



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC
LICENCIATURA DE INGENIERO AGRONOMO
ZOOTECNISTA

**RESPUESTA PRODUCTIVA DE VACAS PARDO SUIZO EN
ESTABULACION A DOS NIVELES DE PROTEINA CRUDA EN LA DIETA**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO
ZOOTECNISTA

QUE PRESENTA:

VENANCIO DÍAZ GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS:

DR. BENITO ALBARRÁN PORTILLO

ASESORES:

DR. ANASTASIO GARCÍA MARTÍNEZ

DR. GERMAN GÓMEZ TENORIO

TEMASCALTEPEC DE GONZÁLEZ, MÉXICO; NOVIEMBRE 2020

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
JUSTIFICACIÓN	8
IV. HIPÓTESIS	10
V. OBJETIVOS	11
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	11
REVISION DE LITERATURA	12
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN MÉXICO	16
- SISTEMAS INTENSIVO.....	16
- SISTEMA SEMI-INTENSIVO	17
- SISTEMA DE LECHERÍA EN PEQUEÑA ESCALA	18
- SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE DOBLE PROPÓSITO.....	19
SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN EN GANADO LECHERO	21
REQUERIMIENTOS DE MANTENCIÓN.....	26
REQUERIMIENTOS NUTRITIVOS.....	28
-REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA.....	30
- REQUERIMIENTOS DE AGUA	31
-REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA CRUDA	33
VITAMINAS.....	35
MINERALES	36
GESTACIÓN	39
LACTANCIA	40

RELACIÓN ENTRE NUTRICIÓN Y FERTILIDAD.....	43
TRASTORNOS DEL CICLO ESTRAL.....	46
PROBLEMAS DE LA SOBRE ALIMENTACIÓN DE PROTEÍNA EN GANADO LECHERO	48
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	61
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	62
RESULTADOS	63
CONCLUSIONES	70
CONSIDERACIONES FINALES.....	70
VII. REFERENCIAS.....	70

INTRODUCCIÓN

La producción láctea es considerada una prioridad a nivel mundial, los principales productores son países desarrollados como Estados Unidos y de la Unión Europea, generando excedentes que se comercializan a nivel internacional (FAO, 2011).

La producción de leche destinada para el consumo humano es la base de distintas actividades que generar una gran relevancia en la economía mundial, en México la ganadería lechera genera 1.5 millones de empleos contribuyendo con 1.3 % del PIB (Covarrubias, 2003).

La ganadería en México es una de las actividades primarias con un mayor crecimiento en el último lustro logrando una mayor rentabilidad y sustentabilidad garantizando la producción y abasto (SAGARPA, 2011). El país, ocupa el séptimo lugar en la producción de carne, y en leche se ubica en el lugar número 15 dentro de las principales naciones donde se encuentran Estados Unidos de América, India, China, Federación de Rusia, Brasil, Alemania. Francia, Nueva Zelandia, Reino Unido, Turquía, Pakistán, Polonia, Países Bajos, Ucrania y México (LACTODATA, 2010).

México, tiene una considerable participación en el sector pecuario por lo que juega un papel económico muy importante impactando en múltiples sectores de la población (Santibáñez y Sánchez, 2009).

Debido a que en el país se desarrollan cuatro diferentes sistemas de producción que van desde sistemas a pequeña escala desarrollados por pequeños productores, hasta los sistemas intensivos altamente tecnificados (Del valle, 2000).

Estos últimos sistemas, han experimentado en los últimos años un incremento notable en los volúmenes de producción, debido a las mejoras en la práctica de producción, así como en la aplicación de técnicas de selección de razas especializadas en producción de leche, y en el equipamiento de las explotaciones, propiciando una mayor inversión por las grandes empresas a este tipo de sector (SAGARPA, 2010). No obstante, lo anterior, el país ha dependido siempre de la importación de lácteos (CE, 2012).

Las unidades de producción tanto de carne como lecheras se encuentran difundidas principalmente en zonas rurales, caracterizadas por sus condiciones agroecológicas como lo son suelo, topografía y el clima brindando características óptimas de producción (García-Martínez *et al.*, 2012).

El estado de México no es la excepción, pues en 1970 se encontraba en el segundo lugar en producción de leche, debido a que contaba con diversos sistemas, desde empresas capitalista; con infraestructura y tecnología, hasta pequeños a medianos productores que se concentraban principalmente en el sur del estado donde los sistemas eran totalmente extensivos (Martínez, 2009).

Los sistemas de producción doble propósito se caracterizan por ser tipo extensivo, teniendo una baja competitividad y productividad, debido a la baja calidad y estacionalidad en la producción de forrajes (Ku Vera *et al.*, 2013)

Sin embargo, es importante recalcar que las primeras explotaciones mencionadas han tendido a disminuir e inclusive a desaparecer en los últimos años, debido a la crisis generalizada que vive hoy el sistema lechero del Estado de México. Crisis que le ha significado disminuir la producción y pasar de la segunda a la séptima posición a nivel nacional (Martínez, 2009; SAGARPA, 2016).

La alimentación en el ganado lechero es uno de los factores que más influyen en la producción de la leche, así como también representa el mayor costo de producción. Una buena alimentación permite una mejoría en la producción de leche, sanidad y reproducción del ganado lechero (Hazard, 2001).

El metabolismo del bovino está caracterizado por su poca eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes ofrecidos en la dieta hablando del nitrógeno únicamente se aprovecha el 30%, excretando el 70% restante, de esta manera el estiércol al ser manejado inadecuadamente contamina el ambiente principalmente el agua subterránea (Figuroa *et al.*, 2015).

El principal aspecto negativo de la ganadería es la contaminación ocasionada por las excreciones de nitrógeno en heces y orina (Inostroza, S/A), los sistemas de producción de leche de tipo orgánico impactan menos al agua y al suelo, pero emiten más gases de efecto invernadero, comparados con los sistemas de producción de leche convencionales, cabe destacar que la aplicación de estiércol en tierras de cultivo proporciona un beneficio ecológico al depositar nutrientes como nitrógeno y fósforo en el suelo (Rodríguez *et al.*, 2012).

Rosas (2013) menciona que modificar el nivel de proteína cruda (PC) en la dieta (12%, 14% y 16%) no afecta el consumo de la misma, pero se infiere una mayor producción de leche y un mayor ahorro económico en la producción utilizando 14% PC en la dieta.

Sin embargo, el volumen acumulado de gases, la producción de metano y la concentración de ácidos grasos volátiles no son influenciados por la concentración de PC en la dieta (Noguera, 2016).

JUSTIFICACIÓN

Generalmente se estima que los gastos de alimentación representan entre el 50 y 75% del costo de producción de un kg de leche (LACTODATA, 2016). De igual manera, se ha reportado que los concentrados representan el 70% del costo de producción de un kg de leche (Salas *et al.*, 2017).

Tradicionalmente dentro de las unidades de producción se han venido utilizando concentrados con elevados niveles de PC de alrededor de 180 g/kg/MS, con la finalidad de asegurar que las vacas consuman un nivel adecuado de proteína metabolizable, que le permita producir elevadas cantidades de leche (Davidson *et al.*, 2003). Sin embargo, se ha reportado que alimentar vacas lecheras con niveles de PC por debajo de los utilizados tradicionalmente no afecta negativamente los niveles de producción de leche (Law *et al.*, 2009; Olmos y Broderick, 2006). Por otro lado, los excesos de proteína que no son aprovechados por la vaca para los procesos de mantenimiento y producción son excretados en forma de nitrógeno (N) en heces y orina (Bequette *et al.*, 2003; Huhtanen y Hristov, 2009). Lo que incrementa los costos de producción, disminuye la ganancia económica (Godden *et al.*, 2001), afecta la calidad del aire (emisiones de NH₃), agua y ecosistemas en general (Wolf y Patz, 2002).

Por lo tanto, el determinar la respuesta productiva de vacas Pardo Suizo en estabulación con dos niveles de proteína cruda en la dieta, permitirá demostrar que los rendimientos de leche, composición, peso y condición corporal no se ven afectados cuando la concentración de proteína cruda en la dieta es 14%.

IV. HIPÓTESIS

No existen diferencias en la respuesta productiva de vacas Pardo Suizo en estabulación, alimentadas con dos niveles de proteína cruda en la dieta (14 vs 16%).

V. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la respuesta productiva de vacas pardo suizo con dos niveles de proteína cruda en la dieta (14% vs 16%) estratificadas por etapa de lactación (42±30, 161±33 y 321±28 días, lactación temprana, media y tardía, respectivamente).

5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar la respuesta productiva en producción y composición de leche de vacas pardo suizo con dos niveles de proteína cruda en la dieta (14 vs 16%).

- Leche (kg/d)
- Grasa (g/d)
- Proteína (g/kg)
- Lactosa (g/kg)
- Peso (kg) y,
- Condición corporal

REVISION DE LITERATURA

Situación de la producción de leche en México

México ocupa el 13º lugar a nivel mundial como productor de leche con una producción de 12.4 millones de toneladas de leche fluida para el año 2019, lo que representó el 2% de la producción mundial. La tasa de crecimiento en la producción ha sido sostenida (1.9%) (SIAP, 2019), y actualmente la producción nacional se ha duplicado con respecto a lo que se producía en la década de 1990 (CANILEC, 2019).

Respecto a producción de carne, al país ocupa el 8º lugar mundial con una producción de 1.9 millones de toneladas, lo que representa el 3.1% de la producción mundial. México se encuentra entre los cuatro principales exportadores de ganado en pie a nivel mundial. En el año 2016 se ubicó como el segundo exportador de ganado en pie (23%), solo detrás de Australia (24.5%) (FIRA, 2017). Entre los años 2007 y 2016 la producción de carne en México creció a una tasa de 1.8%. En el periodo 2018 – 2019 se exportaron 1.3 millones de cabezas sólo a Estados Unidos lo que representó un incremento de 17.6% con respecto al año anterior (USDA, 2020).

El inventario nacional de ganado bovino fue de 35.2 (millones de cabezas), de los cuales 32.7 corresponden a ganado productor de carne, y 2.5 a vacas lecheras. La producción de carne y leche de bovino ocupan el 1º y 3º lugar en valor

de la producción pecuaria nacional, lo que representa el 46.3% del valor total (SIAP, 2019).

Sin embargo, la producción nacional de leche ha sido insuficiente para satisfacer la demanda nacional por lo que se ha tenido que recurrir a importar leche en polvo (LP). México es el tercer país importador de LP en el mundo (367 mil tn) (SIAP, 2019). El coeficiente de dependencia alimentaria (CDA) en los últimos años ha sido cercano al 30%. Por el contrario, el consumo per cápita de carne disminuyó de 18.0 a 14.8 (periodo 2007 – 2016) por persona por año (2.1%). La combinación de menor consumo interno de carne, producción excedente y menores incentivos para importar ha ocasionado que en los últimos años se haya observado un superávit en la balanza comercial de carne de bovino (FIRA, 2017).

Número de cabezas de ganado

El Estado de México tiene una población de 652,303 cabezas de ganado bovino (lugar 20° a nivel nacional), de los cuales 547,231 corresponden a ganado de carne (84%), y el restante 105,072 (16%) corresponde a ganado lechero especializado. El estado ocupa el 8° lugar nacional en producción de leche con un volumen de 44,714 litros de leche, lo que representó el 4% de la producción nacional en el año 2019; sin embargo, en los últimos 10 años la producción estatal de leche a disminuido a una tasa 0.01% por año (SIAP, 2019). En cuanto a producción de carne, el estado ocupa el 16° lugar nacional con una producción de 43,649 t, que equivale al 2% de la producción nacional (SIAP, 2020).

Las unidades de producción de leche en el Estado de México son principalmente de pequeña escala o lechería familiar ubicadas en el valle de Toluca y en las regiones noreste y noroeste del estado. El municipio de Texcoco registra el mayor inventario de cabezas de ganado bovino (20 mil), de los cuales el 36% es ganado lechero especializado.

La región suroeste del Estado de México se caracteriza por su clima subtropical - Subhúmedo, en dónde hay municipios con inventarios de bovinos que oscilan entre 13 y 18 mil cabezas de las cuales el 99% se reporta como ganado de carne y el 1% como ganado lechero especializado (SIAP, 2019).

Sin embargo, es posible que el número de cabezas de vacas productoras de leche este subestimado, ya que se trata de vacas de doble propósito que producen leche principalmente durante la época de lluvias, y becerros destetados (carne), y que no son contabilizadas productoras de leche en las estadísticas oficiales.

El mayor importador de leche en polvo en el mundo es México, es necesario conocer la competitividad y ventajas de los sistemas de producción de leche de igual manera los efectos de las políticas para ubicar perspectivas al desarrollar esta actividad (Covarrubias, 2003).

La producción láctea en México se ha desarrollado en diferentes condiciones a otros países que localizan esta producción es zonas templadas únicamente, en tanto que en el nuestro se ha desarrollado tanto en zonas templadas tanto como tropicales (Vera *et al.*, 2017).

Desde el punto de vista tecnológico, socioeconómico y orográfico, existen 3 sistemas de producción básicos: tecnificados ubicados en el centro y norte del país, producción doble propósito o tropical y a pequeña escala en las zonas altas (Ramírez et al., 2010). En 2011 la producción láctea fue de 10,877.8 millones de litros de leche (Lactodata, 2011), con un incremento de 1.4% al año 2010, pese a este crecimiento continúa existiendo un déficit en la producción respecto a la demanda, por lo que existe la necesidad de importar leche para cubrir la demanda nacional.

El ganadero lechero en México se enfrenta a una competencia internacional por lo tanto debe generar los ajustes tecnológicos necesarios para así mismo poder generar las ventajas competitivas en el mercado mundial de leche (Covarrubias, 2009).

En el pasado, la política agrícola mexicana creó instrumentos que incidieron en los mercados determinando un precio tope a la leche, y subsidios a consumidores de bajos ingresos (Odermatt *et al.*, 1997).

Lo anterior tuvo como consecuencia que no existiera inversión ni crecimiento en el sector lácteo en las décadas de los años 1970 y 1980, a partir de la entrada en vigor del tratado de libre comercio (TLCAN) en 1995, y el desmantelamiento del estado de los precios de garantía de maíz y de la red de acopio y comercialización. Los productores del estado de México y en general de todo el país, inician un proceso de reconversión productiva de maíz a leche; no obstante, la producción

láctea no está exenta de desventajas comerciales además de la poca información sobre la forma en que operan estos sistemas (Espinoza *et al.*, 2005).

Sistemas de producción de leche en México

- *Sistemas Intensivo*

Caracterizado por contar con ganado especializado para la producción de leche, cuentan con la raza Holstein principalmente, y en menor cantidad Pardo Suizo y Jersey, cuentan con tecnología especializada su alimentación es basada en forraje de corte, granos y concentrado (Inifap, 2009).

Este sistema hace uso intensivo de los medios de producción para una explotación máxima del animal optimizando su producción logrando la mayor expresión genética del mismo, empleando mano de obra calificada, maquinaria, insumos especializados y capitalización (Gallo y Tadich, 2008).

Desarrollado en zonas templada, árida y semiárida del territorio mexicano, este sistema se sitúa en la Comarca Lagunera, Durango, Coahuila, y recientemente en Querétaro (Camacho *et al.*, 2017), manejando razas especializadas en estabulación cruzando razas puras provenientes de Canadá, Estados Unidos, Australia y Nueva Zelanda, el ordeño se realiza de forma mecanizada y la producción es destinada a plantas pasteurizadoras (Magaña-Monforte *et al.*, 2006).

La rentabilidad, es un elemento importante a considerar debido a la magnitud de estos sistemas; además, la eficiencia de los arreglos tecnológicos es

caracterizada por los ingresos y los costos mostrando así la eficiencia productiva (Cino *et al.*, 2004).

El ganado permanece confinado y depende al 100% de la actividad humana para satisfacer sus necesidades diarias como lo son: comida, agua y refugio (Sepúlveda *et al.*, 2007).

Siendo especializadas y manejándose empresarialmente además de ser relativamente grandes, teniendo un alto grado de mecanización con un uso intensivo de factores productivos, reflejándose en los altos niveles de producción (Odermatt, y Cruz, 1997).

- Sistema Semi-intensivo

México cuenta con gran potencial para la producción de leche y carne que puede satisfacer la demanda nacional debido a sus regiones tropicales tanto secas como húmedas ya que son el 25% del territorio nacional y cuentan con abundantes recursos para apoyar a satisfacer la demanda local (Monforte, 2006).

Este sistema es desarrollado en pequeñas extensiones de terreno predominando la raza Holstein y pardo suizo americano, la ordeña puede ser manual o mecanizada manteniendo un nivel medio de tecnología, cuenta con sistemas de enfriamiento en algunas ocasiones, produce el 21.3% de la producción nacional (SAGARPA, 2005).

Explotaciones generalmente familiares que entre 2 y 6 meses al año utilizan los pastos y forrajes nativos contribuyendo al mantenimiento del medio natural (Suárez et al., 2012).

Su alimentación es basada en pastoreo y suplementación a base de concentrados, intermedio entre intensivo y extensivo donde la implementación de innovaciones tecnológicas, administración e infraestructura productiva (alambradas, corrales etc.) permite un manejo adecuado tanto del hato como de pastizales así mismo mejoramiento genético y manejo sanitario (Correa *et al.*, 2000).

El ganado es sometido a combinaciones de métodos de cría tanto del sistema extensivo como intensivo simultáneamente o de forma alternada según las condiciones climáticas o fisiológicas del mismo (Sepúlveda *et al.*, 2007).

- Sistema de Lechería en Pequeña Escala

Formada por sistemas tipo campesino, dirigidos a aprovechar los recursos familiares como los son: mano de obra, cultivos forrajeros y residuos de cosechas producidas en pequeñas parcelas, utilizando pocos insumos, invirtiendo poco en el mejoramiento de infraestructura (FIRA, 2001).

Se ubican cerca de la vivienda y limitadas en pequeñas extensiones de tierra, utilizando razas entre Holstein, Pardo Suizo americano y cruza, alimentación basada en pastoreo, esquilmos agrícolas y concentrado representando el 9.8% de la producción total de leche (Villamar y Olivera, 2005).

En México, la producción de leche en pequeña escala equivale a poco más de la tercera parte de la producción nacional de leche (Tapia, 2010). En 2013 la producción de leche de vaca en México fue de 10,926, 771 millones de litros, con una tasa anual en los últimos años del 30%, el aumento de la producción en los últimos años ha mostrado un crecimiento marginal, en 2002 México producía 9,658, 281 millones de litros.

En el estado de México, este sistema representa una actividad importante, ya que ofrece beneficios a familias, productores y comunidades mediante la generación de empleos diarios (Arriaga-Jordan et al., 2002).

- Sistema de Producción de Doble Propósito

Basado en explotaciones de ganado para carne, siendo la producción de leche una actividad secundaria, ordeñando únicamente el 10% de los vientres con un incremento de producción en los meses lluviosos (Ochoa, S/A). Ubicado con mayor frecuencia en el sur de México, el ganado es alimentado bajo sistemas de pastoreo extensivo.

Aproximadamente el 75% de las vacas de este país se encuentran en este sistema, aunque solo el 18% de la producción láctea del país es originada en éste tipo de unidades de producción (Dobson y Edward, 2009). Las condiciones ambientales donde se desarrolla la ganadería de doble propósito corresponden al trópico, ya sea húmedo o seco.

Se estima que se ordeñan 2.3 millones de vacas las cuales producen 40% de la producción nacional en más de 120, 000 explotaciones ganaderas, bajo sistema libre de pastoreo en praderas nativas e introducidas; es necesaria la suplementación con concentrados. Y las lactancias reportadas son cortas y con un promedio de 700 litros por vaca por año con un intervalo entre partos mayores aun año (SAGARPA, 2005).

Este sistema presenta los mejores indicadores competitivamente ya que utiliza eficientemente los recursos disponibles como lo son praderas, arboles ya arbustos obteniendo bajos costos de producción (Muñoz *et al.*, 1995).

La leche es vendida cruda a intermediarios sin ningún proceso y se destina para la elaboración de quesos o, para la venta directa al consumidor siendo la principal fuente de ingresos para mantener la producción de carne (Gasque y Blanco, 2001).

Producción de doble propósito en el suroeste del Estado de México

La región suroeste del Estado de México forma parte de la Sierra Madre del Sur, presentando un relieve característico de las sierras y cañadas con pendientes pronunciadas (15 – 25%), con un clima semicálido – subhúmedo. En general los suelos no son aptos para la agricultura por lo que la ganadería es la mejor forma de aprovechamiento de este recurso. En la región suroeste se concentra el 13% del inventario ganadero del estado.

El municipio de Zacazonapan se localiza en ésta región siendo uno de los municipios más pequeños en extensión así como en inventario ganadero; sin embargo, tiene una gran tradición y reconocimiento en la producción de leche que es utilizada para la elaboración del queso refregado o queso añejo, de gran demanda local y regional (Morales et al., 2011).

El 80% de la producción de leche en el municipio se transforma en queso, y el restante es vendido a intermediarios que la transportan fuera del municipio para comercializarla como leche cruda. Por lo anterior, este municipio y las unidades de producción de doble propósito que ahí se ubican, han servido como casos de estudios para conocer las características socioeconómicas, productivas y de impacto en el medio ambiente de la producción ganadera. A través de estudios orientados el desarrollar estrategias de alimentación que permitan una utilización eficiente y sostenible desde el punto de vista, social, económico y ecológico de los recursos locales.

Sistemas de Alimentación en Ganado Lechero

Los bovinos tienen la capacidad de convertir materiales que no pueden ser aprovechados por el hombre ni por otros animales mono gástricos en productos de alta calidad nutritiva para el ser humano, no significa que deban ser alimentados deficientemente ya que necesitan satisfacer sus necesidades para sobrevivir y así mismo poder producir (Díaz , 2007).

Requieren una cierta cantidad de nutrientes dependiendo del peso corporal, crecimiento, nivel de producción, gestación, actividad diaria, el objetivo es brindar los nutrientes necesarios para que el animal llene sus necesidades (Elizondo - Salazar, 2002), mismas que se han estimado en diversas investigaciones que han contribuido a la elaboración de las tablas del NRC (NRC, 2001).

Basándose en las tablas del NRC se calculan requerimientos para producción gestación, crecimiento y mantenimiento, el inconveniente al utilizarlas es que hay que estar interpolando entre los valores establecidos ya que se expresan únicamente determinados rangos, por esta razón es necesario emplear un modelo de cálculo simple permitiéndonos establecer de manera sencilla los requerimientos del ganado lechero (Ayanz, 2006).

Los animales necesitan un conjunto de sustancias químicas (nutrientes; agua, energía, proteína, minerales y vitaminas), que el animal requiere para cumplir con sus necesidades básicas que le permiten mantener su equilibrio con el medio ambiente (Lanuza – Remehue, 2006).

Para llevar a cabo una alimentación animal ideal y de la forma más económica posible, es necesario tomar en cuenta las necesidades de los animales en cada momento (tercios de lactación) mostrados en la siguiente gráfica.

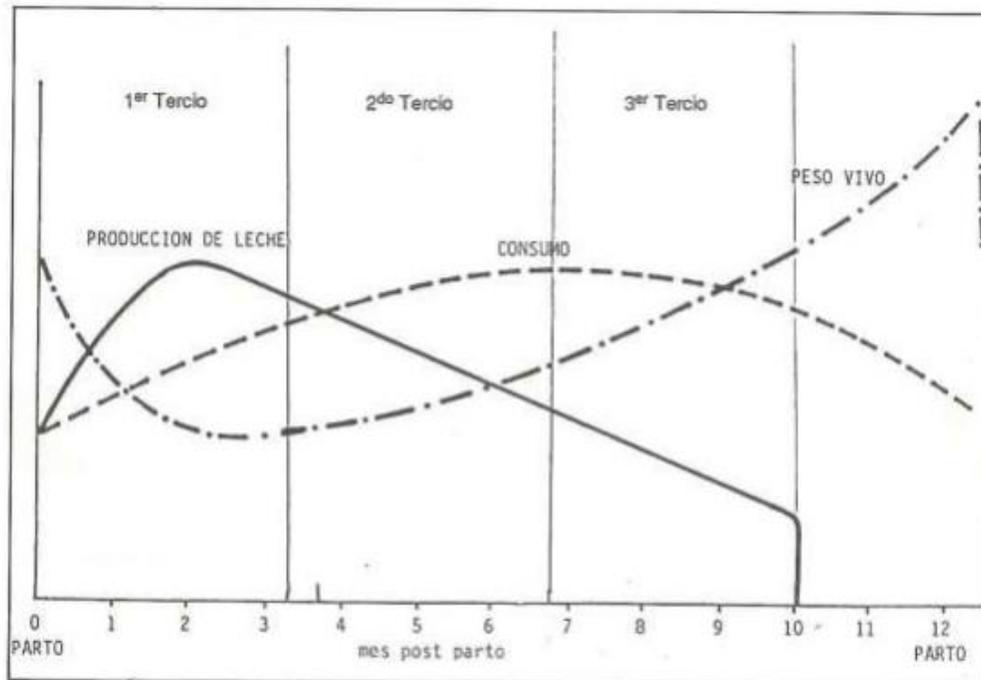


Figura 1. Desarrollo de la producción de leche, consumo voluntario de materia seca y peso vivo, con base en el mes de lactación (Hazard, 1990).

Una dieta bien elaborada además de un adecuado manejo optimiza la producción de leche, reproducción y salud de la vaca, de manera general en las raciones de los bovinos es necesario que incluya agua, materia seca, proteínas, fibra, vitaminas y minerales en cantidades equilibradas y adecuadas para el animal (Manteca, 2004).

Es común que en explotaciones ganaderas se encuentren deficiencias de proteína y de minerales, esto se debe al contenido de nutrientes de las pasturas por eso es necesario una suplementación que satisfaga los requerimientos del animal, y de esta manera se logre un mejor retorno económico, siendo como prioridad el funcionamiento adecuado del rumen y para lograrlo es necesario optimizar la

relación simbiótica que tienen los microorganismos del rumen con el bovino (Moreira *et al.*, 2003).

Los rendimientos de producción de leche dependen de 4 factores principales: capacidad genética, manejo del hato, programa de alimentación y salud del hato, así como la genética va mejorando de igual manera deben de mejorar los sistemas de alimentación y el manejo para permitir a la vaca poder expresar su potencialidad heredada, se debe considerar la cantidad de alimento, su calidad y como deben ser suministrados (Martínez *et al.*, 2013).

Los requerimientos de nutrientes de las vacas lecheras varían según el peso, edad, estado fisiológico (gestante o vacía) y el nivel de producción, por lo tanto, se debe ofrecer una dieta adecuada la cual cumpla con sus necesidades y para lograrlo se requiere un balance alimentario que nos indique si los alimentos ofrecidos cubren los requerimientos (López y Álvarez, 2005).

Este balance analiza el estado productivo del hato identificando los factores que afectan la producción de leche así mismo el desempeño reproductivo, logrando corregir las deficiencias o excesos de nutrientes en la dieta ofrecida, tomando en cuenta edad, peso, número de lactancias, calidad del forraje consumido, distancia del corral a la sala de ordeño, porcentaje de grasa en leche de las vacas ordeñadas así mismo calculando el aporte de los alimentos utilizados en la dieta: materia seca proteína, energía, minerales (Iglesias *et al.*, 1990).

No es la única opción el balance instantáneo como herramienta mediante la cual se puede realizar un manejo adecuado de los alimentos, el balance forrajero

también debe considerarse ya que aporta del 60 al 90% de los nutrientes necesarios para cubrir los requerimientos del animal, además de permitir planificar el trabajo, analizar especies y variedades, disponibilidad de alimento y su forma de obtención, consiste en hacer una comparación entre la oferta y la demanda del forraje en el establecimiento para un periodo de tiempo determinado (Macedo *et al.*, 2008).

El comportamiento de alimentación incluye ingestión de agua, alimento y rumia mismos que se ven afectados por calor, insectos, estrés, interacción con el ganadero, el factor que tiene mayor efecto en la producción láctea es la ingesta del alimento ya que uno de los objetivos principales es aumentar el consumo voluntario de materia seca (García, 1983).

Cuando la vaca se siente amenazada responde con un aumento en la síntesis de CRH hormona liberadora de corticotropina en el hipotálamo, actúa de forma directa sobre estructuras nerviosas que controlan la ingesta del alimento ejerciendo un efecto inhibitorio (Matteri *et al.*, 2000).

La ingesta de agua está relacionada con el consumo de materia seca, debido al estrés el consumo de ambas disminuye y la producción de leche tiene una alta demanda de agua, en situaciones de estrés por calor esta es una problemática ya que las necesidades de agua aumentan mientras que disminuye el consumo de materia seca, se ha observado que la temperatura del agua tiene un efecto en el consumo además de ser refrigerante (Marín, 2006).

Las principales funciones de la rumia son el aprovechamiento de los nutrientes además de la producción de saliva que contribuyen a amortiguar el pH

del rumen disminuyendo el riesgo de acidosis, de igual manera que la ingesta del alimento (Sánchez y Mena, 1977)

La rumia es muy sensible a condiciones de estrés, en efecto ya que durante la rumia la vaca presenta un estado de somnolencia es probable que la rumia comparta características del sueño explicando a que sean tan sensibles a situaciones de estrés o incomodidad (Odeón y Romera, 2017).

Tanto la rumia como la ingesta de alimento son muy importantes y sensibles a efectos de estrés ocasionados por calor, insectos, manejo y dificultad para echarse como consecuencia cuanto mayor es el número de factores de estrés mayor afectación se observa la explotación, esto ocurre generalmente en verano debido al efecto de las temperaturas además de la presencia de insectos, también ocurre en becerras al descornarse y ser destetadas (Ensminger, 1977).

Las vacas presentan un ritmo de alimentación muy marcado alimentándose en la mañana a primera hora del día y al atardecer, en situaciones de estrés por calor este ritmo se ve afectado y modificado a alimentarse en la noche cuando la temperatura disminuye, este aspecto es muy importante para poder ofrecer el alimento a las vacas que están en confinamiento su ritmo se mantiene de la misma manera teniendo como resultado que las vacas coman a la misma hora y teniendo poco espacio exista una competencia entre animales (Manteca, 2004).

Requerimientos de mantenimiento

Necesidades nutritivas, destinadas a mantener el funcionamiento normal de los procesos vitales, independiente de la función productiva del animal, estos

corresponden a la respiración, circulación, mantención del tono muscular y otros, cuyo funcionamiento demanda energía de los alimentos que el animal consume (Elizondo – Salazar, 2002).

Esto debe ser compensado, y esta necesidad corresponde al requerimiento proteico de manutención. Algo similar sucede con otros nutrientes como el agua, principal constituyente del organismo; los minerales, que mantienen entre otros el equilibrio electrolítico en la sangre y tejidos; en el caso de las vitaminas, ayudan al normal funcionamiento de los procesos vitales (Lanuza – Remehue, 2006).

El ganado bovino tiene la capacidad de transformar alimentos que no son aprovechados por el hombre ni monogástricos en productos de alta calidad nutritiva, esto no quiere decir que deben ser alimentados deficientemente ya que tienen que satisfacer requerimientos nutricionales para sobrevivir además de producir (Elizondo, 2002).

Los requerimientos de nutrientes de vacas lecheras en el primer periodo de lactación, en general son altos, y con frecuencia, el animal no es capaz de cubrirlos con el consumo de materia seca en esta etapa, debido a los niveles de proteína cruda y energía necesarios tanto para mantenimiento como para la producción de leche (Quintero *et al.*, 2011).

Cuando se ha logrado cubrir las demandas de manutención, la energía y demás nutrientes, son canalizados a satisfacer los requerimientos de producción. Estos son los nutrientes para crecimiento, aumento de peso, producción de leche y gestación (López *et al.*, 2005).

En la vaca, la etapa de lactación afecta la magnitud de la respuesta en producción de leche, debido a los cambios que ocurren en el destino de la energía consumida (leche o tejido corporal), durante el progreso de la lactación (Buckley *et al.*, 2005).

Requerimientos Nutritivos

Uno de los principales aspectos a considerar en la alimentación de las vacas lecheras es que ellas realicen un alto consumo de alimento, así mismo maximizar su producción, diversos factores influyen en el consumo del voluntario particularmente en las vacas lecheras (Chilibroste, 1998).

Características propias del animal: peso, potencial de producción de leche, estado de lactancia, digestibilidad del alimento consumido por el animal. Características del alimento suministrado: caracterizadas por ser muy selectivas las vacas lecheras son capaces de distinguir las hojas de los tallos, necesitan ser pastoreadas donde el forraje tenga una altura mayor a 12 cm dado que lo cortan con la lengua, de igual manera un tamaño de partícula en el silo de 3 cm (Chilibroste, P. 1998).

Efectos del manejo: Se refieren básicamente al tiempo de acceso que tiene la vaca al alimento, considerando la frecuencia y la presentación del alimento ofrecido (molido, pellet, enteras). Siendo estas condiciones importantes para animales estabulados ya que en pastoreo pierden relevancia (Gallardo *et al.*, 2000).

Efecto de las condiciones climáticas: Fenómenos meteorológicos temperatura, humedad, viento, lluvia, influyen en el consumo, así como también los efectos del clima son directos afectando las necesidades energéticas de los animales, e indirectos ya que influyen sobre la disponibilidad de forraje (Hazard, 2001).

-Requerimientos de consumo de materia seca

Generalmente un bovino suele consumir entre 2-3 % de su peso vivo y estará en función de su producción lechera, los 2 tercios de esta materia seca se aportan en forma de forraje (Beorlegui *et al.*, 1987).

Un parámetro de suma importancia en la producción animal es el consumo de materia seca ya que determina tanto el valor nutricional como la capacidad productiva de los animales, viéndose afectado el consumo por la dieta y el ambiente, las demandas energéticas y nutricionales son quienes determinan el CMS (Correa, 2009).

Gasque, (2008) menciona que el consumo de materia seca (MS) por día está determinado por el peso vivo (PV) y la producción de leche.

Vacas consumen 2.6% de su PV + 186 g de MS adicional por kg de leche producida.

Vacas consumen 2.2 de su PV + 200 g x kg de leche/día.

La cantidad de materia seca (MS) que es consumida por un animal es una medida crítica a partir de la cual se puede aplicar las bases para determinar las exigencias nutricionales para alcanzar determinada respuesta. La medida de ingestión de materia seca integra un gran número de factores como son las propiedades químicas y fenológicas de la planta, las características físicas del animal y los procesos fisiológicos del mismo. Estos últimos dependen en gran medida de la especie, raza, tipo, así como del estado reproductivo (Burns *et al.*, 1994).

-Requerimientos de Energía

Las fuentes de energía más importantes en la nutrición del ganado son los carbohidratos y en cierto modo las grasas en algunos casos. Las unidades de energía digestible necesaria en la ración se expresan en Mcal/kg, siendo muy importante aportar en la ración la cantidad de energía necesaria ya que al ser insuficiente las bacterias presentes en el rumen de los animales no pueden llegar a convertir las proteínas requeridas en su alimentación ocasionando una disminución en la producción de leche (Mendoza *et al.*, 2008).

El balance energético en las vacas de la raza Holstein es de -6.34 Mcal de energía neta de lactación (ENL) por día. Este déficit de energía en la dieta equivale a la energía necesaria para la producción de 9.2 kg de leche (Cucunubo, 2013).

Debido a que este animal se encuentra en el inicio de la lactancia, ese desbalance energético negativo es compensado por la movilización de las reservas energéticas corporales que normalmente se da durante el primer trimestre de la lactación siendo esta movilización del tejido adiposo el origen de la evolución que sufre la condición corporal de la vaca (González, 2000).

Durante la lactancia han encontrado que un balance energético de -10 Mcal de energía neta de lactación (ENL/día) hace que el animal pierda alrededor de 17 kg de peso vivo por semana, por lo que los animales del caso en discusión estarían perdiendo alrededor de 1.5 kg por día, un kilogramo de grasa corporal que se moviliza puede suplir la energía necesaria para la síntesis de 8 a 10 kg de leche (Ceballos *et al.*, 2002).

Según Corbellini (S/A) al final de la preñez la densidad energética debe ser de 1.6 Mcal EM/Kg MS, ya que en este momento el desarrollo de la masa placentofetal requiere diariamente de 0.82 Mcal EM, y al inicio de la lactancia la densidad energética de la dieta debería estar entre 2.4 y 2.8 Mcal EM/Kg MS debido a la producción de calostro

- Requerimientos de agua

Los bovinos requieren grandes cantidades de agua y la producción se ve seriamente afectada sin esta se restringe las necesidades de agua dependen de diferentes factores como lo son edad del animal, su producción, reproducción,

ganancia de peso, temperatura del ambiente, el clima de la región y el consumo de materia seca (Araujo-Febres, 2005).

En vacas lecheras en sistema estabulado se reporta que el 83% del total del agua es consumida por los animales siendo el contenido de agua en el alimento uno de los mayores factores que afectan en consumo su consumo (Vidaurreta, 2016).

Cuadro 1. Requerimientos de agua. Fuente Vidaurreta (2016)

Clase de animal	Necesidades de agua
Teneros	5-15 litros/día
Bovinos (1-2 años)	15-35 litros/día
Vacas secas	30-60 litros/día
Vacas producción (10 kg de leche)	50-80 litros/día
Vacas producción (20 kg de leche)	70-100 litros/día
Vacas producción (30 kg de leche)	90-150 litros/día

-Requerimientos de proteína cruda

Las dietas pobres en proteínas son aprovechadas por los rumiantes debido a los microorganismos del rumen ya que sintetizan la mayor parte de proteína que el animal requiere debido a la utilización de amoníaco permitiendo la absorción de compuestos no proteicos como la urea (Van Horn, *et al.*, 1996).

Distintos estudios mencionan que las vacas lecheras aprovechan mejor la proteína a diferencia de otros rumiantes debido a su alta producción, no obstante, excretan en el estiércol más N del que excretan en leche a pesar de ser sometidas a un manejo y nutrición óptima, contribuyendo a la contaminación ambiental (Bundy y Sturgul, 2001).

De esta manera aumentan los costos de producción de leche, al optimizar la formación de proteínas en el rumen se logra un mejor aprovechamiento en el estado de la proteína de la vaca lactante, estimulando la formación de proteínas por los microbios ruminales logrando así un aprovechamiento óptimo disminuyendo la excreción de N en heces y orina logrando disminuir considerablemente la contaminación ambiental (Broderick, 2007).

Los microorganismos que existen en el rumen son los responsables de producir la proteína microbiana que le servirá a las vacas lecheras, para posteriormente ser utilizada en una serie de procesos productivos (Hazard, 2000).

Sin embargo, puede ocurrir que en animales de alta producción la tasa de producción de esta proteína microbiana puede no ser suficiente para los

requerimientos de los animales y, por lo tanto, es necesario incorporar en la dieta proteínas llamadas “by pass”, las que se caracterizan porque no puede ser utilizada en el rumen, pero sí en el intestino delgado, se puede decir que las proteínas de origen animal tienen un mayor contenido de proteína bypass (Gingins, 2010).

Broderick y Colmenero (2006) Menciona que el mejor aprovechamiento de N es suministrando en la dieta 50% del forraje de maíz y 50% de alfalfa logrando no tener pérdidas en la producción de leche, grasa y proteína ya que el forraje de maíz ayuda a diluir la proteína altamente degradable en forrajes de heno.

Cuadro 2. Requerimientos de proteína (PC). Fuente Hazard (2000)

Estado de lactancia	Proteína cruda CP (%)	Proteína no degradable (%)	Proteína degradable (%)
Primer tercio de lactancia	17	45	55
Segundo tercio de lactancia	15	40	60
40Tercer tercio de lactancia	13	36	64

La vaca lactante ocupa entre el 17-18 % PC en su lactación inicial, 16-17 % lactación media y 14-16 % en su lactación final, para cubrir sus necesidades básicas para mantenerse y producir (Church *et al.*, S/A).

La vaca almacena energía en el cuerpo, pero no almacena proteína debido a esto debe ser suministrada diariamente, la proteína cruda suministrada en el

concentrado varia por el contenido de PC del forraje, la producción láctea, etapa de gestación además de la composición química de la leche (Ramírez, 2002).

Vitaminas

Las vitaminas son micronutrientes indispensables para el funcionamiento del organismo, su uso previene enfermedades que pueden ocurrir fácilmente (Rivera, J, 2018), más importantes para los bovinos son A, D y E, otras vitaminas como B y la K suelen ser sintetizadas por las bacterias del rumen durante la digestión (Calvo, 2004).

Durante los últimos días de gestación, necesitan incrementar los niveles de vitamina A en las raciones para lograr terneros en buen estado. Ya que la deficiencia de la misma reduce el apetito del animal disminuyendo peso además de provocar diarrea, ceguera, así mismo la producción de crías débiles (Jiménez – Ocampo et al., 2013).

La vitamina A y E llamadas antioxidantes al suplementarse en bovinos pueden causar impactos positivos en el sistema reproductivo e inmune además de reducir tasas de estrés oxidativo producido en temporada de escasez de nutrientes, ayudando a prevenir inconvenientes presentados en la producción ganadera, así como lo son mastitis, problemas pre y postparto, aumentando la ganancia de peso en terneros con problemas causados por inmunodeficiencia (Rivera, 2018).

En el caso de la vitamina E la deficiencia de esta puede provocar raquitismo en animales en crecimiento y en animales después del parto provoca fiebre de leche, cabe mencionar que animales que están expuestos al sol la mayor parte del día o son alimentados con forrajes expuestos al mismo no necesitan una aportación suplementaria, son embargo vacas lecheras criadas bajo diferentes condiciones llegan a necesitar 5000 – 6000 U.I (Unidades internacionales) de esta vitamina al día (Costa *et al.*, 1998).

Minerales

Elementos inorgánicos esenciales para el funcionamiento del organismo en sus distintos estados fisiológicos, son clasificados en macro, micro y minerales traza, según sean las cantidades involucradas en los procesos (Cifuentes *et al.*, 2013).

Los elementos que tienen que ver con la formación de los tejidos principalmente son calcio, Fosforo y manganeso, en procesos de transmisión nerviosa y contracción muscular son importantes el calcio, sodio, fosforo y potasio (Lanuza y Remehue, 2008).

Fosforo, sodio, cobalto y yodo para el metabolismo energético, azufre para la síntesis de proteína microbiana, así como también yodo, cobalto zinc, molibdeno, hierro, cobre y magnesio son utilizados en diferentes reacciones enzimáticas (García y Hippen, 2008).

Existen algunos antecedentes de que la vitamina E se encuentra relacionada con el selenio en la prevención de la retención de placenta. Esto es importante en animales confinados durante mucho tiempo. Los animales a pastoreo no presentan mayores problemas (Hazard, 2000).

A excepción de la urea y grasa casi todos los alimentos contienen cantidades limitadas de minerales. Debido a que las leguminosas contienen más calcio que las gramíneas las raciones basadas en leguminosas requieren menos suplementación con calcio, una fuente de suplementación de calcio es la melaza, así como también subproductos de origen animal son fuentes de suplementación de calcio y fosforo (Salamanca, 2010).

El cloro y sodio puede ofrecerse por acceso libre (en bloques), generalmente la suplementación mineral de la dieta de la vaca lechera es usualmente entre 0 y 150 g/vaca/día (Hazard, 2004).

Cuadro 3. Requerimientos nutricionales y CC sugerida en vacas lecheras según producción, periodo de lactancia y preñez. Fuente Lanuza y Remehue, 2008).

Producción	Producción de leche (kg/día)			Inicio de Lactancia	Periodo seco (45 días)	Periodo parto (15 días)
	Bajo 20	20-30	30-40			
Cond. Corporal	3,5	3,5	3,5	3,0	3,5	3,5
PC%1	15	16	17	19	12	15
PND, %	37	39	40	45	30	40
EM,Mcal/kg	2,50	2,70	2,80	2,80	2,20	2,50
Enl.Mcal/kg	1,52	1,62	1,72	1,67	1,25	1,47
Fibra Cruda. %	20	17	15	17	25	27
FDA. %	21	21	19	21	27	27
FDN. %	28	28	25	28	35	45
Calcio. %	0.51	0,58	0,64	0,77	0,39	0,39
Fósforo. %	0,33	0,37	0,41	0,48	0,24	0,24
Potasio. %	0,9	0,9	1	1	0,65	0,60
Magnesio. %	0,2	0,2	0,25	0,25	0,2	0,16
Azufre. %	0,2	0,2	0,2	0,2	0,16	0,16
Sodio. %	0,18	0,18	0,18	0,18	0,10	0,10
Cloro. %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20	0,20
Manganeso. ppm	40	40	40	40	40	40
Cobre. ppm	10	10	10	10	10	10
Zinc. ppm	40	40	40	40	40	40
Hierro. ppm	50	50	50	50	50	50
Selenio. ppm	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Cobalto. ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Yodo. ppm	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Vitamina A. UI/kg	3200	3200	3200	4000	4000	4000
Vitamina D. UI/kg	1000	1000	1000	1000	1000	1200
Vitamina E. UI/kg	15	15	15	15	15	15

Gestación

Periodo determinante para el éxito de la siguiente lactancia y para la salud de la vaca, al ser manejado correctamente, permite una adecuada adaptación de la función ruminal al nuevo estado fisiológico, así como también del tejido mamario (Cañas *et al.*, 1981).

Regularmente al final de la gestación y al inicio de la lactancia, el consumo voluntario de alimento disminuye provocando un déficit principalmente de energía, por lo tanto, el animal moviliza sus reservas de grasa corporal para cubrir los requerimientos (Andresen, 2001).

Lanuzza y Remehue (2008), mencionan que una elevada movilización de grasas, puede conducir a la presentación de enfermedades metabólicas, como hígado graso y cetosis, es necesario considerar un adecuado aporte de minerales como calcio y magnesio, restringiendo otros como potasio ya que interfiere con la absorción de Mg o con el equilibrio ácido-base al momento del parto del animal,

Produce una alcalosis metabólica aumentando el riesgo de fiebre de leche ya que impide que opere el mecanismo hormonal de regulación del calcio sanguíneo cuando hay una elevada demanda por la producción de calostro (Montero y Sánchez., 2015).

Existen 2 formas para controlar lo antes mencionado: la restricción del aporte de alimentos altos en potasio y en sodio (leguminosas, alfalfa, trébol), el otro es

suplementar con sales amónicas (sales de amonio, calcio y magnesio como sulfato y cloruro), logrando contrarrestar la alcalosis (Lago et al., 1001)

Las dietas con balance catiónico negativo en vacas durante el parto, permiten producir más leche en la siguiente lactancia evitando los problemas metabólicos antes mencionados (Elizondo y Sánchez, 2011).

Es importante ofrecer una alimentación adecuada antes del parto para garantizar el depósito de reservas corporales de energía para lograr una buena producción de leche, siendo indispensable brindar una dieta balanceada permitiendo a las hembras llegar al parto con una CC (condición corporal) entre 3 y 3.5 facilitando alcanzar la producción de leche optima al inicio de la lactancia debido a que en este periodo la producción depende más de las reservas energéticas acumuladas que de la cantidad y calidad del alimento ofrecido en ese momento (López y Álvarez, 2005).

Lactancia

Es el estado fisiológico que define al sistema productivo. En condiciones de óptima eficiencia, se puede iniciar una nueva lactancia con el siguiente parto, en doce meses más (Lanuza y Remehue, 2008).

Maiztegui (2001) Se define como energía contenida en leche producida a la energía necesaria para la lactancia, es determinada por la concentración de los componentes sólidos (grasa, proteína y lactosa).

La producción de leche puede tener lugar, aunque el animal no esté cubriendo sus requerimientos de mantenimiento, pero en este caso, es a expensas de la pérdida de peso, ya que la vaca priorizará la producción de leche (Giraldo y Velásquez, 2012).

La cantidad de alimento que requiere una vaca lactante varía dependiendo su biotipo y el mes de lactación en el cual se encuentre, en términos generales se puede decir que una vaca lactante necesita 40-50% más de forraje que una vaca seca para cubrir sus necesidades de mantenimiento y producción de leche (Giraldo y Velásquez, 2012).

La capacidad de consumo del animal, la calidad y cantidad del alimento ofrecido son factores esenciales para lograr este consumo del animal, sin embargo la calidad de forraje durante la lactancia es bajo y el animal no consume la cantidad de nutrientes necesarios para satisfacer sus necesidades (Kertz, 2007).

Otro importante factor al tratarse de la nutrición de la vaca lactante es la cantidad de alimento ofrecido para que cumpla sus necesidades, ya que una baja disponibilidad de materia seca, o una altura baja de forraje hablando de animales en pastoreo reduce su consumo por lo tanto no se genera la satisfacción de los requerimientos nutricionales de las vacas, se considera que pastizales cuya altura no sea mayor a los 10cm generan una dificultad de consumo para los animales teniendo una pérdida de peso (Aban *et al.*, 2008).

Después del parto ofrecer una dieta óptima logrando disminuir el balance energético negativo post parto, teniendo como objetivo una dieta alta en energía y

proteína ya que en ese momento la capacidad de ingestión de la vaca se ve reducida debido al proceso del parto, por lo tanto, las necesidades de nutrientes son elevadas (López y Álvarez, 2005).

La prioridad metabólica que alcanza la glándula mamaria antes del parto al igual que el tracto reproductivo se acrecienta con la producción láctea que se produce al inicio de la lactación por lo tanto si los nutrientes no cubren la demanda el reinicio de un nuevo ciclo se retarda, la tasa de concepción se verá afectada, se ha determinado que el principal responsable de trastornos reproductivos en este estado fisiológico es la magnitud de la secreción de energía neta de leche (Rúgeles, 2001).

Durante el auge de la somatotropina (primer tercio de lactación), al incrementarse los niveles de leche producida existen problemas de infertilidad en los hatos lecheras, así como una disminución de CC, sin embargo (Rúgeles, 2001) menciona que no existen cambios drásticos en el metabolismo energético al aumentar el número de lactancias.

El amamantamiento estimula la liberación de GnRh, este efecto aumenta los niveles de nutrientes son deficientes, cuando los aportes de la dieta no satisfacen los requerimientos del estado fisiológico, según el volumen de leche producido (Lucy *et al.*, 2013).

McClure, (1995), la causa más común es el fracaso de los sistemas digestivo y hepático ya que no aportan la energía necesaria para todos los procesos

fisiológicos por ello se ve afectada la reproducción desde la aparición del celo hasta la implantación.

Uno de los principales problemas reproductivos en los hatos lecheros es la mortalidad embrionaria asociadas generalmente a un error nutricional, de la misma manera la metritis que es una enfermedad infecciosa se relaciona con una mala nutrición (Fricke,2001).

Relación entre nutrición y fertilidad

En las producciones lecheras los aspectos más importantes son la genética, sanidad, nutrición, bienestar animal, aspectos que se reflejan en la eficiencia productiva y en la rentabilidad, en vacas altamente productoras existen variantes y una de ellas es la falta de éxito en la reproducción, investigaciones han tratado de identificar los factores de infertilidad y algunos de ellos están relacionados directamente con la nutrición (Hernández, 2018).

Los parámetros usados como indicadores de rendimiento enfocados a la reproducción no alcanzan los estándares oficiales reconocidos en otros países con condiciones ambientales más favorables (Grosserichter, 1993).

El mejoramiento genético principal aspecto en el que se enfocan los ganaderos para aumentar en sus hatos la producción láctea causa infertilidad debido a que el aumento en la producción de leche aumenta de manera directa en los requerimientos nutricionales del animal (Meléndez y Bartolomé, 2017).

En ganado de pastoreo la subnutrición no es detectable fácilmente, siendo consecuencia de condiciones climáticas, errores de manejo, carga animal alta, ubicación de bebederos, y se observa la tendencia a un mayor número de concepciones en la temporada de sequía y teniendo los partos en temporada de lluvias (Rúgeles, 2001).

En las fallas reproductivas las causadas por aspectos nutricionales son de mayor importancia que las que son individuales por patologías, endocrinos o infecciosos (Hernández, 2018).

La fertilidad está relacionada con el peso vivo y la CC (musculo, grasa, disponibilidad de reserva), vacas que llegan al parto con una CC muy alta consumen menos alimento al inicio de la lactancia por lo tanto ocupan sus reservas grasas, perdiendo peso tardando más en iniciar su actividad ovárica, haciéndolas más susceptibles a presentar enfermedades metabólicas (Schröder y Staufenbiel, 2006).

La infertilidad nutricional en animales que no cuentan con condiciones óptimas o se encuentran en un ambiente favorable ya sea clima extremo, disponibilidad y calidad baja del alimento se afecta más en las vacas lactantes posteriormente novillas, el tracto reproductivo se ve afectado por el trastorno metabólico causando infertilidad como celos irregulares, ausencia de los mismos, repetición de calores por lo tanto un mayor número de servicios por concepción (Rúgeles, 2001).

La deficiencia en la nutrición se presenta en estados de gran demanda metabólicamente como lo son en el final de la lactación, inicio de la lactancia, crecimiento y pubertad de las novillas (McClure, 1995).

En producciones con baja evolución nutricional se observa una insatisfacción de necesidades energéticas en vacas altas productoras, sometiendo se a condiciones metabólicas adversas afectando el balance hormonal encargado de la reactivación ovárica postparto (Galvis, 2007).

Un balance energético negativo (BEN) se presenta de forma natural durante el postparto donde se relacionan factores directamente con un retraso en la ovulación, bajas condiciones nutricionales y la alta producción de leche gastando las reservas de energía del animal produciendo un cambio en las hormonas y el metabolismo que interactúa con la hipófisis el hipotálamo y los ovarios generando un retraso en la reactivación del ciclo (Butler, 2003).

En los procesos de reproducción un factor muy importante son los minerales ya que son componentes estructurales importantes, se necesita una cantidad absoluta siendo uno de los obstáculos principales en la ganadería saber la cantidad mineral ofrecida, consumida y absorbida por el animal (Meléndez y Bartolomé, 2016) citado en Hernández Gutiérrez, (2018). Relación entre nutrición y fertilidad en vacas de alta producción lechera).

La deficiencia de sodio genera una disminución en la expresividad de los signos del estro por la alta adecuación nerviosa que mantiene el riñón, no se observa el calor por lo tanto se extienden los días abiertos de las vacas generando

pérdidas económicas, el potasio actúa como cofactor en interacciones enzimáticas que incluyen la transferencia de energía (Meléndez y Bartolomé, 2017).

Por lo anterior mencionado un desequilibrio afecta ya sea directa o indirectamente el ciclo estral debido a la pérdida de la regulación hídrica la cual es importante por las secreciones que deben ir acompañada de las manifestaciones del celo (Canfield y Butler, 1990).

Un exceso de proteína en la dieta incrementa la concentración de urea en el plasma y en el útero de esta manera incrementa la muerte embrionaria, aunque parece estar más ligado a un efecto hormonal que a un efecto tóxico directo sobre el embrión (Glauber, 2013).

El exceso de proteína en la dieta además de influir sobre la viabilidad y movilidad de los gametos también altera el eje hipotálamo-ovario (Rolo, 1999).

Trastornos del ciclo estral

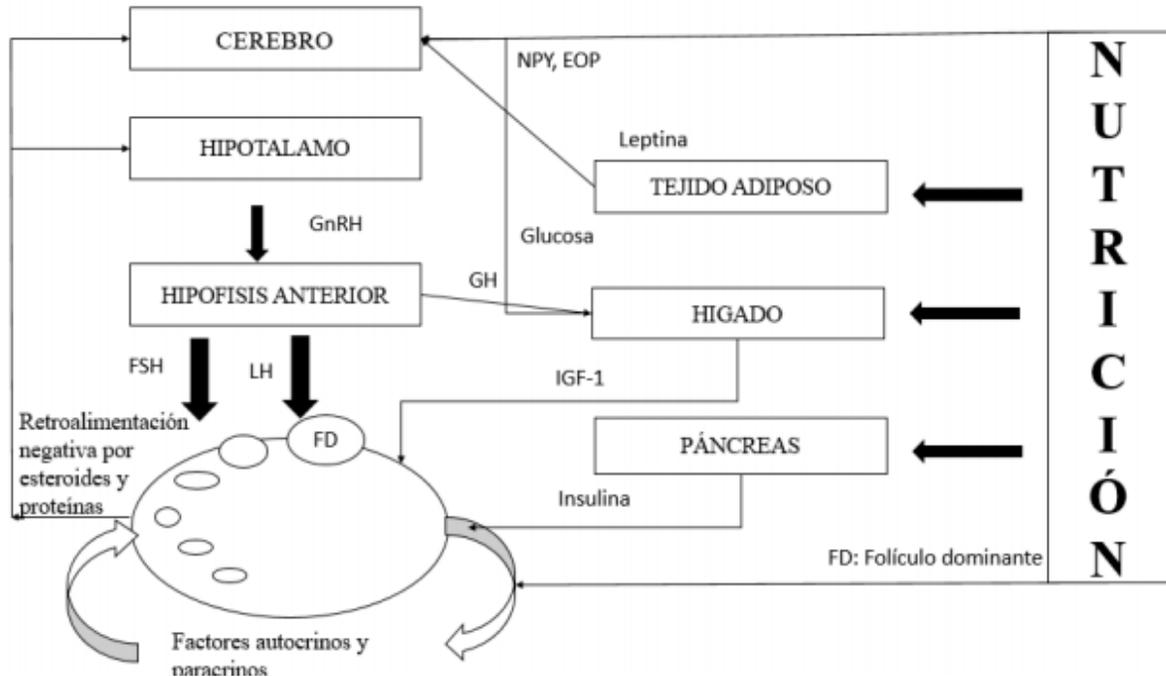
Los requerimientos nutritivos de una vaca varían dependiendo el peso, la edad estado fisiológico, así como su nivel de producción así mismo la etapa de crecimiento, una restricción nutricional afecta la eficiencia reproductiva ocasionando un retardo sobre la foliculogénesis además de un balance energético negativo (Calderón, *et al.*, 2017).

La fertilidad en los hatos lecheros es una problemática a nivel mundial debido a que la principal característica que se busca sea la producción de leche y sus

componentes disminuyendo el desempeño reproductivo debido a muchos factores como la nutrición, manejo y genética, resaltando los nutricionales como el consumo voluntario durante el postparto, así como también los elevados niveles de proteína (Glauber, 2013).

Uno de los aspectos reproductivos más importantes debido a los altos niveles de producción es la duración de los celos ya que tienen una duración de 8 horas (Campos, *et al.*, 2008).

La energía, la fibra, proteína, minerales, vitaminas y el agua, son aspectos nutricionales para lograr la producción de leche, sus alteraciones de frecuencia interfieren duración o intensidad del ciclo estral es considerado un trastorno del mismo con diferentes orígenes etiológicos, pueden desencadenarse de cualquiera de las partes del hipotálamo, hipófisis, ovarios (Hernández, 2018).



(Hernández, 2018).

Problemas de la sobre alimentación de proteína en ganado lechero

Existe una relación entre los niveles de nitrógeno en leche y sangre (NUS y NUL) en el ganado lechero, dependiendo de la degradabilidad de las fuentes de proteína, el NRC (2001) recomienda en vacas lecheras una relación aproximada de 73% PDR (proteína degradable en rumen) y 31% no degradable (PNDR) para las primeras etapas de lactación (Butendieck, 1997).

El nivel de nitrógeno no proteico circulante tiene efecto sobre el comportamiento reproductivo y la integridad de los tejidos hepáticos y mamarios, dichos valores son herramienta para evaluar la eficacia de la utilización de proteína en la dieta (Bach y España, 2002)

Las vacas necesitan alimentarse con niveles de proteína adecuados para su mantenimiento y producción máxima de leche, un exceso de proteína no aumenta la producción, la síntesis de urea para degradar el exceso de proteína y excretarlo, resta energía para otras funciones (Rodríguez – Yáñez, 2000).

La PC que la vaca no utiliza así haya contribuido con la absorción de aminoácidos la excreta generalmente en la orina, (Broderick,2003) menciona que alimentar vacas lecheras con niveles altos de proteína estas responden de manera similar en su producción.

Al reducir la PC en la dieta de vacas lactantes se disminuye la pérdida de N excretado en el estiércol, para disminuir las pérdidas de N excretado podría utilizarse el reciclaje ruminal de la urea (Lapierre y Lobley, 2001).

La mayoría de los compuestos nitrogenados de la dieta en el rumen son convertidos en amoníaco por las bacterias, posteriormente lo utilizan los microorganismos para la síntesis proteica, el amoníaco que no es absorbido por el epitelio ruminal se transporta al hígado (Lotthammer, 1992).

Generalmente la PC (proteína cruda) que no es utilizada es eliminada como N (nitrógeno) en la orina, sin embargo, alimentando con más del 17.1% existe una

reducción en la producción además de un desgaste metabólico de 7.2 Kcal de energía metabolizable por cada gramo en exceso de N excretado (Broderick, S/A).

El metabolismo del nitrógeno en los rumiantes necesita la participación de la microflora además de los productos de degradación de las proteínas para la síntesis de proteína bacteriana, el amoníaco que no se utiliza en el rumen es transformado en Urea en el hígado (Egaña y Morales, 1986).

La existencia de amoníaco en el rumen es un indicador de que la producción es mayor a la capacidad de transformarlo en proteína microbiana siendo la flora microbiana incapaz de utilizar el amoníaco a la velocidad en que se produce, al detoxificarse del amoníaco genera una actividad enzimática en el hígado modificando los niveles plasmáticos de la ornitil carbamoil transferasa (OCT) (Arias, y Nesti 1999).

Esta detoxificación le cuesta al animal energía alrededor de 12 kcal/g de nitrógeno siendo una cuestión de importancia en todo momento, más al tratarse de vacas altamente productoras de leche, además de que altos niveles de amoníaco en la sangre influyen sobre el apetito del animal disminuyendo el consumo de alimento, por lo tanto no alcanzan a cubrir sus necesidades básicas de mantenimiento y producción raramente alcanzan niveles de toxicidad, sin embargo su constante presencia en niveles altos limitan la producción esperada (Galvis *et al.*, 2003).

Generalmente se mantienen bajos los niveles de amoníaco debido a que rápidamente el hígado lo convierte en urea, al sobrepasar los niveles de producción

de amoníaco podría llegar a ser tóxico, (Arias y Nesti 1999) mencionan que niveles elevados de NUS (nitrógeno ureico en sangre) pueden reducir la tasa de concepción debido al balance negativo de energía ya que se incrementa la acidez del útero, NUS se relaciona con problemas hepáticos además de la aparición retardada del estro.

Al utilizar nitrógeno proteico y no proteico en la dieta de vacas lecheras de manera elevada incide en la condición de la glándula mamaria aumentando el número de células somáticas de igual manera problemas de mastitis, un desbalance nutricional puede generar valores elevados al nivel normal teniendo una significancia económica y productiva (Butendieck, 1997).

En el útero el alto nivel de urea es tóxico para el esperma y a los embriones causando una infertilidad, de igual manera excesivos niveles de proteína en la alimentación se relacionan con porcentajes bajos de gestación por inseminación, por otro lado, niveles de urea en la sangre afectan la eficiencia del sistema inmune presentando mayor disposición a enfermedades (Rodríguez – Yáñez, 2000).

La determinación de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre se consideran una alternativa que determina el balance proteico del ganado lechero, la producción de amoníaco transformado en urea por el hígado que posteriormente circula por la sangre para después excretarse en leche es constituido por proteínas degradables y no degradables en el rumen, la detoxificación genera una pérdida de energía en la vaca limitando su producción de leche (Arias y Nesti, 1999), el uso de *yucca shidighera* retiene el amoníaco que se libera en el rumen aumentando la

utilización por la micro flora disminuyendo el nitrógeno ureico tanto en sangre como en leche.

La urea en la leche resulta de la difusión del contenido de urea en la sangre a través de células secretoras de la glándula mamaria, siendo 50% de N no proteico y 2.5% del N total, siendo difundida la urea en la sangre pasa a la leche comprobándose que el nivel de urea en sangre y leche están altamente ligados y son afectados por mismos factores (López *et al.*, 2011).

Butler, (2000) Señala que niveles bajos de amoníaco y urea causan escasez de N para las bacterias reduciendo la digestibilidad de los alimentos, y por el contrario niveles elevados de amoníaco en el rumen generan pérdida de peso, toxicidad que puede ser letal para el animal, por lo tanto el contenido de N ureico en leche cada vez se está considerando así como indicador de desbalances nutricionales así como también problemas reproductivos ya que un alto nivel de amoníaco en rumen y en la sangre podría reducir la producción de progesterona, alterar el pH uterino o incrementar un balance energético negativo.

En vacas lecheras el exceso de urea disminuye potencialmente la reproducción debido a su nivel de toxicidad para los tejidos reproductivos (Elrod y Butler, 1993) mencionan que la viabilidad del espermatozoides y del ovulo se reduce cuando es alto el contenido de proteína ofrecido, vacas lecheras con alto nivel de urea en la sangre presentan bajo porcentaje de pariciones.

Desde el punto de vista del impacto ambiental de cierta manera es preocupante debido a la contaminación con N ureico proveniente de heces y orina

de los rumiantes se estima que una vaca que produce 20 L de leche excreta diariamente 180 g de N produciendo entre 60 y 65 kg de N liberados al medio ambiente (Zegarra s/a).

El exceso de amoníaco y urea indica un mal balance de proteína y energía o niveles de proteína mayores a los necesarios, lo que incrementa el costo de las dietas. Además, la transformación de 1 g de N a urea requiere 7.3 kcal, lo que supone 1 Mcal de energía metabolizable (equivalente a 1.5 L de leche o pérdida de 200 g de grasa corporal al día) por cada 4 mg dl⁻¹ de aumento de los niveles de N ureico en sangre o N ureico en leche (Pedraza *et al.* 2006).

Al aumentar la PC en la dieta se aumenta la cantidad de proteína degradada en el rumen si excede el RDP produce grandes cantidades de amoníaco que son absorbidas en la sangre convirtiéndose en urea y siendo expulsadas en orina y estiércol, hidrolizándose rápidamente y volatilizándose medio ambiente como amoníaco (Broderick y Colmenero, 2006).

La alimentación con PC además de la necesaria reduce la ganancia aumentando el costo de producción debido a los altos costos de estos suplementos proteicos y la baja eficiencia en su uso en la alimentación de las vacas lecheras (Broderick, 2003).

Diferentes niveles de proteína cruda en suplementos

Esparza-Jiménez *et al.* (2020) (Aceptado) documentaron la respuesta productiva de vacas en lactación a tres tipos de suplemento con niveles de PC de

14 y 16%, además de determinar la leche producida a partir de los aportes de energía y proteína de forrajes consumidos por las vacas durante el pastoreo (Charbonneau et al., 2006) (Cuadro 5).

Los suplementos evaluados consistieron en mezcla de maíz mazorca y concentrado comercial (50:50) con una concentración de 14% de PC (S14). Suplemento dos consistió en maíz mazorca concentrado comercial y pasta de soya para una concentración de PC de 16%; y el tercer suplemento consistió en concentrado comercial lechero con 16% de PC.

El tipo de suplemento no tuvo efecto sobre las variables de respuesta ($P = 0.80$) (Cuadro 5). Leche producida a partir de energía y proteína cruda aportada por forrajes fue 0.08 y 6.1 (kg/vaca/día), respectivamente. Se detectaron altos niveles de nitrógeno ureico en leche (NUL), sin importar el tipo de suplemento. El suplemento concentrado comercial (16%PC) incrementó los niveles de nitrógeno en orina (44.1 mg/dL) ($P = 0.001$) y en heces (1.4 mg/g) ($P = 0.04$). La conclusión del trabajo fue que las vacas obtuvieron el 90 y 10 % de sus necesidades de PC y EM para mantenimiento y producción de leche a partir de forrajes consumidos en un sistema agrosilvopastoril. Los altos niveles de NUL (valor de referencia 12 mg/dL) encontrados indican que las vacas consumieron proteína en exceso.

Cuadro 5. Variables de respuesta animal de vacas en pastoreo con tres tipos de suplemento y dos niveles de proteína cruda (14 vs 16 % CP)

Tratamiento	S14	S16	SC16	P =	E.E.M
Consumo de materia seca (kg/d)	12.9	12.8	13.0	0.40	0.25
Rendimiento de leche (kg/d)	6.7	6.7	6.9	0.80	0.70
Grasa (g/kg)	22.9	22.0	17.4	0.16	2.0
Proteína (g/kg)	31.0	30.8	31.3	0.85	1.6
Lactosa (g/kg)	44.9	44.1	44.9	0.79	1.6
Peso vico (kg)	491	491	503	0.36	25.27
Condición corporal	2.5	2.7	2.5	0.20	0.02
NUL (mg/dL)	23.3	22.4	29.7	0.47	2.58
NUO (mg/dL)	25.7 ^b	23.0 ^b	44.1 ^a	0.001	2.4
NH (mg/g MS)	1.3 ^a	1.5 ^b	1.4 ^{ab}	0.04	0.06

S14 = 50% Maíz-mazorca: 50% 18% CP concentrado comercial; S16 = 43% Maíz-mazorca: 50% + concentrado comercial lechero (18% PC): 7% pasta de soya; SC16 = concentrado comercial lechero (16% PC). E.E.M. = Error estándar de la media. NUL= Nitrógeno ureico en leche; NUO = Nitrógeno ureico en orina y, NH = Nitrógeno en heces.

La sobrealimentación con PC se asocia con altos costos de producción, ya que la proteína cruda en la ración de la vaca lechera (generalmente soya o canola) es el ingrediente de mayor costo, por lo que se debe utilizar racionalmente. Adicionalmente, los excesos de PC son excretados en forma de urea en heces, orina y leche (Powell and Rotz, 2015).

El nitrógeno excretado en heces es relativamente estable y puede ser aplicado a tierra de agrícola y reciclado a partir de cultivos, mientras que el nitrógeno excretado en orina se transforma rápidamente en amonio (NH_4), para luego transformarse en amoníaco (NH_3) durante el almacenaje del estiércol y su aplicación a los suelos. Posteriormente, se transforma en nitrato (NO_3) y dióxido de nitrógeno (N_2O) contribuyendo a los gases de efecto invernadero en la atmósfera (Powell and Rotz, 2015).

El nitrógeno ureico en sangre (NUS) es el principal producto del metabolismo del N en los rumiantes, y altos niveles indican ineficiencias en el uso del N de la dieta (Nousiainen et al., 2004). Sin embargo, las determinaciones de NUS implican muestras de sangre lo cual no es viable a nivel práctico en unidades de producción comerciales, por lo que no es una herramienta practica para el monitoreo de niveles adecuados de PC en la dieta; en su lugar, el nitrógeno ureico en leche (NUL) ha sido utilizado a nivel de granja como herramienta de monitorea debido a su alta correlación con NUS, así como con el nitrógeno ureico en orina (NUO), ambos casos también altamente correlacionados con la PC de la dieta (Spek et al., 2013).

Utilización eficiente de nitrógeno

La vaca lechera transforma entre 27 y 30% del total de N consumido en la dieta en proteína en leche, mientras que excreta en heces y orina 33 y 24% del N consumido (Barros et al., 2017). El mejoramiento de la alimentación y de las prácticas de manejo en unidades de producción de leche (correcto balanceo entre energía y proteína en las raciones), han sido las mejores herramientas para disminuir los impactos ambientales de la producción de leche e incrementar la eficiencia de utilización de N (Huhtanen et al., 2015).

Nitrógeno ureico en sangre (NUS) es el principal producto del metabolismo de N en rumiantes, y altos niveles de éste indican ineficiencias en su utilización (Nousiainen et al., 2004). Sin embargo, el NUS no es una herramienta practica para el monitoreo de adecuado contenido de PC en la dieta a nivel de unidad de producción; en su lugar, el NUL ha sido utilizado debido a su alta correlación con el

nitrógeno ureico en orina (NUO), y ambos positivamente correlacionados con el contenido de PC en la dieta (Spek et al., 2013).

Sin embargo, se han reportado variaciones fenotípicas de NUL entre vacas (debido a diferencias genéticas) bajo el mismo manejo nutricional. Lo anterior se ha atribuido a factores tales como raza, uso de diferentes razas dentro de un mismo hato lechero, variaciones estacionales, frecuencia de ordeño, hora de muestreo (a.m. vs p.m.) (Wattiaux et al., 2005; Spek et al., 2013).

Aguilar et al. (2012), hipotetizaron que vacas con variaciones fenotípicas permanentes, podrían sesgar las decisiones de manejo nutricional en un hato lechero al utilizar niveles de NUL como indicador del correcto nivel de PC en la dieta de las vacas. Por lo que estudiaron la relación entre las concentraciones de NUL y la concentración y consumo de nutrientes (PC, FDN, FDA y almidón) en las raciones de las vacas. Sus resultados indicaron que las concentraciones de NUL estaban altamente correlacionadas con los contenidos de PC, FDN, rendimiento y composición de leche independientemente del nivel de consumo de nutrientes. Los resultados corroboran que el NUL puede ser predicho a partir de la composición nutricional de las raciones de las vacas, lo que permite realizar ajustes que permitan lograr los objetivos de NUL. Sin embargo, sus resultados también demostraron que la vaca, así como el hato, son factor que también determinan significativamente los niveles de NUL. Ambos, factores explicaron mucha de la variación en NUL no relacionada con el consumo y contenido de nutrientes de las raciones.

Las bases de datos analizadas por Aguilar et al. (2012), los niveles de NUL oscilaron entre 13.6 (nivel bajo) y 17.3 (mg/dL) (nivel alto). En el caso en que en un hato lechero se determinen altos niveles de NUL, se tendría que proceder a una reducción en los contenidos de PC en la dieta para reducir el NUL a niveles 12.0 (mg/dL), que son considerados como el valor estándar que indica un correcto nivel de PC en la dieta. Para lograr esto, se tendría que reducir el contenido de PC en la dieta en 4.8% (de acuerdo con las estimaciones de la pendiente de 1.1 mg/dL, en la regresión entre NUL y PC en la dieta). El nivel de PC en la dieta sería de 12.8%. Los autores del estudio argumentan que 12.8% de PC en la dieta sería insuficiente para cubrir las necesidades de proteína metabolizable (PM) de las vacas, lo que resultaría en pérdidas de producción de leche.

Se han reportado variaciones fenotípicas y genéticas de NUL en vacas, por lo que resulta factible la selección de vacas con bajo nivel de NUL (Mitchell et al., 2005); sin embargo, es posible que existan vacas con altas concentraciones de NUL (debido a baja actividad de transportadores de urea en sangre hacia orina), por lo que éstas vacas no excreten más NUO que otras vacas bajo el mismo régimen nutricional, que tengan transportadores de urea en sangre más activos (Aguilar et al., 2012).

El estudio que a continuación se describe es el resultado de la estancia de investigación (julio 2017 – enero 2018) y estancia sabática (agosto 2019 – julio 2020), en el Departamento de Ciencia Lechera de la Universidad de Wisconsin – Madison, con el Dr. Michel Wattiaux (investigador anfitrión). El artículo derivado de

la investigación se encuentra en revisión para poder ser enviado al Journal of Dairy Science (tentativo).

El objetivo del estudio fue determinar la respuesta productiva y eficiencia de utilización de N de vacas en lactación temprana, bajo las siguientes hipótesis. Primera, vacas con bajos niveles de NUL (NULB) son más eficientes en la utilización de N que vacas con altos niveles NUL (NULA). Segunda, vacas con NULB no son diferentes de vacas con NULA en excreciones de nitrógeno ureico en orina NUO; y tercera, las concentraciones de nitrógeno ureico en sangre de vacas con NUB no son diferentes en vacas con NULA.

Veintidós vacas Holstein con 73 ± 19 días en lactación y similares rendimientos de proteína en leche, fueron apareadas por NUL (1 vaca con NULB y 1 con NULA), fueron asignadas a azar a dos secuencias de PC en la dieta. La primera secuencia consistió en nivel alto a adecuado (ALAD) de PC (17.3 a 16.1) en el primer periodo experimental, y la segunda fue nivel adecuado a alto (ADAL) (16.1 a 17.3% de PC) en el segundo periodo experimental (4 semanas por periodo).

Los resultados indicaron que la reducción de PC de 17.3 a 16.1% incrementó la eficiencia de utilización de N (proteína en leche / consumo de N) (Cuadro 6). Los niveles de nitrógeno ureico en sangre (NUS), nitrógeno ureico en leche (NUL), volumen de orina (L/día), tasa renal de excreción de N, y nitrógeno ureico en orina disminuyeron con el nivel de PC de 16.1% en la ración.

Cuadro 6. Efecto del nivel de proteína cruda en la dieta sobre valores fenotípicos de nitrógeno ureico en leche (NUL) sobre rendimientos de leche,

composición de leche, nitrógeno ureico en orina y eficiencia de utilización de nitrógeno

Variable	PC Dieta (%)		Grupo ¹		Secuencia ²		P-Valor		
			NULA	NULB	ALAD	ADAL	Dieta	Grupo	Secuencia
CMS ³ , kg/d	27.7	27.3	27.6	7.4	27.3	27.7	0.44	0.85	0.82
Leche, kg/d	48.9	47.3	48.0	8.2	47.0	49.2	0.05	0.95	0.56
LCGP ⁴ , k/d	41.3	41.2	42.2	40.3	41.9	41.6	0.78	0.56	0.83
NUL, mg/dL	13.92	10.66	13.31	11.27	12.59	11.99	<0.01	<0.01	0.20
Volumen de orina, L/día	28.67	26.03	28.66	26.04	29.57	25.13	<0.01	0.27	0.07
Nitrógeno ureico en orina, g/día	250.16	181.12	222.87	208.41	232.22	199.06	<0.01	0.31	0.03
EUN, %	28.01	30.17	28.76	29.42	28.76	29.42	<0.01	0.63	0.63

¹NULA = Nitrógeno ureico en leche alto, NULB= Nitrógeno ureico en leche bajo, ² ALAD = Nivel alto a nivel adecuado de PC en la dieta, ADAL = nivel adecuado a nivel alto en la dieta, ³ CMS = Consumo de materia seca, ⁴ LCGP = Leche corregida a grasa y proteína, ⁵ EUN = Eficiencia de utilización de N.

La conclusión del estudio fue que vacas con fenotipo hacia altos niveles de NUL no excretaron más nitrógeno ureico en orina que vacas con fenotipo hacia menores niveles de NUL, y ambos grupos respondieron de forma similar a los cambios en el nivel de PC en la dieta.

VI. Materiales y Métodos

El trabajo experimental se llevó a cabo en el rancho "El Potrero" ubicado en la localidad de Telpintla, municipio de Temascaltepec, Estado de México. Ubicando en las coordenadas geográficas GPS: Longitud: -100.048333 y una Latitud: 19.063611. La localidad se encuentra a una mediana altura de 1880 metros sobre el nivel del mar, el clima predominante es templado subhúmedo, presenta una temperatura media anual que oscila entre los 18°C y los 22°C (INEGI, 2018).

Se utilizaron 23 vacas de la raza Pardo Suizo (600 ± 58 ; 2.0 ± 0.4 , peso vivo y condición corporal, respectivamente), en estabulación, estratificadas por etapa de lactación (42 ± 30 , 161 ± 33 y 321 ± 28 días, lactación temprana, media y tardía, respectivamente). Se ordeñaban dos veces al día (07:00 y 15:00 h). Posterior a la ordeña, las vacas recibían las dietas experimentales mezcladas (concentrado y forrajes, cuadro 1) a libre acceso.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en dos dietas con dos niveles de proteína cruda (PC) (14 vs 16%) (Cuadro 1). Las raciones fueron balanceadas utilizando el programa Dairy NRC (2001). Las vacas fueron divididas al azar en dos grupos (corrales), asignando al azar los tratamientos.

El experimento se llevó a cabo del 2 de Julio al 10 de agosto, dividido en dos periodos experimentales (PE) de tres semanas cada uno, dos semanas de acostumbramiento a la dieta y la tercera semana para la toma de registros productivos (rendimiento de leche, composición de leche, peso, condición corporal, y toma de muestras de las dietas experimentales). Posterior el primer periodo, se cambiaron las dietas experimentales de forma que los dos grupos de vacas recibieran ambas dietas.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con un procedimiento MIXED del programa SAS 9.0 (2002), con un diseño de bloques completos al azar, en el que la vaca fue definida como factor aleatorio, en el que se tomaron las medidas repetidas a lo largo del experimento, con base en el siguiente modelo:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + PE_j + V_k + \varepsilon_{ijk}$$

En donde: y_{ijk} = variable de respuesta, μ = media general, τ_i = efecto fijo del tratamiento (i = tratamiento 14 y 16 % PC), PE_j = efecto fijo del periodo experimental ($j = 1$ y 2), factor vaca V_k fue considerado como el efecto aleatorio en donde se tomaron las medidas repetidas + ε_{ijk} = error aleatorio.

Cuadro 4. Ingredientes de las dietas experimentales (14 vs 16% de proteína cruda, base seca).

ALIMENTO	14 % PC	16% PC
Sorgo	32.2	28.3
Soya	3.7	7.4
Alfalfa	34.7	40.6
Ensilado de avena	29.0	23.3
Minerales	0.4	0.4
TOTAL (%)	100	100

Resultados

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos para la variable de respuesta producción de leche (kg/vaca/día), teniendo como promedios de producción 18.4 y 18.9 (kg/vaca/d) (tratamiento 14 y 16% PC, respectivamente). Sin embargo, existió una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre periodos siendo los resultados promedio de 19.0 y 18.3 (kg/vaca/d) para periodos 1 y 2, respectivamente.

Los contenidos de grasa en la leche (g/kg) para tratamientos fue: 43.4 y 43.5 (g/kg), para tratamientos 14 y 16% PC, respectivamente, no existiendo una diferencia significativa ($p > 0.05$). Sin embargo, para los periodos experimentales los promedios fueron: 44.5 y 42.4 (g/kg), periodos 1 y 2, respectivamente, siendo estadísticamente diferentes entre ellos. Los promedios de grasa (kg/día) para

tratamientos fueron estadísticamente iguales siendo 0.79 y 0.82 (kg/día) para tratamientos al 14 y 16% PC. Para los periodos 0.84 y 0.76 para periodos 1 y 2 respectivamente, mostrando diferencia significativa.

Tabla 5. Efecto del nivel de proteína cruda en la dieta (14 vs 16%), periodo experimental, en vacas Pardo Suizo en lactación.

	Tratamiento			Periodo experimental		
	14%	16%	EE	1	2	EE
<i>Leche (kg/d)</i>	18.4	18.9	0.6	21.2 ^a	18.3 ^b	1.0
<i>Grasa (g/kg)</i>	43.4	43.5	0.11	44.5 ^a	42.4 ^b	0.11
<i>Grasa (kg/d)</i>	0.79	0.82	0.02	0.84 ^a	0.76 ^b	0.04
<i>Proteína (g/kg)</i>	29.8	30.2	0.02	30.5 ^a	29.5 ^b	0.05
<i>Proteína (g/d)</i>	0.55 ^a	0.57 ^b	0.009	0.58 ^a	0.54 ^b	0.04
<i>Lactosa (g/kg)</i>	42.2	42.2	0.12	42.9 ^a	41.5 ^b	0.03
<i>Lactosa (g/d)</i>	0.77	0.80	0.02	0.81 ^a	0.76 ^b	0.02
<i>Peso (kg)</i>	610.2	616.3	11.2	617.1	609.3	11.2
<i>CC (1-5)</i>	2.2	2.3	0.1	2.1	2.5	0.1

^{a,b} = Medias con diferente literales en la misma hilera son estadísticamente diferentes (P <0.05)

Los contenidos de proteína (g/kg) para tratamientos fue: 29.8 y 30.2 (g/kg), para tratamientos al 14 y 16% PC, siendo iguales entre ambos. Para los periodos fueron 30.5 y 29.5, para periodos 1 y 2 respectivamente, diferentes estadísticamente.

Los promedios de proteína (g/d) para tratamientos fueron 0.55 y 0.57 (g/d), para tratamientos al 14 y 16% PC, diferentes estadísticamente entre ellos. Para los periodos fueron valores de 0.58 y 0.54 (g/d), para periodo 1 y 2, siendo diferentes entre ellos.

Los valores medios de lactosa (g/kg) fueron exactamente iguales 42.2 en ambos tratamientos. Para los periodos fueron 42.9 y 41.5 (g/kg), periodos 1 y 2, estadísticamente diferentes.

Los promedios de lactosa (g/d) para tratamiento fueron 0.77 y 0.80 (g/d), para tratamientos al 14 y 16% PC, iguales estadísticamente entre ellos. Para los periodos fueron 0.81 y 0.76 (g/d), periodos 1 y 2 respectivamente, diferentes entre ambos.

Los promedios de peso vivo para los tratamientos fueron 610.2 y 616.3 (kg/vaca), para tratamiento al 14 y 16% PC, respectivamente sin diferencias estadísticas. Para periodos experimentales los promedios fueron 617.1 y 609.3 (kg/vaca), periodos 1 y 2, respectivamente.

La condición corporal fue: 2.2 y 2.3 para tratamientos al 14 y 16% PC, resultados muy similares. Para los periodos fueron de 2.1 y 2.5 periodos 1 y 2 respectivamente.

Discusión

El ganado lechero contribuye a la contaminación ambiental con nitrógeno (N) en forma de amoníaco y volatilización de óxido nitroso a la atmósfera, filtración de N a los cuerpos de superficiales y subterráneos (Tamminga, 1992).

La conversión de N de la dieta en proteína de leche es baja, a pesar de continuos esfuerzos en años recientes de investigaciones que han tratado de mejorar la eficiencia en la conversión de N de la dieta en proteína en leche (Huhtanen et al., 2015).

Ésta baja eficiencia en la utilización del N se debe principalmente a la sobre alimentación con proteína cruda en la dieta. Se han establecido relaciones directas entre el N excretado en orina y la PC en la dieta de vacas lecheras (Kebreab et al., 2002).

La ración al 14% de PC requirió 50% menos pasta de soya que la ración al 16% (Cuadro 4). En el momento del estudio el costo de la pasta de soya fue de \$8.7. El costo total de la ración fue de \$2.5 vs \$2.9 (no incluido en este estudio) para las dietas 14 y 16%, respectivamente, lo que implica una reducción del costo de producción de 16% por kg de alimento. Sin duda alguna, esto representa el principal atractivo para los productores para reducir los niveles de PC en las raciones de su ganado lechero.

Hasta hace poco tiempo se tenía la idea que para aumentar la productividad de las vacas lecheras era necesario ofrecer dietas elevadas en PC (niveles de 180

g/kg/MS o incluso mayores). Sin embargo, debido a la ineficiencia de la vaca lechera en transformar la proteína cruda de la dieta en proteína en leche, se comenzaron a llevar a cabo investigaciones tratando de reducir los niveles de proteína cruda en la dieta, como una forma de incrementar la eficiencia de utilización de la proteína cruda de la dieta, así como para reducir las excreciones de nitrógeno en la orina y las heces. Solo que estos estudios se han llevado a cabo en otros países como E.U y países de Europa, bajo diferentes condiciones de manejo del ganado lechero.

El presente estudio realizado bajo condiciones de estabulación (libre) en la región sur del Estado de México, aporta información importante y aplicable a las condiciones en que se desarrollan sistemas de producción de leche en pequeña escala, bajo condiciones de estabulación o semiestabulación en el Estado de México.

Los resultados indican que los rendimientos de leche y en general las variables de respuesta de las vacas, no son afectados al reducir el nivel de PC de 16 a 14%, lo cual coincide con lo reportado por Olmos Colmenero y Broderick (2006).

La concentración de proteína en leche, fue mayor en el tratamiento de 16%. Lo anterior es consecuencia directa del mayor nivel de PC en la dieta. Aunque también en algunos reportes en la literatura internacional, se ha observado incrementos en la concentración y rendimiento diario de proteína en leche, con mayores niveles de PC en la dieta, así como de mayor energía metabolizable consumida (Zanton, 2019).

De igual manera, el peso vivo y la condición corporal no fueron diferentes debido al porcentaje de proteína cruda en la dieta. Lo cual es deseable cuando se evalúan diferentes dietas. Lo anterior, coincide con lo reportado por otros autores (Olmos Colmenero y Broderick, 2006).

Las diferencias observadas en rendimiento de leche, así como los componentes proteína, grasa y lactosa (g/kg y kg/día), fueron mayores en el primer periodo experimental, en comparación con el segundo periodo experimental. Los mayores rendimientos de leche en el periodo experimental 1, coinciden con mayores concentraciones y rendimientos de los componentes de la leche.

Peso y condición corporal se mantienen sin cambio entre tratamientos, así como en los periodos experimentales, lo que significa que no hubo pérdidas de peso o de condición corporal debida a los tratamientos, así como tampoco hubo cambios a lo largo del tiempo que duro el experimento.

Actualmente las dietas comerciales para vacas altas productoras, son balanceadas con niveles de proteína cruda que van desde 17 hasta 20% (Law *et al.*, 2009). Confirmando, reportes que indican que niveles de PC más altos de 167 g/kg/MS no contribuyen en ningún aumento de cantidad ni composición de la leche (Broderick y Clayton, 1997).

Se ha reportado que entre el 0.65 y 0.75 del nitrógeno que consume una vaca lechera es excretado en heces y orina (Chese, 1994). Por lo que no es recomendable utilizar dietas altas en PC ya que el nitrógeno presente en estas no

es aprovechado en su totalidad por el animal, trayendo como consecuencia su eliminación y contaminación al ambiente.

Por el lado económico la proteína es el ingrediente de mayor costo, por lo que reducir el nivel de inclusión sin afectar la productividad y composición de la leche, traería mayor índice de ganancia al productor. Además, limitar el impacto ambiental de las explotaciones y lograr tener sistemas productivos más sustentables (Albarrán *et al.*, 2018).

En países en vías de desarrollo, existe una creciente producción de leche debido a la demanda de los habitantes en zonas urbanas. En general, los productores están poco capacitados en el manejo en general del hato lechero, y en específico de la alimentación de su ganado. Lo que normalmente ocurre, es que las dietas están desbalanceadas entre las necesidades de energía y proteína, con excesos o deficiencias de nutrientes en las mismas (Deen *et al.*, 2019).

Lo anterior resulta en altos costos de producción por concepto de alimentación, baja productividad del ganado, así como ineficiencias del sistema en su totalidad. Por lo tanto, es importante que los productores reciban capacitación y asistencia técnica adecuada, para que puedan incrementar sus niveles de producción, eficiencia en la utilización de los recursos, con menores niveles de expresión de nitrógeno al medio ambiente (Absalon – Medina *et al.*, 2011).

Conclusiones

En las condiciones en que se llevó a cabo el experimento, no existen ventajas productivas ni en composición de la leche, al utilizar mayores contenidos de proteína cruda en la dieta (140 vs 160 g/kg de materia seca), en la alimentación de vacas de la raza Pardo Suizo.

Consideraciones finales

Este trabajo contribuye al conocimiento sobre niveles de proteína cruda en la dieta de vacas y su efecto en los rendimientos productivos y económicos. Los resultados indican 14% de PC en la dieta de vacas en lactación es adecuado, sin tener efectos negativos en los rendimientos productivos, y en dónde se reduce el costo de producción. Sin embargo, es necesario continuar con éste tipo de estudios, para determinar los niveles de eficiencia de utilización del nitrógeno de vacas en diferentes etapas de lactación, con el objetivo de tener evidencias de que éste tipo de recomendaciones tienen un efecto en una menor excreción de N al medio ambiente.

VII. REFERENCIAS

Aban, J. A., Delgado, R., Magaña, J. G., & Segura, J. 2008. Factores que afectan el porcentaje de gestación a 120 días posparto en vacas cebú y cruza con europeo en el sureste de México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 12(1), 45-56.

Absalón-Medina VA, Blake RW, Gene Fox D, Juárez-Lagunes EG, Nicholson FC, Canudas-Lara EG. Limitations and potentials of dual-purpose cow's herds in central coastal Veracruz, Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2011; 44:1131-1142. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-0049-1>.

Aguilar, M., M.D. Hanigan, H.A. Tucker, B.L. Jones, S.K. Garbade, M.L. McGilliard, C.C. Stallings, K.F. Knowlton, and R.E. James. 2012. Cow and herd variation in milk urea nitrogen concentrations in lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 95:7261–7268. doi:10.3168/jds.2012-5582.

Albarrán-Portillo, B., A. García-Martínez, A. Ortiz-Rodea, R. Rojo-Rubio, J.F. Vázquez-Armijo, and C.M. Arriaga-Jordán. 2019. Socioeconomic and productive characteristics of dual-purpose farms based on agrosilvopastoral systems in subtropical highlands of central Mexico. *Agrofor. Syst.* 93:1939–1947. doi:10.1007/s10457-018-0299-2.

Albarrán-Portillo, B., S. Rebollar-Rebollar, A. García-Martínez, R. Rojo-Rubio, F. Avilés-Nova, and C.M. Arriaga-Jordán. 2015. Socioeconomic and productive characterization of dual-purpose farms oriented to milk production in a subtropical region of Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 47:519–523. doi:10.1007/s11250-014-0753-8.

Andresen, H. 2001. Vacas secas y en transición. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú.* 12(2), 36-48.

- Araujo-Febres, O. 2005. Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de pastos y forrajes. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela, 2005 .1-12.
- Arias, J., & Nesti de Alonso, A. 1999. Importancia de los niveles de nitrógeno ureico en leche y sangre en el ganado lechero. Rev. Fac. Agron. 1999. 16(5), 553.
- Arriaga-Jordán C., Albarrán Portillo B., Espinoza- Ortega A., García Martínez A., Castelán-Ortega O. 2002. On-Farm comparison feeding strategies base on forages for small-scale dairy production system in the highlands of central Mexico. Experimental Agriculture, 2002. 38: 375-388.
- Ayanz, A. S. 2006. Fundamentos de alimentación y nutrición del ganado. Madrid: Univ. Politécnica de Madrid. 2006.
- Bach, A., & España, P. 2002. La reproducción del vacuno lechero: Nutrición y fisiología. XVII Curso de Especialización FEDNA. Purina, España. 2002.
- Barros, T., M.A. Quaassdorff, M.J. Aguerre, J.J.O. Colmenero, S.J. Bertics, P.M. Crump, and M.A. Wattiaux. 2017. Effects of dietary crude protein concentration on late-lactation dairy cow performance and indicators of nitrogen utilization. J. Dairy Sci. 100:5434–5448. doi:10.3168/jds.2016-11917.
- Bequette, B. Hanigan, H. Lapierre, and J. P. F. D’Mello. 2003. Mammary uptake and metabolism of amino acids by lactating ruminants. Pages 347–365 in Amino Acids in Farm Animal Nutrition. 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, UK. 2003.
- Blanco – Ochoa M. Zootecnia de bovinos productores de leche

- Blas Beorlegui, C. D., González Mateos, G., & Argamenteria, A. 1987. Nutrición y alimentación del ganado. 1987.
- Broderick, G. 2007. Estrategias para optimizar el uso de la proteína en las raciones para vacas lecheras. 1ª Reunión internacional sobre sistemas de producción de forrajes y leche, Tepatitlán de Morelos, 5 al 7 de diciembre de 2007.
- Broderick, G.A., and M.K. Clayton. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. *J. Dairy Sci.* 80:2964–2971. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76262-3.
- Broderick, GA (2003). Efectos de los distintos niveles de proteína y energía en la dieta sobre la producción de vacas lecheras lactantes. *Revista de ciencia láctea*, 86 (4), 1370-1381.
- Buckley, F., Holmes, C., & Keane, M. G. 2005 Genetics characteristics required in dairy and beef cattle for temperate grazing systems. *Utilisation of grazed grass in temperate animal systems.* 61-79.
- Bundy, LG y Sturgul, SJ (2001). Un presupuesto de fósforo para las tierras de cultivo de Wisconsin. *Revista de conservación del suelo y el agua*, 56 (3), 243-250.
- Butendíeck, N. 1997. Células somáticas, mastitis y calidad de leche. *Calidad de leche e interpretación de resultados de laboratorio. Curso-Taller. Serie Carillanca*, 2005. (62), 15-32.
- Butler, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal reproduction science.* 60, 449-457.

- Butler, W. R. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock production science*. 83(2-3), 211-218.
- Calderón, M. F. P., Bosa, L. F. P., Yasnó, J. D. C., & Saldaña, L. Y. M. (2017). Relación nutrición-fertilidad en hembras bovinas en clima tropical. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(9), 1-19.
- Calvo, J. L. A. 2004. *Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico*. Universidad de Antioquia.
- Camacho - Vera J H, Cervantes- Escoto F, Palacios - Rangel M I, Cesín – Vargas A, Ocampo - Ledesma J. 2017. Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*.8; 259 - 268
- Campos Gaona, R., & Hernández, É. A. (2008). Relación nutrición fertilidad en Bovinos: un enfoque bioquímico y fisiológico.
- Canfield, R. W., Sniffen, C. J., & Butler, W. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 73(9), 2342-2349.
- CANILEC (Cámara Nacional de Industriales de la Leche). 2019. Estadísticas de sector lácteo 2010 – 2019. <https://www.canilec.org.mx/estadisticas-2/>. Acceso el 17 de julio de 2020.
- Cañas Churruga, R., Aguilar González, C., & Gasmán Bustamante, M. 1981.

- Charbonneau, E., P.Y. Chouinard, G. Allard, H. Lapierre, and D. Pellerin. 2006. Milk from forage as affected by carbohydrate source and degradability with alfalfa silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 89:283–293. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72093-8.
- Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo: Predicción del consumo. Jornadas de Buiatría. (26as., 1998, Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP, 1-7.
- Chilibroste, P. 1998. Fuentes comunes de error en la alimentación del ganado lechero en pastoreo; I. Predicción del consumo. Jornadas de Buiatría (26as., Paysandú). Memorias. Paysandú, CMVP, 1-7.
- Church, D. Pond, W. Pond, K. (). *Nutrición y Alimentación de Animales*. Ed 2da. Págs. 635. Ganado Lechero. 423-434.
- Cifuentes, C., Hugo, A., Erazo, P., & Aarón, K. 2013. Desempeño productivo y reproductivo de vacas lecheras peris parturientas al adicionar el aditivo mineral NutroTrans® en la dieta de transición.
- Cino, D. M., Martín, P. C., & Torres, V. 2004. Estudio económico preliminar de alternativas de producción de leche bovina. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 38(1), 3-11.
- Colmenero, JO y Broderick, GA (2006). Efecto de la concentración de proteína cruda en la dieta sobre la producción de leche y la utilización de nitrógeno en vacas lecheras lactantes. *Revista de ciencia láctea* , 89 (5), 1704-1712.

- Corrêa, E. S., Vieira, A., Costa, F. P., & Cezar, I. M. 2000. Sistema semi-intensivo de produção de carne de bovinos Nelore no Centro-Oeste do Brasil. Campo Grande[^] eMS MS: Embrapa Gado de Corte.
- Correa, H. J., Pabón, M. L., & Carulla, J. 2009. Estimación del consumo de materia seca en vacas Holstein bajo pastoreo en el trópico alto de Antioquia. *Livestock Research for Rural Development*, 21(4).
- Costa, E. F., Portiansky, E. L., Massone, A. R., Marino, F. P., Idiart, J. R., & Gimeno, E. J. 1998. Alteraciones en la diferenciación y proliferación celular cutánea en bovinos, inducidas por hipervitaminosis D de origen vegetal. *Analecta Veterinaria*.18.
- Covarrubias, D. L., Flores, J. S. M., Damián, M. A. M., Delgado, G. G., Silvestre, J. M. O., & Sánchez, J. G. 2003. Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas producción de leche en el estado de Jalisco, México. *Agrociencia*, 37(1), 85-94.
- Cucunubo, L. G., Strieder-Barboza, C., Wittwer, F., & Noro, M. 2013. Diagnóstico de cetosis subclínica y balance energético negativo en vacas lecheras mediante el uso de muestras de sangre, orina y leche. *Revista Científica*. 23(2), 111-119.
- Davidson, S.; Hopkins, B.A.; Diaz, D.E.; Bolt, S.M., Brownie, C.; Fellner, V. 2003. Effects of amounts and degradability of dietary protein on lactation, nitrogen utilization, and excretion in early lactation Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 86:1681-1689.
- Deen AU, Tyagi N, Yadav RD, Kumar S, Tyagi AK, Kumar Singh, S. Feeding balanced rations can improve the productivity and economics of milk production in dairy cattle:

a comprehensive field study. *Trop Anim Health Prod* 2019;51:737-744
<https://doi.org/10.1007/s11250-018-1747-8>.

Determinación del requerimiento energético de bovinos como base para sistemas de producción de leche y carne Sistemas de producción bovina con énfasis en leche. In Curso Intensivo en Sistemas de Producción Bovina con Énfasis en Leche 2-5 Dic 1981 Turrialba (Costa Rica) (No. RISPAL-0111). CATIE, Turrialba (Costa Rica) Foundation WK Kellogg, Battle Creek, Mich.(EUA) BID, Washington, DC (EUA).

Egaña, J. I., & Morales, M. S. 1986. Metabolismo del nitrógeno en rumiantes. *Monografías de Medicina Veterinaria*, 8(2).

Elizondo J. 2002. Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*. 13; 41 – 44

Elizondo Salazar, J. A., & Sánchez Salas, J. 2011. El balance catión-anión y su relación con la incidencia de fiebre de leche y otras enfermedades metabólicas.

Elizondo-Salazar, J. A. 2002. Estimación lineal de los requerimientos nutricionales del NRC para ganado de leche. *Agronomía Mesoamericana*. 41-11.

Elrod, C. C., & Butler, W. R. 1993. Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *Journal of animal science*. 71(3), 694-701.

Ensminger, M. E. 1977. Producción bovina para leche (No. 636.214 ENSp). El Ateneo.

- Esparza-Jiménez, S., B. Albarrán-Portillo, M. González-Ronquillo, A. García-Marínez, J.F. Vázquez-Armijo, and C.M. Arriaga-Jordán. 2020. Milk yield efficiency derived from the energy and protein of grazing cows receiving different supplements under a sub-tropical agrosilvopastoral system. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* Aceptado.
- Espinoza-Ortega, A., Álvarez-Macías, A., del Valle, M. D. C., & Chauvete, M. 2005. La economía de los sistemas campesinos de producción de leche en el Estado de México. *Técnica Pecuaria en México.* 43(1), 39-56.
- FAO 2011. “situación de la lechería en américa latina y el caribe” Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [En línea]. Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Dairy/Documents/Paper_Lecher%C3%ADa_AmLatina_2011.pdf.
- FAO Stat. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QA>, Acceso el 21 de julio de 2020.
- Figuroa Viramontes, U., Núñez Hernández, G., Reta Sánchez, D. G., & Flores López, H. E. 2015. Balance regional de nitrógeno en el sistema de producción leche-forraje de la Comarca Lagunera, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias.* 6(4), 377-392.
- FIRA 2001. Tendencias y oportunidades del desarrollo de la lechería en México. Boletín informativo No. 317, Vol. XXIII FIRA Banco de México, México.
- Fricke, P. M., & Shaver, R. D. (2001). Manejando trastornos reproductivos en vacas lecheras. Instituto Babcock. Universidad de Wisconsin.
- Gabanzo Rivera, J. J. 2018. Vitaminas esenciales en la reproducción y el sistema inmune en el ganado bovino: una revisión.

- Gallardo, M., Maciel, M., Cuatrín, A., Quaino, O., Vottero, D., Faggiano, F., & Tellaeche, S. 2000. Evaluación de dos sistemas de alimentación para vacas en transición a la lactancia. Efectos sobre la producción y composición química de leche. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. In XXI World Buiatrics Congress. Punta del Este. Uruguay. (pp. 4-8).
- Gallo, C., & Tadich, N. 2008. Bienestar animal y calidad de carne durante los manejos previos al faenamiento en bovinos. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria, 9(10B). 2008.
- Galvis, R. D., Correa, H. J., & Ramírez, N. 2003. Interacciones entre el balance nutricional, los indicadores del metabolismo energético y proteico y las concentraciones plasmáticas de Insulina, e IGF-1 en vacas en lactancia temprana. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 16(3), 237-248.
- Galvis, R. D., Múnera, E. A., & Marín, A. M. 2007. Influencia del mérito genético para la producción de leche en un hato holstein sobre el balance energético, indicadores del metabolismo energético y la reactivación ovárica posparto. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 20(4), 455-477.
- García Martínez A., Piedra Matías R., Alcántara Jiménez F., Albarrán Portillo B., Avilés Nova F, 2012. "conmemoración 35 años de educación veterinaria en Chiapas". pp. 164.
- García Martínez, E. M., & Fernández Segovia, I. 2012. Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración con un ácido fuerte.

- García, A., & Hippen, A. Alimentación de las vacas lecheras para condición corporal.
- García, L. 1983. Influencia directa del clima sobre el comportamiento productivo del ganado bovino. Ugarte, J.; Herrera, RS; Ruiz, R.; García, R.; Vázquez, CM; Senra, A. 2008.
- Gasque, G. R., & Blanco, O. M. A. 2001. Zootecnia en bovinos productores de leche. Departamento de producción animal: rumiantes. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México.
- Giraldo Arana, D., & Uribe Velásquez, L. F. 2012. Estrategias para mejorar la condición corporal postparto en vacas de carne. Biosalud.71-89.
- Glauber, C. (2013). ¿Los altos rendimientos en producción lechera afectan la fertilidad del rodeo? Rev Med Vet (B. Aires), 94, 10-16.
- González Stagnaro, C. 1980. Relación de las alteraciones reproductivas con el comportamiento post-parto, producción de leche y amamantamiento en una zona tropical. Revista de la Facultad de Agronomía, Maracaibo (Venezuela). (, 6(1), 571-586.
- González, J. S. 2000. Nutrición energética del ganado lechero. Nutrición animal tropical. 6(1), 97-128.
- González, J. S. Nutrición energética del ganado lechero. Nutrición animal tropical, 6(1), 97-128. González, J. S. 2000. Nutrición energética del ganado lechero. Nutrición animal tropical, 6(1), 97-128.

Grosserichter, J. 1993. Efecto de la suplementación en verano sobre la productividad de vacas de doble propósito (No. Doc. 16796) * CO-BAC, Santafé de Bogotá).

Hazard, S. 2000. Importancia de la nutrición en la reproducción de las vacas lecheras. INIA Carillanca. México (en línea) disponible en: shazard@ carillanca. inia. cl (Accesado el 30 de septiembre del 2007).

Hazard, S. 2001. Alimentación de vacas lecheras. INIA Carillanca. Colombia.

Hazard, S. 2004. Alimentación de vacas lecheras. Boletín INIA. (112), 52-60.

Hazard, T. 1990. Sabe Ud. como alimentar sus vacas lecheras. Investigación y Progreso Agrícola Carillanca. 9(4), 38-41pp.

Hernandez Gutiérrez, J. P. 2018. Relación entre nutrición y fertilidad en vacas de alta producción lechera.

Hernández, B., & Manuel, J. 1995. Manual de nutrición y alimentación del ganado. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 995.

<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/SAGARPA/PerspectivaLeche2005>.

Huhtanen, P., and A.N. Hristov. A. 2009. meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. J. Dairy Sci. 92:3222–3232.

Huhtanen, P., E.H. Cabezas-Garcia, S.J. Krizsan, and K.J. Shingfield. 2015. Evaluation of between-cow variation in milk urea and rumen ammonia nitrogen concentrations and

the association with nitrogen utilization and diet digestibility in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 98:3182–3196. doi:10.3168/jds.2014-8215.

Ibarra, D., & Latrille, L. 2006. Incremento en la proteína no degradable en rumen de vacas lecheras: 1. Efectos sobre la producción y composición de leche y utilización de nutrientes. *Archivos de medicina veterinaria.* 38(2), 115-121.

Iglesias, J. M., Milera, M., Remy, V., Martínez, J., & Hernández, J. 1990. Aplicación del balance alimentario en una vaquería comercial. *Pastos y Forrajes.* 13(3).

INEGI. 2018. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA. Recuperado el 2 de septiembre de 2018, de INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA: <http://www.inegi.org.mx/>

Inostroza, R. A. A., & Agronomía, E. Intensificación de los sistemas ganaderos y la contaminación ambiental, el caso de los gases efecto invernadero y el nitrógeno.

Jiménez Ocampo, R., Rosales Serna, R., & Flores Gallardo, H. 2013. Componentes de importancia en la alimentación de bovinos.

Kertz, A. I. F. 2007. Manejo y alimentación de la vaca lactante. *Hoard's Dairyman* en español. 60-64.

Kronfeld, D.S. 1982. Major metabolic determinants of milk volume, mammary efficiency and spontaneous ketosis in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 2204–2212.

Ku Vera, J.C., Briceño-Poot, E.G., González-Ruiz, A., mayo-Eusebio, R., Canul-Solís, J.R., Piñeiro-Vázquez, A.T., Ayala-Burgos, A.J., Aguilar-Pérez, C.F., Solorio-Sánchez,

J.F., y Ramírez-Avilés, L. 2013. (Memoria) Fermentación Ruminal de los Forrajes: Implicaciones para el Metabolismo Energético y la Producción de Carne y Leche. Tercer simposio Internacional sobre Producción Animal.

Lactodata 2016. “Panorama sobre la producción de carne de bovino con un enfoque mundial”:

http://www.lactodata.info/lactodata/docs/est/cg_mundo_existencias_ganado_vacuno_caprino_enero2012.xls

LACTODATA, 2016. Leche de vaca avance de producción, índices, indicadores En <http://lactodata.info/boletin/produccion-de-leche-de-vaca/> (Consultada en agosto de 2018).

Lago, E. P. D., Pires, A. V., Susin, I., Faria, V. P. D., & Lago, L. A. D. 2006. Efeito da condição corporal ao parto sobre alguns parâmetros do metabolismo energético, produção de leite e incidência de doenças no pós-parto de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30(5), 1544-1549

Lanuza, F., & Remehue, I. 2008. Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche. Instituto de Investigaciones Agropecuarias–Centro Regional de Investigación Remehue *Boletín Inia*, (148), 1-16.

Lapierre, H. y Lobley, GE (2001). Reciclaje de nitrógeno en rumiantes: una revisión. *Revista de ciencia láctea*, 84, E223-E236.

López, O., & Álvarez, J. L. 2005. Consejos prácticos para alimentar y reproducir bien a nuestras vacas lecheras. *Revista ACPA*.3, 37.

López-Solano, E., Villegas-Aparicio, Y., Gómez-Vázquez, A., Vinay-Vadillo, J. C.,
Mendoza-Martínez, G. D., Plascencia-Jorquera, A., ... & Hernández-Santiago, J.
2011. Contenido de urea láctea en lactación de bovinos en el trópico húmedo
veracruzano. *Universidad y ciencia*.27(2), 199-208.

Lotthammer, K. H. 1992. Influencia de algunos factores nutricionales sobre metabolitos,
enzimas y minerales en el suero sanguíneo y leche de vacas lecheras. XX Jornadas
Uruguayas de Buiatría

Lucy, M. C., Escalante, R. C., Keisler, D. H., Lamberson, W. R., & Mathew, D. J. 2013.
Glucose infusion into early postpartum cows defines an upper physiological set point
for blood glucose and causes rapid and reversible changes in blood hormones and
metabolites. *Journal of dairy science*. 96(9), 5762-5768.

Macedo, R., Galina, M. A., & Zorrilla, J. M. 2008. Balance forrajero, energético y proteico
de un sistema de producción tradicional de doble propósito en México. *Zootecnia
Tropical*. 26(4), 455-463.

Magaña-Monforte, J.G., Ríos-Arjona, G., y Martínez-González J.C. 2006. Los sistemas de
doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Archivos
Latinoamericanos de Producción Animal*. Vol. 14 (3): 105-114.

Maiztegui, J. 2001. Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero. Resumen del NRC.
1-15.

- Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Rumin. Res.* 49:241–256. doi:10.1016/S0921-4488(03)00142-1.
- Manteca, X. 2004. Comportamiento de alimentación del bovino lechero. *Producción Animal.* 203, 13-23.
- Marin, A. L. M. 2006. Efectos climáticos sobre la producción del vacuno lechero: estrés por calor. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria.* 7(10), 1-22.
- Martínez, B.E. 2009. La Lechería en el Estado de México: Sistema productivo, cambio tecnológico y pequeños productores familiares en la región Jilotepec. 1° ed. Universidad Autónoma de México. México.
- Martínez-Melo, J., Torres, V., Hernández, N., & Jordán, H. 2013. Utilización del índice de impacto en la caracterización de los factores que influyen en la producción de leche en fincas de la provincia Ciego de Ávila, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 47(4), 367-373.
- Matteri, R. L., Carroll, J. A., & Dyer, C. J. 2000. Neuroendocrine responses to stress. *The biology of animal stress.* 43-76.
- McClure, T. J. 1995. Infertilidad nutricional y metabólica de la vaca (No. SF 203. M3318).
- Meléndez, P., & Bartolomé, J. 2017. Avances sobre nutrición y fertilidad en ganado lechero: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias.* 8(4), 407-417.

- Mella, C. 2008. Suplementación de vacas lecheras de alta producción a pastoreo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago.
- Mendoza-Martínez, G. D., Plata-Pérez, F. X., Espinosa-Cervantes, R., & Lara-Bueno, A. 2008. Manejo nutricional para mejorar la eficiencia de utilización de la energía en bovinos. *Universidad y ciencia*. 24(1), 75-87.
- Mitchell, R.G., G.W. Rogers, C.D. Dechow, J.E. Vallimont, J.B. Cooper, and J.S. Clay. 2005. Milk urea nitrogen concentration: heritability and genetic correlations with reproductive performance and disease. *J. Dairy Sci.* 88:4434–4440. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)73130-1.
- Monforte, J. M., Arjona, G. R., & González, J. M. 2006. Los sistemas de doble propósito y los desafíos en los climas tropicales de México. *Arch Latinoam Prod Anim.* 14(3), 105-114.
- Morales, C.H., A.H. Montes, A.Z.V. De Gante, and E.A. Mandujano. 2011. El proceso sociotécnico de producción de Queso Añejo de Zacazonapan, Estado de México. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 2:161–176.
- Moreira, F. B., Prado, I. N. D., Cecato, U., Wada, F. Y., Nascimento, W. G. D., & Souza, N. E. D. 2003. Suplementação com sal mineral proteinado para bovinos de corte, em crescimento e terminação, mantidos em pastagem de grama estrela roxa (*Cynodon plectostachyus* Pilger), no inverno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2003. 32(2), 449-455.

- Noguera, R. R., Ramírez, J. F., & Posada, S. L. 2016. Efecto de la concentración de proteína cruda en suplementos para vacas lecheras sobre la degradación de la materia seca in vitro. *Livestock Research for Rural Development*. 28, 8.
- Nousiainen, J., K.J. Shingfield, and P. Huhtanen. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. *J. Dairy Sci.* 87:386–398. doi:10.3168/jds.S0022-0302(04)73178-1.
- Odeón, M. M., & Romera, S. A. 2017. Estrés en ganado: causas y consecuencias. *Revista veterinaria*, 2017. 28(1), 69-77.
- Odermatt, P., & Cruz, M. D. J. S. 1997. Ventajas comparativas en la producción de leche en México. *Revista agroalimentaria*. 3(5), 35-44.
- Olarte Díaz, E. A. Evaluación de ganancia de peso en bovinos mediante la suplementación con aro (*trichanthera gigantea*) en la finca la esperanza municipio de Vélez.
- Olmos Colmenero, J.J., and G.A. Broderick. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89:1694–1703. doi:10.3168/jds.s0022-0302(06)72237-8.
- Olmos, C.J.J. and Broderick, G.A. 2006. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 89:1704-1712.
- Ortiz-Rodea, A., M. González-Ronquillo, N. López-Villalobos, A. García-Martínez, R. Rojo-Rubio, F. Avilés-Nova, J.F. Vázquez-Armijo, and B. Albarrán-Portillo. 2018.

Replacement of lucerne by *Enterolobium cyclocarpum* leaves in the diet of growing goats. *Anim. Prod. Sci.* 59:1293–1298. doi:10.1071/AN16560.

Pedraza, C., Mansilla, A., Merucci, F., Pinedo, P., & Contreras, H. 2006. Niveles de urea láctea en vacas de la región del Bío-bío, Chile. *Agricultura técnica*, 2006. 66(3), 264-270.

Pinos-Rodríguez, J. M., García-López, J. C., Peña-Avelino, L. Y., Rendón-Huerta, J. A., González-González, C., & Tristán-Patiño, F. 2012. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 2012. 46(4), 359-370.

Powell, J.M., and C.A. Rotz. 2015. Measures of nitrogen use efficiency and nitrogen loss from dairy production systems. *J. Environ. Qual.* 44:336–344. doi:10.2134/jeq2014.07.0299.

Quintero, M. D., Olivera, M., & Noguera, R. R. 2011. Metabolismo energético en vacas durante la lactancia temprana y el efecto de la suplementación con grasa protegida. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 2011. 24(1), 74-82.

Ramírez, A. C. 2002. *Ganadería de leche: enfoque empresarial* (Vol. 1). EUNED.

Ramírez, M.M., Hernández, M.O., Améndola, M.R.D., Ramírez, B.E.J., Mendoza, M.G.D., y Burgueño, F.J.A. 2010. Productive Response of Grazing Cows to Fresh Chopped Maize Supplementation Under a Small Farming System in the Mexican Highlands. *Tropical Animal Health and Production*. 42:1377-1383.

- Rangel, J., J.A. Espinosa, C. de Pablos-Heredero, J. Rivas, J. Perea, E. Angón, and A. García-Martínez. 2017. Is the increase of scale in the tropics a pathway to smallholders? Dimension and ecological zone effect on the mixed crop-livestock farms. Spanish J. Agric. Res. 15. doi:10.5424/sjar/2017152-9561.
- Reksen, O., L. Sølverød, and O. Østerås. 2008. Relationships between milk culture results and composite milk somatic cell counts in Norwegian dairy cattle. J. Dairy Sci. 91:3102–3113. doi:10.3168/jds.2008-1006.
- RODRÍGUEZ, A. G., & YAÑEZ, O. V. 2000. El analisis de urea en leche como indicador del balance nutritivo de la alimentacion de las vacas. Centro de Investigacions Agrarias Mabegondo, Instituto Lácteo Gandeiro Galego.
- Rolo, R. (1999). Relación nutrición-fertilidad en la hembra bovina. In Memorias. II Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colegio de Médicos Veterinarios de Honduras. Honduras.
- Rúgeles, C. 2001. Interrelaciones entre nutrición y fertilidad en bovinos. Revista MVZ Córdoba.24-30.
- Saborío Montero, A., & Sánchez González, J. M. 2015. Asociación entre fiebre de leche y cetosis subclínica en un hato de vacas jersey en pastoreo en Oreamuno de Cartago.
- SAGARPA Secretaria de Ganadería, Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2005. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). www.siap.sagarpa.gob.mx.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mantiene ganadería crecimiento constante durante 10 años. [<http://www.sagarpa.gob.mx>]. 2011.

Salamanca, A. 2010. Suplementación de minerales en la producción bovina. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. 11(9), 1-10.

Salas, R.; Arriaga, J.; Estrada, F., & Garcia, M.Y. 2017. Evaluación económica de la utilización de suplementos en la alimentación de vacas de doble propósito en el suroeste del Estado de México. En V. Cavallotti, & V. y. Cesín, Estudios económicos y sociales de la producción pecuaria (págs. 149-160). Estado de México: Universidad Autónoma Chapingo. 2017.

Salas-Reyes, I.G. 2011. Caracterización de praderas dominadas por pasto estrella *Cynodon plectostachyus* en Zacazonapan, Estado de México. Tesis de Licenciatura de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Universidad Autónoma del Estado de México.

Salas-Reyes, I.G. 2018. Suplementación energética y determinación de la composición botánica de la dieta de vacas de doble propósito, en la región sur del Estado de México. Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/99458>.

Salas-Reyes, I.G., C.M. Arriaga-Jordán, J.G. Estrada-Flores, A. García-Martínez, R. Rojo-Rubio, J.F.V. Armijo, and B. Albarrán-Portillo. 2019. Productive and economic response to partial replacement of cracked maize ears with ground maize or molasses

- in supplements for dual-purpose cows. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 10:335–352. doi:10.22319/rmcp.v10i2.4569.
- Salas-Reyes, I.G., C.M. Arriaga-Jordán, S. Rebollar-Rebollar, A. García-Martínez, and B. Albarrán-Portillo. 2015. Assessment of the sustainability of dual-purpose farms by the IDEA method in the subtropical area of central Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 47:1187–1194. doi:10.1007/s11250-015-0846-z.
- Salvador-Loreto, I., C.M. Arriaga-Jordán, J.G. Estrada-Flores, F. Vicente-Mainar, A. García-Martínez, and B. Albarrán-Portillo. 2016. Molasses supplementation for dual-purpose cows during the dry season in subtropical Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* doi:10.1007/s11250-016-1012-y.
- Sánchez, E. J., & Mena, V. O. 1977. Determinación del gasto energético (Mcal/día) por el ganado bovino, a partir de sus hábitos y comportamiento en pastoreo de verano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, (32), 27-31.
- Sanchez, J. M., Vargas, E., & Campabadal, C. 1987. Composición mineral y de proteína cruda de los forrajes en los distritos de Venecia, Pital y Aguas Zarcas, cantón de San Carlos. *Agronomía Costarricense (Costa Rica)*. (Ene-Jun, 11(1), 25-31.
- Santibáñez, S.J.J. Y Sánchez, A.M.A. 2009. Transnacionalización del mercado de lácteos y vía nacional del desarrollo: Los casos de México y Japón. *Polis*. 5(2), 155-200.
- Schröder, U. J., & Staufenbiel, R. 2006. Invited review: Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *Journal of Dairy Science*, 2006. 89(1), 1-14.

Sepúlveda, N., Gallo, C., & Allende, R. 2007. Importancia del bienestar animal en producción bovina. Arch Latinoam Prod Anim. 15, 127-132.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social (SADER). 2019. Boletín de leche, enero – marzo 2019. <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/Bolet%C3%ADn%20de%20Leche%20enero-marzo%202019.pdf>. Acceso 19 de julio de 2019.

Spek, J.W., J. Dijkstra, G. van Duinkerken, W.H. Hendriks, and A. Bannink. 2013. Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis. J. Dairy Sci. 96:4310–4322. doi:10.3168/jds.2012-6265.

Suárez, E., Reza, S., Díaz, E., García, F., Pastrana, I., Cuadrado, H., & Espinosa, M. 2012. Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 13(2), 207-212.

United Nations (UN), 1987. Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development. Annex to General Assembly document A/42/427. <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>.

USDA United States Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. 2020. Livestock and products semi-annual report. Report number MX2020-0001.

- Van Horn, HH, Newton, GL y Kunkle, WE (1996). Nutrición de rumiantes desde una perspectiva ambiental: factores que afectan el equilibrio de nutrientes de toda la explotación. *Revista de ciencia animal*, 74 (12), 3082-3102.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Cornell University Press, Ithaca.
- Vera, C., Hiutzilihuitl, J., Cervantes Escoto, F., Palacios Rangel, M. I., Cesín Vargas, A., & Ocampo Ledesma, J. 2017. Especialización de los sistemas productivos lecheros en México: la difusión del modelo tecnológico Holstein. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 8(3), 259-268.
- Vidaurreta, I. 2016. Calidad y disponibilidad de agua para los bovinos en producción. Manual Vetifarma, SA Argentina. 2016.
- Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C., Viaux, P., and Zahm, F. 2008. La méthode IDEA, indicateurs de durabilité des exploitations agricoles: guide d'utilisation, Dijon version 3. Educagri. Ed. <http://www.idea.portea.fr/>.
- Villamar - Angulo L. y Olivera Cazares E. 2005. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México.
- Wattiaux, M.A., E. V. Nordheim, and P. Crump. 2005. Statistical evaluation of factors and interactions affecting Dairy Herd Improvement milk urea nitrogen in commercial midwest dairy herds. *J. Dairy Sci.* 88:3020–3035. doi:10.3168/jds.S0022-0302(05)72982-9.
- William – Dobson D. y Edwart Jesse V. 2009. El sector lácteo de México: Un Estudio de País.

Zanton, G.I. 2019. Effect of experimental design on responses to 2 concentrations of metabolizable protein in multiparous dairy cows. *J. Dairy Sci.* 102:5094–5108. doi:10.3168/jds.2018-15730.

Zegarra, J., Díaz, G., Vélez, V., Torres, J., & Callohuanca, J. Niveles de ensilaje de maíz y su efecto en la utilización proteica y excreción de nitrógeno de vacas lecheras bajo consumo de alfalfa Effect of increased levels of corn silage on protein utilization and nitrogen excretion of dairy cows consuming alfalfa.