

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MEDICO VETERINARIAS



**Producción y calidad de la leche en vacas Holstein suplementadas  
con vitaminas del complejo B recubiertas**

Por:

**Arturo Fraire Galindo**

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México Junio 2024

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

**Producción y calidad de la leche en vacas Holstein suplementadas  
con vitaminas del complejo B recubiertas**

Por:

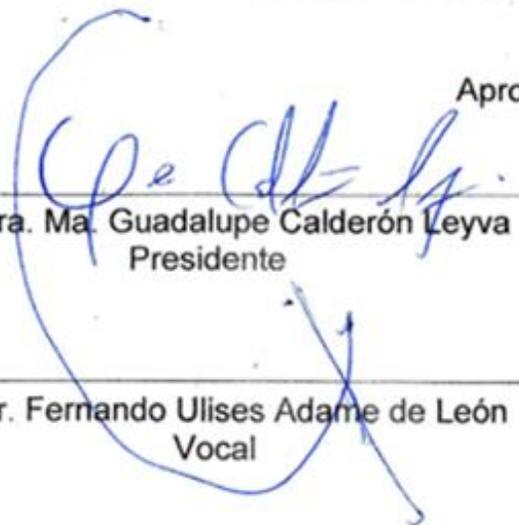
**Arturo Fraire Galindo**

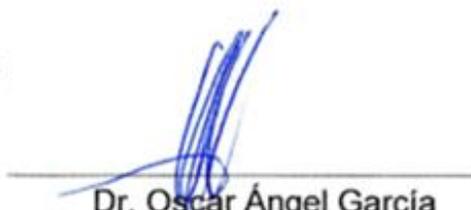
TESIS

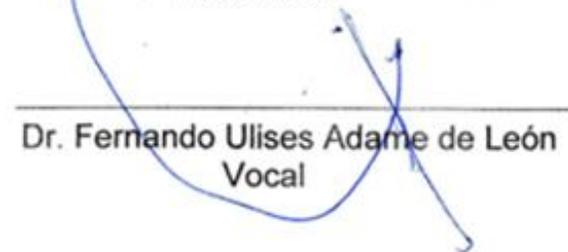
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
parcial para obtener el título de:

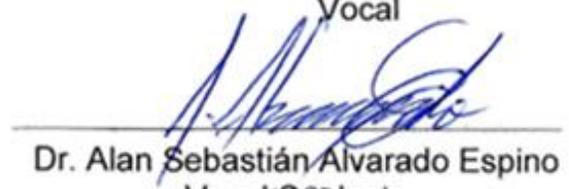
**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

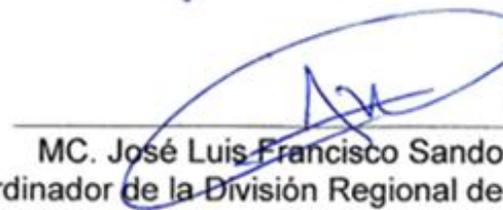
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Oscar Ángel García  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Ulises Adame de León  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino  
Vocal Suplente

  
\_\_\_\_\_  
MC. José Luis Francisco Sandoval Espino  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

**Producción y calidad de la leche en vacas Holstein suplementadas  
con vitaminas del complejo B recubiertas**

Por:

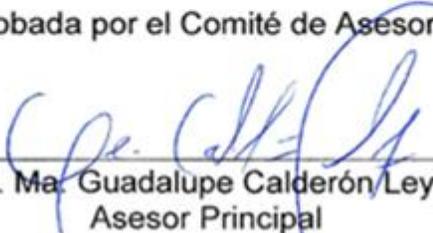
**Arturo Fraire Galindo**

TESIS

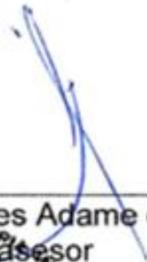
Presentada como requisito para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva  
Asesor Principal

  
Dr. Oscar Angel García  
Coasesor

  
Dr. Fernando Ulises Adame de León  
Coasesor

  
MC. José Luis Francisco Sandoval Eiras  
Coordinador de la División Regional de   
Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México Junio 2024

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres y mi abuelita** Nene, que siempre han estado presentes y pude concluir esta carrera gracias a ellos y su esfuerzo, su cariño y sus consejos.

**A mi hermana** que siempre está conmigo y me motiva a esforzarme y ser un ejemplo que seguir.

**A los maestros** que me han enseñado cosas tan importantes, en la escuela y en la vida, que son personas por las cuales siento una gran admiración, a mi amigo y maestro el Dr. Ulises Adame de León, a la maestra Sanjuanita Herrera García, la maestra Ana María Rivera Bautista.

**A mis amigos**, mi tabla de salvación en momentos difíciles y el motivo de muchos momentos felices, que siempre tienen una palabra de aliento para motivarme a salir de los problemas, ellos mejoran un poquito la vida y otro poquito el alma, Edith García Fraire, Gamaliel González García, Juan Carlos Prieto Torres y Rogelio Rivera Polanco.

**A mi asesora de Tesis**, la Dra. Guadalupe Calderón Leiva, que ha sido un gran apoyo en mi carrera, como amiga y como maestra y por la cual siento gran admiración y respeto.

**A mis mascotas** Hachi y Tauser, que siempre me reciben contentos al llegar a casa y me hacen muy feliz.

## DEDICATORIA

**A mis padres** Evangelina Galindo Favila y Saul Fraire Galindo por darme la oportunidad y el apoyo necesario, por su amor y sus consejos, este logro lo comparto con ellos.

**A mi abuelita** Nene que seguro estaría orgullosa de verme cumplir mi sueño desde niño.

**A mi alma mater** y a todas esas personas que de alguna manera u otra influyeron en el rumbo de mi vida y de mi carrera, a esos maestros, amigos, compañeros, gracias por creer en mí.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>RESÚMEN</b> .....	v
<b>I INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 HIPÓTESIS</b> .....	2
<b>1.2 OBJETIVO</b> .....	2
<b>II REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
<b>Importancia de la ganadería en México</b> .....	3
<b>Panorama actual de la producción láctea en México</b> .....	4
<b>Importancia de vitaminas y micronutrientes en vacas Holstein</b> .....	5
<b>Parámetros productivos de vacas Holstein</b> .....	8
<b>Importancia de la leche en la alimentación humana</b> .....	8
<b>Factores que influyen en la producción y composición de la leche</b> .....	11
<b>Características de las vitaminas del complejo B</b> .....	13
<b>Suplementación de vacas lecheras con vitaminas del complejo B</b> .....	14
<b>Funciones del complejo B en el organismo de los bovinos</b> .....	16
<b>III MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
<b>Ubicación y condiciones climáticas del área de estudio</b> .....	18
<b>Manejo de los animales y tratamiento</b> .....	18
<b>Análisis estadísticos</b> .....	19
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	19
<b>V DISCUSIÓN</b> .....	22
<b>VI CONCLUSIÓN</b> .....	24
<b>VII LITERATURA CITADA</b> .....	25

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Concentrado nacional de la producción pecuaria (toneladas) en México. Al 31 de diciembre del 2020.....</b>	<b>3</b>
<b>Cuadro 2. Principales empresas de la industria láctea, México, 2009.....</b>	<b>4</b>
<b>Cuadro 3. Producción nacional de litros de leche en comparación con la producción de la comarca lagunera. ....</b>	<b>4</b>
<b>Cuadro 4. Producción de leche y días al pico de la lactancia según el número de partos. ....</b>	<b>8</b>
<b>Cuadro 5. Composición general de la leche en diferentes especies (por cada 100 gr).....</b>	<b>10</b>
<b>Cuadro 6. Contribución de la leche al aporte recomendado de nutrientes (%). ....</b>	<b>11</b>
<b>Cuadro 7. Promedio (<math>\pm</math>eem) de la cantidad de producción de leche (litros) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (Comp. B) o sin suplementar (TEST). ....</b>	<b>19</b>
<b>Cuadro 8. Promedio (<math>\pm</math>eem) de la cantidad de proteína (%) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (Comp. B) o sin suplementar (TEST).....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 9. Promedio (<math>\pm</math>eem) de la cantidad de lactosa (%) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (Comp. B) o sin suplementar (TEST).....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 10. Promedio (<math>\pm</math>eem) de la cantidad de grasa (%) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (Comp. B) o sin suplementar (TEST).....</b>	<b>21</b>
<b>Cuadro 11. Promedio (<math>\pm</math>eem) de la cantidad de SNG (%) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (Trat) o sin suplementar (Cont).....</b>	<b>21</b>

## RESÚMEN

El objetivo de este estudio fue analizar el resultado que tiene suministrar en la dieta vitaminas del complejo B sobre el rendimiento y composición química de la leche en vacas Holstein en una explotación intensiva. Esta investigación se realizó durante un periodo de once meses (febrero-noviembre), en un establo lechero en Gómez Palacio. Para el presente estudio se utilizó una muestra de 181 vacas Holstein, con 3 lactancias y una producción de leche de  $34 \pm 2.3$  litros en promedio. Las vacas se alimentaron con una dieta especializada en base a sus necesidades fisiológicas y estado productivo cubriendo las exigencias nutricionales. Anterior a los tratamientos todas las vacas fueron suplementadas con 100 gramos de vitaminas del grupo del complejo B 20 días antes del parto y 30 días después del parto. A continuación, las vacas se dividieron en dos grupos, tomando en cuenta el número de partos y los días en leche. A un primer grupo (TEST, n=90) no se le suministraron vitaminas del complejo B en la dieta; al segundo grupo (COMP-B, n=91) recibió una suplementación de vitaminas del complejo B (ácido fólico, piridoxina, biotina y ácido pantoténico) recubiertas agregadas en la dieta. Se utilizó el paquete estadístico SAS (Versión 9.0) para analizar los datos. El suplementar vitaminas del complejo B recubiertas durante el periodo de lactancia en vacas Holstein, mostró una mejora significativa en el porcentaje de proteína y grasa, sin embargo, no hubo mejora en la producción.

**Palabras clave:** Ácido fólico, Piridoxina, Biotina y ácido pantoténico, Vacas Holstein, Calidad de la leche

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas comercializadoras de leche dan un valor muy importante a la calidad del producto que adquieren influyendo esto directamente en el precio, resultando por lo tanto en el interés del ganadero en producir una mejor calidad de leche en cuanto a sólidos totales se refiere. La manipulación en la dieta de las vacas tiene un rol muy importante para mejorar la calidad de la leche, así como el porcentaje de grasa que se relaciona con la fibra presente en la dieta y el proceso de rumia; el porcentaje de proteína la determinan los carbohidratos, el perfil de las vitaminas y los aminoácidos (Ramos *et al.*, 1998).

A comienzos del siglo XX se descubrió que los rumiantes cuentan con la habilidad de sintetizar vitaminas B a nivel ruminal, pero a principios de los años ochenta se documentó que la cantidad de complejo que sintetizan no es suficiente para cubrir los requerimientos de mantenimiento y producción (Grudsky *et al.*, 1983).

Desde hace unos años se ha debatido el tema de la relevancia de los micronutrientes (vitaminas y minerales) en la dieta de las vacas tras el periodo de transición en el que se elevan significativamente los niveles de producción de leche (Lopez *et al.*, 2009). De igual manera, existen investigaciones que sugieren que al añadir dichas vitaminas a la dieta sin alguna cobertura contra la actividad ruminal serán destruidas por la microbiota ruminal (Grudsky *et al.*, 1983; Lopez *et al.*, 2009).

En este sentido, las vitaminas A, E, C y del complejo B, tienen un papel destacado en el desarrollo y mecanismos de respuesta del sistema inmune, pues estas han demostrado su capacidad para proteger a las células de la oxidación de radicales libres (Campos-Granados, 2016).

## **1.1 HIPÓTESIS**

La suplementación con vitaminas del complejo B protegidas mejoran los parámetros productivos en vacas lecheras de la raza Holstein.

## **1.2 OBJETIVO**

Analizar el rendimiento productivo y calidad de la leche en vacas de la raza Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B recubiertas durante la lactancia.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Importancia de la ganadería en México

La crisis alimentaria que se detonó en la primera década del siglo llamó la atención internacional sobre la importancia estratégica que representa el sector alimentario en los ámbitos económicos, sociales y políticos (Vázquez y Arellano, 2014).

**Cuadro 1.** Producción pecuaria (toneladas) a nivel nacional y a nivel regional en la Comarca Lagunera en el año 2020.

Estado	Leche <sup>2/</sup>			Carne en canal						Otros Productos				
	Bovino	Caprino	Total	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Ave <sup>3/</sup>	Guajolote	Total	Huevo para Plato	Miel	Cera en greña	Lana sucia
TOTAL NACIONAL	1,063,962	13,816	1,077,778	189,335	157,507	6,109	3,804	322,693	2,010	681,458	256,753	6,408		
REGION LAGUNERA	232,305	4,779	237,084	9,095	429	16	192	31,842		41,575	8,596			
LAGUNA COAHUILA	122,753	2,821	125,574	2,399	354	5	148	8,339		11,245	3,635			
LAGUNA DURANGO	109,552	1,958	111,509	6,696	75	11	45	23,503		30,330	4,961			
DELEGACION COAHUILA	2,730	979	3,710	2,532	106	58	191	119		3,006	1,057	34		
DELEGACION DURANGO	7,744	9	7,753	2,932	280	25	34	42		3,313	206			
COAHUILA DELEGACION	2,730	979	3,710	2,531	106	58	191	119		3,006	1,057	34		
DURANGO DELEGACION	7,744	9	7,753	2,932	280	25	34	42		3,313	206			

(SIAP, 2023)

En México la explotación láctea ocupa un lugar importante, y su relación con las cadenas de industrialización y comercialización de la leche líquida y sus subproductos es un tema de importancia para el capital nacional (Loera y Band, 2017). El sector agropecuario es un grupo frágil y polarizado, con respecto a la industria láctea (Vázquez y Arellano, 2014), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos documento que el mercado se distribuye de la siguiente forma:

**Cuadro 2.** Principales empresas de la industria láctea en México en el año 2009

<i>Empresa</i>	<i>Porcentaje de mercado</i>
Grupo Industrial Lala	20.5%
Ganaderos Productores de Leche Pura	12.1%
Nestlé	11.5%
Sigma Alimentos	6.1%
Grupo Danone	4.2%
Derivados de la Leche La Esmeralda	3.5%
Yakult Honsha	3.4%
Total	62.2%

Ante esta situación, se dispone un escenario en que la competencia generalizada requiere la implementación de estrategias para mejorar de manera permanente el rendimiento y productividad en el sector lechero (Loera y Band, 2017).

### **Panorama actual de la producción láctea en México**

A lo largo de la historia, se ha observado una diferencia significativa entre la producción nacional y la demanda de leche en México, la deficiencia histórica en la producción nacional de leche para satisfacer la demanda interna es la razón por la cual el país se ha posicionado como uno de los primeros lugares como importador de leche en polvo en el mundo (Loera y Band, 2017). En la costa del Golfo de México es donde se desarrolla principalmente la ganadería de doble propósito, esta aporta un 19.5 % del total de la producción nacional de leche, mientras que las explotaciones intensivas aportan el porcentaje restante (Recinosa *et al.*, 2017).

**Cuadro 3.** Producción nacional de litros de leche, puntualizando la producción de La Comarca Lagunera en el año 2020.

Estado	Programa	Aportación(%) <sup>2/</sup>	Ranking <sup>2/</sup>	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
TOTAL NACIONAL	12,564,000	100.0		982,258	962,354	991,576	1,007,825	1,031,466	1,054,292	1,103,726	1,116,857
REGIÓN LAGUNERA	2,576,885			215,344	201,598	213,712	219,495	218,783	216,856	226,834	223,383
LAGUNA COAHUILA	1,404,227			116,012	110,547	115,950	120,293	116,555	116,484	123,923	120,033
LAGUNA DURANGO	1,172,658			99,332	91,051	97,762	99,202	102,228	100,372	102,911	103,350
COAHUILA (DELEGACIÓN)	32,604			2,583	2,606	2,671	2,647	2,699	2,671	2,726	2,688
DURANGO (DELEGACIÓN)	103,656			8,374	7,338	7,514	7,657	7,704	7,890	10,239	10,917

(SIAP 2023)

La Asociación Holstein de México y el INIFAP son los encargados de realizar las evaluaciones genéticas para los hatos de ganado Holstein registrados ante la asociación con la finalidad de mejorar sus parámetros productivos (Alvarado, 2014). Al realizar un estudio sobre los registros de productividad de las vacas lecheras en los países con mayor producción, en un período comprendido de 2009-2014, Estados Unidos presenta la mayor productividad por cabeza de ganado, seguido por Japón en segundo lugar y en tercer lugar se encuentra Canadá. En el año 2014, México se posiciono como uno de los países que presento menor rentabilidad en el mundo, con apenas 1.8 toneladas de leche/cabeza/año (Loera y Band, 2017).

En México a principios del año 2008 se inició el Programa Nacional de Mejoramiento Genético de Bovinos Productores de Leche, apoyado por (SAGARPA) en acuerdo para su implementación por la Asociación Mexicana de ganado Holstein. El propósito del PNMG es realizar algunos programas de mejoramiento genético para con ello elevar la productividad de los establos, generando bases de datos a nivel nacional con la información productiva, reproductiva y genealógica de los establos lecheros del país (Alvarado, 2014).

### **Importancia de vitaminas y micronutrientes en vacas Holstein**

Los micronutrientes como las vitaminas y los minerales son necesarios en la producción animal, pues intervienen en varias rutas metabólicas, son los encargados de modular la replicación y diferenciación celular, además del ciclo celular, a su vez tienen un papel destacado en mantener intactos el sistema inmunológico y los epitelios por ser tejidos de recambio rápido (Campos-Granados, 2015).

Casimir Funk (1884-1976) descubrió las vitaminas, Funk logró aislar la primera vitamina llamandola vitamina B1, lo logró a partir de aislar del arroz la Tiamina (Chazi, 2006).

Las vitaminas son necesarias en dosis mínimas, intervienen en las reacciones químicas del organismo por lo que se le atribuyen diversas tareas (Campos-Granados, 2015). El término vitamina fue el resultado de unir las palabras "vida" y "amina", el grupo químico del compuesto; son requeridas en cantidades muy pequeñas en comparación con algunos minerales, para un correcto funcionamiento celular del organismo (Chazi, 2006). De acuerdo con la capacidad que tienen de disolverse en agua, se clasifican en hidrosolubles y liposolubles (Campos-Granados, 2015).

Las vitaminas que tienen la capacidad de disolverse en grasas y aceites, es decir liposolubles (vitaminas A, D, E y K) se almacenan en los adipocitos del organismo, por lo tanto su ingesta por encima de sus necesidades pudiera provocar intoxicación (Beita-Carvajal y Elizondo-Salazar, 2021).

Las vitaminas son sustancias con la capacidad de disolverse en agua (hidrosolubles), éstas son absorbidas en el intestino y después son llevadas a los tejidos a través del sistema circulatorio, su excreción es en primer lugar por la orina. Dentro de las vitaminas hidrosolubles se describen la tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina ácido fólico y cobalamina pertenecientes a las vitaminas B y el ácido ascórbico (Mollinedo y Carrillo, 2014). La vitamina es un quelato que contiene cobalto y cobalamina; puede estar unida a aniones diferentes del grupo ciano, como hidroxilo, nitrito, cloruro, bromuro, tiocianato, por lo que su nombre será didroxicobalamina, nitritocobalamina, etc. (Shimada, 2009).

Las vitaminas B y C son excretadas a través de la orina cuando se ingieren en altas cantidades, esto es por su capacidad de disolverse en agua (Beita-Carvajal y Elizondo-Salazar, 2021). La excreción urinaria refleja la ingesta diaria de vitamina B2 pues existe un porcentaje de almacenamiento muy bajo de esta vitamina en el organismo. El ácido fólico se elimina principalmente a través de la orina y en la bilis, esto por la capacidad de hidrosolubilidad. La vitamina B12 se excreta mayormente en la bilis y en una pequeña cantidad en las heces, y por la orina la cobalamina que no está unida a proteínas es la única que se elimina (Shimada, 2009).

Debido a que el organismo no puede fabricar sus propias vitaminas por sí mismo, la parte nutritiva de los alimentos no se aprovecharía debido a que favorecen su oxidación, las reacciones del metabolismo y facilitan la utilización y liberación de energía (Chazi, 2006). Las vitaminas del complejo B solo son sintetizadas por bacterias; los animales y vegetales no son capaces de producirlo, sin embargo, los hongos pueden absorber adecuadamente las vitaminas que producen los microbios ruminales (Shimada, 2009).

En este sentido, las vitaminas A, E, C y del complejo B, tienen un papel destacado en el desarrollo y respuesta del sistema inmunitario, pues pueden disminuir los actos dañinos de las PG, y para aumentar la respuesta inmune humoral, además de proteger a las células de la oxidación (Campos-Granados, 2016).

Es necesario la presencia de vitaminas liposolubles e hidrosolubles en el cuerpo, para que haya un correcto funcionamiento del sistema nervioso e inmune para que se lleven a cabo correctamente las funciones del cuerpo, ya que se ven afectados ambos sistemas (Campos-Granados, 2015).

Los neutrófilos aislados a partir de becerras deficientes de cobalamina reducen la capacidad de aniquilar hongos (Waldron, 2013). En vacas lecheras, la deficiencia de cobalamina (provocada por la baja disponibilidad de cobalto) perjudica la función de los neutrófilos y la resistencia a la infestación parasitaria (Campos-Granados, 2015).

Vitamina B12 (Cianocobalamina) se conoció originalmente como factor de proteína animal, pues solo los alimentos de origen pecuario parecían prevenir o curar ciertos síntomas de anemia (Shimada, 2009).

Es un cofactor para la metilmalonil CoA isomerasa y la homocisteína transmetilasa; así mismo, se le asocia con la conversión de propionil CoA en ácido succínico en el hígado de los rumiantes (Shimada, 2009).

El ácido pantoténico, tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina, biotina, cobalamina, ácido fólico y el ácido ascórbico, se pertenecen al grupo de vitaminas hidrosolubles del complejo B. En los bovidos, la biotina se ha utilizado

principalmente en el tratamiento exitoso de las vacas con problemas motrices. Esto debido a que la falta de biotina en vacas genera mala calidad en la córnea del casco, se vuelve blando y sin espacio entre las células queratinizantes y córneas (Campos-Granados, 2015).

### Parámetros productivos de vacas Holstein

La curva de lactación en bovinos representa la producción láctea durante toda la etapa productiva, la que normalmente se estandariza a 305 días (Duchacek *et al.*, 2012). La constitución química láctea no es regular a través de la lactancia, existen diversos factores que la pueden alterar (Agudelo y Bedoya, 2005).

La longevidad en vacas lecheras puede ser medida como el periodo desde el inicio productivo hasta el tiempo de desecho, esto también es conocido como productividad. Cuando existen pocas lactaciones por vida es indicativo de que a la edad que se desechan las vacas pudieran aun no mostrar potencial productivo (Rojosa *et al.*, 2017).

**Cuadro 4.** Producción de leche y días al pico de la lactancia según el número de partos.

Pico de la lactancia	Wood	Wilmink	
	1° parto	2° parto	≥3° partos
Días en lactación	83	57	57
Producción (kg)	31.16	42.00	44.39

### Importancia de la leche en la alimentación humana

El nombre de leche se refiere a la sustancia secretada de la glándula mamaria de animales sanos, esta se obtiene de uno o varios ordeños considerando que sean higiénicos, que se realice completa la extracción y de manera ininterrumpidos (Agudelo y Bedoya., 2005). La leche de vaca es una mezcla compleja de componentes en emulsión o suspensión, contiene el 87% agua, 3,5%- 3,7% de grasa, 4,9% de lactosa, 3,5% proteínas y 0,7% de minerales (Páez, 2002). Además, contiene vitaminas y sólidos totales que difieren que se encuentran en diferente proporción de acuerdo con la dieta, la raza, el ambiente

de crianza y el estatus de sanidad de la vaca entre algunos mas (Agudelo y Bedoya, 2005). En la nutrición humana, los ácidos grasos, las caseínas, y las proteínas del suero de la leche, entre otros, poseen un papel relevante. En este sentido, el consumidor puede elegir entre un componente y otro, esto influye de manera directa sobre el mercado de productos lácteos (García, 2014).

Al analizar la composición de la leche, resulta ser un alimento equilibrado y completo, muy energético debido al alto contenido de nutrimentos, es un producto muy demandado por su elevado valor nutritivo reflejado en los elementos que lo componen, por lo anterior debe considerarse como elemental en la alimentación de niños, en personas de la tercera edad, en personas con afectaciones en la salud y en todos los sectores de la población (Agudelo y Bedoya, 2005; Fernández *et al.*, 2015)., la leche es considerada un alimento primordial en la dieta de infantes, ancianos.

Algo que ha permitido el acceso general al consumo de leche a la mayoría de la población es el procesamiento industrial de la misma, aumentando considerablemente la salud de las personas (Fernández *et al.*, 2015). El mercado depende completamente del consumidor, en este contexto se exige a los profesionistas implicados en la producción lechera, una mejor comprensión del abastecimiento de los nutrimentos que llegan a la glándula mamaria, con la finalidad de obtener herramientas que le permitan cambiar la composición de la leche en base a las exigencias de la industria láctea (García, 2014). De igual manera se ha comprobado que las características del pienso y la cantidad se relacionan directamente con el nivel de producción y calidad del producto lácteo (Páez, 2002).

Científicos y técnicos consideran que la modificación de las dietas, el efecto de la raza, la manipulación del ambiente ruminal, y la variabilidad genética, tienen influencia en el contenido y la composición química de las proteínas y los lípidos de la leche de vaca (García, 2014).

Por otra parte, al analizar la leche desde un punto de vista nutricional es un alimento muy completo y cargado de nutrientes. La caseína es la proteína que

más abunda en la leche, contiene los aminoácidos esenciales y como aporte de Ca, P y riboflavina, favorece considerablemente a las necesidades de vitamina A y B1 (Agudelo y Bedoya, 2005). Los minerales representan cerca del 1% de los componentes de la leche, que se encuentran como sales inorgánicas y orgánicas. De esta manera la leche es una alta fuente de vitaminas y minerales que son necesarias para satisfacer los requerimientos en el crecimiento y desarrollo, también para mantener una correcta homeostasis del medio interno (Fernández *et al.*, 2015).

Por otro lado, la lactosa y los lípidos contribuyen a un elevado aporte energético, el agua representa un alto porcentaje del contenido de la leche (82 - 82.5 % del total, los sólidos totales logran alcanzar la cifra de 12 % - 13 % y los sólidos no grasos la mayoría de las veces están muy cercanos al 9 % (Agudelo y Bedoya, 2005). El producto lácteo de las vacas posee cantidades relevantes de ciertas vitaminas del complejo B y liposolubles. Un alto nivel de las exigencias de vitaminas B12, vitamina B1, vitamina B2, vitamina A, piridoxina y niacina se satisfacen con la ingesta de leche recomendada de acuerdo a la edad (Fernández *et al.*, 2015).

**Cuadro 5.** Composición general de la leche en diferentes especies (por cada 100 g).

<b>Nutriente (gr.)</b>	<b>Vaca</b>	<b>Búfala</b>	<b>Mujer</b>
Agua	88	84	87.5
Energía (Kcal).	61	97	7.0
Proteína	3.2	3.7	1.0
Grasa	3.4	6.9	4.4
Lactosa	4.7	5.2	6.9
Minerales	0.72	0.79	0.20

(Agudelo y Bedoya, 2005).

**Cuadro 6.** Aportación de nutrientes de la leche (%) de acuerdo a la edad.

<i>Nutrientes</i>	<i>De 18 meses a 4 años</i>	<i>De 4 a 18 años</i>
Calcio	46,9	28,3
Cinc	25	13
Fósforo	32,7	16,4
Magnesio	22,2	10,3
Potasio	25,6	13
Proteínas	24	11
Riboflavina (B2)	37,7	24,8
Vitamina A	30,5	10,9
Vitamina B12	39,7	36,6
Vitamina B6	22,5	9,4
Yodo	39,6	33,7

(Fernández *et al.*, 2015).

**Factores que influyen en la producción y composición de la leche**

Son muchos los autores que han realizado estudios sobre como diferentes factores provocan cambios en la composición de la leche, analizaron el impacto que ejerce la raza y las condiciones ambientales sobre la composición química y reológica de la leche, teniendo como resultado que el componente genético tiene un alto impacto sobre la calidad casearia de la leche por encima del factor ambiental (Páez, 2002).

Para poder realizar evaluaciones genéticas, se deben controlar previamente los factores ambientales y así poder comparar individuos que se encuentran sometidos a diversas condiciones ambientales de manera confiable, pues estos influyen directamente en la producción de leche para (Guerra, 2019).

En ausencia de algún cambio en la temperatura ambiental o presencia de hipertermia, la temperatura corporal del ganado lechero va desde los 38 - 38.5 grados centígrados. Diversos estudios revelan que a una temperatura ambiente crítica máxima de 24-27 grados centígrados el ganado Holstein puede mantener constante su temperatura corporal (Fernández *et al.*, 2015). Las vacas que producen entre 18 y 31 litros de leche por día generan cerca de 28 - 48 % más calor metabólico en comparación de una vaca seca (Correa-Calderón *et al.*, 2022).

Uno de los principales responsables en la baja de la producción de leche de los animales Holstein, es un notable efecto ambiental, destacando el efecto de la

temperatura (Guerra, 2019). El estrés calórico repercute de manera negativa en la ganadería lechera, pues impacta en grandes pérdidas económicas en todo el mundo, debido a que disminuye la producción de leche, la vida productiva de las vacas y la eficiencia reproductiva. Sumado a lo anterior, el mejoramiento genético progresivo da como resultado vacas altas productoras, pero menos resistentes al estrés calórico debido a que producen mayor calor metabólico (Correa-Calderon *et al.*, 2022).

Es primordial que se realicen estudios que incluyan otros efectos medioambientales que resultan interesantes en la producción lechera como el ITH, así como analizando otros cruzamientos y razas que son empleados para la producción de leche y así determinar de mejor manera las características del sector lechero (Guerra, 2019).

Los ajustes fisiológicos de los animales frente a las variaciones climáticas incluyen el incremento de la frecuencia respiratoria, la frecuencia cardíaca y la temperatura interna, que repercuten directamente en la ingesta de alimento, y por consiguiente, la producción de leche. Este proceso fisiológico está ligado a la síntesis y liberación de la hormona liberadora de corticotropina que actúa directamente sobre las estructuras nerviosas que controlan la ingesta de alimento, al ejercer un efecto inhibitorio de la misma (Guerra, 2019).

La cobalamina es una vitamina primordial que desempeña un rol muy importante en la división celular y el metabolismo, el intestino delgado es el encargado de su absorción, donde el complejo vitamina B12- factor intrínseco se une a un receptor llamado cubilina (Zulficar, 2019).

En cuanto a deficiencias vitamínicas, las manifestaciones de la deficiencia de vitamina B12 pueden llegar a ser muy tenues además de no ser detectadas, esencialmente se agrupan en presentación de anemia, modificaciones digestivas y neurológicas. Algunos individuos con deficiencia de cobalamina tienden a presentar un síndrome anémico con macrocitos (Suárez, 2003).

Los elevados niveles de vitamina B12, son de igual manera reconocidos como hipervitaminosis, algunos de los hallazgos relacionados con estas afecciones son las neoplasias sólidas, y las enfermedades sanguíneas que se pueden presentar por un largo o corto periodo de tiempo. Otros motivos incluyen daño hepático, la gammapatía monoclonal de significación indeterminada, el daño a los riñones y, con menor frecuencia, una alta ingesta de vitamina B12, enfermedades inflamatorias o autoinmunes (Zulficar, 2019).

Entre las principales limitantes en los sistemas de producción ganadera se encuentran los bajos índices productivos, es el intervalo entre partos uno de los parámetros que tienen un mayor impacto en la y producción de las hembras bovinas pues al no haber partos no hay producción de leche (Velázquez, 2021).

Un alargado periodo entre intervalos de parto es causado por la interacción de diversos factores, entre ellos: la edad al primer parto, grupo racial, nutrición, peso al servicio, año y época de parto (factores ambientales) y condiciones sanitarias, entre otras (Velázquez, 2021).

### **Características de las vitaminas del complejo B**

Algunos compuestos orgánicos entre ellos las vitaminas son compuestos orgánicos que no pueden ser sintetizados por el organismo, indispensables en dosis reducidas y necesarias para que se mantenga un metabolismo adecuado. La principal función de las vitaminas hidrosolubles es actuar como cofactores enzimáticos (Godínez-Rubí, 2012).

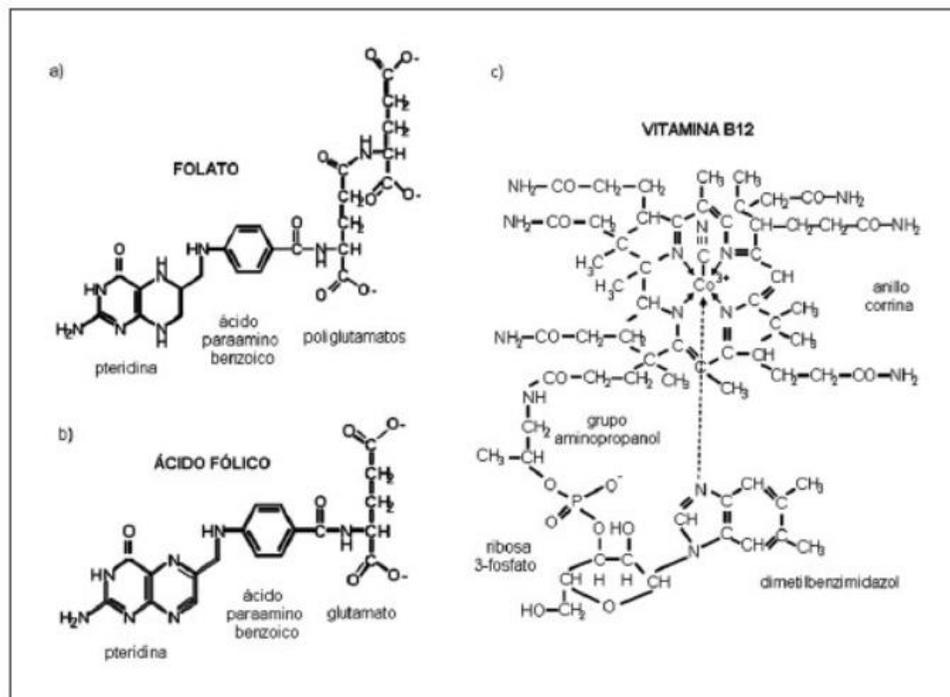
El complejo B estimula el sistema inmunológico, la biosíntesis de proteína y metionina, mejorando las funciones del hígado y la digestión ayudando en la regeneración de tejidos, la absorción y asimilación de nutrientes (Velázquez del Valle y Landín, 2021).

La vitamina B incluye a los folatos y la vitamina C, la estructura química de los folatos es una molécula de ácido paraaminobenzoico adherida a pteridina y a

desechos de glutamato, unidos por enlaces y-peptídicos (Brito, 2012). La vitamina B12 forma parte de un grupo de estructuras semejantes al sistema porfirina, que solo modifica el tipo de metal que se une, a todas estas estructuras se les conoce como tetrapirroles (Rocha, 2000).

Los folatos poseen diversas formas químicas, diferenciándose de acuerdo con el número de desechos de glutamato disponible. El ácido fólico es la forma monoglutámica completamente oxidada de la vitamina, es sintética y se utiliza para fortalecer alimentos y como suplemento vitamínico, la vitamina B12 se encuentra presente en la naturaleza como cobalaminas (Brito, 2012).

**Ilustración 1.** Estructura de las vitaminas del complejo B.



(Brito 2012).

### Suplementación con vitaminas del complejo B en vacas lecheras

Las necesidades de vitaminas del complejo B en animales que llevan a cabo el proceso de rumia son satisfechas por su habilidad de sintetizarlas a nivel ruminal,

pero algunos factores como el mejoramiento genético, los avances en nutrición animal y los elevados índices de producción en la actualidad, puede hacer que los animales no estén satisfaciendo sus necesidades y sea necesario suplementar en las dietas de las vacas lecheras (Beita-Carvajal y Elizondo Salazar, 2021). El periodo de mayor exigencia de nutrientes para las vacas lecheras son los primeros noventa días después de parir, pues son de vital importancia, ya que principalmente en estos días hay una alta demanda de energía para cubrir las necesidades de mantenimiento y las funciones de producción (Norato y Araúz, 2020).

El incremento en la producción de leche ha ido de la mano con una reducción de la fertilidad, un incremento en patologías podales y metabólicas, y un decrecimiento en la longevidad del animal (Oltenucu, 2021). Si tomamos en cuenta que las vitaminas participan activamente en el metabolismo, tienen distintas funciones y repercuten en la salud y productividad, su uso sería de gran ayuda para combatir estas enfermedades (Sacadura *et al.*, 2008).

Las vitaminas son un grupo de compuestos orgánicos presentes en cantidades mínimas en los alimentos, son indispensables para el adecuado funcionamiento del metabolismo y su déficit en la dieta genera una deficiencia (McDowell, 2000), estas vitaminas se obtienen diariamente de la dieta y no se almacenan en el cuerpo. Las vitaminas tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, piridoxina, biotina, ácido fólico y cianocobalamina están relacionadas con el metabolismo celular (Beita-Carvajal y Elizondo Salazar, 2021).

El suministrar un complejo de vitaminas B protegido a dosis diarias de 9.6 miligramos de vitamina B7, 3.0 miligramos de vitamina B9, 30 miligramos de vitamina B5, 75 miligramos de vitamina B6 y 9 miligramos de vitamina B12 no genera alguna respuesta medible en los parámetros productivos o sanguíneos de los animales suplementados con respecto al grupo control (Richmonds, 2004).

## **Funciones del complejo B en el organismo de los bovinos**

El complejo B interviene en el buen funcionamiento del sistema inmune y participa en la síntesis de neurotransmisores (Torres *et al.*, 2013). La vitamina B12 no es sintetizada por los animales, por lo que dependen de la producción microbiana de su propia flora intestinal o de su presencia en la dieta (Rocha, 2000).

La forma activa de la Tiamina (vitamina B1), participa activamente en reacciones de descarboxilación oxidativa, participa en el metabolismo de carbohidratos, en el ciclo de Krebs, en la vía de las pentosas fosfato y en el metabolismo de la isoleucina, leucina y valina (Godínez-Rubí, 2012).

Existen algunos eventos como el parto que provocan pérdida de sangre en los bovinos, afectando el perfil sanguíneo; ocasionando una mayor respuesta y presión sobre el tejido mieloide y los demás órganos hematopoyéticos (Norato y Araúz, 2020). Para recompensar la pérdida de sangre, las vitaminas del complejo B estimulan la maduración de los eritrocitos durante la eritropoyesis, intervienen en el metabolismo de las coenzimas de ácido fólico. La vitamina B9 y la vitamina B12 son indispensables para la formación de fosfato de Timidina (componente esencial del ADN). Participa en el mantenimiento de la vaina mielina en el sistema nervioso (Torres *et al.*, 2013).

En años recientes se ha considerado que las vitaminas tienen tareas muy bien especificadas en la regulación de la expresión génica, a las vitaminas del complejo B, el estudio sobre la influencia en la expresión de los genes se centra en dos ámbitos: la regulación de los niveles séricos de la homocisteína y la inducción de la neuropatía asociada a la falta de tiamina (Godínez-Rubí, 2012).

Como sucede en los demás sistemas del cuerpo, el sistema inmunitario tiene necesidades nutricionales para su correcto funcionamiento, entre ellos se encuentran los requerimientos de energía, de proteína, carbohidratos, grasa vitaminas y minerales (Campos-Granados, 2015). Por ello es relevante tener definido cuáles son estas necesidades, para obtener una mejor respuesta inmune

por parte de los animales y así poder reducir los costos relacionados a tratar las enfermedades de los animales y su muerte (Waldron, 2013).

Las vitaminas del complejo B poseen alta solubilidad en agua, por ello son nombradas hidrosolubles y la mayoría de éstas son co-enzimas que tienen un funcionamiento activo en el organismo, actuando como catalizadores de las reacciones fisiológicas al aumentar la velocidad de estas (Campos-Granados, 2015). La vitamina B1, también es soluble en agua y está fuertemente relacionada al metabolismo energético, de la misma forma que la cobalamina, pero ambas actúan de forma distinta y son indispensables en la obtención de energía química. La tiamina, modula el paso del ácido pirúvico resultante del glicólisis hacia la acetil-Co A, la cual, entra al ciclo de Krebs para producir energía (Norato y Araúz, 2020).

La Riboflavina (vitamina B2) se encuentra como parte de dos coenzimas que son transportadoras de electrones en reacciones redox del metabolismo. Intervienen, además, en las rutas metabólicas de la oxidación de ácidos grasos, aminoácidos y en diversas reacciones del ciclo del ácido cítrico (Godínez-Rubí *et al.*, 2012).

Si las vitaminas del complejo B no se encuentran en el cuerpo, estos procesos no serán llevados a cabo y esto puede generar graves consecuencias para el organismo, debido a que se afectan, tanto el sistema inmune y nervioso, por consecuencia, los componentes que permiten el adecuado funcionamiento de los sistemas. Se integran en este grupo a las vitaminas del complejo B (vitamina B1, vitamina B2, niacina, ácido pantoténico, vitamina B6, biotina, ácido fólico, vitamina B12) y el ácido ascórbico (Campos-Granados, 2015).

Cianocobalamina (vitamina B12) es un compuesto de tipo corrinóide, para que se pueda absorber, se necesita la unión del factor intrínseco que se produce en el estómago (Godínez-Rubí *et al.*, 2012).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Ubicación y condiciones climáticas del área de estudio**

Esta investigación se realizó durante los meses de febrero a noviembre en un establo lechero con 1400 vacas en producción, situado en La Comarca Lagunera, en el municipio de Gómez Palacio, Durango (25°44'36" LN y 103°10'15" LO), a una altura de 1111 msnm con condiciones climáticas de las zonas áridas, temperaturas cálidas extremas que oscilan de los 45 °C a los 2 °C y una precipitación de 240 mm en promedio por año, con vientos de 5-30 km/h y una evaporación es de 2500 mm anual.

#### **Manejo de los animales y tratamiento**

Se trataron 181 vacas de raza Holstein de un establo lechero, con un promedio de 3 lactancias y un nivel de producción de 34.2±2.3 litros de leche. Se alimentaron con una dieta balanceada para cubrir sus exigencias nutricionales, dos veces al día y tuvieron agua a libre acceso.

Todas las vacas fueron suplementadas con 100 g de vitaminas del complejo B protegida (ácido fólico, riboflavina, colina), durante el periodo de transición, la cual consistió en 20 días en reto y 30 días después del parto. A continuación las vacas fueron separadas en dos grupos, tomando en cuenta los días en leche y el número de partos, el primer grupo de vacas (TEST, n=90) no continuó con la suplementación del complejo B, mientras que al segundo grupo (COMP-B; n=91) se le suplemento por vía oral 3 gramos diarios por vaca de una mezcla de vitaminas del complejo B protegidas (cobertura de una matriz de triglicéridos de origen vegetal resistente a la masticación y para prevenir la degradación ruminal), la cual contenía vitamina B9, riboflavina y colina.

## Desempeño productivo y de la composición fisicoquímica de la leche

El muestreo de la producción y de la composición fisicoquímica de leche (proteína, grasa, SNG y lactosa) se realizó a partir de los 28 días en leche, los datos para determinar las variables evaluadas fueron tomados del software AfiFarm.

### Análisis estadísticos

Los datos obtenidos de la producción, así como las variables fisicoquímicas de la leche (porcentaje de grasa, proteína, SNG y lactosa), se analizaron por medio del PROC GLM y *T de Student* del paquete estadístico SAS (Versión 9.0). Las diferencias significativas se consideraron con un valor de  $p < 0.05$ .

## IV. RESULTADOS

La producción de leche en el grupo suplementado fue en promedio  $35.9 \pm 2.04$  litros por día, mientras que el grupo testigo produjo  $36.0 \pm 1.25$  litros, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre grupos (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Promedio ( $\pm$  eem) de producción de leche (litros) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (COMP-B) o sin suplementar (TEST).

Días en leche	COMP- B	TEST	Valor-p
28-65	38.39 $\pm$ 1.50	38.70 $\pm$ 1.38	0.8794
66-103	37.91 $\pm$ 1.15	35.45 $\pm$ 1.14	0.1302
104-141	35.51 $\pm$ 1.27	34.19 $\pm$ 1.31	0.4793
142-179	35.42 $\pm$ 1.23	35.68 $\pm$ 0.99	0.8734
180-217	37.13 $\pm$ 4.76	35.75 $\pm$ 1.14	0.8760
218-255	31.05 $\pm$ 2.37	36.43 $\pm$ 1.58	0.0828

Con respecto a los porcentajes de proteína fueron superiores en el primer (6.09±0.34 y 4.62±0.24) y segundo muestreo (2.97±0.02 y 2.95±0.03), en el grupo suplementado en comparación con el grupo testigo ( $p < 0.05$ , Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Promedio ( $\pm$  eem) de proteína (%) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (COMP- B) o sin suplementar (TEST).

Días en leche	COMP- B	TEST	Valor-p
28-65	6.09±0.34	2.97±0.02	<0.0001
66-103	4.62±0.24	2.95±0.03	<0.0001
104-141	3.04±0.02	3.77±0.24	0.0027
142-179	3.19±0.04	5.54±0.04	<0.0001
180-217	3.27±0.04	6.10±0.49	<0.0001
218-255	3.24±0.05	3.23±0.04	0.8509

En cuanto al porcentaje de lactosa no hubo diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre el grupo suplementado (5.1±0.043%) y el grupo testigo (5.0±0.034%) (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Promedio ( $\pm$  eem) de la cantidad de lactosa (%) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (Comp. B) o sin suplementar (TEST)

Días en leche	COMP- B	TEST	Valor-p
28-65	4.96±0.03	4.86±0.03	0.0452
66-103	4.99±0.04	4.86±0.04	0.0146
104-141	5.00±0.04	5.00±0.05	0.9864
142-179	5.15±0.04	5.07±0.009	0.4191
180-217	5.24±0.04	5.23±0.03	0.8978
218-255	5.30±0.07	5.28±0.05	0.8246

El porcentaje de grasa (Cuadro 10) en el segundo en el grupo COMP-B fue superior en comparación con el grupo TEST (3.5±0.10 vs 3.7±0.13  $p < 0.05$ ), de la

misma manera en el cuarto muestreo el porcentaje de grasa fue mayor en el grupo suplementado que en el grupo TEST ( $4.18\pm 0.16$  y  $3.58\pm 0.16$ ).

**Cuadro 10.** Promedio ( $\pm$ em) de la cantidad de grasa (%) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (COMP- B) o sin suplementar (TEST).

Días en leche	COMP- B	TEST	Valor-p
28-65	$3.62\pm 0.12$	$3.42\pm 0.12$	0.2940
66-103	$3.50\pm 0.10$	$3.08\pm 0.10$	0.0056
104-141	$3.32\pm 0.12$	$3.16\pm 0.12$	0.3477
142-179	$4.18\pm 0.16$	$3.58\pm 0.16$	0.0250
180-217	$4.17\pm 0.15$	$3.80\pm 0.15$	0.1480
218-255	$3.91\pm 0.17$	$3.87\pm 0.17$	0.8888

Los SNG mostraron diferencias ( $p>0.05$ ) entre el grupo COMP- B ( $8.2\pm 0.34\%$ ) y el grupo TEST ( $8.07\pm 0.43\%$ ) (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Promedio ( $\pm$ em) de los SNG (%) durante el periodo de lactancia (días en leche) de vacas Holstein suplementadas con vitaminas del complejo B (COMP- B) o sin suplementar (TEST).

Días en leche	Comp. B	TEST	Valor-p
28-65	$5.46\pm 0.33$	$8.41\pm 0.06^a$	<0.0001
66-103	$7.04\pm 0.26^b$	$8.43\pm 0.06^a$	<0.0001
104-141	$9.71\pm 1.09^a$	$7.87\pm 0.23^a$	0.0993
142-179	$8.97\pm 0.07^a$	$6.87\pm 0.67^b$	0.0043
180-217	$9.12\pm 0.07^a$	$7.68\pm 1.51^a$	0.3575
218-255	$9.02\pm 0.22^a$	$9.20\pm 0.10^a$	0.4777

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación fue similar ( $p \geq 0,05$ ) la producción de leche del grupo suplementado ( $35.9 \pm 2.04$  litros) y del grupo testigo ( $36.0 \pm 1.25$  litros), de manera similar otros autores tampoco encontraron aumentó de la producción de leche al suplementar vacas con vitaminas del complejo B (Ferreira *et al.*, 2007; Duplessis, 2017; Beita-Carvajal y Elizondo-Salazar, 2021). Por el contrario, Graulet *et al.* (2007) y Preynat *et al.* (2009), al comienzo de la lactancia registraron un aumento en la producción de leche en vacas lecheras multíparas que recibieron suplementación de ácido fólico (vitamina del complejo B).

En el presente estudio los porcentajes de proteína en el primer y segundo muestreo fueron superiores en el grupo suplementado ( $6.09 \pm 0.34$  y  $4.62 \pm 0.24$ ) en comparación con el grupo testigo ( $2.97 \pm 0.02$  y  $2.95 \pm 0.03$ )  $p \geq 0,05$ , resultados similares a los de Girard y Matte (1996) y Graulet *et al.* (2007), que observaron un aumento en la concentración de proteína de la leche para las vacas que recibieron un suplemento de vitamina B9.

Sin embargo, Duplessis (2017), reportó que la concentración y el rendimiento de proteína de la leche se mantuvieron sin cambios con el suplemento de ácido fólico y Juchem *et al.* (2012), tampoco hallaron diferencias en el porcentaje de proteína láctea al administrar un complejo de vitaminas B protegidas con una estructura similar a la utilizada en el presente experimento.

El porcentaje de grasa fue superior en el segundo y cuarto muestreo del grupo suplementado ( $3.5 \pm 0.10$  y  $4.18 \pm 0.16$ ) respecto al grupo control ( $3.08 \pm 0.010$  y  $3.58 \pm 0.16$ ), dejando un promedio por lactancia de  $3.7 \pm 0.136$  y  $3.4 \pm 0.136$  para el grupo suplementado y grupo testigo respectivamente, siendo inferior en este último. La concentración y el rendimiento de grasa de la leche si se vieron afectados por el suplemento de ácido fólico, difiriendo de estudios anteriores (Girard *et al.* 2005; Graulet *et al.*, 2007; Preynat *et al.*, 2009). Sin embargo, Girard

y Matte, (2005), informaron que un suplemento combinado de ácido fólico y vitamina B12 aumentó la producción de grasa láctea.

Sacadura *et al.* (2008), obtuvo resultados diferentes a los de esta investigación, donde el suplementar vacas lecheras con una mezcla de vitaminas B recubiertas a vacas en lactación media, no observó respuesta alguna en el nivel de grasa en la leche e inclusive resulto inferior al del grupo control (3.6 vs 3.7 %). Un segundo experimento de Saccadura *et al.* (2008), obtuvo resultados semejantes a los nuestros donde al administrar 3 gramos de vitaminas B recubiertas aumentó el porcentaje de grasa láctea en vacas en lactación temprana.

Por otro lado, Beita-Carvajal y Elizondo-Salazar (2021), concluyeron que no se observó alguna superioridad con respecto a las variables productivas estudiadas al suplementar vacas con un complejo de vitaminas B de sobrepaso, a diferencia de esta investigación donde concluimos que suplementar vacas Holstein con vitaminas del complejo B recubiertas si mostró ventaja en algunas de las variables productivas evaluadas.

Lo anterior puede ser debido a que la fracción lipídica y proteica son más propensas a presentar cambios, principalmente en su composición química (Bauman et al., 2006). Esto depende totalmente de la absorción de los nutrientes en la dieta, las vitaminas del complejo B actúan como catalizadores en las reacciones bioquímicas de la digestión de los alimentos, favoreciendo un mayor aprovechamiento de los nutrientes disponibles; así mismo, se le asocia con la conversión de propionil CoA en ácido succínico en el hígado de los rumiantes suministrando mayor energía para favorecer estas reacciones (Shimada, 2009).

## **VI. CONCLUSIÓN**

El suplementar vitaminas del complejo B recubiertas durante el periodo de lactancia en vacas Holstein, mostró una mejora significativa en dos de las variables más importantes de la composición fisicoquímica de la leche aumentando el porcentaje de proteína y grasa, sin embargo, no hubo mejora en los parámetros productivos.

## VII. LITERATURA CITADA

Agudelo G. D. A.; Bedoya M. O. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno Revista Lasallista de Investigación, vol. 2(1), pp 38-42, Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia.

Alvarado T. H. O.; López R. F. de J.; Vásquez P. C. G.; Villalobos Ba. J. M.; Elzoc M. A. 2014. Parámetros genéticos para producción de leche de ganado Holstein en dos modalidades de control de producción. Rev Mex Cienc Pecu, vol. 5(4):443-457.

Bauman D.E.; Mather I.H.; Wall R.J.; Lock A.L. 2006. Major advances associated with the biosynthesis of milk. J Dairy Sci, Vol.,89: pp 1235- 1243.

Beita-Carvajal K. G.; Elizondo-Salazar J. A. 2021. Suplementación de vacas lecheras en producción con un complejo de vitaminas B recubierto. Costa Rica. Agron. Mesoam, vol. 32(1):236-248, ISSN 2215-3608

Brito A.; Hertrampf E.; Olivares M.; Gaitán D.; Sánchez H.; Allen H. L.; Uauy R. 2012. Folatos y vitamina B<sub>12</sub> en la salud humana. Rev. méd. Chile, vol. 140(11).

Campos-Granados C. M. 2015. El impacto de los micronutrientes en la inmunidad de los animales. Nutrición Animal Tropical, vol. 9(1): 1-23. ISSN: 2215-3527/ 2015

Chazi C. 2006. Las vitaminas la granja. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 4, pp. 51-54 Universidad Politécnica Salesiana Cuenca, Ecuador

Correa-Calderón Abelard; Avendaño-Reyes Leonel; López-Baca M. Ángele; Macías-Cruz Ulises. 2022. Estrés por calor en ganado lechero con énfasis en la producción de leche y los hábitos de consumo de alimento y agua. Revisión. Rev Mex Cienc Pecu, vol. 13(2), Pp 488-509.

Duchacek J; Vacek M; Stadnik L; Beran J; Vodková Z; Rohlíková V; Nejdlová M. 2012. Relationship between energy status and fertility in Czech Fleckvieh cows. Acta U Agr Fac Silvi 60: 67-74. doi: 10.11118/actaun201260060067

Duplessis M.; † Lapierre H.; Pellerin D.; † Laforest J.-P.; † Girard C.L. 2017. Effects of intramuscular injections of folic acid, vitamin B12, or both, on lactational performance and energy status of multiparous dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 100 (5), pp 4051-4064.

Fernández F. E.; Martínez H. J. A.; Martínez S. V.; Moreno V. J. M.; Collado Y. L. R.; Hernández C. M.; Morán R. F. J. 2015. Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutr Hosp*, vol. 31(1):92-101 ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ

Ferreira G.; Weiss W. P.; Willet L. B. 2007. Changes in measures of biotin status do not reflect milk yield responses when dairy cows are fed supplemental biotin. *Journal of Dairy Science*, Vol. 90(3), pp 1452–1459.

García C.A.C; Montiel R.L.A; Borderos T.F. 2014. Grasa y proteína de la leche de vaca: componentes, síntesis y modificación. *Archivos de Zootecnia*, vol. 63, P 85.

Girard C. L.; Matte J. J. 1996. Effects of dietary supplements of folic acid on lactational performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Vol. 79 (1), pp 199.

Godínez-Rubí M.; Valle-Anaya M. G; Anaya-Prado R. 2012. Vitaminas hidrosolubles y su efecto sobre la expresión génica. *Rev Latinoam Cir*, vol. 2(1), pp 40-48.

Graulet B.; Matte J. J.; Desrochers A.; Doepel L.; Palin M.-F.; Girard C.L. 2007. Effects of dietary supplements of folic acid and vitamin B12 on metabolism of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci*, Vol. 90, pp 3442–3455.

Grudsky P; Arias B; Luis J. 1983. Aspectos generales de la microbiología del rumen. *Monografías de Medicina Veterinaria*, vol. 5, pp 1-13.

Guerra M. R.; Menéndez B. A.; Hernández R. A. 2019. Influencia de factores ambientales en la producción de leche de dos rebaños Holstein en la cuenca lechera de Chiriquí. *Revista Investigaciones Agropecuarias Universidad de Panamá*, vol. 2(1). Panamá ISSN-e: 2644-3856

Juchem S. O.; Robinson P.; Evans E. 2012. A fat based rumen protection technology post-ruminally delivers a B vitamin complex to impact performance of multiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 174(1–2), pp 68–78.

Loera J.; Banda J. 2017. Industria lechera en México: parámetros de la producción de leche y abasto del mercado interno. *Rev. Investig. Altoandín*, vol. 19 (4), pp 419 – 426.

López-Ordaz R.; Castillo-Juárez H.; Montaldo H. H. 2009. Genetic and phenotypic covariances for day open and lactation curve characteristic. *Vet. Méx*, vol. 40(4), pp 343-356.

Márquez R. F. J. 2000. Producción de vitamina B12 por *Methanosarcina* sp. utilizando metanol y acetato como fuente de carbono. *Revista de la Sociedad Química de México*, vol. 44(3), pp 209-214.

McDowell, L. R. (2000). *Vitamins in animal and human nutrition*. Iowa State University Press and Wiley-Blackwell.

Mollinedo P. M. A.; Carrillo L. K. 2014. Absorción, excreción y metabolismo de las vitaminas hidrosolubles. *Revista de Actualización Clínica*, vol. 41, Pp 2146-2150.

Montañez V. O. D; García F. E. O.; Peralta O. J. J. G.; García M. J. E.; Rojo R. R.; Avellaneda-Cevallos J. H. 2006. Efecto de la adición de vitaminas B en la digestibilidad In Vitro de dietas con diferente fuente de carbohidratos *Revista Científica*, vol. 16(5), pp. 531-537. Universidad del Zulia Maracaibo, Venezuela

Norato J. I; Araúz E. E. 2020. Influencia de la bioestimulación hematopoyética mineral (Fe, Cu y Co) y vitamínica (b1, b12) sobre el perfil sanguíneo postparto en vacas Holstein en lactación. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, vol. 3 (1), pp. 30-50. Panamá.

*Oltenacu & Agronomía Mesoamericana*. 2021, vol. 32(1) ISSN: 2215-3608

Páez L.; López N.; Salas K.; Spaldillero A.; Verde O. 2002. Características fisicoquímicas de la leche cruda en las zonas de Aroa y Yaracal. Venezuela Científica, vol. 12(2), p. 0. Instituto Politécnico Nacional Distrito Federal, México.

Preynat A.; Lapierre H.; Thivierge M. C.; Palin M. F.; Matte J. J.; Desrochers A.; Girard C. L. 2009. Effects of supplements of folic acid, vitamin B12, and rumen-protected methionine on whole body metabolism of methionine and glucose in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. Vol. 92, pp 677–689.

Ramos R; Pabon M; Curulia J. 1998. Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. Revista de medicina veterinaria y zootecnia, vol. 46, pp 2-27.

Recinosa A. C.; Ibáñez A. E. M.; Arcea O. M. M.; Garduño G. R.; Rivera D. P.; Cuellard H. J. A. 2017. Evaluación de parámetros productivos y reproductivos en un hato de doble propósito en Tabasco, México. Rev Mex Cienc Pecu, vol 8(1), pp 83-91.

Richmonds, R. 2004. Vitamins. In S. Loue, & M. Sajatovic (Eds.), Encyclopedia of women's health (pp. 679–682). Springer Science+Business Media.

Rojasa A. J R.; López R. F. de J.; Murillo V. V. E.; Montaldod H. H. 2016. Análisis genético para vida productiva en ganado Holstein de México. Rev Mex Cienc Pecu, vol. 7(1), pp 1-14.

Sacadura F. C.; Robinson, P. H.; Evans E.; Lored M. 2008. Effects of a ruminally protected B-vitamin supplement on milk yield and composition of lactating dairy cows. Animal Feed Science and Technology, vol. 144(1-2), pp 111–124.

Shimada M. A. 2009. Nutrición Animal. Trillas; 2nd ed. p 397.

SIAP 2023 [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceProd.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp)

SIAP 2023 [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecConcentrado.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecConcentrado.jsp)

Suárez M. J.E.; Recuerob M. I.; Lagunob P. C. 2003. Deficiencia de vitamina B12 y tratamiento por vía oral. Una opción tan eficaz como (todavía) poco utilizada. *Aten Primaria*, vol. 32(6), Pp 382-387.

Torres Q. M.; Charroo P. O.; Reyes C. R.; Romero B. C.; Ravelo T. Y. 2013. Aspectos esenciales sobre vitamina B12. *Revista Información Científica*, vol. 77(1). Universidad de Ciencias Médicas de Guantánamo Guantánamo, Cuba.

Vásquez Á.; García C. M. E. 2021. Modelación de la curva de lactación en vacas Holstein de un establo en el valle de Huaura, Perú. *Rev Inv Vet Perú*, vol. 32(1): e19488.

Vázquez C.; Arellano B. 2014. Ganadería bovina de carne y leche. Problemática y alternativas. *El Cotidiano*, vol. 188, pp 95-101. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco Distrito Federal, México.

Velázquez V. R.; del Valle W. J; Landin C. A. L. 2021. Efecto del uso combinado de Catosal, Vigantol y Tonofosfan sobre el comportamiento reproductivo de vacas Brahman. *Revista científico - educacional de la provincia Granma*, vol. 17(1). RPNS: 2090 | ISSN: 2074-0735

Waldron, M. 2013. Enhancing immunity and disease resistance of dairy cows through nutrition. Animal Science Research Center, Division of Animal Sciences. University of Missouri-Columbia, USA. p 10.

Zulfiqar A.-A.; Andres E.; Villalba N. L. 2019. Hipervitaminosis b12. Nuestra experiencia y una revisión. *Medicina (Buenos Aires)*, vol. 79, pp 391-396.