

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Efecto de la inclusión de ZEO PEC® en la dieta de vacas lecheras de la
Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Estudiantes

Cherly Nahomy Pinto Castro

Ana Arely Reyes Gutiérrez

Asesores

Marielena Moncada Laínez, Ph.D.

John Jairo Hincapié, D.Sc.

Honduras, junio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL OMAR CASTILLO RAMÍREZ

Director Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexos.....	5
Resumen	6
Introducción.....	8
Materiales y Métodos.....	11
Variables medidas.....	13
Producción de leche.....	13
Análisis de composición de la leche.....	13
Condición corporal (CC)	14
Peso corporal	14
Conteo de células somáticas.....	14
Diseño experimental y análisis estadístico	14
Resultados y Discusión.....	16
Producción de leche.....	16
Análisis de composición de la leche.....	17
Condición corporal (CC)	19
Peso corporal	20
Conteo de células somáticas.....	21
Conclusiones	23
Recomendaciones.....	24
Referencias.....	25
Anexos.....	30

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Distribución de las raciones de acuerdo con el tratamiento.	12
Cuadro 2 Composición química de ZEO PEC®.....	13
Cuadro 3 Comparación de producción de leche diaria en ambos tratamientos.	17
Cuadro 4 Comparación de parámetros de composición de la leche para ambos tratamientos.	18
Cuadro 5 Comparación de condición corporal para ambos tratamientos.	19
Cuadro 6 Comparación de peso corporal para ambos tratamientos.	20
Cuadro 7 Comparación del conteo de células somáticas para ambos tratamientos (x1000 cel/mL). .	21

Índice de Anexos

Anexo A Formato para la medición de Condición Corporal (CC) para vacas lecheras.....	30
Anexo B Recuento de células somáticas.....	31

Resumen

La industria lechera reviste de gran importancia en la dieta de la población, por ello procura evolucionar constantemente para lograr mejoras en producción. Las zeolitas son minerales de origen volcánico con propiedades que permiten potencializar la absorción de nutrientes. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la inclusión de ZEO PEC® en la dieta de vacas lecheras. Se realizó en la Unidad de Ganado Lechero de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, a 28 vacas Holstein y sus encastes, las cuales fueron divididas en dos grupos (control y ZEO PEC®). Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos tratamientos y un análisis de varianza (ANDEVA) con medidas repetidas en el tiempo. Los parámetros evaluados fueron: condición corporal, producción de leche diaria, peso corporal y conteo de células somáticas, con una probabilidad exigida de $P \leq 0.05$. La dieta de las vacas consistió en pasto fresco, ensilaje y concentrado, diferenciando al lote ZEO PEC® al adicionar zeolita como complemento al concentrado suministrado. Según los resultados obtenidos no se mostró diferencias significativas ($P > 0.05$) en las variables peso, condición corporal y conteo de células somáticas. La variable producción de leche si mostró diferencias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos, finalizando el experimento con promedios de 22.45 y 19.93 kg, consiguiendo un aumento promedio de 2.52 kg diarios al suplementar ZEO PEC®. Se concluye que la inclusión de ZEO PEC® en la dieta generó cambios positivos en la producción de leche diaria evaluado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Palabras clave: Condición corporal, conteo de células somáticas, mineral, peso corporal, zeolita.

Abstract

The dairy industry is of great importance in the diet of the population, and for this reason it is constantly evolving to achieve improvements in production. Zeolites are minerals of volcanic origin with properties that enhance nutrient absorption. The aim of this study was the evaluation of the effect of inclusion of ZEO PEC® in dairy cow's diet. The study was carried out in the Dairy Cattle Unit of Zamorano University. 28 Holstein cows and their crossbreeds were divided into two groups (control and ZEO PEC®). A completely randomized design (CRD) was used with two treatments and a Repeated Measures Analysis of Variance (ANOVA). Among the evaluated variables were body condition, daily milk production, body weight, and somatic cell count using a probability of $P \leq 0.05$. The cows' diet consisted of fresh grass, silage, and concentrate, differentiating the batch under treatment by adding zeolite as a complement to the supplied concentrate. According to the results obtained, there was no significant difference ($P > 0.05$) in the variables in the somatic cell count, condition, and body weight. The variable milk production it showed differences ($P \leq 0.05$) between treatments, ending the experiment with averages of 22.45 and 19.96 kg, achieving an average increase of 2.52 kg per day when supplementing ZEO PEC®. It can be concluded that the addition of ZEO PEC® in the diet of dairy cows, generated positive changes in the daily milk production evaluated at the Zamorano University.

Keywords: Body condition, body weight, mineral, somatic cell count, zeolite.

Introducción

El sector lácteo de América Latina hace una importante contribución a la economía de la región, a la producción y exportación de productos de origen animal de alto valor nutricional, y a la seguridad alimentaria y nutricional de comunidades urbanas y rurales. Su importancia económica y social es cada vez mayor en razón al aumento de la demanda por leche y derivados lácteos en los países en desarrollo (FAO y FEPAL 2012).

El sector de leche y sus derivados reviste de gran importancia por las propiedades nutritivas de sus productos para el consumo humano, por lo que se considera importante en la dieta alimenticia de la población (CDPC 2013). La producción mundial de leche representada por el 81% de leche de vaca, 15% de leche de búfala y un total de 4% para la leche de cabra, oveja y camella combinadas, creció a una tasa de 1.3% en 2019 y ascendió a cerca de 852 millones de toneladas (OCDE y FAO 2020).

Según Gallardo (2019), la Cámara Hondureña de la Leche (CAHLE) informó que en el año 2018 la producción de leche llegó a 1.2 millones de litros al día tanto en el sector formal como informal, además de un ascenso en el consumo durante el 2019 que va desde los 60 a 130 litros por persona al año.

La demanda de leche y productos lácteos en los países en desarrollo está creciendo como consecuencia de la urbanización, el crecimiento demográfico y los cambios en los regímenes alimentarios (FAO 2021b) por lo cual, los productores adquieren un compromiso para establecer producciones altas y eficientes, en algunos casos se logra aumentar la producción, sin embargo, la relación costo-beneficio está muy cerca del límite; esto conlleva a la necesidad de proveer un buen manejo del hato y así lograr dicha meta.

Para lograr un retorno económico positivo es importante mantener la salud del hato, el bienestar animal y mejorar la calidad de la leche. La definición de calidad de la leche, o las características de ella, son las nutricionales y microbiológicas; las características nutricionales se definen como el porcentaje de los diferentes constituyentes químicos como: proteínas, grasa, lactosa,

minerales, vitaminas, sólidos no grasos y sólidos totales (Calderón et al. 2006); en referencia a bienestar animal ha sido definido por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) según la cual un animal se encuentra en un estado satisfactorio de bienestar cuando está sano, confortable y bien alimentado, puede expresar su comportamiento innato, y no sufre dolor, miedo o distrés (Manteca y Salas 2015).

La producción lechera intensiva o semi intensiva demanda alta oferta de alimentos para cumplir con los requerimientos nutricionales de la misma (Campos Gaona et al. 2020). Por lo cual, el productor se ve en la necesidad de buscar alternativas que logren suplir los requerimientos a costos aceptables.

Con el objetivo de aumentar los ingresos la industria lechera procura evolucionar constantemente para lograr mejoras en el volumen y calidad de leche, en cuanto a volumen, este crecimiento se debe principalmente al aumento del número de animales destinados a la producción, y no al de la productividad por cabeza (FAO 2021a). Mediante la investigación se revelan nuevos descubrimientos que pretenden contribuir a dicho punto; con el paso del tiempo se han realizado muchos experimentos que han dejado como resultado, el hallazgo de múltiples aditivos que a pesar de ser poco conocidos en el mercado aportan grandes beneficios. Dentro de estos se encuentran las zeolitas que fueron descubiertas por primera vez en 1756 por el Barón Axel Frederick Cronsted (Gómez Martín 2018). La zeolita es un mineral de aluminosilicatos hidratados de sodio, calcio, magnesio, potasio y otros alcalinos y alcalino térreos que se encuentran en forma natural en la tierra (Del Campo 2004).

Actualmente este mineral es distribuido en Honduras con el nombre comercial ZEO PEC®. De acuerdo con la ficha técnica, este producto es un complejo granulado con un alto contenido de clinoptilolita-modernita más pared celular de levadura, contiene una gran capacidad de absorción de gases, líquidos y malos olores, controlando el amoníaco de la excreta, disminuye la velocidad de paso de la alimentación, mejorando así la utilización de nutrientes por parte del animal y mejora conversión

alimenticia, por lo tanto, al ser suministrada en una dieta promete un aumento significativo en la producción lechera del hato.

Las limitantes que se presentaron durante el experimento están relacionadas con la salud de las vacas. La mastitis bovina tiene una tasa de infección de 20 a 65% sobre los rebaños de todo el mundo (Gitau et al. 2013), destacando también que, según el grado de la inflamación y lesiones en la vaca, la mastitis se puede clasificar como clínica o subclínica.

La mastitis subclínica es la más común ya que no es tan evidente, tanto el animal como su producto pueden parecer de aspecto normal y, no obstante, presentar un aumento de microorganismos y células blancas en la leche; siendo un elemento común la disminución de la producción y calidad de la leche (Blum et al. 2014). Dentro de los factores asociados a la aparición de mastitis subclínica se encuentran, prácticas de manejo deficientes, alojamiento inadecuado, presencia de moscas, estado de nutrición, incorrectos procedimientos en el ordeño y exposición a agentes patógenos que pueden alcanzar el sistema mamario y ubicarse entre el conducto del pezón. Además, existen otras variables que influyen en la epidemiología de la mastitis que no son modificables como las del animal, el clima y la región (Rojas Rodriguez 2017). El estudio se realizó durante la época de lluvia, bajo un sistema semi-estabulado, por lo tanto, las vacas frecuentaban los potreros y estos al ser afectados por las constantes lluvias aumentan la posibilidad de que las vacas presenten lesiones, además de incrementar la incidencia de mastitis.

El presente estudio realizado en la Unidad de Ganado Lechero de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, tuvo como objetivos: Evaluar el efecto de la inclusión de ZEO PEC® en la dieta de vacas lecheras sobre la producción diaria de leche, y determinar el efecto de ZEO PEC® sobre las variables condición y peso corporal y valorar el efecto de ZEO PEC® sobre el conteo de las células somáticas de la leche.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en la Unidad de Ganado Lechero de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada a una altitud de 800 msnm con precipitaciones anuales de 1,100 mm y temperaturas que oscilan entre los 22 a 30 °C. El experimento inició en septiembre de 2020 y finalizó en enero de 2021.

Se seleccionaron 28 vacas Holstein y sus encastes, estas fueron divididas en dos grupos, de las cuales 14 se destinaron al lote con inclusión de ZEO PEC®, definido como el lote A, mientras que las otras 14 conformaron el lote B (lote control). Se les brindó las mismas condiciones a ambos grupos. Al momento de seleccionar el ganado para este experimento se tomaron en cuenta los siguientes criterios: que las vacas se encontraran entre la segunda y quinta lactancia, promedio mínimo de producción de 20 litros diarios, días de lactancia menores a 160 días y una condición corporal (CC) de 2.50 a 3.75. Esta selección se llevó a cabo con el libro de registro diario de la Unidad de Ganado Lechero de Zamorano y la base de datos del sistema computarizado VAMPP® versión 3.0.

Un manejo incorrecto del hato puede producir estrés en los animales ocasionando repercusiones negativas en los mecanismos biológicos de producción, tomando en cuenta esto, el experimento inició con un periodo de adaptación de tres semanas. En el día uno, se procedió a movilizar los grupos a corrales de la unidad que fueron utilizados exclusivamente por los lotes incluidos en el estudio. El espacio de comedero requerido para que el animal coma de manera confortable es un aspecto esencial del bienestar. Habitualmente se maneja una medida de 0.8 m cuando la cornadiza es una simple barra que impide el paso del animal hacia el pasillo (Callejos Ramos 2014). Tomando en cuenta este parámetro cada lote contó con un comedero de 12 metros lineales que le permitía a cada vaca el acceso a la comida de forma igualitaria, además de contar con agua *ad libitum*.

Los requerimientos nutritivos son la parte fundamental para la alimentación de las vacas. Estos varían de acuerdo con el peso vivo, nivel de producción y momento de lactancia que se

encuentran los animales. Todos estos aspectos son considerados para formular una ración óptima, tomando en cuenta una cierta proporción de forraje y concentrado (Hazard T 2018).

Los dos lotes fueron alimentados con una ración total mezclada (RTM), la cual les ayuda a dar su máximo rendimiento. Esto se debe a que al administrar una ración nutricionalmente balanceada todo el tiempo, las vacas logren consumir lo más cercano a su requisito de energía posible y mantener las características físicas necesarias para la función apropiada del rumen (Lammers et al. 2002).

Las vacas estuvieron bajo un sistema semi estabulado por lo que el complemento se basó en ensilaje de sorgo y maíz, concentrado Alta Producción, Zamorano (AP) y Pellet Maxileche® para el lote B (control), mientras que al lote A se le adicionó al concentrado ZEO PEC®, este era una mezcla de concentrado Alta Producción, Zamorano (AP) más la inclusión de 1.05 kg de ZEO PEC® por cada 45.45 kg lo que asegura un 2.31% de Inclusión de ZEO PEC® a la dieta.

Cuadro 1

Distribución de las raciones de acuerdo con el tratamiento.

Tratamiento	Composición	AM (kg)	PM (kg)	Ración diaria (kg)
A	Ensilaje	127.27	63.63	
	ZEO PEC®	46.5	46.5	
	Pellet*	45.45	----	
	AP	---	22.72	
B	Ensilaje	127.27	63.63	
	Pellet*	45.45	----	
	AP	45.45	68.18	
Total A		219.22	132.85	352.07
Total B		218.17	131.81	349.98

Nota. AP= Alta Producción. Zamorano. *Maxileche Alcon®

Cuadro 2

Composición química de ZEO PEC®.

Composición química	Concentración (%)
Pared Celular de Levadura (PCL)	1
SiO ₂	63.0-68.6
Al ₂ O ₃	11.6-12.7
TiO ₂	0.3-0.45
Fe ₂ O ₃	1.07-2.08
Na ₂ O	1.34-2.39
K ₂ O	1.09-1.50
CaO	2.78-5.78
MgO	0.07-0.92
Pirofosfato Inorgánico (PPI)	10.80-11.02
H ₂ O	3.44
Intercambio Catiónico Total (ICT)	120-150 µeq/100 g de suelo

Nota. Tomado de AVIGAN (2021). PCL= Pared Celular de Levadura

Variables medidas

Producción de leche

Esta variable fue monitoreada mediante el pesado de leche de todas las vacas incluidas en el estudio. En la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, se realizan dos ordeños, el ordeño de la mañana inicia a las 4 am y el segundo a la 1 pm, por lo que se tomaron en cuenta ambos ordeños para determinar la producción diaria de los lotes experimentales.

La máquina de ordeño que se utiliza en la Unidad de Ganado Lechero de Zamorano tiene incluido un sistema de pesado de leche del cual se hizo uso. Esta máquina posee un tablero que marca los kg de leche producidos por la vaca que se encuentra en ordeño. El pesado de leche se realizó día de por medio, obteniendo un promedio de cuatro pesajes por semana durante toda la duración del experimento a excepción de las tres semanas de adaptación.

Análisis de composición de la leche

Se realizaron análisis de leche al lote A (inclusión de ZEO PEC®) y al lote B (control) en dos ocasiones. Las pruebas y análisis de leche se realizaron al inicio en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) al igual que con el medidor ultrasónico Ekomilk Ultra® que se encuentra

en la Unidad de Ganado Lechero de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Al finalizar el estudio dichas pruebas se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la empresa LACTHOSA y de igual manera en el Ekomilk Ultra®, midiendo en ambas ocasiones porcentaje de grasa, proteína y sólidos totales en cada lote.

Condición corporal (CC)

Se evaluó la condición corporal de cada animal en tres ocasiones correspondientes a las semanas 1, 7 y 16 del estudio, utilizando la escala para vacas lecheras de uno a cinco (Anexo A). Esta es una evaluación por medio de apreciación visual por lo que fue valorado mediante los mismos criterios, seis puntos específicos del animal y la misma persona en las tres ocasiones.

Peso corporal

Se pesaron los 28 animales individualmente durante las semanas 1, 7 y 16 del estudio, haciendo uso de las barras pesadoras de la marca Gallagher® bajo las mismas condiciones en los tres pesajes.

Conteo de células somáticas

Se utilizó la prueba rápida de nombre comercial PortaSCC® (Anexo B). Se añadió a cada tira, cuatro gotas de leche obtenidas de la muestra recolectada por cada vaca y cuatro gotas de la solución activadora. Se esperó por cinco minutos y se procedió a hacer la lectura del resultado comparándolo con una escala de tonos del color azul que proporciona el kit, al encontrar el color apropiado para el resultado se supo en que rango de células somáticas se encontraban, esta prueba se realizó en dos ocasiones una al inicio del experimento y otra en la semana de finalización.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos tratamientos, medidas repetidas en el tiempo y 28 unidades experimentales (cada vaca considerada como una unidad

experimental), distribuidas en dos lotes de 14 vacas cada uno (Lote A: Grupo ZEO PEC®; Lote B: Grupo control). Se utilizó el paquete de “Statistical Analysis System” SAS® versión 9.4. Para la variable de composición de leche se realizó un análisis descriptivo y para el conteo de células somáticas una prueba T de Student con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$) haciendo uso de InfoStat® versión 2020I.

Resultados y Discusión

Producción de leche

Uno de los mayores compromisos que adquieren los productores al momento de ingresar a la industria lechera es aumentar la producción de sus vacas, y uno de los factores fundamentales para lograrlo es implementar una alimentación de calidad. Es muy importante que la cantidad de alimentos que consuma el ganado no sea inferior a necesidades de mantenimiento y producción (Copa 2010). Por lo que, en algunos casos recurren a la implementación de suplementos alimenticios que puedan traer mejoras en este punto. En el presente estudio se incluyó el producto ZEO PEC® que promete incrementos en rendimientos de producción pecuaria y mejoras en la utilización de nutrientes por parte del animal (AVIGAN 2021).

Se obtuvo diferencia ($P \leq 0.05$) en la variable Producción de leche diaria (Cuadro 3), siendo el tratamiento con ZEO PEC® el que presentó los mejores resultados superando al control en 2.52 litros/día. Estos resultados coinciden con el estudio realizado por Ural (2014) a un grupo de 80 vacas Holstein-Friesian divididas en dos tratamientos (grupo control y grupo clinoptilolita), donde la producción de leche se vio afectada de manera positiva y estadísticamente significativa en las vacas lecheras que fueron alimentadas con un suplemento de clinoptilolita. El experimento se realizó durante 16 semanas en las cuales ambos grupos fueron alimentados con una dieta base, otorgando la única diferencia al grupo experimental al adicionar clinoptilolita al 3%. Cada vaca se alimentó con 30 kg de ensilaje de maíz, 3 kg de melaza y 3 kg de concentrados por día hasta el parto. Durante la lactancia, cada vaca recibió 35 kg de ensilaje de maíz en conjunto con 3 kg de melaza y 400 g de concentrado por litro de producción de leche, todo esto dividido en dos raciones al día.

Así mismo el estudio realizado por Karatzia et al. (2013) demostró que las vacas suplementadas con clinoptilolita tuvieron un mejor desempeño reproductivo y produjeron más leche que las vacas no tratadas; en este estudio 80 vacas Holstein preñadas se dividieron por igual en dos grupos: las vacas del grupo en tratamiento se alimentaron con la ración suplementada con 200 g de

clinoptilolita por día y el grupo de control fue alimentado con la ración basal. El experimento comenzó el día 210 de gestación y se prolongó hasta el final del primer período de lactancia. Los resultados demostraron que la clinoptilolita aumentó significativamente la producción de leche, revelando que la administración dietética diaria de 200 g de clinoptilolita se puede utilizar para mejorar el rendimiento animal en los rebaños lecheros.

Por otra parte, difiere con los resultados de un estudio realizado por Reyes et al. (2003) con nueve vacas Holstein que fueron divididas en tres tratamientos y alimentadas con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) más un suplemento, ya que los resultados demostraron que el grupo suplementado con Zeolita al 4% no presentó aumento significativo en la producción de leche diaria.

Cuadro 3

Comparación de producción de leche diaria en ambos tratamientos.

Tratamiento	Producción diaria
ZEO PEC®	22.45
Control	19.93
EE ±	0.3098
Valor de P	<0.001

Análisis de composición de la leche

La leche, sin otra denominación, es el producto fresco del ordeño completo de una o varias vacas sanas, bien alimentadas y en reposo, exento de calostro y que cumpla con las características físicas, microbiológicas e higiénicas establecidas (Reyes González Cu et al. 2010). La leche de vaca es un alimento de primera necesidad. De gran demanda por su alto valor nutricional que se refleja en sus componentes, es considerada un alimento básico en la dieta de niños, ancianos, enfermos, y en general de toda la población (Agudelo Gómez y Bedoya Mejía 2005), este puede presentar algunas variaciones dependiendo de la raza del animal con la que se está tratando.

En este estudio se trabajó con 28 vacas Holstein y sus encastes, teniendo como referencia una vaca Holstein se presenta la composición de leche para dicha raza: 3.32% grasa, 3.22% proteína. (González Rochow 2012; Ceballo 2017)

En cuanto a la composición de la leche se obtuvieron resultados que no presentan mayores cambios en cuanto a porcentaje de grasa y proteína por la utilización de ZEO PEC® (Cuadro 4), solo un leve cambio en el porcentaje de proteína.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Reyes et al. (2003) en el estudio realizado a nueve vacas Holstein, divididas en tres tratamientos y alimentadas con pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) más un suplemento, este estudio demostró que la calidad de la leche no presentó cambios en el grupo suplementado con zeolita al 4%.

El presente estudio difiere con el realizado por Castro et al. (2014) en el cual demostraron que las cerdas reproductoras que recibían una dieta con inclusión de zeolita en concentraciones del 3 y 6% durante los días de lactancia, lograron incrementar el peso de sus crías desde la primera semana, consiguiendo así, destetarlos con mayor peso, ya que la calidad de leche en términos de grasa fue superior a la de las cerdas de los otros tratamientos. Además, en el estudio realizado por Khachlouf et al. (2019) la composición de la leche (sólidos totales, grasa, proteína, lactosa y cenizas) no se vio afectada por la inclusión de zeolita con 0.2 kg/vaca/día.

Cuadro 4

Comparación de parámetros de composición de la leche para ambos tratamientos.

Tratamiento	Grasa %		Proteína %		SNG %	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final
ZEO PEC®	3.15	3.17	3.18	3.31	8.97	9.05
Control	3.18	3.27	3.21	3.27	9.02	8.95

Nota. Sólidos No Grasos (SNG)

Condición corporal (CC)

Los registros de condición corporal son una herramienta que por más de 25 años ha sido evaluada y correlacionada con parámetros reproductivos y productivos. La condición corporal es básicamente una medida para estimar la cantidad de tejido graso subcutáneo en ciertos puntos anatómicos (Lopez 2006).

Esta medida es de gran utilidad a lo largo del ciclo de producción y reproducción de la vaca, ya que mediante la relación suministro de energía y demanda, se puede notar si existe equilibrio entre estos, al no haberlo, ya sea por exceso o deficiencia se puede utilizar como referencia para la toma de decisiones en cuanto al manejo del hato.

En el experimento se realizaron tres mediciones de condición corporal en los dos tratamientos, de los cuales ninguno mostró diferencia ($P > 0.05$) (Cuadro 5).

La presente investigación difiere con resultados obtenidos por Narváez Pesantes y Mendoza Munzon (2021) en el cual demostraron que el efecto de la clinoptilolita ayudó a mantener los valores normales en este parámetro durante el periodo de parto y posparto. Por otro lado, la investigación realizada por Karatzia et al. (2013), demostró que la adición de 200 g de clinoptilolita en la dieta del ganado lechero suministrado forma diaria tiende a incrementar favorablemente la condición corporal.

Cuadro 5

Comparación de condición corporal para ambos tratamientos.

Tratamiento	Semana 1	Semana 7	Semana 16	Promedio
ZEO PEC®	2.84	3.14	3.21	3.07
Control	2.93	3.27	3.41	3.20
EE±				0.08
Valor de P				0.10

Peso corporal

En todo sistema de producción de leche, las vacas pasan por periodos más o menos prolongados de pérdida y recuperación de peso como consecuencia de sus necesidades nutricionales, fundamentalmente mantenimiento y producción.

En cuanto a peso corporal durante el experimento se realizaron tres pesajes a todos los animales para tener datos de inicio, medio y finalización del experimento en el cual se concluyó que no hay diferencia para la variable peso ($P > 0.05$) (Cuadro 6).

Pulido y Fehring (2004) estudiaron el efecto de la adición de una zeolita natural sobre la respuesta productiva de terneras de lechería, post-destete donde la eficiencia de conversión alimenticia no mostró diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. La inclusión de zeolitas naturales en un 3% de la materia seca en la dieta, no mejoró el consumo de alimento y no hubo diferencias estadísticas en eficiencia de conversión alimentaria. Sin embargo, sí aumentó la ganancia de peso vivo a partir de los 30 días de experimento.

Este experimento difiere con los resultados obtenidos por Nicolalde Garcés (2008), donde los promedios finales de cerdas en crecimiento presentaron cambios ($P \leq 0.05$) registrando mayor peso en las cerdas tratadas con el 6% de inclusión de Zeolita, con un peso promedio de 54.13 kg, superando estadísticamente los tratamientos de 0, 2, 4% de inclusión de zeolita con promedios de 49.80, 50.83 y 52.49 kg, respectivamente.

Cuadro 6

Comparación de peso corporal para ambos tratamientos.

Tratamiento	Semana 1	Semana 7	Semana 16	Promedio
ZEO PEC®	566.23	554.55	530.94	550.57
Control	571.10	557.14	571.43	566.56
EE±				31.47
Valor de P				0.27

Conteo de células somáticas

Las células somáticas son células blancas propias del organismo que le sirven como defensa a la glándula mamaria de las vacas contra organismos patógenos. La determinación del contenido de células somáticas de la leche de la glándula mamaria de la vaca es un medio auxiliar de diagnóstico más importante para juzgar el estado de salud de la ubre de un hato (Hernández Reyes y Bedolla Cedeño 2008).

Para lograr un incremento en el nivel de producción, calidad de leche y mejorar la salud de la glándula mamaria, se implementan diferentes suplementos alimenticios entre ellos la zeolita natural (clinoptilolita) mineral que posee la capacidad de intercambio iónico es muy utilizada en la alimentación animal (Costafreda Mustelier 2011).

Una completa salud de la glándula mamaria es la ausencia del elevado número de células somáticas, siendo necesario un manejo adecuado de los factores causantes de su alteración (Malik et al. 2018). Se consideran vacas sanas aquellas que no presentan alteración visual de la leche ni de la glándula mamaria y el conteo de células somáticas es inferior a 200,000 cel/mL de leche (Aguilar Gálvez y Álvarez Díaz 2019).

Haciendo uso de la prueba rápida de nombre comercial PortaSCC® se realizó el conteo de células somáticas al inicio y al final del experimento concluyendo que no hay diferencia ($P > 0.05$) (Cuadro 7).

Cuadro 7

Comparación del conteo de células somáticas para ambos tratamientos (x1000 cel/mL).

Tratamiento	Inicial	Final	Promedio
ZEO PEC®	237.29	320.43	278.86
Control	351.14	362.29	356.71
Valor de P			0.19
CV %			0.70

Nota. CV: Coeficiente de Variación

Es importante mencionar que la mastitis subclínica fue una limitante durante todo el experimento. Desde el inicio, seis vacas de cada lote presentaron problemas de mastitis subclínica, al realizar el conteo de células somáticas se determinó que las vacas pertenecientes al lote control obtuvieron resultados más altos (Cuadro 7).

En este caso al realizarse el experimento durante la época lluviosa, las vacas estaban en un sistema semi estabulado que permitía el aprovechamiento de los nutrientes que pueden obtener a través del pastoreo, no obstante, al momento de ingresar a los potreros se vieron expuestas a terrenos lodosos que contribuían a la aparición de mastitis, por lo que estuvo presente durante todo el estudio.

A pesar de ello, un estudio realizado por Narváez Pesantes y Mendoza Munzon (2021) que tuvo como objetivo determinar el efecto de la clinoptilolita sobre la disminución del conteo de células somáticas, densidad y pH, no presentó diferencias significativas entre los grupos Zeolita + Balanceado que conformaban su experimento. Resultados que coinciden con los obtenidos por Đuričić et al. (2017) quienes indican que no hubo diferencias significativas en la disminución del conteo de las células somáticas. Por el contrario, Ural (2014) encontró diferencias ($P \leq 0.01$) en el grupo de clinoptilolita al 2.5% en contraste con el grupo de control.

Conclusiones

Bajo las condiciones de este estudio la inclusión de 2.31% de ZEO PEC® en la dieta mejoró la producción de leche de las vacas pertenecientes al experimento realizado en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

La adición de 2.31% de ZEO PEC® no generó cambios en parámetros de Peso y Condición Corporal evaluados en las vacas incluidas en el estudio.

La inclusión de ZEO PEC en concentración de 2.31% en la dieta de vacas lecheras no presentó cambios en el Conteo de células somáticas de las vacas pertenecientes al estudio.

Recomendaciones

Llevar a cabo el mismo experimento realizando mayor número de análisis de los parámetros de composición de la leche.

Realizar un estudio utilizando diferentes porcentajes de inclusión de ZEO PEC® en la dieta de vacas lactantes.

Realizar un estudio incorporando ZEO PEC® en la dieta de vacas de raza Jersey.

Referencias

- Agudelo Gómez DA, Bedoya Mejía O. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación; [consultado el 29 de abr. de 2021]. 2(1):38–42. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520107.pdf>.
- Aguilar Gálvez FL, Álvarez Díaz CA. 2019. Mastítis Bovina. 1ª ed. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala (UTMACH). 152 p. ISBN: 978-9942-24-131-3; [consultado el 6 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/3it07DD>.
- [AVIGAN] Avicola Ganadera. 2021. ZEO-PEC: Mineral natural para uso pecuario. Honduras: AVIGAN; [consultado el 12 de abr. de 2021]. <https://avigan.hn/productos-avigan/?SingleProduct=76>.
- Blum SE, Heller ED, Leitner G. 2014. Long term effects of Escherichia coli mastitis. Veterinary Journal; [consultado el 9 de jun. de 2021]. 201(1):72–77. eng. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24906501/>.
- Calderón A, García F, Martínez G. 2006. Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. Revista MVZ Córdoba; [consultado el 25 de may. de 2021]. 11(1):725–737. spa. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3299611>.
- Callejos Ramos A. 2014. Comederos: diseño, dimensionamiento y manejo. Frisona Española, España; [consultado el 6 de jun. de 2021]. 100–111. <https://bit.ly/3lrCdun>.
- Campos Gaona R, Morales JD, Espinosa N. 2020. Efecto de la suplementación nutricional sobre el balance energético en vacas lecheras en trópico bajo. Lasallista de Investigación; [consultado el 5 de jun. de 2021]. 17(1):10–27. <https://bit.ly/3fCw3Up>. doi:10.22507/rli.v17n1a1.
- Castro M, Agüero M, Martínez M, Bocourt R, Ayala L, Ly J. 2014. La zeolita en cerdas lactantes y crías: Zeolita natural cubana (Yacimiento San Andrés, Holgín) para cerdas lactantes. Revista Computarizada de Producción Porcina; [consultado el 21 de may. de 2021]. 21(3):125–129. http://www.iip.co.cu/RCP/213/213_artMCastro.pdf.

- [CDPC] Comisión para la Defensa y Promoción de la Competencia. 2013. El mercado de leche y sus derivados en Honduras. Honduras: CDPC. 84 p; [consultado el 22 de may. de 2021]. <https://bit.ly/2WWYm9r>.
- Ceballos PP. 2017. Producción y composición de la leche: una perspectiva desde el trópico. Habana, Cuba: Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria; [consultado el 29 de may. de 2021]. <https://bit.ly/3fDU7WW>.
- Copa A. 2010. Nutrición y alimentación del ganado lechero: Proyecto Fortalecimiento sostenible de los medios de vida de las familias campesinas de Colquenchá. 1ª ed. La paz, Bolivia: Fundación Sartawi Sayariy. 48 p. Soluciones Prácticas; [consultado el 20 de abr. de 2021]. <http://www.funsepa.net/soluciones/pubs/NjY5.pdf>.
- Costafreda Mustelier JL. 2011. Tectosilicatos con características especiales: las zeolitas naturales. Madrid: Fundación Gómez-Pardo. 26 p. (Rocas y Minerales Industriales). ISBN: 978-84-694-4481-8; [consultado el 14 de abr. de 2021]. http://oa.upm.es/32548/1/Tectosilicatos_Costafreda.pdf.
- Del Campo N. 2004. Uso de zeolitas en nutrición animal. Chile: Minera Formas. 22 p; [consultado el 21 de may. de 2021]. https://www.mineraformas.cl/docs/zeolitas_nutricion_animal.pdf.
- Đuričić D, Benić M, Maćešić N, Valpotić H, Samardžija M. 2017. Dietary zeolite clinoptilolite supplementation influences chemical composition of milk and udder health in dairy cows. Veterinarska Stanica; [consultado el 17 de abr. de 2021]. 48(4):257–265. <https://cutt.ly/vm84UWE>.
- Elanco Animal Health. 1997. Body Condition Scoring in Dairy Cattle. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 5 de jun. de 2021]. 4 p. <https://bit.ly/3CkofjQ>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [FEPAL] Federación Panamericana de Lechería. 2012. Situación de la lechería en América Latina y el Caribe en 2011: Informe producido en el ámbito del Observatorio de la cadena láctea de América Latina y el Caribe.

Chile: FEPALE. 70 p. (Producción y Sanidad Animal); [consultado el 26 de may. de 2021]. <https://bit.ly/3ICiFmY>.

[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2021a. Producción Lechera. Roma: FAO; [actualizado 2021; consultado el 24 de may. de 2021]. es. <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>.

[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2021b. Producción y productos lácteos: Productos: Leche y productos lácteos. Roma: FAO; [actualizado el 13 de jun. de 2021; consultado el 13 de jun. de 2021]. es. <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/es/>.

Gallardo A. 10 de abr. de 2019. Producción de leche crece en 1.5 millones de litros al día. El País; Honduras; [consultado el 14 de may. de 2021]. <https://bit.ly/3AfPLNA>.

Gitau GK, Bundi RM, Vanleeuwen J, Mulei CM. 2013. Evaluation of Petrifilms(TM) as a diagnostic test to detect bovine mastitis organisms in Kenya. Tropical Animal Health and Production. 45(3):883–886. eng. <https://bit.ly/3fCvMB0>.

Gómez Martín JM. ene. 2018. Síntesis, caracterización y aplicaciones catalíticas de zeolitas básicas [Tesis doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; [consultado el 1 de mar. de 2021]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/4846/1/T25174.pdf>.

González Rochow IM. 2012. Caracterización de predios lecheros con alto contenido de sólidos lácteos en la Zona Sur de Chile [Tesis]. Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 92 p; [consultado el 29 de may. de 2021]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2012/fag643c/doc/fag643c.pdf>.

Hazard T S. 2018. Alimentación De Vacas Lecheras. México: Instituto de Investigaciones Agropecuarias; [consultado el 1 de abr. de 2021]. <https://xdoc.mx/documents/alimentacion-de-vacas-lecheras-sergio-hazard-t-ing-5f5a976a45cb0>.

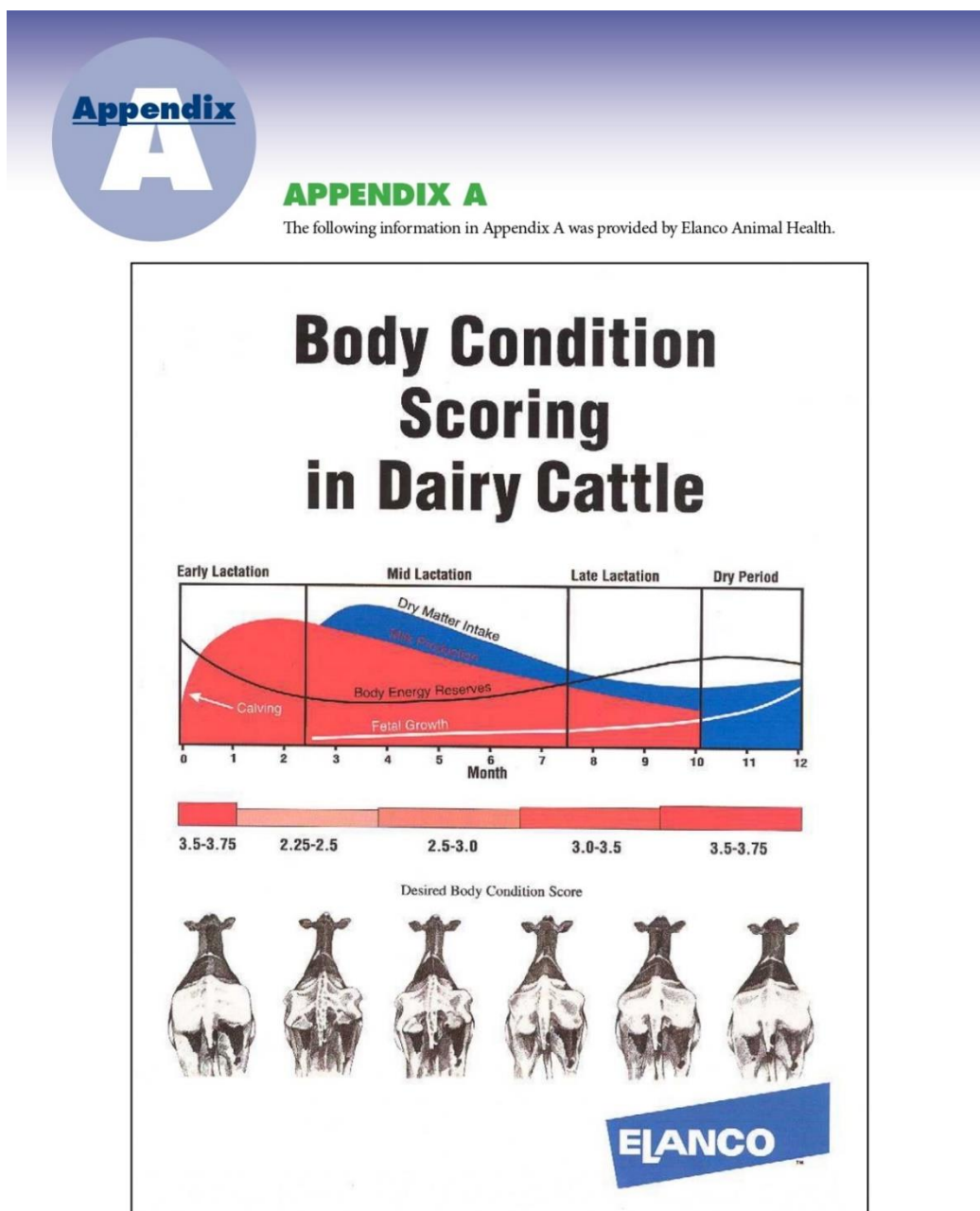
- Hernández Reyes JM, Bedolla Cedeño JLC. 2008. Importancia del conteo de células somáticas en la calidad de la leche. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*; [consultado el 12 de abr. de 2021]. 9(9):1–34. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63617329004.pdf>.
- Karatzia MA, Katsoulos PD, Karatzias H. 2013. Diet supplementation with clinoptilolite improves energy status, reproductive efficiency and increases milk yield in dairy heifers. *Animal Production Science*; [consultado el 5 de jun. de 2021]. 53(3):234–239. en. <https://www.publish.csiro.au/an/AN11347>. doi:10.1071/AN11347.
- Khachlouf K, Hamed H, Gdoura R, Gargouri A. 2019. Effects of dietary Zeolite supplementation on milk yield and composition and blood minerals status in lactating dairy cows. *Journal of Applied Animal Research*; [consultado el 21 de may. de 2021]. 47(1):54–62. doi:10.1080/09712119.2018.1563548.
- Lammers BP, Heinrichs AJ, Ishler VA. 2002. Uso de Ración Total Mezclada (TMR) Para Vacas Lecheras. Costa Rica: Pennstate University. 10 p; [consultado el 16 de may. de 2021]. https://www.martinezystanek.com.ar/upload/publicacion/USO_DE_RACION_TOTAL_MEZCLAD.PDF.
- Lopez FJ. 2006. Relación entre condición corporal y eficiencia reproductiva en vacas holstein. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*; [consultado el 20 de abr. de 2021]. 4(1):77–86. es. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117891>.
- Malik TA, Mohini M, Mir SH, Ganaie BA, Singh D, Varun TK, Howal S, Thakur S. 2018. Somatic Cells in Relation to Udder Health and Milk Quality-A Review. *Journal of Animal Health and Production*; [consultado el 11 de jun. de 2021]. 6(1):18–26. <https://bit.ly/3AfSeHQ>.
- Manteca X, Salas M. 2015. Concepto de Bienestar Animal. Barcelona: Zoo animal welfare education centre. 2 p. Informe no.1; [consultado el 20 de may. de 2021]. <https://bit.ly/3rY6lhX>.
- Narváez Pesantes MR, Mendoza Munzon NX. 2021. Efecto de la adición de la Zeolita en la dieta basal durante el periodo de preparto y postparto sobre calidad y producción de la leche en vacas al pastoreo [Tesis]. Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 73 p; [consultado el 12 de abr. de 2021]. <https://bit.ly/2TXpOTp>.

- Nicolalde Garcés LR. 2008. Utilización de diferentes niveles de Zeolita natural en la alimentación de cerdos en las etapas de crecimiento y engorde [Tesis]. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. 70 p; [consultado el 14 de abr. de 2021]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1575/1/17T0854.pdf>.
- [OCDE] Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. Perspectivas Agrícolas 2020-2029. 1ª ed. Paris: OCDE/FAO. 278 p; [consultado el 10 de jun. de 2021]. <http://www.fao.org/3/ca8861es/CA8861ES.pdf>.
- Pulido RG, Fehring MV. 2004. Efecto de la adición de una Zeolita natural sobre la respuesta productiva de terneras de lechería, postdestete. Archivos de medicina veterinaria; [consultado el 20 de abr. de 2021]. 36(2):197–201. <https://cutt.ly/um85yew>.
- Reyes JJ, García R, Rey S. 2003. Utilización de la zeolita y el carbonato de calcio (CO₃Ca), como aditivos en las mezclas de mieles de caña de azúcar, enriquecidas con aceite vegetal y harina proteica para vacas lecheras en pastoreo. Revista Cubana de Ciencia Agrícola; [consultado el 20 de may. de 2021]. 37(4):375–380. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193018056005.pdf>.
- Reyes González Cu G, Molina Sánchez B, Coca Vázquez R. 2010. Calidad de la leche cruda. Veracruz. 10 p. Primer Foro sobre Ganadería lechera de la Zona Alta de Veracruz; [consultado el 14 de abr. de 2021]. <https://bit.ly/2X3P5ww>.
- Rojas Rodríguez C. 2017. Factores asociados con la mastitis subclínica bovina en fincas lecheras de Zipaquirá, Cundinamarca. [Tesis]. Bogotá: Universidad del Rosario/ Universidad CES, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. 119 p; [consultado el 20 de jun. de 2021]. <https://bit.ly/3IERiZE>.
- Ural DA. 2014. La eficacia de la suplementación con clinoptilolita sobre la producción de leche y el recuento de células somáticas. Revista MVZ Córdoba; [consultado el 27 de abr. de 2021]. 19(3):4242–4248. <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v19n3/v19n3a05.pdf>.

Anexos

Anexo A

Formato para la medición de Condición Corporal (CC) para vacas lecheras.



Anexo B

Recuento de células somáticas

