestibilidad 55 % a 60 %. Uso en pastoreo y protección de taludes.

<i>Brachiaria humidicola</i> (Rendle) Schweick.	Humidicola	Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 3.5 a 6.0 y de fertilidad baja con buen drenaje. Altitud 0 a 1800 msnm, precipitación 1000 a 4000 mm. Propagación por semilla escarificada con densidad de siembra de 3 a 4 kg*ha ⁻¹ o por material vegetativo. Valor nutritivo Proteína: 6 % a 8 %, digestibilidad de 50 % a 56 %. Uso en pastoreo y control de erosión.
<i>Brachiaria</i> Híbrido	Mulato	Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 4.5 a 8.0, con fertilidad media y de buen drenaje. Altitud 0 a 1800 msnm, precipitación ≥ 700 mm. Propagación por semilla escarificada con densidad de siembra entre 4 a 5 kg*ha ⁻¹ o por material vegetativo. Valor nutritivo: Proteína: 12 % a 15 %, digestibilidad de 55 % a 62 %. Uso en pastoreo, heno y ensilaje.
<i>Brachiaria mutica</i> (Forssk.) Stapf	Pará	Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 4.5 a 7.0, de fertilidad mediana a alta con mal drenaje, soporta encharcamiento. Altitud 0 a 1800 msnm, precipitación: 1000 a 4000 mm. Propagación por semilla (3 a 4 kg*ha ⁻¹) y material vegetativo (1.5 a 2 t*ha ⁻¹). Valor nutritivo: Proteína: 10 % a 12 %, digestibilidad de 50 % a 70 %. Uso en pastoreo, corte y acarreo.
<i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst C. <i>plectostachyus</i> (K. Shum.) Pilg	Estrella africana	Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 4.5 a 8.0, con fertilidad de media a alta y buen drenaje, soporta encharcamiento. Altitud 0 a 2000 msnm, precipitación 800 a 3500 mm. Propagación por material vegetativo o por semilla. Valor nutritivo: Proteína: 10 % a 15 %, digestibilidad 60 % a 70 %. Uso en pastoreo, control de erosión, corte, acarreo, heno y ensilaje.

<p><i>Digitaria decumbens</i> Stent <i>D. eriantha</i> Steud.</p>	<p>Pángola</p>	<p>Gramínea perenne persistente, adaptación a suelos con pH entre 5.5 a 7.5, de fertilidad media a alta con buen drenaje, no soporta encharcamiento. Altitud 0 a 2200 msnm, precipitación 700 a 3000 mm. Propagación por material vegetativo de 1 a 2 t*ha⁻¹. Valor nutritivo: Proteína: 9 % a 14 %, digestibilidad 50 % a 70 %. Uso en pastoreo, heno, ensilaje, corte, acarreo, cobertura y conservación de suelo.</p>
<p><i>Panicum máximum</i> Jacq.</p>	<p>Guinea</p>	<p>Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 5.0 a 8.0, con fertilidad de media a alta y buen drenaje. Altitud 0 a 1500 msnm, precipitación 1000 a 3500 mm. Propagación por semilla con densidad de siembra entre 6 a 8 kg*ha⁻¹. Valor nutritivo: Proteína: 10 % a 14 %, digestibilidad 60 % a 70 %. Uso en pastoreo, corte, acarreo, barreras vivas, heno y ensilaje.</p>
<p><i>Paspalum notatum</i> Flüggé</p>	<p>Gramma</p>	<p>Gramínea perenne persistente, adaptación al suelo con pH de 4.3 a 7.5, con baja y media fertilidad y soporta encharcamiento. Altitud 0 a 2300 msnm, precipitación 900 a 1500 mm. Propagación por semilla de 10 a 15 kg*ha⁻¹. Valor nutritivo: Proteína: 7 % a 13 %, digestibilidad 50 % a 70 %. Uso en pastoreo, cobertura, control de erosión, jardines y canchas deportivas.</p>
<p><i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. Ex Chiov.</p>	<p>Kikuyo</p>	<p>Gramínea perenne, adaptación al suelo con pH de 4.5 a 7.0, fertilidad alta y drenaje moderado. Altitud 1500 a 2500 msnm, precipitación 1000 a 3000 mm. Propagación por semilla (1 a 2 kg*ha⁻¹) o en forma vegetativa. Valor nutritivo: Proteína: 25 %, digestibilidad 70 % en rebrotes jóvenes. Uso pastoreo, cobertura, heno y ensilaje.</p>

<i>Pennisetum purpureum</i> Shumach.	Elefante y maralfalfa	Gramínea perenne persistente, adaptación a suelos con pH de 4.5 a 7.0 y de fertilidad alta con buen drenaje. Altitud 0 a 2200 msnm, precipitación 800 a 4000 mm. Propagación por material vegetativo 650 a 800 kg*ha ⁻¹ . Valor nutritivo: Proteína: 7 % a 10 %, digestibilidad de 50 % a 60 %. Uso de corte, barreras vivas, ensilaje y pastoreo (enano).
---	-----------------------	---

Fuente: Peters, Franco, Schmidt & Hincapié, 2010.

La tasa de crecimiento de cualquier especie forrajera es afectada directamente por el genotipo y por las condiciones ambientales en las que se incluye el manejo; de igual forma, la composición química de los forrajes varía de acuerdo con la edad fisiológica, pastoreo o cosecha, especie, variedad, grado de contaminación y fracción botánica (Muñoz Huerta, Lara, Rangel & de la Rosa, 2016). Sin embargo, en zonas tropicales, se utilizan diferentes especies arbóreas que contienen altos niveles de proteína cruda (>18 %) y biomasa estacional más que otros forrajes, estas características dependen de la especie, la etapa fisiológica de la planta y la frecuencia de corte, puede que sean leguminosas o no (Birmania, 2013).

Diversos estudios demuestran características óptimas para la utilización de este tipo de arbóreas en la alimentación de rumiantes, ejemplos de leguminosas como la *Leucaena leucocephala* debido a la excelente palatabilidad, digestibilidad, ingesta y contenido de proteína (Myo *et al.*, 2016). En climas tropicales secos, se realizó una evaluación nutricional en donde destaca la estabilidad nutricional, fenológica y mayor concentración de proteína en época seca de *Pithecellobium. lanceolatum*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium saman* y obtuvieron 560 g*día⁻¹ en ganancia de peso en bovinos con *P. saman*, en comparación con la época lluviosa; demostraron que el uso de estas especies en praderas favorece

la gama de nutrientes ofrecida en los sistemas ganaderos (Apráez, Gálvez & Navia, 2017).

No obstante, en estas especies forrajeras no solo el follaje posee características aptas para consumo animal, se han encontrado 16 % y 19 % de proteína cruda en las vainas de *Entereolobium cyclocarpum* y de *Samaena saman* respectivamente, y con degradación *in vitro* de materia seca mayor a 60 % (Hernández *et al.*, 2018) además de ácidos oleicos en el aceite de las semillas de la *Moringa oleifera* pudiendo ser utilizado como fuente de energía (Ebeid, Shaaban, Gawad, Sleh & Aboamer, 2019) y como alternativas en la alimentación de rumiantes.

Debido a su fácil disponibilidad, contenido de nutrientes, reducción de costos de alimentación, fuente de energía, nitrógeno, minerales y vitaminas (Izaguirre & Martínez, 2007). El uso de estas especies arbóreas combinadas con los pastizales o en tierras de cultivos que proporcionan forraje, contribuyen a la mitigación de los gases de efecto invernadero mediante el secuestro directo de carbono atmosférico y la reducción de la producción de metano entérico, lo cual favorece a la integridad ecológica mediante la fertilidad y conservación del suelo o aguas; así como incrementar la productividad de las granjas y pastizales (Balehegn, 2017). En el Cuadro 3, se describen las características de las especies más comunes en las regiones tropicales de México.

Cuadro 3. Principales especies arbóreas y arbustivas forrajeras en el trópico de México.

Especie		Características
Nombre científico	Nombre Común	
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Leguminosa perenne, adaptación al suelo con un pH entre 5.5 a 8.0, de fertilidad media y con buen drenaje. Altitud 0 a 1800 msnm, precipitación ≥750 mm. Siembra directa, plántula o

		estaca (1.5 m entre surco y 1 m entre planta). Valor nutritivo: Proteína: 12% a 25%, digestibilidad de 65% a 85%. Uso como banco de proteína, corte, pastoreo, barrera vivas y ensilaje.
<i>Leucaena diversifolia</i>	Guaje	Leguminosa perenne persistente, adaptación al suelo con pH entre 5.5 a 7.5, de fertilidad baja a media, y buen drenaje. Altitud de 0 a 2000 msnm, precipitación de 1000 a 3500 mm. Siembra por semilla. Valor nutritivo: Proteína: 20% a 25%, digestibilidad 60%. Uso en corte, sombra, pastoreo, barreras y cercas vivas.
<i>Gliciridia sepium</i>	Cacahuanano, mataratón	Leguminosa perenne, adaptación al suelo con pH entre 5.0 a 8.0, de fertilidad baja a media, necesita buen drenaje. Altitud 0 a 1600 msnm, precipitación de 800 a 2300 mm. Se establece por semilla o por estaca (10000 plantas*ha ⁻¹). Valor nutritivo: Proteína: 20% a 30%, digestibilidad entre 50% a 75%. Uso como cercas y barreras vivas, bancos de proteína, y corte.
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guazima, cuailote	Sterculiaceae perenne caducifolio, adaptación a suelos con pH ≥ 5.5, de baja fertilidad, con buen drenaje. Altitud de 0 a 1200 msnm, precipitación de 700 a 2500 mm. Establecimiento por semilla y por vegetativo. Valor nutritivo: Proteína: 16 % a 23 %, digestibilidad entre 49 % a 66 %. Uso como banco de proteína, corte y cercas vivas.
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. (1860)	Guanacaste, parota	Fabaceae perenne semicaducifolio, adaptación a suelos con pH ácido a neutro. Altitud entre 354 a 1300 msnm, precipitaciones entre 800 a 1980 mm. Establecimiento por semilla y por material vegetativo. Valor nutritivo: proteína: 22.9 %. Uso como sombra, corte y cercos vivos.

<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth	Huamuchil	Fabaceae perenne caducifolio. Adaptación a suelos de neutro a ligeramente alcalinos, con buen drenaje, y puede crecer en suelos pobres. Altitud de 0 a 749.9 msnm, precipitación de 450 a 3000 mm. Se establece por semillas y esquejes. Valor nutritivo: Proteína en hojas en etapa de madurez 14.47 %, digestibilidad entre 63.56 % a 72.9 %. Uso como cerco vivo, corte y sombra.
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	Algarrobo	Fabaceae perenne caducifolio. Adaptación a diferentes tipos de suelo de neutro a moderadamente ácidos, de buen drenaje, pero tolera inundaciones parciales. Precipitación de 600 a 2500 mm. Se establece por semillas y material vegetativo. Valor nutritivo: Proteína en follaje de 21.3 % y en vaina 16.7%, digestibilidad en follaje 44.7 % y 66 % en vaina. Uso como sombra, vainas como suplemento.
<i>Morus</i> spp.	Morera	Moraceae perenne, adaptación al suelo con un pH entre 6.0 a 7.5, de baja fertilidad (fertilización) a alta y buen drenaje. Altitud de 0 a 4000 msnm, precipitación \geq 1000 mm. Se establece por estacas o transplante. Valor nutritivo: Proteína: 15 % a 28 %, digestibilidad de hojas 75 % a 89 %. Uso en corte y ensilaje.
<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray	Botón de oro	Compositae anual, adaptación al suelo con pH entre 4.5 a 8.0, de fertilidad baja a media y de buen drenaje. Altitud de 0 a 2500 msnm, precipitación 800 a 5000 mm. Semilla o por estaca. Valor nutritivo: Proteína: 14 % a 28 %, digestibilidad de 63 % a 65 %. Uso de corte, barrera viva.

<i>Clitoria ternatea</i> L.	Campanita azul	Leguminosa perenne, adaptación al suelo con pH entre 1.5 a 8.7, de fertilidad baja a alta, no tolera encharcamientos. Altitud 0 a 2000 msnm, precipitación de 400 a 2500 mm. Semilla de 2 a 3 kg*ha ⁻¹ . Valor nutritivo: Proteína de 17 % a 20 %, digestibilidad de 80 %. Uso de banco de proteína, cobertura, pastoreo, corte, heno y ensilaje.
-----------------------------	----------------	--

Fuente: Peters *et al.*, 2010; Rosales, 2018; Cisneros, 2018; Manríquez *et al.*, 2011; de Luna, García, Rodríguez, Pimienta & Escalante, 2017.

2.2.3 Razas bovinas

Los bovinos domésticos, se dividen en dos grandes grupos definidos como subespecies, de acuerdo con su origen y sus características morfológicas, el tipo cebuino o razas de ganado con joroba o giba torácica (*Bos indicus*) y el tipo taurino o razas bovinas sin giba (*Bos taurus*) (Sánchez, Jiménez & Bueno, 2008).

Los taurinos (*Bos taurus*), son originarios de Europa, con alta capacidad productiva, dependiendo de su aptitud (leche o carne), de igual forma por su precocidad, generalmente no se han adaptado a climas tropicales, donde el estrés calórico y la infestación de ectoparásitos son factores que limitan la expresión de su capacidad productiva (Martínez, Herrera & Mota, 2016). La relación entre los consumos de agua y alimentos oscila entre 2.76:1 a 3.81:1, con ganancias de peso diaria superiores; sin embargo, deben de tener una alimentación más abundante para expresar su potencial genético (Bavera, 2011). A pesar de esto se encuentran en proporción menor en climas tropicales de México, las principales son las siguientes:

- Holstein Friesian, es la raza lechera más productiva, se originó en Holanda, pero seleccionada en EE.UU.AA transformando su biotipo

en un animal con aporte más grande, caracterizado por tener manchas negras con blanco, aunque hay una variante roja con blanco (Holstein rojo). El peso de una hembra adulta oscila en promedio de 600 Kg a 650 kg, y el macho adulto llega a sobrepasar los 1200 kg.

- Pardo Suizo americano, esta raza de triple propósito (leche, carne y trabajo), originaria de los Alpes suizos, medio que la acondiciono a ser un animal rústico por vivir en zonas montañosas, pero en los EE.UU.AA se direccionó a generar un tipo especializado en la producción de leche el cual, se ha difundido en América. Característico color marrón grisáceo y talla media; las vacas adultas pueden pesar de 600 Kg a 700 kg y los toros de 950 Kg a 1000 kg.
- Jersey, raza pequeña, pero con alta capacidad de producción de leche, originaria de la isla Jersey, reconocida por su alta composición de sólidos en especial en grasa. La vaca adulta llega a pesar alrededor de 430 kg y el toro 680 kg.
- Simmental, destacada por su corpulencia, originaria en el valle de Simme (Suiza), utilizada como doble propósito, posee capacidad de adaptación, habilidad materna y longevidad. Las hembras alcanzas peso de 750 kg y los machos sobrepasan los 1000 kg.
- Angus, raza de porte medio originaria del norte de Escocia, prominente especialización en la producción de carne de alta calidad, las vacas pesan en promedio de 500 Kg a 600 kg y los toros unos 800 kg (Martínez et al., 2017).

El ganado cebuíno o ganado cebú, es originario de la india, desarrollaron alta rusticidad y adaptación a climas tropicales donde prosperan ectoparásitos, no es resistente al frio intenso, especialmente en destete y recría, tienen buena conversión de pastos fibrosos, baja precocidad sexual, presentan baja incidencia de partos distócicos, debido a su canal

de parto que está mejor ubicado, su grupa es caída y su amplitud pélvica es mayor, además de bajos pesos al nacimiento y conformación delgada de los terneros. Una relación más baja entre los consumos de agua y de alimento que oscila de 2.41:1 a 3.01:1 (Bavera, 2011).

Existen alrededor de 30 razas pertenecientes al *Bos indicus*, sin embargo, las de mayor importancia comercial son las siguientes: (Martínez *et al.*, 2017).

- Brahmán, raza creada en Texas (EEUU) a partir de cuatro razas cebuínas (Guzerat, Gyr, Nelóre y Krishna Valley), debido a su rusticidad, adaptabilidad, resistencia a ectoparásitos y su alta capacidad productiva, es una de las más difundidas en el Trópico para producción de carne, con su color característico blanco a gris, aunque existe una variedad rojiza, las vacas pueden alcanzar entre 550 Kg a 650 kg y los toros un peso de 1000 kg.
- Gyr, originaria de la península de Kathiawar, con condiciones extremas, clima muy cálido, húmedo con suelos pobres y secos. Apreciada por la producción de leche ya que las vacas llegan a producir 6000 kg de leche*año⁻¹. De tamaño medio, de color moteada de color blanco y rojo.
- Guzerat, raza de triple propósito (carne, leche y trabajo), desarrollada en Brasil a partir de raza Kankrej, rusticidad, adaptabilidad y resistencia a condiciones extremas. De porte mediano, color gris de claro a oscuro en su tercio delantero y trasero, posee cuernos que despliegan hacia arriba.
- Indubrasil, raza desarrollada en estados de Brasil, son de tamaño más grande las vacas pueden llegar a pesar 750 kg y los machos adultos 1200 kg (Martínez *et al.*, 2017).

Las razas sintéticas tienen su origen en el sur de EE.UU.AA, debido a programas de cruzamiento entre bovinos europeos e índicos, se estabilizan en una proporción teórica de 3/8 del biotipo indico y 5/8 del europeo; el índico proporciona adaptación al medio y el europeo precocidad sexual, fertilidad y calidad carnicera (Bavera 2011). Las razas que se encuentran en mayor proporción son las siguientes:

- Girolando, raza conformada por cruzamientos de Holstein y Gyr, en una proporción genética de 5/8 (62.5%) Holstein y 3/8 (37.5%) Gyr, para aprovechar su potencial genético se caracteriza por una producción eficiente de leche.
- Simbrah, raza resultante de las razas Simmental y Brahmán, surge como alternativa doble propósito con orientación más a carne, su estabilidad genética se obtiene cuando la proporción corresponde a 5/8 (62.5%) Simmental y 3/8 (37.5%) Brahmán (Martínez *et al.*, 2017).

2.2.4 Alimentación

Actualmente en México, se desarrollan tres tipos de sistemas de producción de bovinos; el intensivo, el extensivo y el campesino. El intensivo se caracteriza por el uso de alimentos balanceados, productos químicos y promotores de crecimiento; el extensivo la alimentación se basa en el pastoreo del forraje disponible y algunos adelantos tecnológicos. El sistema campesino es de pequeña escala destinado al autoconsumo y a la subsistencia (Fuentealba & González, 2016).

Sin embargo, la ganadería tropical tiene como base de alimentación a los pastos nativos, los cuales tienen potencial para la producción de biomasa, solo en forma estacional, presentan menores contenidos de proteína cruda, mayores concentraciones de paredes celulares, menor digestibilidad (Palma, 2014), para contrarrestar el bajo valor nutricional,

de la dieta se han utilizado gramíneas introducidas que requieren insumos externos (herbicidas, fertilizantes) incrementando costos de producción (Castrejón & Corona, 2017). Por lo tanto, existe carencia de nutrientes en la alimentación de rumiantes por la baja relación de energía: proteína de los pastos, además de la baja disponibilidad de alimento en época de sequía (Argüello, Mahecha & Angulo, 2019).

El contenido de proteína cruda de las gramíneas puede variar entre 3 % en una gramínea tropical muy madura, hasta más de 16 % en un pasto de clima templado. Sin embargo, el contenido de paredes celulares esta inversamente relacionado con el contenido de proteína, el contenido de celulosa suele ser de 20% a 30% de la materia seca, y la hemicelulosa puede variar entre 10% y 30%, el contenido de carbohidratos solubles varía entre 2.5% y 30 %. Las leguminosas en comparación con las gramíneas tienen mayor contenido de nitrógeno y minerales principalmente calcio y magnesio, además tienen una digestibilidad entre 30% y 70% (Intagri, 2018).

El uso de las arboreas leguminosas proporciona mayor estabilidad en la producción de forraje, debido a la resistencia a la sequía además de mantener su valor nutritivo en época de sequía (Castrejón *et al.*, 2017). Algunas de sus características más importantes es que cuentan con metabolitos secundarios, como los taninos, cianógenos, saponinas, lecitinas, alcaloides, glucósidos, compuestos fenólicos, inhibidores de enzimas y aminoácidos tóxicos (Sowjanya *et al.*, 2020) que se clasifican con base al efecto sobre el valor nutricional de la planta y sobre la respuesta biológica a los mismos en el animal, y pueden ser variables de acuerdo con el tipo y la etapa de madurez de la planta (Manju, 2021). Aunque los rumiantes son menos susceptibles a estos metabolitos por su capacidad microbiana en rumen para desnaturalizar a la mayoría, además

algunos metabolitos secundarios tienen influencia en el crecimiento y en la productividad animal (Sowjanya *et al.*, 2020).

Para cumplir con sus necesidades básicas y que le permitan mantener su equilibrio con el medio ambiente, los animales en producción requieren un conjunto de sustancias químicas (nutrientes: agua, energía, proteína, minerales y vitaminas), que se expresan como demanda diaria y están influenciados por una serie de factores como el peso, raza, edad, nivel de producción, relación entre nutrientes de la ración y consumo voluntario, clima, entre otros (Lanuza, 2006).

Los requerimientos de mantenimiento son aquellos destinados a mantener el funcionamiento normal de los procesos vitales, independientemente de la función productiva del animal; al ser cubiertos se canalizan los nutrientes para los requerimientos de producción, crecimiento, aumento de peso, producción de leche y gestación (Lanuza, 2006).

El periodo crítico de los requerimientos nutricionales para los becerros es en las tres primeras semanas de vida; los ingredientes de la dieta que consuman deben de ser de buena calidad, altamente disponibles y con buena digestibilidad (Guarneros, 2012).

Los requerimientos de proteína en becerros lactantes dependen de las pérdidas de N metabólico fecal y del N endógeno urinario, ambas pérdidas de N por estas vías son pequeñas. De igual forma, las pérdidas de energía en las heces de un prerumiante son menores ya que la digestibilidad de la materia seca de la leche es alrededor de 96 %, comparado con la de un alimento balanceado que tiene 88 %, y no hay pérdida de energía como resultado de la fermentación ruminal (Elizondo, 2013).

El ofrecer alimentos secos a temprana edad, se estimula el desarrollo de un rumen funcional, el tejido epitelial del rumen ayudará a tener buena

absorción de los ácidos grasos volátiles (AGV) y dependerá de su presencia, particularmente el ácido butírico (Guarneros, 2012). Los alimentos como complementos en esta etapa de crianza deben contener un mínimo de 16 % de proteína cruda, una digestibilidad de 90% y con un máximo 10% de humedad (Meza *et al.*, 2019).

2.3 Tipos de sistemas de crianza de becerros

El sistema de doble propósito es el más utilizado en las áreas de trópico seco y húmedo de México, donde las unidades de producción tienen poca disponibilidad de tierra, con hatos pequeños y mano de obra familiar, lo que limita su desarrollo (Martínez *et al.*, 2017). Por lo tanto, el crecimiento de los becerros en este sistema es de vital importancia para la eficiencia de estos sistemas (de las Heras *et al.*, 2008). Se caracterizan porque los becerros tienen bajas tasas de ganancia de peso debido al ineficiente manejo y alimentación de la vaca y del becerro, (Meraz & Urrutia, 2002). Aunado a lo anterior, existen los factores genéticos directos y maternos, especialmente si hay una relación genética antagónica entre ellos (Guillen *et al.*, 2012).

Es importante destacar que la nutrición de los bovinos tiene una estrecha relación con la producción, ya que tiene como objetivo lograr un uso eficiente del alimento para poder suministrar los nutrientes requeridos (proteína, energía, minerales y vitaminas) por los animales según su estado fisiológico (Arreaza *et al.*, 2002). Así mismo, el tipo y calidad de la dieta determinan el tiempo que transcurra en cada etapa y, por ende, la rentabilidad y viabilidad económica del sistema productivo (Nemocón, Angulo, Gallo & Mahecha, 2020).

La crianza de becerros representa una de las etapas más importantes en un sistema de producción bovina del trópico, ya que de ello dependerá la

cantidad de becerros destinados para engorda y las hembras de reemplazo.

2.3.1. Crianza tradicional o amamantamiento no restringido

De acuerdo a los datos reportados por SAGARPA (2015) y Bautista *et al.* (2020), este sistema de crianza consiste en el destete de las crías a los siete o más meses de edad, con peso al destete de 150 kg a 170 kg con una ganancia diaria de peso de 300 g, ocasionando disminución significativa en la condición corporal de la madre y su eficiencia reproductiva.

La cría bovina comparte con el productor la ubre de la vaca, el becerro ayuda a la estimulación y la extracción de la leche residual; sin embargo, en tiempo de escasez el becerro pasa a ser una fuente de demanda de alimento.

2.3.2. Sistema de amamantamiento restringido

Es un método que relaciona el amamantamiento del becerro con el ordeño de la vaca, teniendo los terneros acceso a sus madres, por un breve periodo de tiempo inmediatamente después de que se ordeñan, permaneciendo separados vacas y terneros el resto del tiempo (Torres & Urbina, 2018).

En vacas productoras de carne, se limita el amamantamiento a periodos de 30, 60, 90 ó 120 min por día, cuando el becerro tiene entre 30 y 60 días de edad. En este sistema la ganancia diaria de peso fluctúa entre 600 a 800 g* dia^{-1} , y los becerros se destetan a los 4 meses con un peso final de 125 kg a 140 kg. El propósito de este sistema es obtener eficiencia reproductiva, con el reinicio del ciclo ovárico de la vaca (SAGARPA, 2015).

2.3.3. Crianza artificial

Este sistema consiste en la separación del becerro de la madre, con el fin de adelantar la oferta de leche o sustitutos lácteos para acelerar su transformación del pre rumiante a rumiante, disminuyendo de ese modo, los tiempos productivos que plantea el ciclo natural del desarrollo fisiológico de los bovinos (Quiroz & Ruiz, 2013). La alimentación con sustitutos lácteos y alimento iniciador permite destinar mayor cantidad de leche para la venta (Pavan, 2017).

De acuerdo con datos reportados por SAGARPA (2015), los becerros son alimentados a partir el quinto día de su nacimiento con sustituto de leche o leche materna dos veces al día; 2.5 L por la mañana y una cantidad igual por la tarde, sin contacto con la madre. El destete se realiza entre los 60 y 90 días de edad, con un peso promedio entre 80 kg a 90 kg. (Mateos, 2019).

En cuanto al manejo de la alimentación del becerro; se divide en dos tipos (Bonilla, 1981); primera, alimentación líquida, la cual comprende dos etapas: alimentación calostrada y alimentación láctea, en esta se puede utilizar leche entera o sustituto de leche; y la segunda, alimentación sólida, basada en el uso de concentrados, heno, ensilaje y pastoreo.

2.4 Cuidados del ternero

Los cuidados del ternero comienzan desde la preparación de la vaca para su reproducción hasta el parto y durante toda la etapa de lactancia. Durante este periodo, es importante ofrecerle protección al feto en contra de enfermedades que puedan causar su aborto. Por lo que el manejo de las vacas al final de la gestación debe de ser cuidadoso, evitar las aglomeraciones y agresiones, se debe contar con un área de maternidad adecuada, en donde se ofrezca sombra, espacio, agua y alimento

suficiente (Paranhos, Schmidek & Macedo, 2015). Existen signos que indican la cercanía de un parto, han sido reportados por Ruata, Taverna, Galarza, Walter & Ghiano, (2015), los cuales se describen a continuación:

De 2 a 3 semanas antes del parto

- Relajación de los ligamentos pélvicos.
- Edematización de la vulva y de la ubre.
- Aumento de la secreción vaginal y expulsión del tapón mucoso en días previos al parto.
- Presencia de calostro en la ubre de 2 a 6 horas antes del parto.
- La temperatura corporal se incrementa durante los tres últimos días de gestación y disminuye el día del parto.
- Las vacas se echan y levantan repetidamente, se observa tensión en el abdomen y levantamiento de cola.
- Expulsión de bolsa, indicativo de parto dentro de las dos horas posteriores.

La constante observación antes de la fase de parto ayuda a la temprana detección de problemas tales como: la dificultad al parir, poca habilidad materna, bajo vigor del ternero, primer amamantamiento fallido, cambios de terneros, condiciones climáticas severas, condiciones desfavorables en el área materna (Paranhos *et al.*, 2015). Uno de los principales problemas al momento de parto que puede presentarse es la distocia; sin embargo, la incidencia de este tipo de parto depende del sexo de la cría, la raza, el toro o semen utilizado, la posición al momento del nacimiento o condición corporal de la madre. No obstante, se ha demostrado que los becerros nacidos de partos distócicos absorben menor cantidad de

inmunoglobulinas provenientes del calostro y es más propenso a la muerte (Elizondo, 2013).

De acuerdo con los datos obtenidos por Elizondo (2013), es posible que el becerro requiera un estímulo para comenzar a respirar, primeramente, se debe remover mucosidad de los ollares de la nariz y de la cavidad bucal, examinar a la cría para identificar defectos o daños; no obstante, la vaca al ponerse en pie y atender a la cría en los primeros 30 minutos, es la que limpia y estimula al becerro a ponerse de pie. Todo el manejo del becerro recién nacido debe ser en un lugar limpio y con buena ventilación, debido a que éste tiene dos vías de entrada de los microorganismos, la boca y el ombligo. Este último orificio permanece abierto varias horas después del parto, y de no tratarse con productos antimicrobianos, la introducción de microorganismos por esta vía desencadenará infecciones en la cavidad abdominal y articulaciones de las patas, así como infecciones gastrointestinales y diarreas futuras (Mellado, 2010). Para ello es necesario la aplicación de solución yodada al 7% humedeciendo por completo el cordón umbilical (Elizondo, 2013).

Los signos que denotan normalidad y viabilidad en el ternero son la búsqueda de la ubre, el reflejo de succión fuerte, esfuerzos por incorporarse y respiración regular intermitente. De igual forma, es importante la verificación de las constantes fisiológicas (Cuadro 4), las cuales denotan salud y eficiencia de la cría, la disminución de pérdidas en esta etapa se ve reflejado en los costos de producción (Trotti, Navarro, Nieto & Vissio, 2014).

Cuadro 4. Constantes fisiológicas óptimas de terneros recién nacidos.

Parámetro	Rango
Temperatura rectal	38 C a 39.5 C, a partir de los 40 días 39 C.
Frecuencia cardiaca	70 latidos a 100 latidos*minuto ⁻¹ .
Frecuencia respiratoria	20 respiraciones a 40 respiraciones*minuto ⁻¹ .
Hidratación	Pliegues cutáneos deben regresar en menos de 2 segundos.
Micción	Orina clara, transparente. Primer mes: 0.5 L*día ⁻¹ a 1 L*día ⁻¹ , pH 5.8 a 8.3. A partir del primer mes: 1 L*día ⁻¹ a 1.5 L*día ⁻¹ , pH 6.8 a 8.
Defecación	Meconio verde oscuro a negro. Defecación diaria: 250 g*día ⁻¹ a 500 g*día ⁻¹ . A partir del primer mes de vida 500 g*día ⁻¹ a 1500 g*día ⁻¹ , color verdoso amarillento a verde oscuro, consistencia pastosa.
Requerimiento de agua	10 % del peso corporal.
Temperatura ambiente	Entre 10 C a 20 C, humedad menor a 75%.

Fuente: Trotti *et al.*, 2014.

2.5 Transición del becerro no rumiante a rumiante

Debido a que uno de los objetivos de la crianza de terneros es maximizar el desarrollo ruminal para poder aprovechar los forrajes y los alimentos balanceados, el tubo digestivo del bovino debe realizar una serie de

cambios anatómicos y fisiológicos que son estimulados o acelerados por la calidad, cantidad y forma física de la dieta para así determinar el desarrollo, la diferenciación de los compartimientos del tubo digestivo (Gheizzi *et al.*, 2000). La producción de ácidos grasos volátiles que resultan de la fermentación microbiana de la materia orgánica del rumen son uno de los factores del desarrollo de la pared ruminal (Castro & Elizondo, 2012), además de tener relación con el nivel de consumo, eficiencia y ganancia de peso de los terneros (Velásquez & Gebauer, 2019).

En las tres primeras semanas de vida de los rumiantes, el abomaso es en proporción de tamaño mayor que el retículo-rumen, posteriormente cuando la dieta comienza a ser sólida, aumenta rápidamente de tamaño (Martin, Cal, Fernández & González, 2019). El ternero solo utiliza el abomaso ya que, los niveles altos de glucosa de $62 \text{ mg} \cdot 100 \text{ ml}^{-1}$ en la sangre (Daniels, Perkins, Krieder, Remolcador & Carpintero, 1974), se deben a la absorción de los nutrientes en el intestino y, por lo tanto, el metabolismo de los carbohidratos es típico de un no rumiante (Martin *et al.*, 2019).

El desarrollo del tubo digestivo después del nacimiento se divide en tres fases: la primera, desde el nacimiento hasta la tercera semana de vida, en esta etapa el becerro es considerado como un no rumiante (pre rumiante), debido a que su dieta es líquida y se alimenta exclusivamente con base de leche. En esta fase existen altos niveles de glucosa en la sangre debido a la absorción intestinal de la glucosa y galactosa productos de la degradación de la lactosa de la leche. La segunda fase ocurre entre la tercera y la octava semanas, se denomina de transición debido a que el animal ingiere pequeñas cantidades de alimentos sólidos, la glucosa en sangre disminuye y aumenta la concentración plasmática de ácidos grasos volátiles similar a la de un animal adulto. A los becerros partir de la octava

semana se le considera como verdaderos rumiantes, no obstante, si el animal sigue alimentándose exclusivamente de leche, el retículo-rumen no tiene un adecuado desarrollo y puede prolongarse el desarrollo hasta la semana catorce o quince (Martín *et al.*, 2019).

2.5.1. Primera fase

En esta fase el calostro es la primera fuente de nutrientes para los terneros después del nacimiento. El intestino posee la capacidad de absorber anticuerpos y proteínas complejas de alto peso molecular como IgG presentes en el calostro durante las primeras 24 horas de vida, posteriormente ocurre lo que se le denomina como cierre intestinal (Elizondo, 2007). Además, en esta fase el abomaso tiene actividad digestiva pre intestinal en 95% y comprende 60% del tamaño de los compartimentos digestivos (Velásquez & Gebauer, 2019).

En esta fase se forma la gotera esofágica que se divide en tres segmentos: el surco reticular, el surco omasal y el surco abomasal. Es una estructura artificial que se forma al contraerse el tejido muscular del retículo-rumen, dando origen a un canal que forma un conducto hueco a lo largo de la pared del retículo-rumen, la cual conecta al esófago directamente con el orificio retículo-omasal, este último permanece abierto permitiendo el flujo de leche hacia el abomaso (Martín *et al.*, 2019). Este reflejo es estimulado, en el ternero, con el simple hecho de amamantarse directamente de la madre o de consumir la leche por medio de un biberón, así se evita que la leche ingrese al rumen (Velásquez & Gebauer, 2019).

2.5.2. Segunda fase

Entre la tercera y la octava semanas de vida: el animal ingiere pequeñas cantidades de alimento sólido, la concentración de glucosa disminuye en sangre y las concentraciones plasmáticas de los ácidos grasos volátiles (AGV) (acético, propiónico y butírico) aumentan (Martín *et al.*, 2019). Tan

pronto como ingieran alimentos secos (forrajes y concentrados) los becerros, tienen un aumento rápido del tamaño del retículo-rumen (Church, 1974). Esta etapa de transición implica el desarrollo del rumen, la sucesión de la microbiota ruminal y la capacidad de absorción de nutrientes. El tiempo que tarde en desarrollar y funcionar determina el ritmo de los procesos digestivos y la relación simbiótica que se establece con los microorganismos ruminales (Bacha, 1999). En esta relación simbiótica, el rumiante proporciona el ambiente adecuado para el establecimiento de los microorganismos en rumen y sustratos requeridos para su mantenimiento, a su vez los microorganismos proporcionan nutrientes al huésped para generar energía mediante los AGV y proteína microbiana para el rumiante (Castillo, Burrola, Domínguez & Chávez, 2014).

La concentración de los AGV producidos durante la fermentación por los microorganismos ruminales son las sustancias que estimulan el crecimiento y desarrollo de las papilas del rumen (Velásquez & Gebauer 2019). El acético es absorbido en el epitelio ruminal y pasa rápidamente a los tejidos sin sufrir cambios, es utilizado como fuente de energía para las células de forma inmediata. El propiónico es convertido en láctico y succínico, y es utilizado para la obtención de energía en el ciclo de Krebs o como precursor de la glucosa. El butírico es metabolizado en la pared ruminal con mayor influencia en el desarrollo de las papilas ruminales (Bacha, 1999).

Diversas investigaciones en terneros lactantes buscan estimular el desarrollo del rumen a través del ofrecimiento de alimentos sólidos de forma temprana para estimular el desarrollo de las primeras colonizaciones de los microorganismos ruminales y desarrollar las papilas ruminales que al nacimiento son múltiples y rudimentarias con tamaño entre 1 mm a 2.6 mm (Ghezzi *et al.*, 2000). Además, de acelerar la

estimulación neurofisiológica de las paredes del rumen para el inicio de su motilidad y su posterior rumia (Velásquez & Gebauer, 2019). En este sentido, Ybalmea *et al.* (2005), evaluando el efecto de proporciones de fibra (bagazo de caña) de dietas integrales, en la morfometría y desarrollo del retículo-rumen en terneros lactantes, reportaron que no contribuye eficientemente al desarrollo las cámaras de fermentación, encontrando un mayor desarrollo en volumen ruminal y menor desarrollo corporal. Por otro parte, Vera (2011), evaluó el desarrollo de las papilas ruminales en terneros lactantes de 10 días a 90 días, alimentados con concentrado y usó como aditivo el líquido ruminal, en el cual, obtuvo mayor ganancia de peso en terneros que consumieron más leche; sin embargo, el desarrollo de las papilas ruminales fue mayor en el tratamiento que utilizó como aditivo el líquido ruminal. En otro estudio se compararon el desarrollo de las papilas ruminales en terneros alimentados con dos sustitutos de leche de diferente calidad, y reportaron que el sustituto con mayor porcentaje de derivados de la leche aumentó la capacidad del retículo-rumen, el desarrollo de las papilas y el espesor del epitelio ruminal (Ghezzi *et al.*, 2000).

2.5.3. Tercera fase

Un animal rumiante, tiene la capacidad digestiva para mantener los alimentos el tiempo suficiente en el retículo-rumen para ser degradados, y posteriormente fermentados por los microorganismos ruminales para producir AGV. Los cuales son absorbidos a través del epitelio del rumen, siendo la principal fuente de energía para estos animales. También se produce biomasa microbiana que es utilizada como fuente de proteína, además se generan productos de desecho como metano (CH₄) y bióxido de carbono (CO₂) que son eliminados continuamente al ambiente mediante el mecanismo del eructo (Araujo & Vergara, 2007).

2.6 Características del rumen y su biomasa microbiana

El rumen es la región anatómica donde se realizan los procesos de fermentación mediante enzimas producidas por los microorganismos; estas tienen la función de degradar y fermentar los alimentos consumidos por los rumiantes, es por ello, que a este compartimiento se le considera una cámara de fermentación (Castillo *et al.* 2014).

El crecimiento y la actividad de las poblaciones microbianas presentes en el rumen son influenciadas por distintos factores:

La temperatura ruminal se encuentra entre un rango de 38 C a 41 C, tiende a aumentar después de que el animal ingiere el alimento, debido a que la fermentación es un proceso que genera calor (Castillo *et al.*, 2014).

El pH en el rumen depende de la concentración parcial del CO₂, como se observa en la siguiente reacción: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$, ya que la cantidad de iones H⁺ varían de acuerdo a la intensidad de la fermentación y esto determinara el pH del ambiente ruminal (Araujo & Vergara, 2007); sin embargo, debido a la adición de carbonatos y fosfatos provenientes de la saliva, los cuales funcionan como amortiguadores, el pH se mantiene en un rango de 5.8 a 7.2 (Castillo *et al.*, 2014). Sin embargo, la forma física de la dieta como una disminución de las proporciones de forraje, reducción del tamaño de partícula o el procesamiento de los granos, pueden disminuir el pH del ambiente ruminal (Mulat, Murali & Samrawit, 2015). Se ha determinado que pH ruminal menor a 6.2 puede disminuir la degradación de la celulosa de los forrajes, debido a que limita el crecimiento, la actividad enzimática y metabólica de las bacterias celulolíticas (Zhang *et al.*, 2017).

La capacidad amortiguadora es un sistema complejo, desarrollado para resistir los cambios bruscos de pH en el ambiente ruminal. Se basa en la

abundante producción de saliva durante la rumia debido a que es un aporte constante de bicarbonatos y fosfatos (Castillo *et al.*, 2014). La absorción de los AGV a través de la pared ruminal, los minerales que utilizan los microorganismos como cofactores enzimáticos durante las reacciones metabólicas para producir CO₂, la síntesis de proteína microbiana y la producción de amoníaco (NH₃), producto de la degradación de las proteínas; son algunos de los factores que neutralizan los ácidos orgánicos producidos durante la fermentación (Araujo & Vergara, 2007).

El medio ruminal es un ambiente anaeróbico es altamente reductor, esencial para el mantenimiento y desarrollo de los microorganismos, en general la microbiota se adapta a condiciones específicas. Los microorganismos anaerobios requieren para su adecuado desarrollo entre +100 mV y -250 mV (Huang, Marden, Julien, & Bayourthe, 2018).

La presión osmótica es dependiente de la presencia de iones, líquido y moléculas complejas que generan tensión intracelular, el líquido ruminal tiene una osmolaridad aproximadamente de 250 mOsm*kg⁻¹, y puede ser influenciado por el tipo de la dieta. Un ejemplo es el aumento de presión por la presencia de AGV producidos durante la fermentación y dietas ricas en carbohidratos (Castillo *et al.*, 2014). Los solutos orgánicos, que componen el contenido ruminal incluyen alimentos, saliva, producto de desecho de los microorganismos, líquidos ingeridos, diversificando la cantidad de solutos en el contenido ruminal (Church, 1974). Sin embargo, los principales causantes del aumento de la presión osmótica son los AGV, así como el etanol, lactato (Zhang *et al.*, 2017). El acetato y butirato son nutrientes lipogénicos y son fuente de H₂ disponible, mientras la formación de propionato es una vía competitiva para utilizar el H₂ en el rumen (Ramírez, 2018).

La microbiota del rumen es el vínculo entre los rumiantes y la dieta a través de la producción de desechos metabólicos y proteína, conformado por un consorcio de bacterias, protozoarios ciliados, protozoarios flagelados, hongos anaerobios y bacteriófagos (Thirumalesh & Krishnamoorthy, 2013). Las bacterias representan alrededor del 50 % del total de la biomasa microbiana, se hallan en una población de 10^{10} bacterias mL^{-1} , por su parte los protozoarios aportan 40% de la microbiota, se hallan en poblaciones de 10^4 a 10^6 células mL^{-1} ; los hongos alrededor del 8% con poblaciones de 10^4 a 10^5 zoosporas mL^{-1} (Castillo *et al.*, 2014).

2.7 Alimentación del becerro

2.7.1. Calostro

El calostro bovino consiste en una mezcla de secreciones lácteas y de componentes del suero sanguíneo, compuesta por inmunoglobulinas, leucocitos maternos, factores de crecimiento, hormonas, citoquinas, factores antimicrobianos, agua, proteínas, lípidos, carbohidratos y minerales (Guzmán & Olivera, 2020). Es un producto con características únicas que mejora los procesos de cría en terneros, disminuye la mortalidad, diarreas, cólicos, deshidrataciones y neumonías (Campos, Fairut, Loaiza & Giraldo, 2007).

A los terneros alimentados con calostro se les confiere inmunidad en las primeras horas del nacimiento; Scándolo & Maciel (2017), enfatizan que los factores que afectan la transferencia de inmunoglobulinas (IgG) se encuentra el tiempo de ingestión de calostro, que resulta óptimo durante las primeras cuatro horas posparto y comienza a declinar rápidamente luego de las 12 horas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de la composición del calostro de buena calidad (primeros tres días posparto) y de la leche de vaca.

Componentes	Día 1	Día 2	Día 3	Leche
Gravedad específica (gm*ml ⁻¹)	1.056	1.034	1.033	1.032
Sólidos totales (%)	23.9	14	13.6	12.9
Grasa (%)	6.7	4.1	4.3	4
Sólidos no grasos (%)	16.7	9.6	9.5	8.8
Proteína (%)	14	4.6	4.1	3.1
Lactosa (%)	2.7	4.5	4.7	5
Cenizas (%)	1.1	0.8	0.8	0.7
Vitamina A (µg*100 mL ⁻¹)	295	95	74	34
Inmunoglobulinas (%)	6	1	-	0.09

Fuente: Mellado (2010).

Es preferible que el becerro mame el calostro directamente de la ubre de la madre, alrededor del 5% de su peso vivo, antes de las dos horas de nacido. Sin embargo, la forma de suministrarle el calostro, al no poder ser directo de la madre puede ser proporcionado a través de un alimentador esofágico o tetera, y así vigilar el consumo de este primer alimento (Mellado, 2010).

2.7.2. Alimentación con dieta líquida

Cuando se ofrece leche a libre acceso, los terneros suelen consumir alrededor del 20% de su peso corporal al día, lo que equivale de 10 L a 12 L de leche aproximadamente. En contraste, los becerros alimentados con volúmenes limitados de leche muestran comportamientos indicativos de hambre crónica (Khan, Weary & Von Keyserlingk, 2011).

Con respecto a las características de la leche ofrecida a los becerros, en crianza tradicional: los becerros maman directamente de la madre la leche residual, en comparación con la crianza artificial que se utiliza leche, calostro diluido o sustitutos de leche; se les debe de ofrecer en teteras o

en cubetas con mamila (Mellado, 2010). El suministro de la dieta líquida a través de chupón o biberón simula la condición natural de la cría que se amamanta de la ubre materna, activando el reflejo de la gotera esofágica que hace que la leche se desvíe al abomaso, proporcionar la dieta líquida en balde puede provocar que una fracción del líquido ingrese al rumen generando con ello trastornos digestivos (Velásquez & Gebauer, 2019). En el Cuadro 6, se muestran aspectos fisicoquímicos del calostro y de la leche, reflejando diferencia biológica entre las dos secreciones.

Cuadro 6. Valores de pH, acidez titulable (AT), grasa, proteína, lactosa, ceniza y diámetro de micelas de caseína de muestras de los primeros 90 días de lactancia.

Días	pH	AT (% de ácido láctico)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Ceniza (%)	Diámetro micela de caseína (nm)
1	6.17	0.461	3.55	16.12	2.69	1.18	227
2	6.28	0.279	3.49	5.43	3.04	1.00	189
3	6.28	0.253	4.50	4.54	3.52	0.93	198
4	6.38	0.232	4.26	4.41	3.82	0.92	198
5	6.49	0.202	3.89	4.23	4.15	0.87	188
15	6.58	0.185	3.66	4.01	4.32	0.83	194
30	6.64	0.142	3.72	3.08	4.54	0.80	196
60	6.71	0.145	3.95	2.94	4.61	0.76	198
90	6.70	0.160	3.51	3.20	4.70	0.79	196

Fuente: Tsiolupas, Grandison & Lewis (2007).

2.7.3. Dosificación de la dieta líquida

La alimentación de los becerros lactantes con base de leche es muy importante, ya que, al limitar la ingesta a 4 L, se deja a los terneros hambrientos y se comprometen el crecimiento, la salud, el bienestar y la futura producción de leche en caso de hembras. Por el contrario, cuando se proporcionan mayores cantidades de leche, disminuye el consumo de alimento sólido (Khan *et al.*, 2011).

En los sistemas de crianza artificial, distintas investigaciones han evaluado la cantidad de leche proporcionada a los becerros. Ozkaya & Toker (2012) realizaron un estudio en el cual ofrecieron una dieta basada en leche con 10 y 8% del peso corporal de los becerros; reportaron mejores resultados en ganancia de peso corporal cuando ofrecieron 10 % en comparación con el 8 %. Por otra parte, Kiezebrink, Edwards, Wright, Cant & Osborne, (2015) compararon sistemas de alimentación mixto basada en dieta líquida y alimento iniciador, suministraron 4 L y 8 L de leche entera a terneros del nacimiento hasta la octava semana, obteniendo mayor ganancia diaria de peso en becerros alimentados con 8 L; sin embargo, los becerros a los que se les suministró menos leche consumieron mayores volúmenes de alimento iniciador.

2.7.4. Alimentación sólida

Un régimen de alimentación que permita una transición gradual de la leche a la alimentación sólida, es vital para el éxito de los programas de crías de becerros.

Según Castillo *et al.* (2018), la asignación de alimento iniciador a becerros lactantes permite el destete desde el cuarto mes de edad, con un mantenimiento de la ganancia diaria superior a 1 kg y con becerros de siete meses con peso mayor a 230 kg.

Es necesario ofrecer concentrado de buena calidad a becerros lactantes desde que nacen hasta el destete; con ingredientes proteicos de origen vegetal, esto es, no utilizar insumos que contengan nitrógeno no proteico (urea, pollinaza o gallinaza) ni harinas de sangre (Guaneros, 2012).

La alimentación con forrajes verdes debe proveer a los becerros de 70 % de los requerimientos de proteína, así que deben de tener de 8 % a 10 % de PC, prácticamente consumir 7 % de su peso vivo. No obstante, los complementos alimenticios deben de ser ricos en proteína y energía, suministrar 1 % del peso vivo, además de cuidar la relación Ca: P, administrar sales minerales con microminerales quelatados (Meza *et al.*, 2019).

2.8 Parámetros productivos

Los parámetros son indicadores que señalan si los animales están expresando su potencial productivo, al identificarlos es posible llevar a cabo estrategias en la alimentación, manejo y sanidad.

Con respecto a la alimentación, la eficiencia en becerros se divide en tres fases: la etapa de lactancia, que se caracteriza por tener eficiencias de 55 % a 45 %, pero con un costo elevado de la alimentación; la etapa de transición, que va entre los 70 días a 150 días de edad, cuando los animales están destetados y son capaces de crecer con una eficiencia elevada de 20 % a 30%, y la fase en donde los terneros tienen un rumen bien desarrollado, aumenta la porción de forraje y su eficiencia disminuye a valores de 7 % (Terre & Bach, 2013).

Otro parámetro de importancia es la ganancia de peso, en sistemas tradicionales de crianza, no hay seguimiento en pesajes de los terneros, es por ello que esta variable se ajusta a los 270 días según la edad de cada animal, para así eliminar la influencia del ambiente (Cárdenas, Maza

& Cardona, 2015). Por el contrario, en etapas de recría a corral, las ganancias de peso son acordes a una etapa de crecimiento, se aprovecha el potencial del animal y se logra el nivel de terminación con un peso mayor. En contraste, cuando las ganancias de peso son elevadas en corral de engorde, el tamaño adulto disminuye y así el animal logra un nivel de terminación con menor edad (Ceconi, Davies, Méndez & Elizalde, 2018). Sin embargo, en áreas tropicales, el desarrollo de animales de reemplazo, muestran bajas ganancias de peso después del destete, con retardo en el crecimiento y madurez fisiológica de los bovinos (Maquivar *et al.*, 2006).

La conversión alimenticia es la relación que existe entre la cantidad de alimento consumido por el animal con la cantidad del producto obtenido, la cual, es un indicador de eficiencia biológica y permite valorar la factibilidad económica de la producción. Para producir un ternero destetado se requiere tiempo y alimento, es por ello que, dependiendo de los factores se requiere entre 3,000 kg MS*año⁻¹ y 4,000 kg MS*año⁻¹ para destetar un ternero entre los 6-8 meses de edad en vacas de razas europeas (Aello, 2014). Además, se derivan indicadores para evaluar el resultado final, que indica la relación del precio de cada Kg de peso obtenido considerando la cantidad de alimento consumido (Mac Loughlin, 2013).

2.9 Factores que afectan parámetros productivos en becerros

La etapa de crianza de los becerros es fundamental en la producción, ya que los becerros destetados son destinados a la engorda, para sementales o las becerras para reemplazos. Por tal motivo, se debe evitar el nacimiento de crías débiles y con bajo peso. Posterior al nacimiento, se debe verificar el tamaño de la cría, si es necesario intervenir durante el parto de la vaca, al realizar labores obstétricas se debe utilizar el equipo

necesario. Al nacimiento de la cría la toma del calostro es muy importante, debido a la alta concentración de inmunoglobulinas (IgG, IgM e IgA); de factores de crecimiento (IGF-I, IGF-II), enzimas inhibitorias (antioxidantes, proteasas, fosfatasas), fracciones de nucleótidos, citocinas, minerales y vitaminas, que ayudan a la protección del becerro (Meza *et al.*, 2019, McGrath, Fox, McSweeney & Kelly, 2016).

2.9.1. Efecto de la nutrición materna

Para un adecuado manejo nutricional de las hembras gestantes, antes de suplementar se deben conocer sus necesidades nutricionales, esto de acuerdo con el estado fisiológico, condiciones de alimentación y las interacciones entre los minerales y compuestos orgánicos, así como la composición química de los forrajes y sus aportes de proteína, energía y minerales (Jiménez, Domínguez, Rosales & Flores, 2014). La inadecuada nutrición de la vaca gestante, es uno de los factores que afectan la expresión de los genes, modulando de forma negativa, diferentes aspectos del desarrollo fetal, que dependen de la etapa de la preñez en que ocurre la restricción, lo cual afectará el metabolismo y la composición corporal durante la curva de crecimiento posnatal, afectando de esta manera la programación fetal (Macor, Bocco, Giovani & Sagardoy, 2020).

La alimentación de vacas cruzadas provenientes de cruzas de ganado *Bos taurus* con *Bos indicus* en áreas tropicales de México, se basa en pastoreo con dietas a base de forrajes antes y después del parto. Lo cual ocasiona deficiencias nutricionales durante el desarrollo fetal de los becerros. Esta situación suele afectar el crecimiento y desarrollo posnatal, provocando bajos pesos al nacimiento, diarreas, problemas respiratorios, lento crecimiento, afecciones reproductivas, bajo rendimiento del peso y calidad de la canal. También puede afectar el desarrollo placentario y alteraciones en la vascularización (Funston, Larson & Vonnahme, 2010).

En un estudio realizado por Pontes *et al.* (2019), enfatizan que el efecto de una adecuada nutrición proteica y energética durante la gestación, se traduce en un aumento del grosor del depósito de grasa subcutánea en vacas de raza Nellore, lo cual puede tener efectos benéficos en su capacidad reproductiva y el rendimiento de su progenie. Por su parte, Gao *et al.* (2012), señalan que la deficiencia de energía durante la gestación de la vaca, se refleja en menor peso al nacimiento del becerro, así como en la altura y longitud corporal, la circunferencia torácica y circunferencia umbilical. Las deficiencias minerales en la vaca también ocasionan enfermedades como el bocio que es hipertrofia tiroidea bilateral (del Piero, Clark & Buergelt, 2015), cuya deficiencia se manifiestan diversos signos; la debilidad suele ser la afección principal, pero también pueden nacer becerros ciegos, sin pelo o incluso muertos (Pastrana, 1995).

2.9.2. Efecto de la edad de la vaca

La edad de la vaca, medida en años o en número de partos, es una de las fuentes de variación del peso del ternero al nacimiento; en donde las novillas de primer parto y las vacas de numerosos partos normalmente producen terneros de bajo peso (Ossa, Suarez & Pérez, 2007). Debido a que el feto enfrenta una competencia por los nutrientes que son utilizados para satisfacer las necesidades metabólicas de la vaca, lo cual puede influir indirectamente en el desarrollo futuro de la cría (Shoonmaker, 2013). En estudios realizados por Marcato *et al.* (2022) señalan que terneros nacidos de vacas de primer parto tuvieron pesos más bajos en comparación con los terneros de vacas con mayor número de partos, afectando el rendimiento de las crías a largo plazo. No obstante, existe una relación positiva con el peso al nacimiento y los partos distócicos, el número de parto y el sexo del ternero (Goyache *et al.*, 2000).

2.9.3. Efecto del sexo de la cría

Uno de los factores importantes es el sexo del ternero, debido a la capacidad genética de los machos, con respecto a las hembras, a presentar mayores índices de crecimiento pre y posnatal, posiblemente por factores hormonales (Ossa *et al.*, 2007); sin embargo, estas diferencias pueden afectar en el sistema inmune y el entorno de hormonas sexuales, debido a que son factores que contribuyen a una mayor susceptibilidad a enfermedades y mortalidad de las crías (Marcato *et al.*, 2022).

2.9.4. Efecto del año y época de nacimiento

El efecto del año y la época de nacimiento de los terneros son factores que han sido de interés por diversos autores, debido a que existen variaciones climáticas a lo largo de los años, lo que se refleja en la disponibilidad y calidad de forraje, el manejo y las alteraciones en el valor genético del hato. La relación que existe con las variaciones del clima y la disponibilidad de alimentos, sin duda influyen sobre el crecimiento de los animales, en especial en los que son criados en condiciones de pastoreo (Ossa *et al.*, 2007). Es por ello que Calderón, Rios, Vega & Lagunes (2016) sugieren que las diferencias entre épocas deben tomarse en cuenta para utilizar esquemas de alimentación y manejo de las hembras con sus crías para mejorar el comportamiento predestete.

2.9.5. Patologías heredadas

Existen diversas patologías, en terneros, las cuales ocasionan que sean crías débiles, que generalmente no sobreviven por mucho tiempo, lo que produce pérdidas económicas al productor. En este sentido, Flores *et al.* (2016), enfatizan que el virus de la Diarrea Viral Bovina (vDVB) perteneciente al género *Pestivirus*, está relacionado con la mortalidad embrionaria temprana, nacimiento de crías inmunotolerantes

persistentemente infectados, abortos, nacimiento de terneros débiles y malformaciones congénitas. Además, existen desórdenes metabólicos heredados tales como: la orina color jarabe de arce que tiene su origen en un gen autocromosómico recesivo que es el resultado de una deficiencia del complejo enzimático cetoácido dehidrogenasa y la citrulinemia bovina que es causada por una disfunción de la enzima arginosuccinato-sintetasa que participa en el ciclo de la urea, la cual es una afección autosómica hereditaria (del Piero *et al.*, 2015).

La incidencia de afecciones genéticas se ha incrementado debido al grado de consanguinidad en la población bovina. En este sentido Gentile & Testoni (2006), mencionan que dentro de las patologías del sistema nervioso central destacan las siguientes: la atrofia muscular espinal, la desmielogénesis espinal y la mieloencefalopatía degenerativa progresiva; las cuales se presentan con mayor frecuencia en animales de raza Brown. De igual forma, se presentan casos de defectos craneoencefálicos, condrodisplasia o también llamada "síndrome del ternero panzón", la sindactilia y la malformación vertebral compleja que son trastornos que afectan al ganado Holstein.

2.9.6. Diarrea en becerros

De acuerdo con Bernal (2008), entre las causas de muerte más importantes en el recién nacido están las enfermedades que provocan diarrea. Estas son consideradas como la principal causa de morbilidad y mortalidad en becerros, lo cual provoca más pérdidas económicas que cualquier otro trastorno en becerros.

La diarrea es una afección causada por numerosos agentes etiológicos, es considerada como un trastorno complejo más que como signo de varias enfermedades. Es de compleja etiología, en la cual están involucrados numerosos factores, como la susceptibilidad del huésped, la influencia del

macro y microambiente y los agentes infecciosos, los cuales pueden estar presentes en forma única o en combinación.

Factores etiológicos que pueden causar diarrea en becerros:

- a) Bacterias: Considerada la más importante es *E. coli*, también *Salmonella spp.* y *Clostridium perfringens* tipo C también pueden ser causantes de diarreas. Protozoarios: del género *Coccidia*, *Eimeria surni*, *E. bovis* y *Cryptosporidia spp.* que cada vez es más común en los casos de diarrea en becerros.
- b) Hongos: Asociados con sobreuso o cambios constantes en la medicación, el problema común es *Candida albicans*.
- c) Virus: Rotavirus "virus de la diarrea del becerro", Coronavirus, Parvovirus. DBR, IBR y Lengua azul son posibles etiologías, pero no son tan comunes como las anteriores. También se ha reportado enterovirus y adenovirus.
- d) Las clamidias también han sido asociadas con episodios de diarrea en el recién nacido.
- e) Dietarias: Sobrealimentación, administración de sustitutos de leche con proteína poco digestible para el becerro.

Los factores predisponentes del síndrome diarreico neonatal son los siguientes: Factores ambientales, sobrepoblación, mala sanidad, inadecuada ingestión de calostro, edad de la madre, falta de habilidad materna.

III. HIPÓTESIS

La cantidad de dieta líquida al 10 %, 9 % y 8 % en proporción al peso vivo del lactante durante la crianza artificial, mejora las características del desarrollo predestete en ganado bovino en sistema de producción de la región costa de Oaxaca.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento del sistema de crianza artificial predestete y su efecto sobre la ganancia de peso en ganado del trópico seco.

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar indicadores de crecimiento en becerros lactantes predestete bajo un sistema de crianza artificial.
- Evaluar los costos del sistema de la crianza artificial en becerros lactantes.
- Evaluar indicadores de la curva de crecimiento en becerros criados bajo el sistema de crianza artificial.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación geográfica y ambiente

El experimento se realizó en la explotación el rancho "La Flor" que se encuentra en la localidad de San José Manialtepec, Villa de Tututepec, Oaxaca, México, con las siguientes coordenadas: 15° 97' 97" latitud Norte y 97° 23' 46" longitud Oeste (INEGI 2020). De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificado por García (2004) el clima predominante en la zona es cálido húmedo con lluvias en verano, con temperatura media anual de 24 C a 26 C y precipitación pluvial media anual de 731.9 mm a 2,0454 mm, la localidad se encuentra a 20 msnm.

5.2. Unidades Experimentales

Se utilizaron 30 becerros lactantes, hembras y machos (*Bos Indicus* x *Bos Taurus*), con alimentación en la etapa predestete con dieta líquida basada en sustituto de leche y alimentación en pastoreo extensivo en praderas establecidas con pasto nativo zacate bramilla (*Cynodom dactilum*).

Los becerros lactantes provienen del mismo hato de la explotación la cual utiliza la técnica de reproducción por inseminación artificial y la sincronización estral, para obtener camadas de becerros más uniformes en tamaño y edades. Con esto, facilitar el manejo en el sistema de crianza artificial, técnica adoptada en el sistema de producción.

5.3. Preparación de dieta líquida

En la preparación de la dieta líquida para ambos tratamientos en etapa predestete, se utilizó el sustituto de leche para becerros Lactocría Plus de Malta Cleyton[®], cuyo aporte nutricional se detalla en el Cuadro 3.

Cuadro 7. Información nutricional del sustituto de leche para becerros utilizado durante el experimento.

Proteína cruda	25 % min.
Grasa cruda	10 % min.
Fibra cruda	2 % máx.
Humedad	10 % máx.
Cenizas	8 % máx.
E.L.N	45 %

Fuente: Información declarada en el precinto, por el fabricante.

Para proporcionar la ración de la dieta a los becerros, se utilizaron biberones limpios con capacidad de 2 L. (Figura 2).

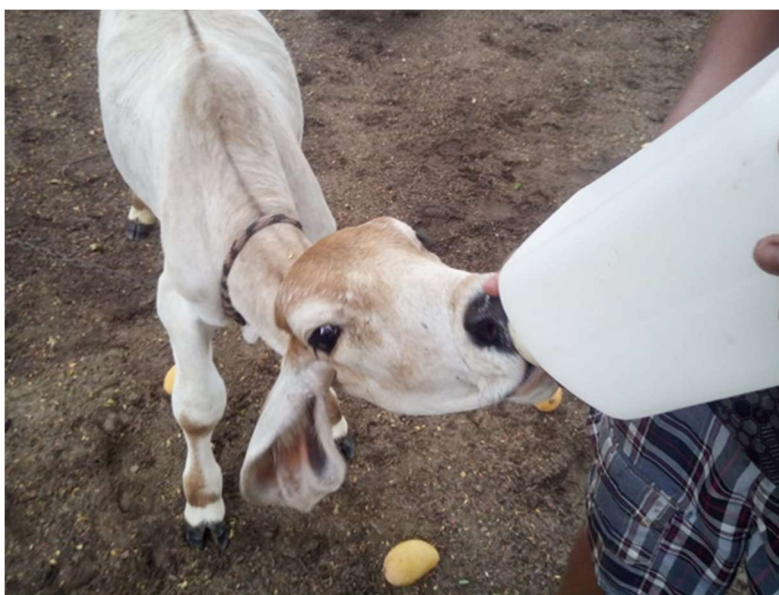


Figura 2. Becerro con biberón para la toma de la dieta líquida.

5.4. Dieta sólida

Se ofreció alimento balanceado adicionado con monensina, como iniciador ABABE PLUS API ABA de Malta Cleyton®, cuyo aporte nutricional es detallado en el Cuadro 4. Además, los becerros tuvieron acceso a pasto nativo y sal mineral.

Cuadro 8. Información nutricional del alimento iniciador utilizado en el presente experimento.

Proteína	20 % min.
Grasa	2 % min.
Fibra cruda	8 % máx.
Humedad	12 % máx.
Cenizas	8 % máx.
E. L. N	50

Fuente: Información declarada en el precinto, por el fabricante.

5.5. Pesaje de las unidades experimentales

El peso de cada uno de las unidades fue registrado cada semana y se utilizó una báscula electrónica colgante WeiHeng® con capacidad de 500 kg, para hacer más practica la actividad se colocó un cordón alrededor del animal (tórax y abdomen) y se levantaron hasta colocarse en la báscula y quedaron suspendidos para evitar posibles errores durante la medición (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Técnica utilizada en el pesaje de las unidades experimentales.



Figura 4. Báscula digital colgante utilizada en el pesaje las unidades experimentales.

5.6. Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado en el presente estudio fue completamente al azar, teniendo como fuente de variación al método de la ración proporcionada al becerro; derivando con ello en los tratamientos alimenticios siguientes:

Tratamiento 1 o ración fija (T1, n=15 unidades experimentales: 7 hembras y 8 machos) en el que se les suministró a partir de la 2ª semana de vida 4 L*día⁻¹, de dieta líquida de sustituto de leche, dividido en dos tomas, 2 L por la mañana y 2 L por la tarde; se pesaron los becerros cada semana hasta el destete.

Tratamiento 2 o ración proporcional al peso vivo (T2, n=15 unidades experimentales: 8 hembras y 7 machos) en el que se les suministró a partir de la 2ª semana de vida la dieta líquida de sustituto de leche en forma proporcional, de acuerdo con el porcentaje del peso vivo, esto dividido en dos tomas para la mañana y para la tarde; considerando el 10% para el primer mes, el 9% para el segundo mes y el 8% para el tercer mes. También se pesaron los animales cada semana hasta el destete.

La distribución de las unidades experimentales fue determinada por la fecha de parto, el primer nacimiento fue asignado al tratamiento uno, el segundo parto al tratamiento dos y así en lo sucesivo.

5.6.1. Variables evaluadas

Las variables de interés evaluadas en la presente investigación fueron: consumo diario promedio de alimento (dieta líquida), ganancia diaria promedio, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y costo de alimentación del becerro en la etapa predestete.

Consumo total de alimento. La determinación de esta variable para cada unidad experimental fue mediante la sumatoria de los consumos diarios por el periodo de tiempo de duración del estudio (90 días).

Ejemplo: En el tratamiento 1, la unidad experimental "noy" consumió 4 L*d⁻¹, por los 90 días, entonces el consumo total es de 360 L de dieta líquida.

Ganancia total de peso vivo. Esta variable se obtuvo por diferencia entre el peso vivo al destete y el peso vivo al nacimiento de cada unidad experimental.

Ejemplo: En el tratamiento 2, la unidad experimental "nena" peso al destete 84.7 kg PV y al nacimiento fue 35 kg PV, por diferencia es 49.7 kg de ganancia total.

Ganancia diaria promedio. Esta variable se determinó mediante la fórmula.

$$\text{Ganancia diaria promedio} = \frac{\text{peso vivo al destete} - \text{peso vivo al nacimiento}}{\text{días al destete}}$$

Ejemplo: el mismo ejemplo anterior de "nena" $Gdp = \frac{84.7-35.0}{90} = 0.552 \text{ kg}$

La "nena" tuvo una ganancia diaria promedio de 552 g

Conversión alimenticia. Para obtener esta variable por cada unidad experimental se consideró el consumo total de la alimentación líquida, entre la ganancia diaria de peso obtenida.

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{consumo de alimentación líquida}}{\text{ganancia diaria de peso}}$$

Eficiencia alimenticia. En esta variable se obtuvo tomando en cuenta la ganancia diaria de peso, entre el consumo de alimentación líquida.

$$Eficiencia\ alimentaria = \frac{ganancia\ diaria\ de\ peso}{consumo\ de\ alimentación\ líquida}$$

Costo de alimentación. Se obtuvo tomando en cuenta el precio en el mercado del bulto de 10 kg de sustituto lácteo, dividido por la porción del sustituto requerido para preparar un litro del alimento líquido, y así obtener el costo por litro preparado.

$$Costo\ de\ alimentación = \frac{Costo\ del\ sustituto\ de\ leche}{gramos\ de\ sustituto\ para\ 1\ L\ preparado}$$

5.6.2 Análisis Estadístico

El análisis estadístico de la información fue mediante el análisis de varianza para las variables cuantitativas continuas (consumo total, ganancia total, ganancia diaria promedio, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia) con comparación de medias a través del estadístico de prueba Tukey ($P=0.05$). Además, se utilizó el análisis de correlación y regresión lineal simple o cuadrático para la curva de crecimiento, mediante el programa estadístico (SAS, 2003).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos para ninguna de las variables evaluadas (Cuadro 9).

Cuadro 9. Comparación de medias ($\bar{X}\pm EE$) de las variables en la etapa predestete con dieta líquida, fija y proporcional al peso vivo (10 %, 9 % y 8 %), en la crianza artificial de becerros doble propósito.

Variables	Dieta fija (4 L*día⁻¹)	Dieta proporcional al peso vivo
Edad al destete (días)	90±1	90±1
Peso al nacimiento (kg)	29.02±1.58 ^a	29.45±1.80 ^a
Peso al destete (kg)	71.83±4.33 ^a	74.35±3.90 ^a
Consumo total (L)	360±4 ^a	387.01±20.09 ^a
Ganancia total (kg)	42.81±3.61 ^a	44.90±2.83 ^a
Conversión alimenticia	9.60±1.06 ^a	8.78±0.42 ^a
Eficiencia Alimenticia	0.12±0.01 ^a	0.12±0.004 ^a
Costo (\$ pesos)	1329.47±4.74 ^a	1427.10±74.10 ^a

a= Medias en hileras, con la misma literal no difieren estadísticamente ($P>0.05$).

Los pesos iniciales de los becerros en el presente experimento presentaron valores inferiores a los reportados por González, González, Peña, Moreno & Reyes (2017) quienes utilizaron becerros de 32 kg a 33.9 kg en terneras Holstein; y por debajo de la media (32.6 ± 2.6 kg) en terneros de ganado Angus (Martínez, Gutiérrez, Briones, Lucero & Castillo, 2011). De igual forma, Iglesias, Guerra, Quiel, León & Ibarra (2017) obtuvieron al nacimiento terneros doble propósito con pesos de 32.2 kg a 33.9 kg. Debido a que peso al nacimiento y la edad al destete, son variables que influyen al peso futuro al destete, ya que el peso al nacer está ligado al vigor y a la sobrevivencia (Bolívar *et al.*, 2009).

Cuando existe mayor peso al nacimiento indica que no se afectará significativamente el peso al destete (Montes, Vergara, Prieto & Rodríguez, 2008), y de estas se derivan las variables de interés productivo. No obstante, consumo temprano de iniciador y pastos, implica el desarrollo del rumen junto con el establecimiento de la población microbiana, aumento de tamaño y del tono muscular y el desarrollo de la capacidad de absorción (Bacha & Villamide, 2015); factores que permiten un destete temprano como ocurrió en esta investigación.

Román & Ortiz (1977), evaluaron la cantidad de leche suministrada de 4 kg diarios o el equivalente al 10 % del peso vivo en becerras Holstein bajo condiciones de clima tropical, obtuvieron resultados de 70.7 kg como promedio del peso al destete en becerras que consumieron el 10 % de leche a los 60 días, siendo significativamente mayor en comparación a 58.1 kg en becerras que consumieron 4 kg durante el mismo periodo. Sin embargo, a los 100 días de edad, los pesos al destete fueron de 78.2 kg y 94.2 kg con consumo de 4 kg y de 10 % de dieta líquida respectivamente, pero no presentaron diferencias significativas en la ganancia diaria de peso, destacando la posibilidad de destetar a temprana edad con leche restringida.

En este sentido Juliano *et al.* (2016), no encontraron diferencia significativa en variables como peso al destete y costo, al comparar sustitutos de diferente contenido energético con leche, suministrando la dieta líquida al 10 % del peso vivo en terneros Holando-Argentino por 60 días; aunque, reportaron mejora en la eficiencia alimenticia en tratamientos con sustitutos lácteos. Por otra parte, Elizondo & Sánchez (2012) trabajando con terneras Holstein bajo dos tratamientos que consistentes en ofrecer 4 L al día en dos tomas diarias, y el segundo en suministrar mayor cantidad hasta alcanzar un consumo de 8 L al día divididos de igual forma en dos tomas, obtuvieron pesos promedios a las 8 semanas de 62 kg en el primer tratamiento y de 68 kg en el segundo

sin diferencias significativas entre ambos tratamientos en sistemas intensivos de crianza de terneras e indican que los animales que consumieron menor cantidad de dieta líquida y más alimento balanceado presentaron mayor desarrollo ruminal, sugiriendo que el destete se debe basar en el adecuado desarrollo del rumen y no en la edad del animal.

En otro experimento Khan *et al.* (2011), suministraron 4 L en los primeros dos días de edad, 8 L de los 3 días a los 35 días, 4 L de los 36 días a los 53 días y 2 L de los 54 días a los 56 días; a terneros que fueron asignados a dos tratamientos, uno en el que no recibían forraje y el otro en el que recibían forraje picado *ad libitum*. El consumo de alimento iniciador aumentó cuando la cantidad de leche suministrada disminuyó; no obstante, el suministro de heno picado a los becerros alimentados con altos volúmenes de leche a una edad temprana mejoró la ingesta de alimento sólido y fue benéfico para el desarrollo del retículo-rumen.

En contraste, en un estudio realizado por Rosenberger, Costa, Neave, Von Keyserlingk & Weari (2016), en el cual los tratamientos fueron el suministro de leche de 6 L, 8 L, 10 L y 12 L de leche al día, reduciéndolo al 50 % a los 42 días de edad y luego a 20 % en los últimos 5 días hasta al destete, teniendo mayores ganancias de peso en terneros alimentados con más leche; sin embargo, no encontraron diferencias estadísticas en la eficiencia alimenticia entre tratamientos y sugieren que las raciones más altas de leche pueden afectar el desarrollo del rumen y la digestibilidad del iniciador.

De igual manera, los becerros alimentados con 4 L diarios en comparación con los que se les suministró la dieta líquida proporcional a su peso vivo del 10 %, 9 % y 8 %, e indicando los costos de alimentación en ambos tratamientos no presentaron diferencias significativas. En contraste, en una investigación en donde los terneros fueron alimentados con menor cantidad de leche, tiene menor costo el kg de ternero producido que los terneros alimentados con mayor cantidad de leche, por lo que el costo de

alimentación no debe de ser único criterio para elegir un régimen nutricional de terneros (Waseem *et al.*, 2017).

A medida que los becerros consumen granos o concentrados, el rumen con sus tejidos se va desarrollando, los microorganismos empiezan a multiplicarse y la concentración de ácido butírico y propiónico empieza a aumentar; además, que los becerros pueden digerir la lactosa y grasa de la leche o sustituto para obtener energía, de igual forma pueden digerir almidón y alimentos (Khan *et al.*, 2011).

En las Figuras 5, 6, 7 y 8 se representan las gráficas sobre las curvas de crecimiento en un modelo lineal y cuadrático con sus respectivas tendencias, ecuaciones de predicción de peso vivo y r^2 ajustadas, para los tratamientos con dieta líquida fija y dieta líquida suministrada de forma proporcional a los becerros en la crianza artificial. En todas las gráficas, el crecimiento forma una curva sigmoide muy leve, no obstante, con respecto al tratamiento de dieta líquida fija, en la gráfica del modelo lineal (Figura 5) se obtuvo ajuste al 98.3%, con 26.56 kg como intercepto de la recta que representa los pesos vivos y ganancia diaria promedio de 0.4726 kg y pesos al destete mayor a 70 kg. En comparación, con el modelo cuadrático (Figura 6), reflejó intercepto a la recta de 29.52 kg y ganancia diaria promedio de 0.2609 kg y con un ajuste de r^2 de 99.9%.

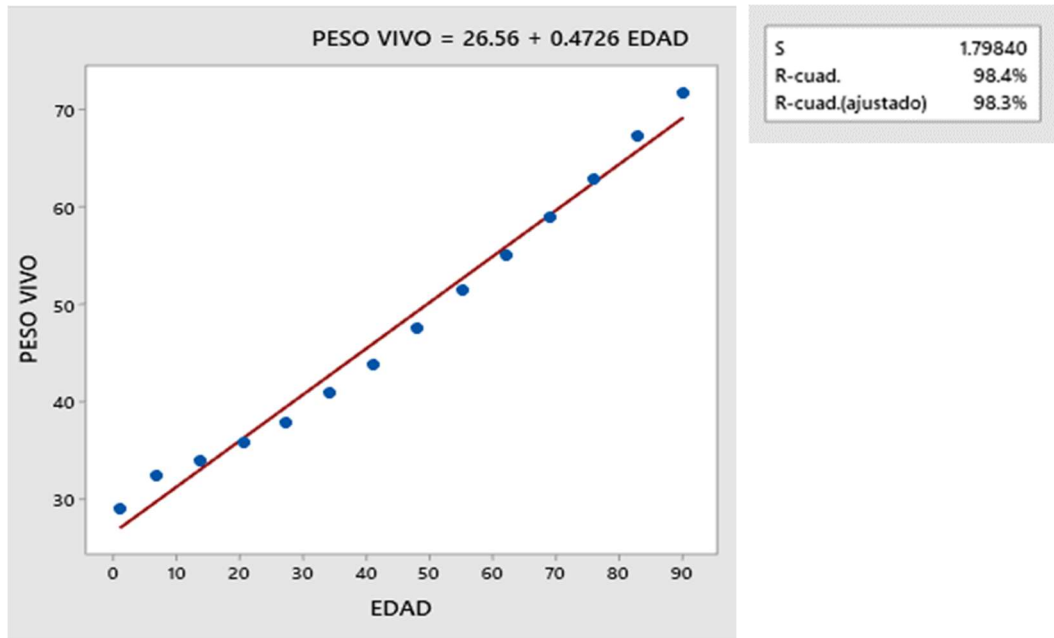


Figura 5. Curva de crecimiento, modelo lineal, del tratamiento con dieta fija.

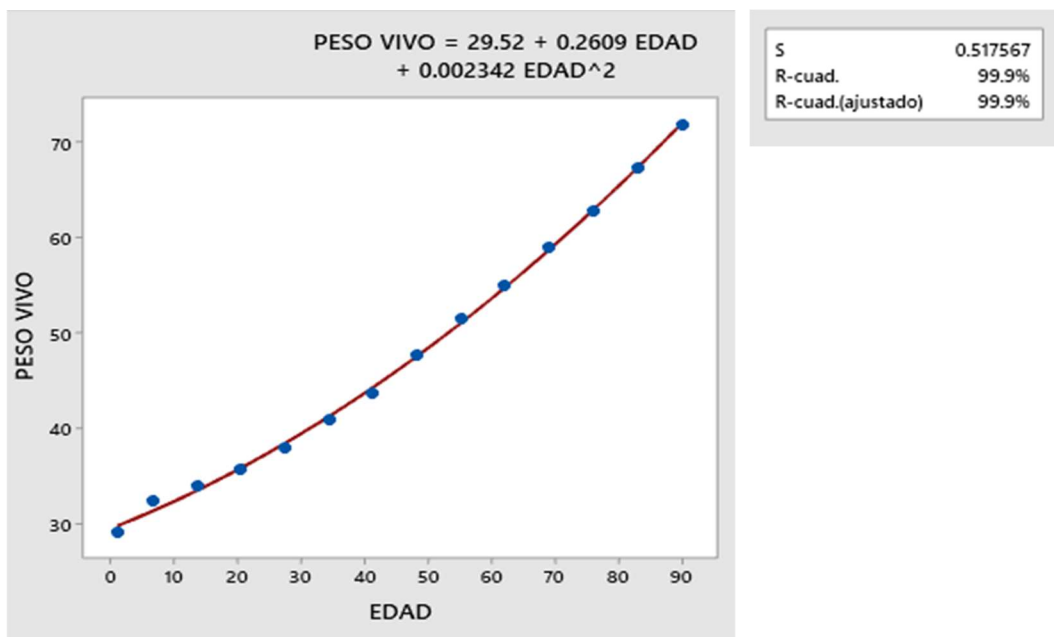


Figura 6. Curva de crecimiento, modelo cuadrático, del tratamiento con dieta fija

En el tratamiento de dieta líquida proporcional (10 %, 9 %, 8 %), en el modelo lineal (Figura 7), se ajustó la r^2 a 98.6 %, con intercepto a la recta de 26.77 kg y ganancia diaria de peso de 0.4977 kg, en comparación con

el modelo cuadrático (Figura 8), la ganancia diaria de peso fue de 0.2981 kg e intercepto de 29.6 kg, con ajuste del 99.9%.

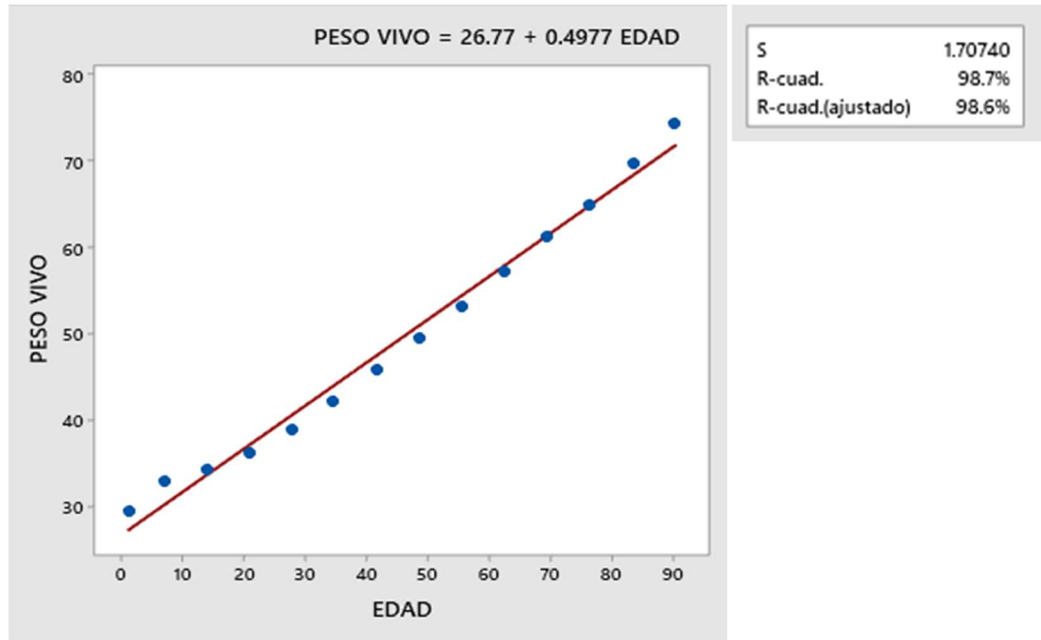


Figura 7. Curva de crecimiento, modelo lineal, del tratamiento con dieta proporcional.

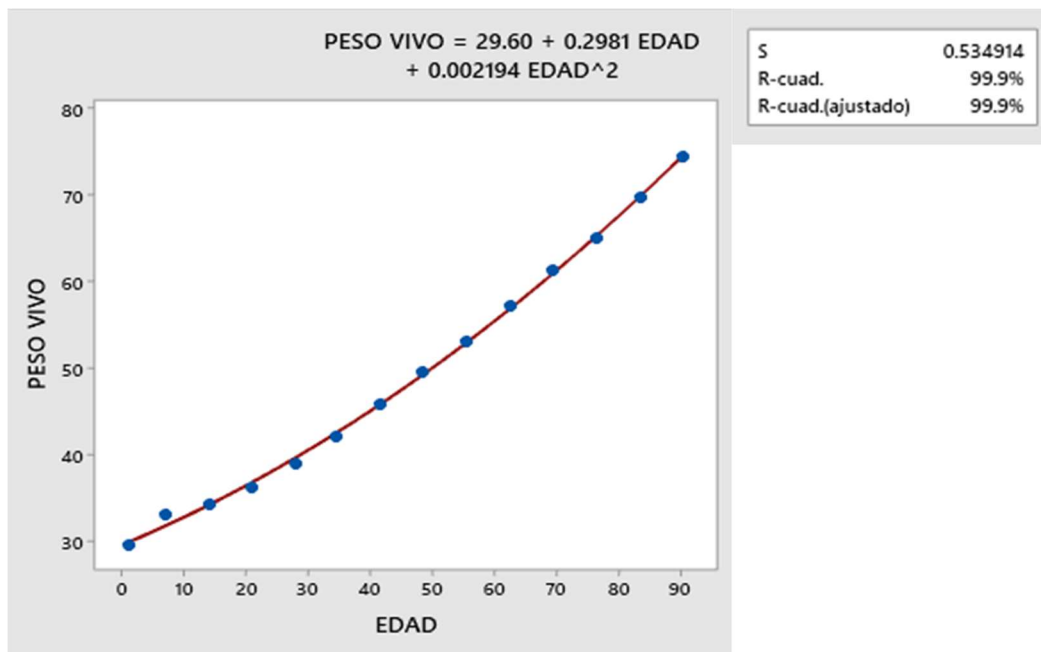


Figura 8. Curva de crecimiento, modelo cuadrático, del tratamiento con dieta proporcional

Diversas investigaciones en ganado doble propósito han evaluado el crecimiento de becerros en etapa de lactancia, las cuales describen curvas de crecimiento similares a las del presente estudio. En una investigación realizada por Ossa & Moreno (1994), se señala peso al nacimiento de 31.98 kg con ganancia diaria de peso de $411 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$, en becerros destetados a los 9 meses de edad y ajuste de 72 %; de los cuales sus madres eran ordeñadas solo una vez al día, por lo tanto permanecían con ellas alrededor de 8 h, en comparación con becerros que sus madres eran ordeñadas dos veces al día, en amamantamiento restringido y destetados a las 42 semanas, con ganancias diaria de peso de $433 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ y $382 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ en el modelo lineal y cuadrático respectivamente (de las Heras, Osorio & Segura, 2008). En ambas investigaciones los modelos se ajustan al crecimiento de los becerros en el trópico, las ganancias diarias de peso están influenciadas por factores medioambientales como señalan Salamanca, Quintero & Bentez (2011), los cuales obtuvieron ganancia diaria de peso de $362.3 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ en becerros con destetes ajustados a los 270 días. De igual forma, el manejo de los becerros influye en dichos parámetros. Por su parte, Osorio & Segura (2008) reportan con el modelo lineal ganancias de peso de 409 g/d , en becerros en amamantamiento no restringido sin suplementación con vacas de un solo ordeño, al igual que, Garduza, Ávila, Quiroz, Granados y Baéz, 2011, quienes evaluaron becerros del trópico Oaxaqueño con destetes ajustados a los 197 días, obtuvieron ganancias diarias promedio de $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ y de $325 \text{ g} \cdot \text{d}^{-1}$ en dos diferentes sistemas de producción ganaderas, con solo un ordeño y amamantamiento no restringido; además de suplementación en temporada de sequía. Sin embargo, esta investigación se concentra en el uso de un sustituto de leche como base de la alimentación líquida de los becerros en etapa de pre destete, y, de acuerdo a lo que describe Garzón (2007), estos sustitutos de leche, ofrecen ventajas en la crianza artificial de becerros, por ser más económicos que la leche entera, incluso al

poderse ahorrar 180 L de leche durante toda la alimentación del becerro lactante.

No obstante, en la presente investigación al analizar las curvas de crecimiento entre ambos tratamientos, se encontró mejor ajuste con los modelos cuadráticos y valores de β inferiores a los modelos lineales, en contraste con lo obtenido con Alonso, Soto, Chongo, Torres & Zamora (2016) quienes señalan mejor ajuste con el modelo logarítmico al cuadrado con ganancias diarias cercanas al $500 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ y pesos al destete alrededor de 69 kg, en hembras Siboney de Cuba durante 90 días.

VII. CONCLUSIONES

Los becerros que recibieron la ración diaria proporcional al peso vivo incrementaron 7.5 % el consumo total de alimento y 4.88 % la ganancia total de peso vivo, en relación a los becerros que recibieron la ración fija diaria.

Los becerros que recibieron ración diaria proporcional al peso vivo presentaron 8.54 % menor en conversión alimenticio en relación a los becerros que recibieron la ración diaria fija.

Los costos de producción por concepto de alimentación fue 7.34 % mayor en los becerros que recibieron ración diaria proporcional al peso vivo en relación a los becerros que recibieron la ración diaria fija.

La curva de crecimiento predestete ajustada para ambos tratamientos son ampliamente en un porcentaje mayor a 98 % con ambos modelos; siendo el modelo lineal, el más simple y el que refleja que la ganancia diaria promedio en el tratamiento de ración diaria proporcional al peso vivo es superior 5.3 % con respecto al tratamiento de la ración diaria fija.

VIII. LITERATURA CITADA

- Aello S. M. 2014. Índice de conversión alimenticia en la cría vacuna: Factores que lo afectan. *Nutrición Animal Aplicada*. EEA Balcarce de INTA y Facultad de Ciencias Agrarias, UNMdP.
- Agudo J. 2020. Ganadería doble propósito desde una visión sustentable. *Revista Palenque Universitarios*, 1:84-94.
- Alonso Á. C, Soto L. D, Chongo B, Torres V. & Zamora A. 2016. Effect of milk replacers on growth curves up to 90 days old in developing Siboney de Cuba females. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(3):355-364.
- Apréaz G. E, Gálvez C. A. L & Navia E. J. F. 2017. Evaluación nutricional de arbóreas y arbustivas de bosque muy seco tropical (bms-T) en producción bovina. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1):98-107. <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.66>
- Araujo F. O & Vergara L. J. 2007. Propiedades físicas y químicas del rumen. *Archivos Latinoamericano de Producción Animal*, 15(1):113-140.
- Argüello R. J, Mahecha L. L & Angulo A. J. 2019. Arbustivas forrajeras: importancia en las ganaderías de trópico bajo colombiano. *Agronomía Mesoamericana*. (303):899-915. doi:10.15517/am.v30i3.35136
- Arreaza T. L. C., Medrano L. J., Pardo B. O., Mateus H., Reza G. S. C., Becerra J., Santana R. M. O. & Sánchez M. L. (2002). Nutrición y alimentación de bovinos en el trópico bajo colombiano. (p. 30). *Manual Técnico Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*. AGROSAVIA. Bogotá Colombia.

- Bacha F & Villamide J. M. 2015. Nutrición y alimentación de rumiantes jóvenes. XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría, Pp. 85-97. Disponible en: <https://oa.upm.es/41909/>
- Bacha F. 1999. Nutrición del ternero neonato (nacido). XV Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Barcelona, España. Pp. 273-301.
- Balehegn M. 2017. Silvopasture using indigenous fodder Trees and Shrubs: The Underexploited Synergy between Climate Change Adaptation and Mitigation in the Livestock Sector. En: WF Leah, S Belay, J Kalangu, W Menas, P Munich, K Musiyiwa, eds. Climate Change Adaptation in Africa. Springer, Cham. 10.1007/978-3-319-49520-0_30.
- Bautista M. Y., Granados Z. L., Joaquín C. S., Ruiz A. M., Garay M. J. R., Infante R. F. & Granados R. L.D. 2020. Factores que determinan la producción de becerros en el sistema de vaca-cría del Estado de Tabasco, México. Nova Scientia. Revista de Investigación de la Universidad de la Salle Bajío, 12(2):1-21.
- Bautista M. Y., Herrera H. J: G., Espinosa G. J. A., Martínez C. F. E., Vaquera H. H., Morales A. & Aguirre G. G. 2019. Caracterización económico-productiva del sistema bovino doble propósito en tres regiones tropicales de México. ITEA-Información Técnica Económica Agraria, 115(2):134-148.
- Bavera G. A. 2011. Razas bovinas y bufalinas de la Argentina. Primera edición. Rio Cuarto. Editorial Imberti-Bavera. Pp. 261. Córdoba, Argentina.

- Bernal O. A. 2008. Diarrea en becerros. Nutrición de bovinos. Pp.1-10.
Disponible en:
http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/DIARREAS_EN_TERNEROS.pdf
- Birmanía W. J. 2013. Las arbóreas, una alternativa nutricional en la producción animal. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, p.1-16. Disponible en:
<https://wp.sodiap.org.do/publicaciones/wp-content/uploads/2023/02/Alboreas.pdf>
- Bolívar V. D. M, Ramírez T. E. J, Vergara G. O. D, Restrepo L. F, Arboleda Z. E. M & Cerón M. M. F. 2009. Parámetros genéticos para el control del peso al nacimiento en bovinos de carne: cruzados en el trópico bajo colombiano. Revista Lasallista de Investigación, 6(2):14-23.
- Bonilla E. Walter. 1981. Importancia del calostro en la alimentación del becerro recién nacido. Investigación y progreso Agropecuario Quilamapu. (no.7) p.16-18, Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.14001/26633>
- Calderón R. R. C, Ríos U. A, Vega M. V. E & Lagunes L. J. 2016. Comportamiento predestete de becerros cebú y sus cruizas con charoláis, simmental, suizo pardo y angus en un sistema vaca-cría. Innovación en la ganadería Veracruzana, (1):117-119.
- Campos G. R., Fairut C. A., Loaiza V. & Giraldo L. 2007. Calostro: herramienta para la cría de terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Pp. 1-16. Consultado en Junio del 2023 en:
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8431>

- Cárdenas J. E. G, Maza A. L & Cardona A. J. 2015. Comportamiento productivo de terneros lactantes suplementados con maíz más torta de algodón en el departamento de Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 7(2):171-178.
- Castillo G. A. R, Burrola B. M. E, Domínguez V. J & Chávez M. A. 2014. Microorganismos del rumen y fermentación ruminal. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(3):349-361.
- Castillo O. J. O., Guerra M. C. E., Ley de C. A., Montañez V. O. D., Reyes G. J. A., Escobar E. J. C. & Posada C. S. 2018. Respuesta productiva de becerros lactantes suplementados con alimento iniciador más cultivo de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*). *Acta universitaria*, 28(1):9-14.
<https://doi.org/10.15174/au.2018.1709>
- Castrejón P. F. A & Corona G. L. 2017. Características Nutrimientales de gramíneas, Leguminosas y algunas arbóreas forrajeras del Trópico de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en:http://papimes.fmvz.unam.mx/proyectos/manuales_nutricion/Manual_Fracciones.pdf
- Castro F. P & Elizondo S. J. A. 2012. Crecimiento y desarrollo ruminal en terneros alimentados con iniciador sometido a diferentes procesos. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2):343-352.
- Ceconi I, Davies P, Méndez D & Elizalde J. 2018. Recría de terneros a corral: ganancia de peso, peso de ingreso y manejo de la alimentación. Ediciones INTA, Argentina, 10(38):34-39.
- CEDRSSA. 2020. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Investigación. Política pecuaria y ganadería sostenible. Ciudad de México. Consultada en

<http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/34PoliticaPecuarriaN.pdf>

- Chalate M. H. Gallardo L. F., Pérez P. H., Lang O. F. P., Ortega J. E. & Vilaboa A. J. 2010. Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *Zootecnia Tropical*, 28(3):329-339.
- Church D. C. 1974. Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Ed. Acribia, Zaragoza, España.
- Cisneros S. P. 2018 *Samanea Saman* (Jacq.) Merr. (Pp. 106-111). En: Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable (ed.) Palma G. J. M & Rebeles I. C. G. Universidad de Colima, México.
- Comité de planeación para el desarrollo de Oaxaca. 2016. Plan Estratégico Sectorial Desarrollo Rural. Subsector Pecuario 2016-2022. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura. Oaxaca. http://www.coplade.oaxaca.gob.mx/wp-content/uploads/2017/11/8.3_pecuario.pdf
- Daniels L. B, Perkins J. L, Krieder D, Remolcador D & Carpintero D. 1974. Blood Glucose and Fructose in the newborn ruminant. *Journal of Dairy Science*. 57(10):1196-1200. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(74\)85036-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(74)85036-8)
- de las Heras T. J. G., Osorio A. M. M. & Segura C. J. C. 2008. Crecimiento de becerros en un sistema de doble propósito en el trópico húmedo de México. *Revista Científica*, 18(2):170-174.
- de Luna V. A, García S. M. L, Rodríguez G. E, Pimienta B. E & Escalante M. R. 2017. Potencial alimenticio animal con harina frutos de

parota (*Enterolobium cyclocarpum*, Jacq.) y capomo (*Brosimum alicastrum* Sw). Revista de Simulación y Laboratorio, 4(10):13-21.

del Piero F, Clark T & Buergelt C. 2015. Patología de terneros. XLIII Jornadas Uruguayas de Buiatría. Pp. 33-35. Uruguay. Consultada en Septiembre 2022 en: https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/2274/JB2015_33-35.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Díaz R. P., Oros N. V., Vilaboa A. J., Martínez D. J. P. & Torres H. G. 2011. Dinámica del desarrollo de la ganadería doble propósito en las Chopas Veracruz, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14(1):191-199.

Ebeid H. M, Shaaban M. M, Gawad R. M. A, Sleh H. M & Aboamer A. A. 2019. Effect of Moringa Oleifera as natural feed supplement on the productive performance of lactating ewes. Egyptian Journal Nutrition and Feeds, 22(2): 273-282.

Elizondo S. J. A & Sánchez A. M. 2012. Efecto del consumo de dieta líquida y alimento balanceado sobre el crecimiento y desarrollo ruminal en terneras de lechería. Agronomía Costarricense, 36(2):81-90.

Elizondo S. J. A. 2007. Alimentación y manejo del calostro en el ganado de leche. Agronomía Mesoamericana, 18(2):271-281.

Elizondo S. J. A. 2013. Manejo y cuidado de la vaca y de la ternera al nacimiento. Crianza de terneras: inversión para el futuro. Ventana lechera, 23(7):23-27.

Elizondo S. J. A. 2013. Requerimientos de energía para terneras de lechería. Agronomía Mesoamericana 24(1):209-214.

- Elizondo S. J. A. 2013. Requerimientos de proteína para terneras de lechería. *Nutrición Animal Tropical*, 7(1):40-50.
- Enríquez Q. J. F, Esqueda E. V. A & Martínez M. D. 2021. Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(3):243-260. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5876>
- Enríquez Q. J. F, Meléndez N. F, Bolaños A. E. D & Esqueda E. V. A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro técnico Núm. 28. Centro de Investigación Regional Golfo Centro-Campo Experimental la Posta, Veracruz, México, pp. 443.
- Espinosa G. J. A., Vélez I. A., Góngora G. S. F., Cuevas R. V., Vázquez G. R. & Rivera M. J. A. 2018. Evaluación del impacto en la productividad y rentabilidad de la tecnología transferida al sistema de doble propósito del trópico mexicano. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21:261-272.
- Flores O. C, González A. E, Odeón A, Lischinsky L, Llada I, Cora J, Odrizola E & Cantón G. 2016. Defectos congénitos asociados a infección con el virus de la Diarrea Viral Bovina: presentación de un caso. XLIV Jornadas Uruguayas de Buiatría 2016. Pp. 166-168.
- Fuentealba B. & González E. C. 2016. Sistemas silvopastoriles tradicionales en México (Pp. 239-261). En: *Etnoagroforestería en México* (eds.), AI. Moreno, A Casas, VM Toledo & M Vallejo. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Funston R. N, Larson D. M & Vonnahme K. A. 2010. Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: Implications for beef cattle production. *Journal Of Animal Science*, 88(13):E205-E215. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2351>

- Gao F, Liu Y. C, Zhang Z. H, Zhang C. Z, Su H. W & Li S. L. 2012. Effect of prepartum maternal energy density on the growth performance, immunity, and antioxidation capability of neonatal calves. *Journal Dairy Science*, 95:4510-4518. DOI: 10.3168/jds.2011-5087.
- García A. E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática Köppen. (Núm. 6) Instituto de Geografía Universidad Nacional Autónoma de México. Pp.50-86.
- Garduza A. B, Ávila S. N. Y, Quiroz V. J, Granados Z. L & Báez R. U. A. 2011. Época de parición y número de parto sobre el crecimiento predestete de becerros en el trópico mexicano. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*. 1: 63-66.
- Garzón Q. B. 2007. Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *Revista Electrónica de Veterinaria Málaga España*, 8(5):1-39. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612669002>
- Gentile A & Testoni S. 2006. Desórdenes hereditarios en el bovino. XXXIV Jornadas Uruguayas de Buiatría, Pp. 105-109. Consultada en Diciembre del 2022. https://bibliotecadigital.fvet.edu.uy/bitstream/handle/123456789/253/JB2006_105-109.pdf?sequence=1
- Ghezzi M.D., Lupidio M.C., Castro A. N. C., Gómez S. A., Bilbao G. N. & Landi H.G. 2000. Desarrollo morfológico del estómago en terneros alimentados con dos sustitutos lácteos. *Revista Chilena de anatomía*, 18(1):19-26.
- González A. R, González A. J, Peña R. B. P, Moreno R. A & Reyes C. J. L. 2017. Análisis del costo de alimentación y desarrollo de becerras de reemplazo lactantes. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 40:561-569.

- Goyache F, Gutiérrez J. P, Fernández I, Villa A, Álvarez I, Rodríguez-Castañón A. A, & García-Paloma J. A. 2000. Efectos ambientales que influyen en la dificultad de parto s y el peso de nacimiento de la raza asturiana de los valles. *Archivos de Zootecnia*, 49(188):481-492.
- Guarneros A. R. 2012. *Suplementación Predestete de Ganado Bovino*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Las Huastecas, México. Pp. 1-23.
- Guillén T. A, Guerra I. D, Ávila S. N, Palacios E. A, Ortega P. R & Espinoza V. J. L. 2012. Párametros y tendencias genéticas del peso al destete y a 18 meses de edad en ganado Cebú bermejo de Cuba. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(1):19-31.
- Guzmán V. & Olivera-Angel M. 2020. Calostrogénesis, digestión y absorción del calostro (pp. 17-29). En: *La lactancia: vista de múltiples enfoques. Primera parte: biología e inmunología*. (Eds.) Olivera-Angel M & Huertas Molina O.F. Fondo Editorial Biogénesis. Universidad de Antioquia, Colombia.
- Hernández M. J, Sánchez S. P, Torres S. N, Herrera P. J, Rojas G. A. R, Reyes V. I. & Mendoza N. M. A. 2018. Composición química y degradaciones in vitro de vainas y hojas de leguminosas arbóreas del trópico seco de México. *Revista Mexicana de ciencias pecuarias*, 9(1):105-120. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4332>
- Huang Y, Marden J. P, Julien C & Bayourthe C. 2018. Redox potential: An intrinsic parameter of the rumen environment. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102:393-402. DOI: 10.1111/jpn.12855

- Iglesias A, Guerra M. P, Quiel B. R. A. León G. R. H & Ibarra G. O. 2017. Desarrollo de terneros F1 y 3R en un sistema lechero intensivo del trópico húmedo, Gualaca-Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 27:87-97.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2020. Catálogo de localidades. Consultado el 25 de mayo del 2020. Disponible en línea en: <https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. 2018. Valor nutritivo de los Forrajes y su relación con la nutrición proteica de rumiantes. Serie Ganadería (Núm. 5). México. Pp.1-5.
- Izaguirre F. F & Martínez T. J. J. 2007. El uso de árboles multipropósito como alternativa para la producción animal sostenible. *Tecnología en Marcha*, 21(1):28-40.
- Jiménez Ocampo R., Domínguez Martínez P. A, Rosales Serna R & Flores Gallardo H. 2014. Nutrición mineral en el ganado bovino. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras. Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Valle del Guadiana, Durango, Dgo, (75):1-37.
- Juliano N, Danelon J. L, Fattore R. O, Cantet J. M, Martínez R, Miccoli F & Palladino R. A. 2016. Crianza artificial de terneros de tambo utilizando sustitutos lácteos de distinto contenido energético. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 42(1):87-92.
- Khan M. A., Waery D. M. & Von Keyserlingk M. A. G. 2011. Invited review: Effects of milk ration on solid feed intake, weaning, and performance in dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 94(3):1071-1081.

- Kiezebrink D. J., Edwards A. M., Wright T. C., Cant J. P. & Osborne. 2015. Effect of enhanced whole milk feeding in calves on subsequent first lactation performance. *Journal Dairy Science*, 98:349-356.
- Lanuza F. 2006. Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche (p. 170). En: Manual de producción de leche para pequeños y medianos productores (eds.) Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile. (Núm.148). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7079>
- Mac Loughlin R.J. 2013. Conversión alimenticia como herramienta de decisión durante los engordes de bovinos. Impacto sobre los precios de venta y el resultado económico. VII Congreso de Conservación de Forrajes y Nutrición Pp. 1-7. Rosario, Argentina.
- MacGrath A. B, Fox F. P, McSweeney L. H. P & Kelly L. A. 2016. Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Science & Technology*, 96:133-158. <http://dx.doi.org/10.1007%2Fs13594-015-0258-x>
- Macor L, Bocco O, Giovini J & Sagardoy V. 2020. Nutrición de precisión en la vaca de cría. *Revista Ab Intus FAV-UNRC*, 6(3):86-93.
- Manju L. 2021. Anti-nutritional factors: its impacts in animal nutrition. *Journal of Tropical Animal Research*, 1(3):128-131.
- Manríquez M. L. Y, López O. S, Pérez H. P, Ortega J. E, López T. Z. G & Villarruel F. M. 2011. Agronomic and forage characteristics of *Guazuma ulmifolia* Lam. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14:453-463.
- Marcato F, van den Brand H, Kemp B, Engel B, Schnabel S. K, Hoorweg F. A, Wolthuis-Fillerup M, & van Reenen K. 2022. Effects of

transport age and calf and maternal characteristics on health and performance of veal calves. *Journal of Dairy Science*, 105(2):1452-1468. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20637>

Martin A. M. J., Cal P. L. G., Fernández C. M & González M. J. R. 2019. Anatomía, fisiología, manipulación y aplicaciones veterinarias del surco reticular. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(3):729-755.

Martínez G. J. C, Gutiérrez M. J. F., Briones E. F, Lucero M. F. A & Castillo R. P. 2011. Factores no genéticos que afectan el peso al nacer y destete de terneros Angus. *Zootecnia Tropical*, 29(2):151-160.

Martínez G. J. C., Castillo R. S. P., Villalobos C. A. & Hernández M. J. 2017. Sistemas de producción con rumiantes en México. *Revista Ciencia Agropecuaria*, 26:132-152.

Martínez Trovar R. A, Herrera-Valencia W. & Motta-Delgado P. A. 2017. Razas y cruces bovinos de doble propósito en el departamento de Caquetá. Editorial Misión Verde Amazonía: Corporaciones para el desarrollo sostenible y mitigación del cambio climático. Florencia-Caquetá, Colombia.

Mateos R. A. 2019. Crianza de becerros en el Trópico (P. 122-128). En: *Producción Pecuaria: un enfoque integrado* (eds.) Meza V.V.M., Chay C.A.J., Ramírez S.A.R., Palacios T.R.E., Valenzuela J.N., Alcántar V.J.P. & Kido C. Ma. T. Loma Bonita, Oaxaca, México.

Mellado B. M. 2010. Producción de leche en zonas templadas y tropicales. México. Trillas. México. Pp.129-154.

Meraz E.O.O. & Urrutia M.J. 2002. *Bovinos, Alimentación de becerros en sistemas de doble propósito*. Secretaria de Agricultura, Ganadería,

Desarrollo rural, Pesca y Alimentación/ Instituto Nacional de Investigaciones, Agrícolas y Pecuarias. México. Pp. 261-262. Consultada en Marzo del 2023 en <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/456.pdf>

Meza V.V. M, Chay C. A. J, Ramírez S. A. R, Palacios T. R. E, Valenzuela J. N, Alcántar V. J P. & Kido C. Ma. T. 2019. Producción Agropecuaria: Un enfoque integrado. Universidad del Papaloapan. Loma Bonita Oaxaca, México. Pp.122-125.

Montes D. V, Vergara G. O, Prieto M. E & Rodríguez P. A. 2008. Estimación de los parámetros genéticos para el peso al nacer y al destete en ganado bovino de la raza Brahman. Revista Medicina Veterinaria Zootecnia Córdoba,13(1):1184-1191.

Mulat A, Murali M & Samrawit M. 2015. Clinical and Rumen Fluid Evaluation of Ruminal Disorders in Cattle. Journal of Animal Research, 5(2):359-372. <http://dx.doi.org/10.5958/2277-940X.2015.00062.5>

Muñoz G. J. C, Huerta B. M, Lara B. A, Rangel S. R & de la Rosa A. J. L. 2016. Producción de materia seca de forrajes en condiciones de Trópico Húmedo en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(16):3329-334.

Myo K., Min A, Moe T. H, Khin S. M., Aung A & Tin N. 2016. Effect of leucaena forage and silage substitution in concentrates on digestibility, nitrogen utilization and milk yield in dairy cows. Journal of Applied and Advanced Research, 1(3):37-43. doi.: 10.21839/jaar.2016.v1i3.32

Nemocón C. A. M., Angulo A. J., Gallo M. J. A. & Mahecha L. L. 2020. Alimentación: factor estratégico durante la crianza artificial de

terneros provenientes de lecherías. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3):803-819.

Orantes Z. M. A., Platas R. D. Córdova A. V., Santos L. M. C. & Córdova A. A. 2014. Caracterización de la ganadería de doble propósito en una región de Chiapas, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 1(1):49-58.

Osorio A. M. M & Segura C. J. C. 2008. Crecimiento predestete de becerros en ranchos de doble propósito en el trópico mexicano. *Livestock Research for Rural Development*, 20(18). Consultado en Octubre del 2022 en: <http://www.lrrd.org/lrrd20/2/osor20018.htm>

Ossa S. G. A & Moreno O. F. L. 1994. Curvas de crecimiento predestete en terneros del sistema de doble propósito. *Revista ICA*, 29:165-169.

Ossa S. G. A, Suarez M. A & Pérez J. E. 2007. Efectos del medio y la herencia sobre los pesos al nacimiento, al destete y a los 16 meses de edad en terneros de la raza criolla Romosinuano. *Revista Corpoica, Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2):81-92.

Ozcaya S. & Turan T. M. 2012. Effect of amount of milk fed, weaning age and starter protein level on growth performance in Holstein calves. *Archive Tierzucht*. 55(3):234-244.

Palma G. J. M. 2014. Escenarios de sistemas de producción de carne de bovino en México. *Avances de Investigación Agropecuaria*, 18(1):53-62.

Paranhos da C. M. J. R, Schmidek A & Macedo de T.L. 2015. Buenas practicas de manejo Terneros al Nacimiento. Jaboticabal-SP Funep. Brasil. Pp.1- 36. Consultada en Enero 2023 en:

http://grupoetco.org.br/arquivos_br/manuais/manual_buenas_practicas_de_manejo-terneros.pdf

- Pastrana B. R. 1995. Requerimientos minerales y signos de deficiencia en bovinos. Memorias Seminario ganadero doble propósito. ICA-VILLAVICENCIO. El Dorado, Bogotá. Pp.113-119.
- Pavan M. 2017. Guía de manejo sustentable y de buenas prácticas en la crianza artificial de terneras de tambo de 0 a 60 días. Tesis doctoral en bioseguridad y preservación ambiental. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Peters M, Franco L. H, Schmidt A & Hincapié B. 2010. Especies Forrajeras Multipropósito. Opciones para Productores del Trópico Americano. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Pp.1- 211.
- Pontes G. N, Chirstofaro F. A, Menciano G, Furlan E, Schalch J. F. J, & de Almeida S. M. H. 2019. DEPOSIÇÃO DE GORDURA SUBCUTÂNEA DE VACAS GESTANTES SUBMETIDAS À PROGRAMAÇÃO FETAL. 29º Congreso Brasileño de Zootecnia. En Uberaba, Minas Gerais, Brasil.
- Quero C. A. R, Enríquez Q. J. F, Bolaños A. E. D & Villanueva A. J. F. 2018. Forrajes y Pastoreo en México Tropical. (Pp. 66-85). EN: Libro técnico Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical. 2ª ed. México.
- Quiroz G. J. L. & Ruiz G. 2013. Crianza artificial de terneros. Sitio Argentino de Producción animal. EEA INTA Cuenca del Salado, Buenos Aires, (10):1-2.

- Ramírez B. J. E. 2018. Eventos químicos-fisiológicos del metano en los rumiantes. *Agroproductividad*, 11(2):22-33.
- Román P. H & Ortiz O. G. 1977. Efecto de la cantidad de leche consumida y edad al destete en becerras Holstein bajo condiciones de clima tropical. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, (33):24-29.
- Rosales A. J. J. 2018. *Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.* (1860) (Pp. 51-56). En *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales* (eds.) Palma G. J. M & Rebeles I. C. G. Universidad de Colima, México.
- Rosales A. J. J. 2018. *Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb.* (1860). (Pp. 51-56). En: *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable* (ed.) Palma G. J.M & González R.I.C. Universidad de Colima, México.
- Rosenberger K, Costa J. H.C, Neave H. W, Von Keyserlingk M. A. G & Weary D. M. 2016. The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *Journal Dairy Science*, 100:504-512. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11195>
- Ruata R, Taverna M, Galarza R, Walter E & Ghiano J. 2015. Alarma de partos en vacas. Un desarrollo nacional. INTA ediciones. Argentina, Pp. 1-19.
- Salamanca C. A, Quintero V. M. R & Bentez M. J. 2011. Características de crecimiento predestete en becerros del Sistema Doble Propósito en el municipio de Arauca. *Zootecnia Tropical*, 29(4):455-465.
- Sánchez I. C. A, Jiménez R. L. M & Bueno A. M. L. 2008. Introgresión genética de *Bos indicus* (Bovidae) en bovinos criollos colombianos de origen *Bos Taurus*. *Acta biológica Colombia*, 13(1):131-142.

SAS 2003. SAS User´s Guide (reléase 9.0) Statistic SAS Inst. INC., Cary. North Caroline, USA.

Scándolo D. & Maciel M. 2017. Manejo y alimentación de calostro en terneros: Respuesta simples a preguntas complejas. Revista Argentina de Producción Animal, (36):1-12.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015. Estudio para mejorar la rentabilidad a los creadores de becerros de exportación en los estados de Zacatecas, Durango y Coahuila. Informe ejecutivo, México. Pp. 1-82. Consultada en Junio 2022 en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/346981/Becerros_Informe_Final.pdf

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2014. Compendio de Estadísticas ambientales Edición 2014. Regiones ecológicas-ganaderas, 1999. Consultado el 07 de enero del 2021. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2014/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet74ef.html

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2020. Cifras preliminares a nivel nacional y estatal de producción de leche y carne en canal de bovino. Consultado en Enero de 2021 en. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp

Shoonmaker J. 2013. Effect of maternal nutrition on calf health and growth. In the proceedings of tre 22nd Tri-state dairy nutrition conference, for Wayne, Indiana, USA. Michigan State University, Pp.63-80

- Terré M & Bach Á. 2013. La transición de las terneras jóvenes. Albéitar: publicaciones veterinarias independiente, pp. 1-3. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/cria_artificial/44-transicion_terneritas.pdf
- Thirumalesh T & Krishnamoorthy U. 2013. Rumen Microbial Biomass Synthesis and its Importance in Ruminant Production. International Journal of Livestock Research, 3(2):5-26.
- Torres V. & Urbina P. J. 2018. Amamantamiento restringido como estrategia de manejo para la disminución de los intervalos entre partos. Seminario de profundización amamantamiento restringido. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Trotti N, Navarro F, Nieto V & Vissio C. 2014. Algunas consideraciones sobre la cría artificial de terneros. Sitio Argentino de Producción Animal. Consultado en Marzo 2023 en: <https://vdocuments.mx/algunas-consideraciones-sobre-la-cria-artificial-de-terneros-existen-diferentes.html?page=1>
- Tsioulpas A, Grandison A. S & Lewis M. J. 2007. Changes in Physical Properties of Bovine Milk from the Colostrum Period to Early Lactation. Journal Dairy Science, 90:5012-5017. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0192>
- USDA. 2018. Mexico, Dairy and products annual. Need for Ingredients Continues to Constrain Dairy Sector. Gain report MX8060, December 2018. Disponible en: https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Dairy%20and%20Products%20Annual_Mexico%20City_Mexico_12-3-2018.pdf

- Velásquez B. A & Geauer M. F. 2019. Una mirada sobre el proceso de transición de pre-rumiante a rumiante. Revista Campo & Tecnología. Universidad Católica de Temuco. (15)34-37. Consultada en Marzo del 2023 en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/63481>
- Vera R. J. H. 2020 Comparación leche de vaca y sustituto lácteo en la alimentación de terneros mestizos destetados precozmente. Revista ciencia e interculturalidad, 27(2):190-201. <https://doi.org/10.5377/rci.v27i02.10444>
- Waseem A, Shaukat A. B, Muhamma S. K, Nawaz S, Hassan M W, Wynn P & Mc Gill D. 2017. Effect of weaning age and milk feeding volume on growth performance of Nili-Ravi buffalo calves. Italian Journal of Animal Science. 16(3):490-499. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1291282>
- Ybalmea R., Jordan H., Delgado D., Chongo B., Ortega J. & Vera A. M. 2005. Efecto de la proporción y tipo de fibra de las dietas integrales en la morfometría y desarrollo del estómago de terneros jóvenes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 39(3):279-285. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017771003>
- Ybalmea R. 2015. Alimentación y manejo del ternero, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 49(2):141-152.
- Zhang L, Chung J, Jiang Q, Sun R, Zhang J, Zhong Y & Ren N. 2017. Characteristics of rumen microorganisms involved in anaerobic degradation of cellulose at various pH values. Royal Society of Chemistry, (7):40303-4031. <https://doi.org/10.1039/C7RA06588D>