



**Evaluación del efecto de suplemento de heno fortificado y concentrado en la producción de leche de bovinos (*Bos taurus* L.) durante la época seca en la comunidad Achaca-Tiahuanacu**

**Evaluation of the effect of fortified and concentrated hay supplementation on the production of bovine milk (*Bos taurus* L.) during the dry season in the Achaca-Tiahuanacu community**

Patty-Quispe Magda Hortencia<sup>1\*</sup>, Loza-Murguía Manuel Gregorio<sup>1,2,3</sup>, Achu-Nina Cristóbal<sup>1</sup>, Rojas-Pardo Abel<sup>1</sup>, Chura-Limachi Felipe<sup>1</sup>, Quispe-Paxipati Cesar Humberto<sup>1</sup>

**Datos del Artículo**

<sup>1</sup> Universidad Católica Boliviana San Pablo-UCBSP. Unidad Académica Cam pesina Tiahuanacu UAC-T. Ingeniería Zootécnica. Km 74. Carretera Internacional La Paz-Desaguadero. Tel 591-2-2895100. La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia.

<sup>2</sup> Universidad Católica Boliviana San Pablo-UCBSP. Unidad Académica Cam pesina Carmen Pampa-UAC-CP. Ingeniería Agronómica. Coroico-Nor Yungas-La Paz, Estado Plurinacional de Bolivia. Tel +591(2)8781991.

<sup>3</sup> Departamento de Enseñanza e Investigación en Bioquímica & Microbiología-DEI&BM. Unidad Académica Cam pesina Carmen Pampa-UAC-CP.

\*Dirección de contacto:

Universidad Católica Boliviana San Pablo -UCBSP. Unidad Académica Cam pesina Tiahuanacu UAC-T. Ingeniería Zootécnica. Km 74. Carretera Internacional La Paz-Desaguadero. Magda Hortencia Patty-Quispe  
E-mail address : [mhpattv26@gmail.com](mailto:mhpattv26@gmail.com)

**Palabras clave:**

Producción de leche, heno fortificado, conversión alimenticia, suplementación.

*J. Selva Andina Anim. Sci.* 2017; 4(1):13-37.

**Historial del artículo.**

Recibido agosto, 2016.  
Devuelto noviembre 2016.  
Aceptado enero, 2017.  
Disponible en línea, abril, 2017.

**Editado por:**  
**Selva Andina  
Research Society**

**Key words:**

Milk production, fortified hay, feed conversion, supplementation.

**Resumen**

El presente trabajo de investigación, se ha realizado en la Comunidad Achaca del Municipio de Tiahuanacu, con el objetivo de evaluar el efecto de suplementación con heno fortificado y concentrado sobre la producción de leche, conversión alimenticia, sólidos totales y costos de producción en tres periodos de tratamiento (testigo, adaptación y suplementación) durante la época seca (octubre y noviembre). Se han utilizado 12 vacas Mestizas Holstein entre 4 a 6 meses de lactancia. El diseño utilizado fue bloques completamente al azar con arreglo factorial de 2Ax3Bx (3) con tres repeticiones. El promedio de producción de leche de 4.69 kg de vacas suplementadas con heno fortificado y 6.24 kg con concentrado, fueron superiores a la producción de 3.94 y 5.11 kg respectivamente en el periodo de adaptación y finalmente la producción de 3.58 y 3.42 kg en el periodo de testigo. La conversión alimenticia con suplementación de heno fortificado de 2.60 kg fue superior a 2.12 y 1.90 kg respectivamente. Mientras la conversión alimenticia entre suplementos fue de 1.61 y 1.78 kg con concentrado en el periodo de adaptación y finalmente con 2.12 y 2.60 kg con heno fortificado en el periodo de suplementación. El contenido de sólidos totales de 10.52 °Brix, fue superior al periodo de adaptación de 10.30 °Brix y testigo con 10.05 °Brix. Mientras, los sólidos totales entre suplementos fueron de 10.19 °Brix con heno fortificado y 10.39 °Brix con concentrado.

© 2017. *Journal of the Selva Andina Animal Science. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

**Abstract**

The present study was carried out in the Achaca Community of the Municipality of Tiahuanacu, with the objective of evaluating the effect of supplementation with fortified and concentrated hay on milk production, feed conversion, total solids and production costs in three periods (Control, adaptation and supplementation) during the dry season (October and November). 12 Holstein mestizo cows were used between 4 and 6 months of lactation. The design used was completely randomized blocks with factorial arrangement of 2Ax3Bx (3) with three replicates. The average milk yield of 4.69 kg of cows supplemented with fortified hay and 6.24 kg with concentrate were higher than the production of 3.94 and 5.11 kg respectively in the adaptation period and finally the production of 3.58 and 3.42 kg in the control period. The feed conversion with fortified hay supplementation of 2.60 kg was greater than 2.12 and 1.90 kg respectively. While feed conversion between supplements was 1.61 and 1.78 kg with concentrate in the adaptation period and finally with 2.12 and 2.60 kg with fortified hay in the supplementation period. The total solids content of 10.52 °Brix was superior to the adaptation period of 10.30 °Brix and control with 10.05 °Brix. Meanwhile, total solids between supplements were 10.19 °Brix with fortified hay and 10.39 °Brix with concentrate.

© 2017. *Journal of the Selva Andina Animal Science. Bolivia. All rights reserved.*

## Introducción

Según (FAO-FEPALE 2011) la producción total de leche a nivel mundial fue de más de 730 millones de toneladas correspondiente al año 2011, lo que representó un crecimiento del 2.3 %. La mayor producción mundial de leche proviene de los países más desarrollados como Estados Unidos y la India con una producción total de 14.7 % y 8.7 % respectivamente. Con respecto a la producción de leche a nivel de Sud América, aparece Brasil con aproximadamente el 3.9 % respecto a la producción mundial, Argentina con 1.3 % y Bolivia con 0.05 % (FAO-FEPALE 2011).

Por otro lado es importante destacar, a pesar del promedio de producción de leche en el departamento de La Paz es bajo, existen experiencias locales que han logrado cada vez mejores rendimientos hasta llegar a los 6.5 L/vaca/día, esto se deben a la mejora de la alimentación de los animales, infraestructuras y manejo de pastizales (SENASAG 2012). La producción ganadera en la región altiplánica de La Paz se ha incrementado notablemente en los últimos años, sin recibir la atención necesaria para convertir esta zona en una de las principales abastecedoras de leche al mercado de la ciudad de La Paz. (Quimo-Relova 2008)

En el Departamento de La Paz el “Cordón Lechero” comprende las provincias Omasuyos, Los Andes, Ingávi, Murillo y Aroma, a su vez con 13 secciones municipales, con aproximadamente 131 comunidades que practican la ganadería lechera (Mendoza 2013).

En la región del altiplano paceño ha sido tradicionalmente considerada como una de las actividades múltiples que desarrollan agricultores, sin embargo, desde inicios de la década de 1970 se implementó las unidades de producción campesina en valles y

altiplano. Esta estrategia de fomento de la ganadería lechera tuvo diversos componentes (crédito, capacitación, comercialización y transferencia de tecnología) que afectaron de distinta manera en la región del altiplano paceño, específicamente en el área del cordón lechero. (CEDLA 1997).

La ganadería requiere alimentación que de un balance en la dieta total, logrando un óptimo aprovechamiento de los nutrientes a menor costo, de ahí apoyar el suministro de cantidades adicionales de alimentos que cubran las deficiencias de forraje y/o que aporten nutrientes estratégicos para mejorar la digestión, aprovechamiento del pasto consumido por el animal, que requieren para mantener o mejorar la condición corporal del animal, aumentando la producción de leche, evitando descensos drásticos. (Henaó *et al.* 2011).

Reyes & Loaiza (2012), en condiciones secas donde solo llueve de cuatro a cinco meses al año, los animales sufren un largo periodo de sequía, limitando fuertemente el aspecto productivo del hato, dejando la producción de leche e incluso perdiendo peso por la falta de alimentación, las áreas que se dispone de cantidades de rastrojos agrícolas resultado de cosechas como maíz, sorgo, adicionados a una combinación melaza-urea pueden proporcionar de preferencia a vacas en producción, para que logren mantener o incrementar sus rendimientos, en periodos críticos, cuando la pastura fresca escasea, contándose con forrajes bastos o toscos. La melaza mezclada con agua y urea se debe agregar al forraje rociando el heno seco para que el animal consuma mejor sin dejar desperdicios.

Henaó *et al.* (2011), los alimentos consumidos por el animal diariamente lo mantienen nutrido al igual que a los microorganismos (bacterias, hongos, pro-

tozoos) contenidos en el rumen. Se considera que suplementar es el suministro de cantidades adicionales de alimento, sin tener en cuenta características y/o el valor nutritivo del forraje. A diferencia de la alimentación, la nutrición se refiere a lo nutritivo que es el alimento consumido, siendo los principales nutrientes proteína, la energía, los minerales y las vitaminas. Para lo que se debe tener en cuenta, que la nutrición del rumiante depende de la nutrición de su micro población ruminal, las que degradan parcial o totalmente los componentes de la ración. Por lo tanto, se concluye que en realidad se está alimentando al rumen para que luego éste alimente a los bovinos (Preston & Leng 1984)

La alimentación interviene dependiendo de la cantidad y calidad composicional del alimento, siendo así que cuando se reduce la alimentación, disminuye la producción de la leche, los sólidos totales y la invariabilidad del tenor graso. Por lo tanto, la alimentación es una fuente de variación en la composición química de la leche, por ejemplo, un nivel energético deficiente en la alimentación incrementa el porcentaje de grasa, mientras que disminuyen la producción de leche y los porcentajes de proteína y lactosa, por el contrario, con una alimentación óptima aumenta la producción de leche, proteínas, lactosa, la grasa puede variar de forma no regular (Nasanovsky *et al.* 2001)

La ración combinada con forraje (pradera nativa), suplementos constituyen una ración equilibrada que favorece el desarrollo de la flora microbiana ruminal, con funcionamiento eficiente del sistema digestivo (rumia, motilidad, tasa de pasaje, pH de rumen) dando lugar a una fermentación efectiva para producir mayor proporción de ácidos grasos volátiles (propionato), consiguientemente favorecen a la mayor producción de leche. Los concentrados (carbohidratos no estructurales) promueven la produc-

ción de más ácidos grasos volátiles (AGV's), principalmente ácido propiónico, mientras los carbohidratos estructurales (forrajes) estimulan la producción de ácido acético en el rumen (Achu 2014).

La cantidad de leche que se produce es controlada primariamente por la cantidad de lactosa sintetizada por la ubre. La secreción de lactosa dentro de la cavidad del alveolo incrementa la concentración de sustancias disueltas (presión osmótica) en relación al otro lado de las células secretoras, donde circula la sangre. Como resultado, la concentración de sustancias disueltas en cada lado de las células secretoras se balancea trayendo agua desde la sangre y mezclándola con otros componentes que se encuentran en la cavidad de los alvéolos. Para la leche normal, se alcanza el balance cuando existe 4.5 a 5 % de lactosa en la leche. Por lo que la lactosa es "la válvula" que regula la cantidad de agua que se arrastra dentro del alveolo y por lo tanto el volumen de leche es producido (Wattiaux 2000)

Las caseínas que se encuentran en la leche son sintetizadas a partir de aminoácidos que son asimilados de la sangre bajo el control del material genético (DNA). Estas proteínas son envasadas en micelas antes de ser liberadas en el lumen de los alveolos. El control genético de la leche sintetizada en el alveolo proviene de la cantidad de la  $\alpha$ -lacto albúmina sintetizada por las células secretoras y esta enzima es un regulador importante de la cantidad de lactosa y leche que se produce por día.

La elaboración del heno fortificado, es una alternativa alimentaria local desarrollada para optimizar el uso eficiente mejorando la calidad nutricional de forraje para la suplementación a los bovinos pastoreados durante la época seca. Achu (2014), heno fortificado es el enriquecimiento del heno de avena o cebada agregando melaza, urea, sales minerales y

sal común diluidas en agua, los aditivos agregados mejoran la calidad nutritiva de forrajes.

Por todos los problemas expuestos, existe la necesidad de evaluar el comportamiento de la producción de leche diaria, conversión alimenticia, sólidos totales y el costo de producción de leche por efecto de suplementación con heno fortificado y concentrado a las vacas en lactancia, alimentadas con pradera nativa durante la época seca, además, es necesario contrastar el uso de estos suplementos en la alimentación de las vacas, teniendo en cuenta que el heno de avena es un recurso alimenticio local disponible, que agregado con insumos como fuente de energía, precursor proteico y sales minerales, pueda constituirse en suplemento alternativo con respecto a los concentrados.

En el altiplano la escasez de alimento se presenta en la época seca, los productores padecen de alimento para sus animales, la producción de bovinos de leche es un medio de sustento económico para las familias en el área rural, eso mismo hace que se realicen trabajos de investigación con respecto al tema de lechería. Por lo tanto, el propósito del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto de suplementación del heno fortificado y concentrado sobre la producción de leche diaria, conversión alimenticia y contenido de sólidos totales de vacas durante la época seca en la comunidad Achaca del municipio de Tiahuanacu.

## Materiales y métodos

El presente trabajo de investigación, se ha realizado en la Comunidad Achaca de la Tercera Sección Municipal de Tiahuanacu, provincia Ingavi del departamento de La Paz. Geodésicamente se encuentra ubicado entre los paralelos 16° 33' de Latitud Sur y

68° 41' de Longitud Oeste, a 3639 msnm (PDM-Tiahuanacu 2011).

La Comunidad Achaca, se encuentra situada al Sur del municipio de Tiahuanacu, a 1.5 km del centro urbano (pueblo), limita al Norte y Este con la provincia Los Andes, al Sur con el Municipio Jesús de Machaca, al Oeste con el municipio Guaqui. La región se caracteriza por presentar suelos fértiles, aptos para la producción de forraje como: *Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, *Medicago sativa* y pastos cultivados como: ser *Dactylis glomerata*, *Lolium perenne*, *Eragrostis curvula*. Así mismo existen restos de cosecha de haba, quinua (jipi) que constituyen en un aporte importante de alimento para el ganado bovino, ovino y animales menores, la cuenca de Tiahuanacu existe grandes extensiones de pastizales de pradera nativa, constituidos en su mayor parte por gramíneas como la *Festuca dolichophylla*, *Taraxacum officinales*, *Calamagrostis minima*, *Aciachne pulvinata*, *Allchemilla pinnata*, *Bromus catharticus*, *Poa anoa*. En suelos erosionados se encuentra la *Stipaichu*, *Festuca ortophylla*, en los bofedales predominan *Distichia muscoides*, *Plantago tubulosa*, *Agrostis* sp., *Deyeuxia* y *Oxychloe andina* asociado con gramíneas y ciperáceas.

Se han seleccionado 12 vacas Holstein en lactancia previamente identificadas con caravanas y con un peso vivo (PV) promedio de 400 kg, del total de vacas pre seleccionadas, 6 animales fueron seleccionados en cada unidad familiar de producción.

La selección de animales fue realizada bajo los siguientes criterios: vacas en lactancia entre 4 a 6 meses post parto, número de partos entre 4 a 6, grados de condición corporal de 2.5 a 3 clínicamente sanos, libre de parásitos, lesiones. Apaza (2007), una de las maneras de disminuir el error experimental son la utilización de unidades experimentales bastante homogéneas.

El presente trabajo de investigación, fue realizado durante los meses octubre y noviembre correspondiente a la época seca del año 2014 (PDM-Tiahuanacu, 2011). La disponibilidad y calidad de los pastizales en la pradera nativa varían entre época seca y lluviosa.

Resultado del análisis coproparasitológico de las heces fecales por el método Flotación-Mac master-sedimentación modificado realizado en el laboratorio de la Unidad Académica Campesina Batallas, se certificó la incidencia significativa de carga parasitaria de las especies de *Balantidium coli* (protozoos), *Haemonchus* sp., (trichostrongyloidae) y *Fasciola hepática* (fasciolidae).

La desparasitación (interna y externa), vitaminización a las vacas en lactancia, fue realizado en ayunas siete días antes de iniciar el trabajo de campo para eliminar los parásitos internos, externos con POTENCIAL 25 % en una dosis de 1 mL por 25 kg de PV por vía oral, para la desparasitación externa, se aplicó por vía subcutánea en una dosis de 1 mL por 50 kg de PV BIOMEK 100 L.A. La vitamina VITALAN que contenía vitaminas A, D y E y se aplicó en una dosis de 10 mL vía intramuscular profunda.

Las vacas fueron pesadas en una balanza digital de la marca INNOVA con capacidad de 1000 kg, instalada en el piso del brete de madera.

Durante el trabajo de campo, se realizó el pesaje a los 7 días antes de iniciar los tratamientos para obtener el peso vivo promedio de los animales, en ayunas por las mañanas (7:00 a. m.). Los datos PV promedio obtenido en el pesaje, se han utilizado para la formulación de raciones y el segundo pesaje se ha realizado simplemente para evaluar a las vacas la mejora de la condición corporal

La infraestructura (establo), donde se alojaron las vacas tenían las siguientes medidas y características:

15 m de largo y 5 m de ancho, paredes de adobe, techo de calamina e interiormente con piso de tierra firme, compactada (playa de descanso) y comederos de 1 metro de ancho por el mismo largo del establo concreto para la administración de suplementos.

El espacio destinado para cada uno de los animales, fueron celdas individuales de 6.5 m cuadrados de área (1.3 m x 5 m) y espaciados a 1.3 m de distancia entre animales.

Con respecto a las condiciones ambientales internas del establo durante las noches, se registraron la temperatura promedio de 22° C y una humedad relativa de 50%.

El consumo de materia seca (MS) de la pradera nativa por los animales durante el pastoreo, se ha estimado de acuerdo a la formula desarrollada por Achu (2014), que expresa la relación de la cantidad de pastizal consumida por una unidad de superficie (1 m<sup>2</sup>) multiplicado por el área total de la pradera pastoreada durante el día, cuya fórmula fue la siguiente:

$$CMSP = CMS * AP$$

Dónde:

CMSP = Consumo de materia seca de pastizal (kg/día)

CMS = Cantidad de pastizal consumido por vaca (kg/m<sup>2</sup>)

AP = Área pastoreado por animal (m<sup>2</sup>)

La cantidad del pastizal consumido se ha estimado a través de la diferencia de la cantidad de las muestras cosechadas tanto de pastizal reservado (antes) y residual (después) por 1 m<sup>2</sup> de pradera nativa y luego se midió el área pastoreada durante el día, que en su generalidad fueron de forma circular al ser los animales amarados con una cuerda a la estaca.

El dato de consumo de MS de pastizal por 1 m<sup>2</sup> obtenido de la diferencia de las cantidades de pastizal reservado y residual en base a materia seca, se ha multiplicado por el total de área pastoreada para determinar el consumo de materia seca del pastizal por las vacas durante el día.

Los suplementos utilizados fueron concentrado y heno fortificado, el concentrado fue una mezcla de proporciones calculadas de harina amarilla, afrecho de trigo, sales minerales y sal común, los mismos disponibles en el mercado nacional que para contar con información bromatológica fueron necesariamente al análisis químico laboratorial. (Shimada-Miyasaka 2007). Mientras el heno fortificado, como una alternativa alimentaria local de fortificación de heno (mejora de calidad nutricional) fue agregado con azúcar morena (energético), urea (precursor proteico), sales minerales y sal común disuelta en agua para rociar en el forraje.

**Tabla 1** Proporciones de insumos para preparación de concentrado (TCO)

No.	Insumos Alimenticios	MS (kg)	TCO (kg)
1	Maíz amarillo partido	93.74	109.00
3	Afrechillo de trigo	2.01	2.29
4	Sal común	2.03	2.03
5	Sal mineral	1.87	1.87
<b>Total</b>		<b>100.00</b>	<b>115.00</b>

Para la determinación de proporciones de insumos alimenticios utilizados en la mezcla de los suplementos, se ha realizado una formulación previa utilizando los datos de requerimientos nutricionales de las vacas en lactancia NRC 1989 y la información del análisis bromatológico de heno fortificado, concentrados y pradera nativa fue reportada por Instituto Nacional de laboratorios de Salud (INLASA).

Para la elaboración del suplemento concentrado, se han utilizado las siguientes proporciones de insumos alimenticios. Tabla 1.

Para la elaboración del suplemento heno fortificado, se han utilizado las siguientes proporciones de insumos alimenticios. Tabla 2.

**Tabla 2** Proporciones de insumos para preparación de heno fortificado (TCO)

No.	Insumos Alimenticios	MS (kg)	TCO (kg)
1	Azúcar morena	5.28	5.50
2	Urea	0.17	0.17
3	Harina de maíz amarillo	6.33	7.36
4	Sal mineral	1.69	1.69
5	Sal común	2.11	2.11
6	Heno de avena	84.42	90.29
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>107</b>

Del total de las vacas seleccionadas fueron distribuidas al azar (sorteo) a cada tratamiento, 6 animales fueron asignados al grupo de vacas suplementadas con heno fortificado y otras 6 vacas al grupo de vacas suplementados con concentrado. De las cuales, en cada unidad familiar de producción (UFP's) se han asignado 3 animales por cada tratamiento, los que fueron divididos en tres periodos de evaluación, *i*) durante los primeros 14 días solamente se ha alimentado con pradera nativa a los animales y a este se ha denominado periodo testigo (sin suplementación), *ii*) primer periodo de tratamiento, a los mismos animales se han adaptado a consumir suplementos (poco a poco) durante 21 días y esta etapa se ha denominado periodo de adaptación al suplemento, *iii*) finalmente, al mismo grupo de animales se ha administrado suplementos durante 14 días y se ha denominado periodo de suplementación. Tabla 3.

El contenido de sólidos solubles de leche (SSL), se ha determinado con el índice de refracción para determinar el contenido de agua en la leche. La concentración de sólidos es expresado en grados Brix (Bonilla 2008) por ser una medida de cantidad y sirven para determinar el cociente total de MS (generalmente azúcares) disuelta en un líquido. La escala de medición es 0 a 32 °Brix a una temperatura de 20 °C.

El procedimiento para determinar el contenido de sólidos totales (ST) de leche fue el siguiente, se ha regulado la temperatura de leche a 20 °C, se añadió

II gotas de muestra de leche previamente agitado sobre el prisma del refractómetro, finalmente se

cubrió con cuidado el prisma con la tapa, la lectura se realizó en °Brix.

**Tabla 3 Distribución de unidades experimentales a los tratamientos**

UFP's	Grupos animales/tratamiento	Repeticiones	Periodos de tratamientos		
			Testigo	Adaptación al suplemento	Suplementación
UFP1	Heno fortificado	3	14 días	21 días	14 días
	Concentrado	3	14 días	21 días	14 días
UFP2	Heno fortificado	3	14 días	21 días	14 días
	Concentrado	3	14 días	21 días	14 días

Para la determinación de la conversión alimenticia en la producción de leche, se ha estimado en base a la formula citada por Alcázar (2002), que es la capacidad de un alimento para convertirse en una unidad de producto animal, cuya fórmula fue la siguiente:

$$CA = \frac{\text{Consumo de Alimento (MS)}}{\text{Rendimiento de leche (RL)}}$$

Dónde:

CA = Conversión alimenticia

MS = Alimento consumido en pastoreo más suplemento

RL = Producción promedio día

#### *Diseño de investigación*

*Factores en estudio.* Periodos de tratamiento (Factor A): *i*) Testigo (sin suplemento), *ii*) Adaptación al suplemento, *iii*) Suplementación

Tipos de suplementos (Factor B): *i*) Heno fortificado, *ii*) Concentrado.

*Variables de respuesta.* *i*) Producción de leche (kg/día/vaca), *ii*) Conversión alimenticia (kg MS/kg leche), *iii*) Sólidos totales de leche (°Brix).

*Modelo aditivo lineal.* Para determinar la variabilidad de producción de leche, conversión alimenticia y contenido de sólidos totales de la leche en vacas por efecto de suplementación con heno fortificado, concentrado y por periodos de tratamiento, se ha utilizado el diseño bloques completamente al azar (DBA) con arreglo factorial de 2Ax3B(3) con tres repeticiones (número de animales). La asignación

aleatoria de los diferentes tipos de suplementos a vacas de diferentes UFP's, permitió determinar que las diferencias observadas en cada unidad experimental (vacas) no solamente reflejan el efecto de tratamientos sino que también refleja el efecto de las UFP's. Apaza (2007), un experimento debe ser necesariamente diseñado de manera que se pueda controlar sistemáticamente una fuente extraña de variabilidad.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \sigma_l + \delta\sigma_{kl} + \epsilon_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijkl}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto fijo de *i*-ésimo bloques (UFP's)

$\beta_j$  = Efecto fijo de *j*-ésimo vacas

$\delta_k$  = Efecto de *k*-ésimo factor periodos de tratamiento

$\sigma_l$  = Efecto de *l*-ésimo factor tipos de suplementos

$\delta\sigma_{kl}$  = Efecto de interacción de *k*-ésimo factor periodos de tratamiento por *l*-ésimo factor tipos de suplementos

$\epsilon_{ijkl}$  = Error experimental

Para determinar las diferencias estadísticas de los resultados, se ha empleado la prueba de comparación de medias de Duncan a un nivel de significancia de 5%.

**Resultados****Tabla 4 Consumo promedio de pradera nativa y suplementos (MS) por vaca (kg/día/vaca)**

Grupos de animales/tratamiento	Repeticiones (vacas)	Consumo de MS ((kg/día)		
		Suplemento	Pradera nativa	Consumo total
<b>Periodo de testigo (sin suplementación)</b>				
Sin heno fortificado	3	0.00	6.31	6.31
Sin concentrado	3	0.00	6.31	6.31
<b>Periodo de suplementación</b>				
Sin heno fortificado	3	4.60	6.31	10.91
Sin concentrado	3	3.80	6.31	10.11

**Tabla 5 Producción de leche de vacas suplementadas con heno fortificado y concentrado en tres periodos de tratamiento (kg/día)**

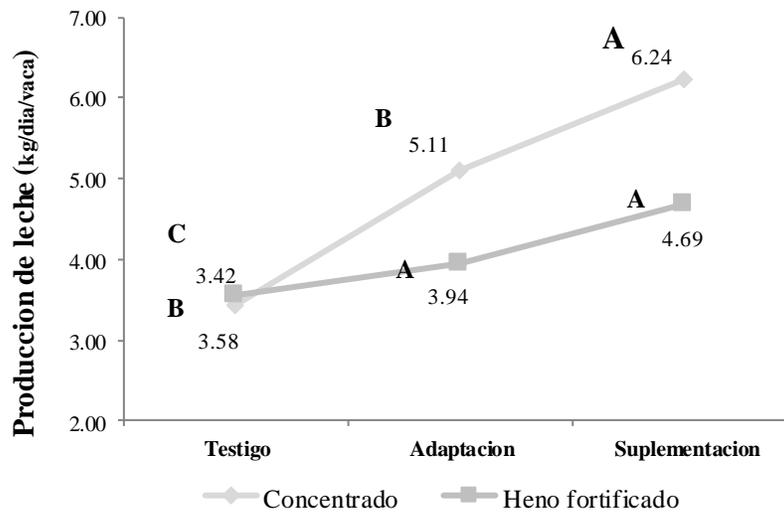
Periodos de tratamiento	Grupos de animales/tratamiento	Observaciones (días)	UFP's (Bloques)		Promedio (kg/día)
			UFP 1	UFP 2	
Testigo	Sin concentrado	14	4.02	2.82	<b>3.42</b>
	Sin heno fortificado	14	3.29	3.87	<b>3.58</b>
	<b>Promedios</b>		<b>3.66</b>	<b>3.34</b>	<b>3.50</b>
Adaptación al suplemento	Concentrado	21	5.36	4.85	<b>5.11</b>
	Heno fortificado	21	3.88	4.00	<b>3.94</b>
	<b>Promedios</b>		<b>4.62</b>	<b>4.42</b>	<b>4.52</b>
Suplementación	Concentrado	14	6.13	6.35	<b>6.24</b>
	Heno fortificado	14	4.03	5.35	<b>4.69</b>
	<b>Promedios</b>		<b>5.08</b>	<b>5.85</b>	<b>5.46</b>
<b>Promedios entre UFP's (Bloques)</b>			<b>4.45</b>	<b>4.54</b>	<b>4.50</b>

**Tabla 6 ANVA para la producción de leche de vacas suplementadas con heno fortificado y concentrado en tres periodos de tratamiento**

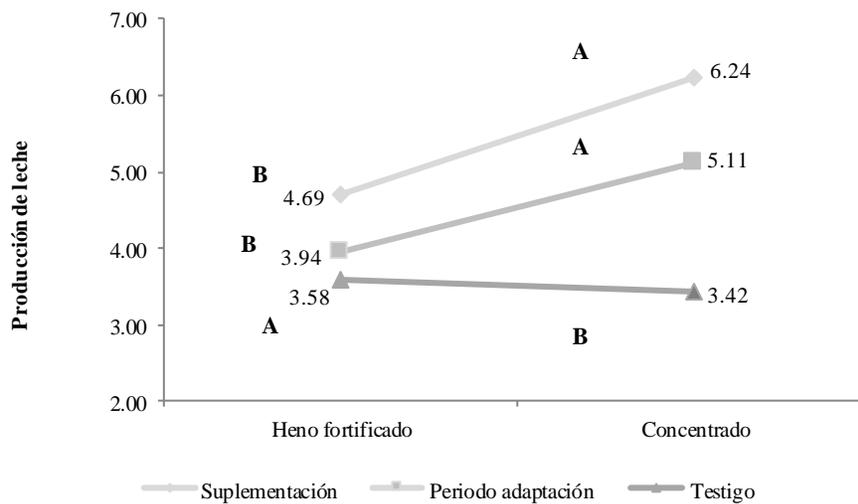
Fuentes de variación	SC	GL	CM	Valor F	Pr > F
UFP's (Bloques)	0.063	1	0.063	0.13	0.7246NS
Vacas	19.564	11	1.779	3.60	0.0080**
Periodos de tratamiento (A)	23.103	2	11.552	23.36	<.0001**
Tipos de suplemento (B)	6.511	1	6.511	13.17	0.0019**
Interacción (A*B)	4.883	2	2.442	4.94	0.0195*
Error	8.901	18	0.495		
Total	63.025	35			

CV = 15.63%

**Figura 1 Comportamiento de la interacción de periodos de tratamiento por tipos de suplemento en la producción de leche**



**Figura 2 Comportamiento de la interacción de tipos de suplementos por periodos de tratamiento en la producción de leche**



**Tabla 7 Conversión alimenticia para la producción de leche de vacas suplementadas con heno fortificado y concentrado**

Periodos de tratamiento	Grupos de animales/tratamiento	Observaciones	UFP's (Bloques)		Promedio* (kg)
			UFP 1	UFP 2	
Testigo	Sin concentrado	14	1.59	2.28	<b>1.94</b>
	Sin heno fortificado	14	2.10	1.70	<b>1.90</b>
	<b>Promedios</b>		<b>1.84</b>	<b>1.99</b>	<b>1.92</b>
Adaptación al suplemento	Concentrado	21	1.73	1.83	<b>1.78</b>
	Heno fortificado	21	2.35	1.89	<b>2.12</b>
	<b>Promedios</b>		<b>2.04</b>	<b>1.86</b>	<b>1.95</b>
Suplementación	Concentrado	14	1.65	1.57	<b>1.61</b>
	Heno fortificado	14	3.06	2.14	<b>2.60</b>
	<b>Promedios</b>		<b>2.36</b>	<b>1.86</b>	<b>2.11</b>
<b>Promedio entre UFP's (bloques)</b>			<b>2.08</b>	<b>1.90</b>	<b>1.99</b>

\* Valor promedio de cantidad de alimento necesario para producir un kilogramo de leche

**Tabla 8 ANVA para la conversión alimenticia de las vacas suplementadas con heno fortificado y concentrado**

Fuentes de variación	SC	GL	CM	Valor F	Pr > F
UFP's (Bloques)	0.281	1	0.281	3.53	0.0766NS
Vacas	5.892	11	0.536	6.73	0.0002 **
Periodos de tratamiento (A)	0.249	2	0.125	1.56	0.2370NS
Tipos de suplementos (B)	1.6560	1	1.656	20.82	0.0002 **
Interacción (A*B)	1.636	2	0.818	10.28	0.0011 **
Error	1.432	18	0.080		
Total	11.146	35			

CV = 14.16%

**Figura 3 Conversión alimenticia para la producción de leche con suplemento heno fortificado durante los periodos de tratamiento**

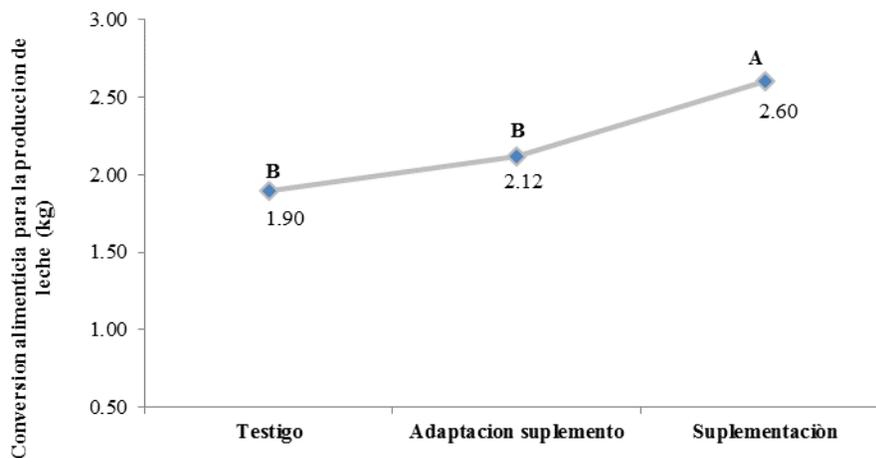


Figura 4 Conversión alimenticia para la producción de leche entre suplementos

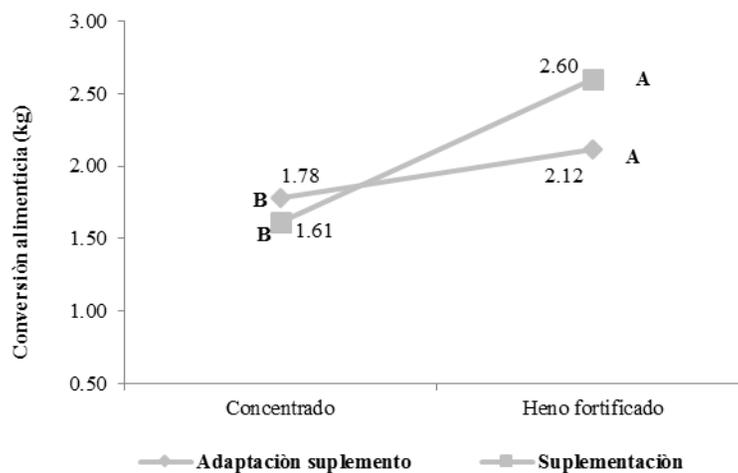


Tabla 9 Contenido de sólidos totales de la leche suplementadas con heno fortificado y concentrado en tres periodos de tratamiento (°Brix)

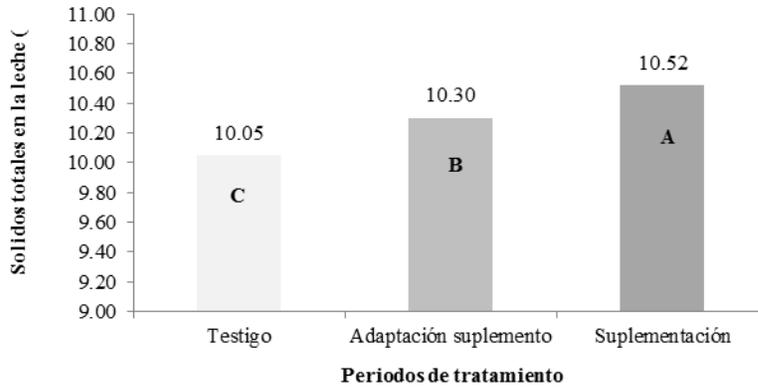
Periodos de tratamiento	Grupos animales/tratamiento	Observaciones (días)	UFP's (Bloques)		Promedios (°Brix)
			UFP 1	UFP 2	
Testigo	Sin concentrado	14	10.33	10.03	10.18
	Sin heno fortificado	14	10.36	9.48	9.92
	<b>Promedios</b>		<b>10.34</b>	<b>9.76</b>	<b>10.05</b>
Adaptación al suplemento	Concentrado	21	10.39	10.26	10.32
	Heno fortificado	21	10.33	10.22	10.28
	<b>Promedios</b>		<b>10.36</b>	<b>10.24</b>	<b>10.30</b>
Suplementación	Concentrado	14	10.68	10.63	10.66
	Heno fortificado	14	10.38	10.39	10.38
	<b>Promedios</b>		<b>10.53</b>	<b>10.51</b>	<b>10.52</b>
Suplementos (promedios)	Concentrados		10.46	10.31	10.39
	Heno fortificado		10.35	10.03	10.19
	<b>Promedios entre UFP's (Bloques)</b>		<b>10.41</b>	<b>10.17</b>	<b>10.29</b>

Tabla 10 ANVA Para el contenido de sólidos totales de leche de vacas suplementadas con heno fortificado y concentrado

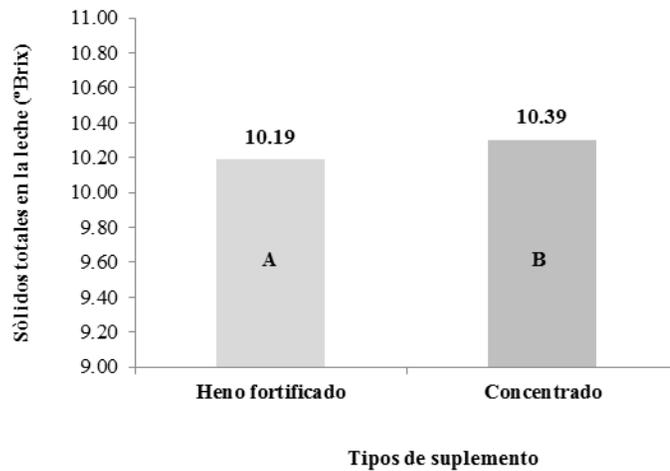
Fuentes de variación	SC	GL	CM	Valor F	Pr > F
UFP's (Bloques)	0.543	1	0.543	15.84	0.0009**
Vacas	5.503	11	0.5	14.59	<.0001**
Periodos de tratamiento (A)	1.354	2	0.677	19.75	<.0001**
Tipos de suplementos (B)	0.332	1	0.332	9.69	0.0060**
Interacción (A*B)	0.095	2	0.048	1.39	0.2743NS
Error	0.617	18	0.034		
Total	8.444	35			

CV = 1.80%

**Figura 5 Comparación de medias DUNCAN para el contenido de sólidos totales de la leche por periodos de tratamiento**



**Figura 6 Comparación de medias DUNCAN para el contenido de sólidos totales entre suplementos**



### Discusión

El consumo promedio encontrado de materia seca de las vacas pastoreadas en la pradera nativa fue 6.31 kg/día durante la época seca (tabla 4), que según Achu (2014) se considera insuficiente satisfacer el consumo de MS diario y los requerimientos nutricionales. Martin (2004), indica que la suplementación estratégica en animales en pastoreo se realiza para mantener la productividad en periodos de esca-

sez de forrajes. No obstante, el uso de alimento suplementario lleva a un efecto sustitutivo del forraje por el concentrado, de tal manera que, en sistemas basados en praderas nativas, la respuesta a la suplementación está dada por variables ambientales, por las plantas, animales, la cantidad y tipo de suplemento.

Pulido *et al.* 2009, reportó los valores de consumo de 17.6 kg de MS, además de alta calidad que no tuvo efecto de sustitución del nivel se suplementa-

ción y por lo tanto no presentaron diferencias significativas en la producción de leche entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

Debido al consumo de MS fue insuficiente, se ha suplementado a un grupo de vacas con 3.80 kg de concentrado y al otro grupo de vacas con 4.60 kg de heno fortificado para completar el requerimiento de consumo de MS diario, nutrientes, por consiguiente lograr incrementos de producción de leche diario, sin embargo Pulido *et al.* 2009 en la producción y calidad de leche asignó 4 tratamientos: solo pastoreo, pastoreo más suplementación con 3 kg/día de concentrado, pastoreo más suplementación de 6 kg/día de concentrado y pastoreo más suplementación con 9 kg/día de concentrado. Los promedios de la producción de leche por periodos de tratamiento, siendo que la producción de leche en las vacas alimentadas con pradera nativa (testigo) fue 3.50 kg, 4.52 kg durante el periodo de adaptación al suplemento y 5.46 kg en periodo de suplementación (tabla 5).

En el análisis de varianza (tabla 6), se observa que estadísticamente existen diferencias altamente significativas ( $P<0.01$ ) entre periodos de tratamiento (Testigo, adaptación y suplementación), tipos de suplementos (concentrado y heno fortificado) y diferencias significativas para la interacción de periodos de tratamiento por tipos de suplementos para la producción diaria de leche. Mientras no existen diferencias estadísticas para las UFP's ( $P>0.05$ ).

Por otro lado, analizado estadísticamente la producción de leche diaria entre las unidades experimentales (vacas) las diferencias fueron significativas ( $P<0.05$ ), la consideración de este parámetro en el análisis de varianza, se ha tomado en cuenta para que el diseño tenga número suficiente de repeticiones y observaciones para medir diferencias de tratamientos con los grados de precisión deseados en el

presente trabajo de investigación. Las diferencias en la producción de leche entre vacas, se atribuyen a los siguientes factores: Potencial genético, etapas de lactancia, razón por la cual, atribuir el resultado obtenido a una sola causa sería equivocado ya que son resultado de un efecto multifactorial.

El coeficiente de variación de 15.63 % para la producción diaria de leche por efecto de suplementación y por periodos de tratamiento, muestra la confiabilidad de los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación. Al respecto Calzada (1997), indica que en los experimentos de rendimientos agronómicos y ganaderos los coeficientes de variabilidad varían generalmente entre 9 a 29 % porque son afectados por varios factores de variabilidad, valores que exceden estos límites pueden considerarse extremos.

Las diferencias estadísticas del efecto de interacción de periodos de tratamiento por tipos de suplementos para la producción de leche fueron analizadas por estudio de los efectos simples. Calzada (1997), si un experimento resultasen significativos los efectos principales y la interacción, las conclusiones habría que sacarlas solo de los efectos simples. El análisis de varianza de efectos simples muestra que existen diferencias altamente significativas entre los periodos de tratamiento (testigo, adaptación y suplementación) para la producción de leche de las vacas suplementadas tanto con concentrado y heno fortificado. Igualmente existen diferencias altamente significativas entre los resultados de producción de leche de vacas suplementadas con concentrado y heno fortificado tanto en el periodo de adaptación y suplementación. Mientras, existe diferencias significativas en la producción de leche en el periodo de testigo para ambos suplemento (los animales no recibieron ningún tipo de suplemento).

Los resultados de producción diaria de leche analizadas por efectos simples del factor periodos de tratamiento en los niveles de tipos de suplementos, se han contrastado por la prueba de comparación de medias Duncan, para determinar las diferencias estadísticas entre los periodos testigo, adaptación y suplementación por efecto de suplementación tanto con concentrado y heno fortificado.

El rendimiento de producción de leche de vacas suplementados con concentrado (figura 1), siendo que la producción de (3.42 kg/día) correspondiente al periodo de testigo fue inferior a la producción de leche de los periodos de adaptación y suplementación, mientras la producción de leche (5.11 kg/día) obtenido en el periodo de adaptación al suplemento fue superior al periodo de testigo e inferior al periodo de suplementación y finalmente la producción de leche (6.24 kg/día) producidas por las vacas en el periodo de suplementación fue superior al periodo de testigo y adaptación al suplemento. Martín (2004), reportó que la media de producción diaria de leche de bovinos Pardo Suizo x Cebú no se vio afectada por el nivel de suplementación con diferentes niveles concentrados sobre la vegetación nativa (selva baja caducifolia espinosa). La media de producción diaria de leche de  $7.71 \pm 0.99$  kg fueron mayores a los resultados del presente trabajo de investigación.

Mientras, con respecto al comportamiento de producción de leche por efecto de suplementación con heno fortificado (figura 2), se ha reportado que la producción de leche de 3.58 kg/día obtenido durante el periodo testigo fue inferior con respecto a la producción de los periodos de adaptación y suplementación. Sin embargo, la producción de leche obtenida en los periodos de adaptación al suplemento (3.94 kg/día/vaca) y suplementación (4.69 kg/día) estadísticamente fueron similares pero superior al

periodo de testigo. Por lo tanto analizando los resultados reportados de comportamiento de la producción diaria de leche, desde el periodo de testigo hasta la suplementación mostró una tendencia de incremento ascendente para ambos tratamientos tanto con concentrado y heno fortificado, pero con la diferencia de que el suplemento concentrado tuvo un efecto significativo en el rendimiento de leche (línea pronunciada y moderada con el heno fortificado). Castillo *et al.* 1999, la mejor forma de aumentar la producción diaria de leche de las vacas de doble propósito es mediante la complementación con una mezcla de melaza, urea en el heno.

En un estudio realizado por Valda (2013), sobre la producción diaria de leche de las vacas Holstein se ha reportado resultados similares de incremento gradual de producción de leche desde el periodo de adaptación hasta suplementación y superior al testigo. Los promedios de producción de leche obtenidas durante los periodos de testigo fueron (9.9 kg/día), adaptación (11.7 kg/día) y suplementación (15.7 kg/día) fueron superiores a los promedios de producción de leche obtenidos durante los tres periodos de tratamiento en el presente trabajo de investigación, el mismo se atribuye a la utilización de vacas entre el primer a tercer mes de lactancia con respecto a las vacas entre cuarto a quinto mes post-parto utilizadas.

Tonconi (2015) señala que el mejor suplemento para la producción de leche es el heno de alfalfa, seguido de germen de maíz, jipi-broza de quinua y quedando el testigo (pradera nativa en descanso) con inferior producción de leche por día. Por otro lado, PROSEDER-COSUDE (2013) señala que los resultados obtenidos de producción de leche de (7.63 kg/día) por efecto de suplementación con concentrado fue superior al promedio de producción de leche (6.60 kg/día) producida por las vacas sin su-

plementación (testigo), lo que significaría un 15.6 % de incremento. Mientras, con la suplementación de heno fortificado se ha registrado 11.0 kg de leche por día comparado con 10.0 kg de leche de vacas solamente alimentados con pradera (testigo), el mismo sería equivalente a 10 % de incremento.

El incremento considerable de producción de leche por efecto de suplementación desde la etapa de adaptación hasta suplementación comparado con testigo, se atribuye a los siguientes factores. Durante el periodo de testigo, las vacas fueron alimentadas en base a pradera nativa, siendo escasa (disponibilidad limitada) y de baja calidad (Achu 2014) que no satisficieron los requerimientos nutricionales (Buxadé 1997), ni el consumo de materia seca afectando en la producción de leche. La escasa y baja calidad de los alimentos (pradera nativa), se debe a que las vacas solamente consumían 6.31 kg de materia seca de pradera nativa con respecto a 12.00 kg de requerimiento calculado y el déficit estimado fue de 5.69 kg de alimento (47.43 %) para cubrir las necesidades de consumo de materia seca. Pulido *et al.* 2009, en cambio reportó que los valores de producción de leche no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ) porque el consumo de 17.6 kg de materia seca y además de alta calidad no tuvo efecto de sustitución del nivel de suplementación y por lo tanto no se encontraron diferencias en producción con los grupos suplementados.

Mientras en la siguiente etapa de adaptación al suplemento, a los mismos grupos de vacas de cada tratamiento se ha administrado gradualmente con suplemento concentrado y heno fortificado para adaptarlos a consumir y generar una flora ruminal estable, por lo que se ha contribuido a mejorar cuantitativa y cualitativamente, los aportes nutricionales, consumo de materia seca, con el resultado de in-

cremento gradual de producción de leche durante el transcurso de los días de adaptación.

Finalmente en la última etapa de suplementación tanto con concentrados y heno fortificado a cada grupo de animales, se ha logrado mayor producción diaria de leche por vaca, debido a que se cubrieron los requerimientos nutricionales y consumo de materia seca aportando suficiente energía y proteína incluido los minerales y el mismo es corroborado (Pulido *et al.* 2009) la respuesta en producción de leche/kg de concentrado disminuye a causa de aumentar la disponibilidad de pradera y por efecto de aumentar el nivel de suplementación con concentrado.

Por otro lado, para comprender claramente que otros factores más podrían afectar en el incremento considerable de la producción de leche por efecto de suplementación, se ha considerado discutir los siguientes aspectos, considerando el fundamento planteado por Shimada-Miyasaka (2007) que se puede utilizar la información composicional de los alimentos de valores tabulados o análisis químico para la formulación de raciones, se han revisado y analizado comparativamente entre la información composicional de alimentos de valores tabulados que fueron reportados por PDLA 2005, NRC 1989 y análisis químico, siendo que el aporte de nutrientes por unidad de kg del alimento provenientes de la información de valores tabulados resultó ser mayor con respecto a los reportes de valores bajos de análisis químico. El reporte de valores bajos de aporte de nutrientes de los alimentos más que todo del heno fortificado, con respecto a la información de valores tabulados, se atribuye posiblemente a que el heno de avena tenía menor contenido de nutrientes (proteína cruda y energía) debido a que después de la siega (cosecha oportuna en estado de floración) no ha sido recogido oportunamente para la conser-

vación, más al contrario durante 3 meses aproximadamente ha estado expuesto a los efectos de radiación solar, lluvias y nevada en las parcelas donde afectaron en la pérdida de nutrientes.

Al respecto, Shimada-Miyasaka (2007) indica que la información composicional a partir de valores tabulados son útiles para tener una idea general sobre la composición del alimento, pero su desventaja es que se elaboran a partir de promedios por lo que no puede determinarse si el ingrediente con el que se cuenta esta dentro de ese promedio o fuera de él. Además, el empleo de este sistema excluye la posibilidad de la detección temprana de ingredientes adulterados con productos de apariencia similar, mientras los valores de análisis químico de los alimentos, si bien son más exactos, para ser representativo dependen de que la muestra analizada que puede dar información fuera de realidad, como en el caso de valores tabulados.

Con respecto al aporte de nutrientes para satisfacer los requerimientos nutricionales de las vacas alimentadas con pradera nativa (testigo), utilizando las dos fuentes de información de composición alimenticia anteriormente mencionadas, se ha observado que la ración formulada con información tabulado cubrió satisfactoriamente el requerimiento de proteína cruda (inclusive con un leve excedente) aunque deficiente la energía, comparado con el aporte deficiente de nutrientes de la ración formulado con valores de análisis químico. Mientras en la etapa de suplementación a las vacas, el aporte de los nutrientes del concentrado y heno fortificado calculados con información tabulada reportaron sobre-oferta de nutrientes tanto proteína cruda y energía, con respecto al aporte deficiente de ambos nutrientes de la ración formulada previa al análisis químico.

Atribuir que el incremento significativo de la producción de leche lograda con la suplementación a

las vacas se debería a la sobre-oferta de nutrientes tal como resultó el cálculo realizado con la información tabulado no sería pertinente, porque si en la etapa de testigo tan solamente alimentadas con pradera nativa ya estaba cubierto satisfactoriamente el requerimiento de proteína cruda aunque deficiente la energía, se esperaría razonablemente que debían incrementar la producción de leche pero no ocurrió tal efecto y más al contrario el incremento de la producción de leche se logró con la suplementación, Achu (2014) lo que se explicaría que con la suplementación de concentrado y heno fortificado se ha completado efectivamente la deficiencia de nutrientes (proteína cruda y energía) de las vacas cuando solamente fueron alimentados con la pradera nativa. Los resultados logrados de incremento de producción de leche por efecto de suplementación con respecto a las vacas alimentadas con la pradera nativa durante la época seca, aunque porcentualmente parece ser inusual se consideraría normales debido a que está alrededor de promedio de 5.24 kg /día de vacas mestizas Holstein con manejo de carácter semi-intensiva para la cuenca lechera del altiplano (Condori 2012), es decir, con la suplementación solamente se ha alcanzado producir más 2.74 kg/día/vaca suplementando con concentrado y 1.19 kg/día/vaca con heno fortificado con respecto al testigo que fue muy bajo (3.5 kg/día/vaca).

Por las razones expuestas anteriormente, los resultados obtenidos de mayor rendimiento de leche de las vacas suministrados con suplementos (concentrados y heno fortificado) con respecto al testigo (sin suplemento), se atribuye a que la ración combinada con forraje (pradera nativa) y suplementos constituyen una ración equilibrada que favorece el desarrollo de la flora microbiana del rumen y funcionamiento eficiente del sistema digestivo y desde luego (Preston & Leng 1984) dando lugar a una

fermentación efectiva para producir mayor proporción de ácidos grasos volátiles principalmente propionato (Achu 2014) consiguientemente favorecen a la mayor producción de leche.

Los resultados promedios de producción de leche, analizados por efectos simples del factor tipos de suplementos en los niveles de periodos de tratamiento conforme a Calzada (1997), la producción promedio de leche de vacas suplementadas con heno fortificado en el periodo de testigo (3.58 kg/día), adaptación (3.94 kg/día) y suplementación con 4.69 kg/día, mientras la producción de leche con el suplemento concentrado, tiene un comportamiento superior al heno fortificado. En el periodo de testigo (3.42 kg/día), adaptación (5.11 kg/día) y suplementación (6.24 kg/día), para ambos suplementos en el periodo de suplementación, fue superior la producción de leche con una diferencia de 1.13 kg de leche entre suplementos (figura 2). En este caso, se establece que la producción promedio de leche de vacas suplementadas con concentrado, desde el periodo de testigo hasta adaptación hubo un incremento de 49.4 % y del periodo de adaptación hasta suplementación un 22.11%. Por otro lado, los promedios de producción de leche con heno fortificado mostraron incrementos de 10 % y 19 % respectivamente. Mientras PROSEDER-COSUDE (2013), señala que las vacas suplementadas con concentrado incrementaron la producción de leche en un 16.1 % comparado al incremento de 10.0 % de la producción de leche de las vacas suplementadas con heno fortificado. Estos resultados reportados numéricamente son diferentes, ya que suplementando con concentrado a las vacas se logra producir más leche (Buxadé 1997) que con el heno fortificado (Achu 2014).

Los concentrados son fuente importante de nutrientes (energía, proteína) y altamente digestibles, (He-

nao *et al.* 2011) que producto de la fermentación microbiana contribuyen con mayor producción de ácidos grasos volátiles (en mayor proporción propionato) y consiguientemente favorecen a la mayor producción de leche. Esta afirmación es corroborada por Achu (2010), quien indica que los concentrados promueven la producción de ácido propiónico mientras los forrajes estimulan la producción de ácido acético en el rumen. Además, los concentrados rinden más AGV's (es decir más energía) porque son fermentados eficientemente. Así, la alimentación de concentrados usualmente resulta en un aumento de producción de AGV's y una proporción mayor de propionato en lugar de acetato (Shimada-Miyasaka 2007).

Mientras, el heno fortificado de la misma manera se constituye en un suplemento que ha mejorado la producción comparado con el testigo (Reyes & Loaiza 2012), a pesar de ser mejorado en cuanto a la calidad nutricional de heno de avena agregando nutrientes digestibles (melaza, urea, harina de maíz amarilla, sales minerales) para optimizar el aprovechamiento eficiente de forrajes, este suplemento por contener mayor proporción de fibra detergente neutra (composición y cantidad muy variable de sus componentes) más que todo la lignina que es la fracción no digestible limitaría la degradabilidad (Buxadé 1997) y consiguientemente en aporte de nutriente comparado con los concentrados. Herrera *et al.* 2009, indica que la suplementación con melaza y urea es fundamental para mejorar heno de mala calidad ya que no es la energía la primera que limita en esas condiciones, sino el nitrógeno.

Según la tabla 7, los resultados promedios del comportamiento de los valores de conversión alimenticia para la producción de leche de las vacas por periodos de tratamiento, siendo que la conversión alimenticia de vacas solamente alimentadas con

pradera nativa (testigo) fue 1.92, para la etapa de adaptación al suplemento 1.95 y 2.11 cuando las vacas fueron suplementados, mientras, los resultados promedios de conversión alimenticia de las vacas suplementados con concentrado fueron 1.61 y 2.60 de las vacas suplementados con heno fortificado, el promedio general de conversión alimenticia determinado para la producción de leche de las vacas fue de 1.99, lo que significa la cantidad de kg de alimento (cantidad de pradera nativa y suplementos) necesarios para alcanzar la producción de un kg de leche, pero diferente a 3 kg de alimentos para producir un kg de leche sin especificar el tipo de alimento por Shimada-Miyasaka (2007).

El análisis de varianza para la conversión alimenticia (tabla 8), muestra que existe diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para la producción de leche por tipos de suplementos y la interacción de periodos de tratamiento por tipos de suplementos, no se ha reportado diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) entre periodos de tratamiento ni entre unidades familiares de producción (bloques).

Por otro lado, los valores de conversión alimenticia para la producción de leche para las vacas, las diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), vale aclarar que este parámetro se ha considerado en el análisis de varianza con el propósito de que el experimento sea capaz de medir diferencias de tratamientos con los grados de precisión deseados en el presente trabajo de investigación y corroborado por Calzada (1997) quien indica que un diseño apropiado y con un número suficiente de repeticiones y observaciones es capaz de medir diferencias de tratamientos con los grados de precisión deseados. Las diferencias en la conversión alimenticia para la producción de leche entre vacas, según Shimada-Miyasaka (2007) se atribuyen a los siguientes factores: eficiencia fisiología digestiva y metabólica,

producción de leche y etapa de lactancia. Razón por la cual, atribuir el resultado obtenido a una sola causa sería equivocado ya que son resultado de un efecto multifactorial.

El coeficiente de variación de 14.16 % encontrado en los resultados de conversión alimenticia para la producción de leche de vacas suplementadas y periodos de tratamiento, muestra la confiabilidad de los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación, el mismo corroborado por Calzada (1997).

Las diferencias estadísticas del efecto de interacción de periodos de tratamiento por tipos de suplementos para la conversión alimenticia, conforme a Calzada (1997), por estudio de los efectos simples del factor periodos de tratamiento en los niveles del factor tipos de suplementos y de los efectos simples del factor tipos de suplementos en los niveles del factor periodos de tratamiento porque estadísticamente resultó ser altamente significativo ( $P < 0.01$ ).

Los resultados promedios de conversión alimenticia para la producción de leche, analizadas por efectos simples del factor periodos de tratamiento en los niveles de tipos de suplementos, se han contrastado por la prueba de comparación de medias Duncan, para determinar las diferencias estadísticas entre los periodos testigo, adaptación y suplementación.

Los resultados de conversión alimenticia de vacas suplementadas con heno fortificado varían por periodos de tratamiento, siendo que se requiere mayor proporción de alimento para producir una unidad de kg de leche en el periodo de suplementación con respecto al periodo de adaptación y testigo que estadísticamente son similares. Martín 2004 explicaría de que las vacas alimentadas solamente con pradera nativa y adaptación al suplemento requieren 1.90 y 2.12 kg de alimento para producir una unidad de kg de leche comparado con la conversión de 2.60 correspondiente a la etapa de suplementación con

heno fortificado (figura 3). Al respecto, Shimada-Miyasaka (2007) señala que la conversión alimenticia es mejor mientras más baja sea.

Las diferencias encontradas entre los promedios de conversión alimenticia de vacas, se atribuye a que durante el periodo de suplementación se ha incorporado proporciones mayores de heno fortificado (4.8 kg MS/día) en la ración de las vacas con respecto al periodo de adaptación al suplemento y testigo (alimentadas solamente con pradera nativa), lo que implica mayor aporte de fibra sumado a la ración inicial (pradera nativa) que también es fuente principal de fibra, Buxadé (1997) siendo menos digestible porque cuando está en proporciones mayores bloquea el uso de celulosa y parte de hemicelulosa por los microorganismos del rumen. Desde luego, Saborío-Montero (2011) es menos aprovechado y se necesita mayores proporciones de alimento para transformar en producto animal (leche).

El heno de avena utilizado para la suplementación de las vacas, a pesar de ser cosechado oportunamente (estado de floración) estuvo expuesto a la intemperie (radiación solar, lluvias y nevadas) durante 3 meses en la parcela, (Herrera *et al.* 2009) razón por la cual se consideraría como fuente de fibra y de menor calidad nutricional. De la misma forma, la pradera nativa seca, fibrosa y de menor calidad debido a la época seca. Al respecto, Achu (2014) indica que la madurez de los forrajes en el momento de siega o pastoreo influye sobre digestibilidad, el rendimiento y el valor alimenticio, o sea la concentración de proteína, energía, calcio, fósforo y materia digestible en la planta se reducen y contrariamente aumenta la concentración de FDN pero consiguientemente reduce el valor energético de los forrajes.

Sin embargo, la producción de leche de las vacas no ha sido afectado con la suplementación de heno fortificado, más al contrario se reportó resultados de

incrementos significativos con respecto a la etapa de testigo, (Martin 2004) porque se ha mejorado la calidad nutricional de heno de avena agregando con nutrientes digestibles (melaza, urea, harina de maíz amarillo y sales) para optimizar el aprovechamiento eficiente de forrajes por los animales.

Los resultados promedios de conversión alimenticia para la producción de leche obtenidos en el periodo de adaptación y suplementación, se han contrastado con la prueba de comparación de medias Duncan para determinar las diferencias estadísticas entre las vacas suplementados con concentrado y heno fortificado.

Los resultados de conversión alimenticia de vacas suplementadas con concentrado de 1.61 y 1.78 correspondientes al periodo de adaptación y suplementación fueron menores a la conversión alimenticia de las vacas suplementadas con heno fortificado de 2.12 y 2.60 correspondientes a los mismos periodos de tratamiento (figura 4). Estos valores obtenidos, según Shimada-Miyasaka (2007) explicarían que las vacas suplementadas con concentrado requieren menos de alimento para producir una unidad de kg de leche comparado (Achu 2014) al grupo de vacas suplementadas con heno fortificado.

Con respecto a la comparación de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, (Achu 2014) no se han encontrado estudios realizados sobre la conversión alimenticia para la producción de leche por efecto de suplementación con concentrado y heno fortificado en la cuenca lechera del departamento de La Paz, a pesar que en las granjas de producción lechera, las variables importantes que se consideran son el rendimiento de la producción de leche y el consumo de alimento (Henaó *et al.* 2011), porque la relación entre estas dos variables indica la eficiencia de conversión del alimento en una unidad de kg de leche.

Las diferencias entre los valores promedios de conversión alimenticia de vacas suplementadas con concentrado y heno fortificado, según Bonilla (2008) se atribuye a que a medida que se mejora la calidad de la ración (principalmente con concentrado) hay mayor eficiencia de conversión de alimento. Sin embargo, cuando hay menor proporción de concentrado y aumenta el forraje en la ración (Saborío-Montero 2011) disminuye significativamente la producción de leche y se necesita mayores proporciones de alimento para transformar en producto animal (leche).

Las proporción de forraje y concentrado en una ración, provoca un cambio importante en las características de los carbohidratos que tienen un efecto profundo en la cantidad y porcentaje de cada AGV's producido en el rumen (Buxadé 1997) pero los AGV's tienen un efecto importante en la producción de leche, el porcentaje de grasa y la eficiencia de convertir alimentos a leche. Por lo tanto, a pesar de haber mejorado la calidad nutricional de heno de avena agregando nutrientes digestibles para optimizar el aprovechamiento eficiente de forrajes (Achu 2014), este suplemento por contener mayor proporción de FDN (lignina), limita la degradabilidad y consiguientemente menor aporte de nutrientes y menor producción de leche, comparado con concentrado.

El valor energético de los alimentos, no representa la energía realmente disponible para la célula animal, (Buxadé 1997) tampoco la totalidad de los alimentos ingeridos se digieren siendo eliminados en las heces como pérdida energética para el animal. Además, (Shimada-Miyasaka 2007) si la digestibilidad de la materia seca es menor a 60 %, significa un incremento en la dilución de la dieta con material indigestible, disminuyendo el consumo al bajar la digestibilidad.

A medida que va incrementando la proporción de concentrado en la ración de vacas lecheras (Shimada-Miyasaka 2007) tiene un efecto directamente proporcional a la producción de leche e inversamente proporcional a la conversión alimenticia, lo que significa que a medida que va incrementando las proporciones de concentrado y disminuye el forraje en la ración, (Urbano *et al.* 2002) aumenta significativamente la producción de leche y se necesita menores proporciones de alimento para transformar en producto animal (leche). Por otro lado, es necesario considerar la relación de forraje-concentrado en la alimentación de bovinos de leche (Shimada-Miyasaka 2007).

Los valores promedios de contenidos de sólidos totales de leche de vacas por periodos de tratamiento (tabla 9), siendo los valores promedios de sólidos totales de leche de 10.05 °Brix para el periodo de testigo, 10.30 °Brix para el periodo de adaptación y finalmente para el periodo de suplementación fue de 10.52 °Brix. Mientras, el contenido de sólidos totales de la leche producida por las vacas suplementadas con concentrados fue de 10.39 °Brix y 10.19 °Brix de las vacas suplementadas con heno fortificado. Mientras, Urbano *et al.* 2002 reportó que El contenido de sólidos totales no se alteró por los tratamientos.

Al mismo tiempo, se observa los valores promedios de contenido de sólidos totales de la leche por familia (bloques), siendo de 10.41 y 10.17 °Brix para UFP1 y UFP2 respectivamente.

Los resultados promedios obtenidos sobre el contenido de sólidos totales de leche, se consideran que están dentro los rangos reportados por PDLA (2005) de 9.3 a 16.2 °Brix y un promedio general de 11.1 °Brix para la cuenca lechera del departamento de La Paz.

Por otro lado, Delgado *et al.* 2016 reporta los resultados promedios del contenido de sólidos totales de leche en los tachos de  $10.25 \pm 0.3\%$  de los productores de leche en la comunidad Mazo Cruz del departamento de La Paz; sin embargo estos valores están por debajo de la norma indicada por IBNORCA (10.8% como mínimo).

En el análisis de varianza para el contenido de sólidos totales de la leche (tabla 10) muestra que existen diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para periodos de tratamiento, tipos de suplemento, entre unidades familiares de producción (bloques) y entre vacas, no hay diferencias estadísticas ( $P > 0.05$ ) en la interacción de los factores de periodos de tratamiento por tipos de suplementos. Mientras Urbano *et al.* 2002, en un estudio realizado sobre la calidad de la leche de bovinos no obtuvieron diferencias significativas para la variable de contenido de sólidos totales por tratamientos, el mismo atribuido a que los sistemas silvo pastoriles aportaron nutrientes a pesar de suplementados. El coeficiente de variación de 1.80 %, para el contenido de sólidos totales de la leche por efecto de suplementación con heno fortificado y concentrado, muestra la confiabilidad de los datos obtenidos (Calzada 1997) en el presente trabajo de investigación.

El contenido de sólidos totales de leche de vacas por tipos de suplementos, periodos de tratamiento, entre UFP's y por vacas, las diferencias en el contenido de sólidos totales de leche entre vacas, según Chura (2006), se atribuye a los siguientes factores: producción de leche, etapa de lactancia, contenidos de células somáticas y otros, razón que el resultado obtenido a una sola causa sería equivocado ya que son resultados de un efecto multifactorial.

Las diferencias de los resultados de sólidos totales (figura 5) entre UFP's (Henaó *et al.* 2011) atribuyen a la variación de las etapas de lactancia de las vacas

y estado reproductivo, el contenido de sólidos totales de leche (10.05 °Brix) producidas por las vacas durante el periodo de testigo, fue inferior a los resultados promedios obtenidos en los periodos de adaptación y suplementación tanto con concentrado y heno fortificado. Mientras, el contenido de sólidos totales de la leche (10.30 °Brix) reportada durante la etapa de adaptación es superior al periodo de testigo e inferior al periodo de suplementación con (10.52 °Brix) es superior a los dos primeros periodos de tratamiento.

Tonconi (2015) señala que no existen diferencias en los resultados de sólidos totales de leche de vacas suplementadas con heno de alfalfa, germen de maíz, jipi-broza de quinua y el testigo (pradera nativa en descanso), las diferencias estadísticas en el contenido de sólidos totales de leche de las vacas suplementadas por periodos de tratamiento, se atribuyen a: los resultados obtenidos de mayor contenido de sólidos totales de leche de las vacas durante el periodo de suplementación con respecto al testigo (sin suplemento), se debe a que una alimentación adecuada (pradera nativa complementada con concentrado y heno fortificado) aumenta la producción de leche, las proteínas y lactosa aunque la grasa se mantienen invariable (Buxadé 1997). Por el contrario, un nivel energético deficiente en la alimentación (forrajes) incrementa el porcentaje de grasa, mientras que disminuyen la producción de leche y los porcentajes de proteína y lactosa (Achu 2014) tal como ocurrió con el periodo de testigo (alimentación a base de pradera nativa).

Bonilla (2008), la leche está constituida en un 85-90 % por agua, el 10-15 % restante es lo que se conoce como sólidos totales y está conformada principalmente por lactosa, grasa, proteína y minerales. Al respecto Saborío-Montero (2011), señala que entre los factores más significativos que afectan en el

contenido de sólidos de la leche son: la raza, dieta, salud ruminal, época del año, disponibilidad y calidad del alimento, producción de leche y etapa de lactancia, contenido de células somáticas. Razón por la cual, según Shimada-Miyasaka (2007) atribuir el resultado obtenido de sólidos totales solamente a la alimentación no sería pertinente sino que son el resultado de un efecto multifactorial.

La disponibilidad y calidad del alimento, juega un papel muy importante en el contenido de sólidos totales de leche, Saborío-Montero 2011) siendo que en el rumen se desencadena la producción de ácidos grasos volátiles, de estos ácidos el más involucrado en la producción de grasa a nivel de glándula mamaria es el ácido acético, este se produce en mayor cantidad cuando el animal es alimentado con forraje, (Achu 2014) una ración mal balanceada (relación forraje concentrado) reduce la grasa láctea debido a la disminución marcada del pH dentro del rumen y a un aumento en la proporción de ácido propiónico en relación al ácido acético.

Cuando el animal se alimenta con grandes cantidades de concentrado, se favorece la producción de ácido propiónico que favorece directamente al aumento de la producción de leche (Buxadé 1997). Otro factor que está involucrado en la producción de sólidos totales, es el uso de nitrógeno no proteico (NNP) en la ración (Saborío-Montero 2011). La urea es comúnmente utilizada como fuente de NNP, el uso de esta sustancia incrementa el nitrógeno amoniacal en el rumen, así como el paso de proteína microbiana hacia el intestino delgado, la cual puede representar un aumento en la proteína láctea.

El contenido de sólidos totales de la leche (10.39 °Brix) de las vacas suplementadas con concentrado es superior al contenido de sólidos totales de leche (10.19 °Brix) de las vacas suplementadas con heno fortificado (figura 6).

La variación existente entre los promedios de sólidos totales de leche de las vacas suplementadas con heno fortificado y concentrado, según Achu (2014) se atribuye a que con la suplementación con concentrado (insumos de alta densidad energética y aporte de proteína) se ha propiciado a través de la fermentación en el rumen a la producción de ácido propiónico para incrementar la producción de leche y lactosa; y el forraje (pradera nativa) ha contribuido a la producción de ácido acético (Saborío-Montero 2011) para la producción de grasa láctea.

Mientras, el heno fortificado mejorado en cuanto a la calidad nutricional con melaza, urea, harina de maíz amarilla y sales minerales por contener mayor proporción de fibra (la lignina) ha limitado la degradabilidad y por consiguiente menor producción de ácido propiónico afectando en la síntesis de lactosa y proteína láctea a pesar de que se mantiene el tenor graso, la leche fue bajo en sólidos totales comparado con suplemento concentrado.

De acuerdo al análisis de los resultados de suplementación con heno fortificado y concentrado durante la época seca, se ha llegado a las siguientes conclusiones. Con la suplementación en la ración de las vacas, se ha logrado incrementar significativamente la producción de leche con respecto en el periodo cuando solamente fueron alimentadas con pradera nativa (testigo) y por otro lado aunque comparado entre los rendimientos de producción de leche por efecto de los dos suplementos resultó mejor con el concentrado. Por lo tanto, el incremento de la producción de leche con la suplementación, se atribuye a que al ofrecer una ración combinada de pradera nativa y suplemento a las vacas se complementó efectivamente la deficiencia de nutrientes aportada solamente por la pradera nativa.

A pesar de que estadísticamente los promedios de conversión alimenticia de las vacas suplementadas

con heno fortificado fueron superiores con respecto al grupo de las vacas suplementadas con concentrado y otros con pradera nativa, se asume que se ha mejorado la eficiencia de conversión alimenticia porque la producción de leche ha incrementado significativamente por efecto de suplementación tanto con concentrado y heno fortificado. En conclusión, se enuncia que las variables de rendimiento de la producción de leche y el consumo del alimento indican la eficiencia de conversión del alimento en una unidad de kg de leche.

De la misma forma con la suplementación en la ración de las vacas, se ha mejorado considerablemente el contenido de sólidos totales de la leche con respecto al periodo cuando las vacas fueron alimentadas solamente con pradera nativa (testigo) y por otro lado también se ha determinado que con la suplementación de concentrado se ha producido leche con mayor contenido de sólidos totales comparado con el suplemento heno fortificado. Entonces, se asume que con una alimentación adecuada (pradera nativa más suplementos) se ha logrado aumentar la producción de leche, el porcentaje de proteínas, lactosa y minerales.

### Conflictos de intereses

La investigación se realizó en predios del Ayllu Originario Achaca y no presenta conflictos de interés. Además el presente estudio ha cumplido las normas éticas para el manejo de animales en trabajos de investigación.

### Agradecimientos

A los comunarios del Ayllu Originario Achaca, municipio de Tiahuanacu por disponer y facilitar los animales (vacas en lactancia) para realizar el pre-

sente trabajo de investigación. Al Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA) por la realización de análisis químico de las muestras de los insumos alimenticios para ser utilizado en el presente estudio.

### Literatura citada

- Achu C. Alimentos y alimentación animal. Texto guía para estudiantes. Carrera Ingeniería Zootécnica. Universidad Católica Boliviana. La Paz-Bolivia; 2014.
- Achu C. Producción de bovinos de carne en el Altiplano. Primera Edición. Impreso en C y C impresiones. La Paz. Bolivia; 2010.
- Alcázar JF. Ecuaciones simultáneas y programación lineal como instrumentos para la formulación de raciones. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. Proyecto UNIR-UMSA. Primera edición. La Paz-Bolivia; 2002.
- Apaza E. Diseños y análisis de experimento en producción animal. Universidad Nacional de Puno. Perú; 2007.
- Bonilla DP. Categorización de la composición e higiene de leche acopiada en una planta de pasteurización. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. México; 2008.
- Buxadé C. Alimentos y racionamiento. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid - Barcelona. México; 1997.
- Calzada J. Métodos estadísticos para la investigación. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú; 1997.
- Castillo-Gallegos P, Ocaha-Zavaleta E, Mendoza-Peralta C, Gómez-Sánchez R, Rubio-Gutiérrez I, Livas-Calderón F, et al. Complementos con

- base en melaza-urea para vacas de doble propósito del trópico veracruzano. *Vet Méx* 1999;30(2): 125-33.
- Centro de estudios para el desarrollo laboral y agrario. Producción campesina y mercados: La ganadería lechera en el altiplano de La Paz. Diseño y edición Muela del diablo. Impresión OFAVIM. La Paz-Bolivia; 1997. p. 146.
- Chura F. Evaluación de la calidad de leche bovina en época seca y húmeda, en el Municipio de Tiahuanacu, Provincia Ingavi- Departamento de La Paz. [Tesis de Licenciatura] Unidad Académica Campesina de Tiahuanacu. Universidad Católica Boliviana San Pablo. La Paz. Bolivia; 2006.
- Condori E. Evaluación de los recursos forrajeros nativos en la zona Alto andina de la comunidad Jaillihuaya del Municipio de Batallas, Provincia Los Andes. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz. Bolivia; 2012.
- Delgado-Callisaya PA, Parisaca V, Quispe I, Delgado EJh, Aduviri M. Evaluación de la calidad de la leche cruda bovina (*Bos taurus*) en la Comunidad Mazo Cruz del departamento de La Paz-Bolivia. *J Selva Andina Anim Sci* 2016;3(1): 43-8.
- FAO - FEPALE. Producción y sanidad animal organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) federación panamericana de lechería; 2011.
- Henao PA, Tapasco OA, Serna MA. Validación de tres suplementos alimenticios elaborados a partir de subproductos agroindustriales de pos cosecha en función del incremento en sólidos totales de la leche. *Rev Bio Agro* 2011;9(2):105-13.
- Herrera AM, Martínez N, Herrera P, Colmenares O, Birbe B. Consumo de heno y producción de leche en vacas doble propósito suplementadas con bloques multinutricionales. *Zootecnia Trop* 2009;27(4):465-73.
- Martín PC. La melaza en la alimentación del ganado vacuno. *Av Investig Agropecu* 2004;8(3):1-13.
- Mendoza E. Influencia de los Núcleos Alimenticios sobre el comportamiento productivo de vacas pardo suizo en la comunidad Aconcagua. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia; 2013.
- Nasanovsky M, Garijo R, Kimmich R. Lechería disponible en: <http://www.hipotesis.com.ar/hipotesis/Agosto2001/Catedras/Lecheria.htm>.
- National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6ª Ed. Committee on Animal Nutrition. National Research Council; 1989; p. 168.
- PDM. (Plan de Desarrollo Municipal) Gobierno Autónomo Municipal de Tiahuanacu Estado Plurinacional de Bolivia departamento de La Paz provincia Ingavi tercera sección; 2011.
- Preston TR, Leng RA. Supplementation of diets based on fibrous residues and by-products. In: Straw and other fibrous by-products as feed (Ed. Sundstol F, Owens E.). Elsevier Press; 1984; p. 373-413.
- Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano. Alimentación y nutrición del ganado lechero. Manual de auto instrucción. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural; 2005.
- Programa de Servicios de Desarrollo Económico Rural-Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación. Capacitación y asistencia técnica en formulación y preparación de raciones para

- la alimentación del ganado bovino de leche. Consultoría Guaqui y Tiahuanacu - Provincia Ingavi. La Paz - Bolivia; 2013.
- Pulido RG, Escobar A, Follert S, Leiva M, Orellana P, Wittwer F, et al. Efecto del nivel de suplementación con concentrado sobre la respuesta productiva en vacas lecheras a pastoreo primaveral con alta disponibilidad de pradera. Arch Med Vet 2009;41(3):197-204.
- Quimo-Relova EG. Determinación de los costos de producción de leche y derivados lácteos a nivel artesanal en las provincias los andes, murillo y Omasuyos del departamento de La Paz. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía; 2008. p. 136.
- Reyes JE, Loaiza A. Alimentación de bovinos en época de secas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – INIFAP. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Colección memoria de capacitación. Sinaloa – México; 2012.
- Saborío-Montero A. Factores que influyen el porcentaje de sólidos totales de la leche Zootecnista. Centro de Investigaciones en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica; 2011.
- SENASAG. Producción lechera y efectos del cambio climático en dos comunidades del Altiplano Norte Diciembre, 2012 LA PAZ - BOLIVIA. [http://www.cipca.org.bo/images/libros/documentos/Produccion\\_lechera\\_efectos\\_del\\_cambio\\_climatico\\_ok.pdf](http://www.cipca.org.bo/images/libros/documentos/Produccion_lechera_efectos_del_cambio_climatico_ok.pdf).
- Shimada-Miyasaka A. Nutrición Animal. Primera Ed. Editorial Trillas S.A. de C.V. Impreso en México; 2007.
- Tonconi S. Evaluación de costos y producción de leche en vacas mestizas por efecto de tres suplementos alimenticios en la Unidad Académica Campesina Tiahuanacu. [Tesis de Licenciatura]. Universidad Católica Boliviana San Pablo. La Paz. Bolivia; 2015.
- Urbano D, Dávila C, Moreno P, Castro F. Efectos Del tipo de pastura y suplementación sobre la producción y calidad de leche en vacas doble propósito. Revista Científica 2002;(2):524-7.
- Valda C. Efecto de suplementación en la producción de leche en bovinos Holstein para época de estiaje en municipio de Guaqui. [Monografías de grado]. Unidad Académica Campesina de Battallas. Carrera Agroindustria. Universidad Católica Boliviana San Pablo. La Paz-Bolivia; 2013.
- Wattiaux M. Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera Universidad de Wisconsin-Madison. 2000. [Citado 3 de junio de 2016]. Disponible en <http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/de/19.es.pdf>