

Efecto del óxido de zinc sobre parámetros productivos y disminución de diarrea en terneras lactantes.

Effect of zinc oxide on productive parameters and reduction of diarrhea in lactating calves.

Angel-Echeverri Juan D¹, Rendón-Correa Maria E², Escobar-Restrepo Carlos S³

¹Estudiante de pregrado en Zootecnia Universidad Católica de Oriente.

²Grupo de Investigación GRICA, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, Código postal 1226, Medellín-Colombia (correo-e: elizarendon26@gmail.com)

³Universidad Católica de Oriente, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de investigación en agronomía y zootecnia GIAZ. Sector 3, Carrera 46 No. 40B 50, Rionegro 054040, Antioquia, Colombia.

Resumen

El óxido zinc (ZnO), se ha sido empleado ampliamente en la suplementación de los animales para tratar las diarreas; además sirve como promotor de crecimiento y presenta un efecto positivo sobre la mucosa intestinal que favorece el sistema inmunológico del animal. Con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de óxido de zinc en la dieta de terneras, sobre parámetros como la ganancia diaria de peso (GDP), porcentaje de materia seca en heces (% MSH), parásitos intestinales y hemograma, se realizó un diseño completamente al azar con un total de 16 terneras con una edad y peso promedio de 60 días y 62 kg, respectivamente. Las medias de las variables GDP, coprológico y hemograma fueron comparadas entre tratamientos a partir de la prueba t-student con un nivel de significancia del 5 %. La suplementación de terneras con ZnO a razón del 0.0005% del peso vivo (PV) en la dieta, favoreció el incremento en el porcentaje de linfocitos y la reducción significativa de neutrófilos en sangre. Además, favoreció el incremento en la MS de las heces, sin afectar significativamente la GDP, coprológico, porcentajes de eritrocitos, hemoglobina, hematocrito, VCM, HCM y CHCM. A pesar de esto, la inclusión de ZnO disminuyó significativamente el crecimiento de las terneras.

Palabras claves: Aditivos, metabolismo, suplementación.

Abstract

Zinc oxide (ZnO) has been widely used in animal supplementation to treat diarrhea; It also serves as a growth promoter and has a positive effect on the intestinal mucosa that favors the animal's immune system. To evaluate the effect of the addition of ZnO in the diet of calves, on parameters such as average daily gain (ADG), percentage of fecal dry matter (% FDM), intestinal parasites, and complete blood count, a study was carried out. A completely randomized design with a total of 16 calves with an average age and weight of 60 days and 62 kg, respectively. The means of the ADG, stool, and blood count variables were compared between treatments using the t-student test with a significance level of 5%, and the FDM % was analyzed by repeated measures. The supplementation of calves with ZnO at a rate of 0.0005% of the live weight (LW) in the diet, favored the increase in the percentage of lymphocytes and the significant reduction of neutrophils in the blood. In addition, it favored the increase in feces DM, without significantly affecting the ADG, stool, percentages of erythrocytes, hemoglobin, hematocrit, VCM, HCM, and MCHC. Despite this, including ZnO significantly decreased calves' growth performance.

Keywords: Additives, metabolism, supplementation.

Introducción

La lechería especializada en Colombia tiene un inventario de 14.416.768 animales para la producción de leche; teniendo un rendimiento de producción de 7.393 millones de litros al año, Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN-FNG, 2018). En Antioquia se concentra la mayor cantidad de fincas productoras de leche; según FEDEGAN-FNG para el año 2018, había un total de 3.038.779 cabezas de ganado distribuidas por todo el departamento, las cual en lechería especializada son 363.264.984, el cual representa el 1,6% a nivel departamental. Según Cueva (2014), la mayor cantidad de lecherías no realiza una adecuada alimentación de las terneras, lo cual conduce a un deficiente desarrollo productivo. En las fincas dedicadas a la producción de leche, las terneras representan la siguiente generación de reemplazos y una genética mejorada (Arita, 2020). Sin embargo, además de las problemáticas en la alimentación de las terneras, la incidencia de diarreas en los primeros días de nacimiento repercute notoriamente sobre el

desarrollo ya que es una enfermedad de difícil diagnóstico y tratamiento (Cadavid-Betancur et al., 2014). Además, la diarrea en las terneras genera pérdidas económicas en la industria láctea debido a la alta morbilidad, retraso en el crecimiento y los aumento en los costos del tratamiento. La diarrea neonatal bovina es una enfermedad presente en las producciones pecuarias donde se involucran varios agentes infecciosos para el desarrollo de la enfermedad, como virus, bacterias o protozoarios (Cho y Yoon, 2014). El óxido zinc (ZnO), se ha usado en la suplementación de los animales, para tratar las diarreas. Pérez (2015) indica que el ZnO sirve como promotor de crecimiento y Bonetti et al., (2021), evidenció un efecto positivo sobre la mucosa intestinal y, a su vez, está relacionado con propiedades antioxidantes. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de óxido de zinc en la dieta de terneras, sobre parámetros como la ganancia diaria de peso (GDP), porcentaje de materia seca en heces (% MSH), parásitos intestinales y hemograma.

Materiales y métodos

Localización

El estudio se realizó en cuatro fincas ubicadas en tres municipios del departamento de Antioquia. Las fincas “La Jacoba” y “San Joaquín”, localizadas en el municipio de la Unión, bosque húmedo Montano (bh-M), altura y temperatura promedio de 2.500 msnm y 17°C, respectivamente. Finca “Buenos Aires”, municipio del Retiro, bosque húmedo Premontano (bh-PM), altura y temperatura promedio de 2.175 msnm y 16°C, respectivamente. Finca “Ciento once”, ubicada en el municipio de Rionegro, bosque húmedo Montano Bajo (bh-MB), altura promedio de 2.130 msnm y alrededor de 18°C de temperatura (Holdridge, 1967).

Animales y tratamientos

Se utilizaron dos grupos de 8 terneras cada uno, con una edad y peso inicial de 60,7±14,8 días y 62,0± 13,8 kg, respectivamente. Se evaluó un tratamiento con una inclusión en la dieta del 0,0005% del peso vivo (PV) de óxido de zinc (ZnO), comparado con un control sin ZnO.

Los animales fueron confinados bajo un sistema de semiestabulación, garantizando seis litros de leche por día en dos suministros (6:00 am y 4:00 pm), durante las tres primeras semanas. A partir de la cuarta semana, se disminuyeron a 400 ml por semana, hasta llegar a 4,8 litros por día. Se

realizó una dilución en agua del 2,3% de ZnO, la cual fue suministrada por vía oral durante los 42 días del estudio, con un ajuste en el consumo semanal de acuerdo con el PV del animal. Los animales se manejaron en una rotación diaria por franjas con una oferta forrajera de kikuyo (*Cenchrus clandestinus*).

Curva de crecimiento y ganancia diaria de peso

Se estimó la ganancia diaria de peso (GDP) en los animales utilizando el peso al inicio del tratamiento y al finalizar el tratamiento (peso final). Para dicho fin se dispuso de una báscula digital. La toma del peso se realizó cada semana, durante las seis semanas que se realizó el trabajo.

Ecuación para ganancia diaria de peso:

$$GDP = \frac{PF(Kg) - PI(kg)}{Días\ del\ ciclo}$$

Donde:

GDP: Ganancia diaria de peso.

PF: Peso final.

PI: Peso inicial.

Hemograma

Para realizar los hemogramas de cada animal, se recolectó una muestra de sangre por animal al inicio y al final del periodo experimental. La sangre fue extraída de la vena yugular externa en vacutainer con EDTA y posteriormente enviada al laboratorio para el análisis de Eritrocitos, Hemoglobina, Hematocrito, VCM, HCM, CHCM, Leucocitos, Neutrófilos, Eosinófilos, Linfocitos, Monocitos, Neutrófilos en Banda, Blastos, Linfocitos Reactivos, Basófilos, Proteínas plasmáticas, Recuento de plaquetas.

Porcentaje de materia seca de heces (%MS)

Para calcular el %MS en heces, se tomó una muestra de heces por vía rectal del animal, la cual fue pesada y almacenada a 4°C para su posterior análisis. En el laboratorio, la muestra fue sometida a deshidratación en horno (Memmert QI-2674) durante 48 horas a 65°C. Se utilizó el peso inicial (muestra fresca) y después de las 48 horas se volvió a pesar para tener en cuenta el peso final (muestra seca).

% materia seca en heces= (Peso seco- Peso del recipiente) *100/Peso muestra fresca

Coprológico

El análisis coprológico, se realizó a partir de una muestra fecal tomada desde el recto de los animales al inicio y al final del tratamiento. La cantidad de huevos en heces fue evaluada a través del método de flotación (Zajac & Conboy, 2012) con el propósito exclusivo de constatar la presencia o ausencia de huevos de helmintos y proceder a su identificación (Reinemeyer & Nielsen, 2013).

Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizó un diseño completamente al azar con un total de 16 terneras. Para la comparación entre tratamientos de la curva de crecimiento se evaluaron diferentes modelos (Tabla 1). Se escogió el modelo de mejor ajuste para estas variables a partir del criterio de Akaike, el R^2 y la coherencia biológica. La diferencia entre tratamientos se consideró cuando los intervalos de confianza (IC) de cada curva no se traslapan entre sí. Para el cambio de la MS en el tiempo de las heces se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo donde cada ternera era la unidad experimental con cinco mediciones en el tiempo.

Tabla 1. Modelos evaluados para las curvas de crecimiento y porcentaje de materia seca, de acuerdo con la suplementación de óxido de zinc.

Modelo	Ecuación	Autor
Lineal	$y = ax + b$	Nelder & Wedderburn
Cuadrático	$y = ax^2 + bx + c$	
Von Bertalanffy	$y = a * (1 - be^{-cx})$	Von Bertalanffy, Ludwig
Logístico	$y = \frac{a}{1+be^{cx}}$	Wright, Edward
Gomperzt	$y = a(b^{cx})$	Gompertz, Benjamin
Gaussiano	$y = ae - \frac{(x-b)^2}{2z}$	Gauss, Carl Friedrich
Exponencial	$y = a - (a * e^{-c * x})$	

Las medias de las variables GDP, coprológico y hemograma fueron comparadas entre tratamientos a partir de la prueba t-student con un nivel de significancia del 5 %. Previo al análisis se revisaron los supuestos de normalidad por la prueba de Shapiro-Wilk, y homogeneidad de varianza con la prueba de Levene. Cuando no se cumplían los supuestos de normalidad se utilizó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Resultados

En la Figura 1 se presentan los resultados del peso inicial y el peso final del grupo de terneras suplementadas con ZnO y el grupo control. Los animales bajo el suministro de ZnO finalizaron con un peso promedio de $82,88 \pm 14,60$ kg, en promedio 18 Kg menos que los animales en el control, quienes alcanzaron pesos de $101,38 \pm 20,41$ kg

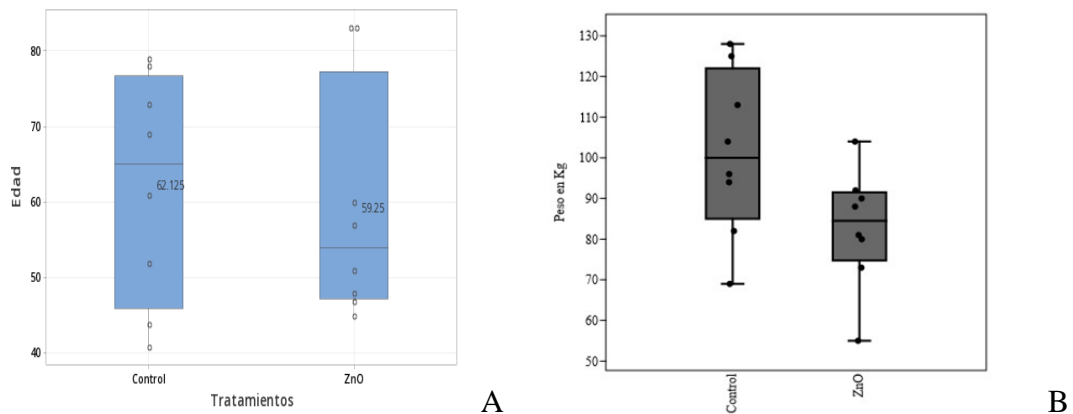


Figura 1. Peso inicial (A) y peso final (B) de terneras suplementadas con ZnO a razón del 0,0005% del PV en la dieta y terneras control sin suplementación con ZnO. Edad (días), Peso (Kg)

El efecto de la suplementación con ZnO sobre la ganancia diaria de peso se presenta en la Figura 2. A pesar de que todas las terneras iniciaron con un peso promedio de 60 Kg, se encontraron diferencias estadísticas a partir de los 74 días de tratamiento, donde los animales dentro del grupo con ZnO empezaron a mostrar un menor peso que el grupo control, intervalos de confianza no traslapados. La reducción en la ganancia de peso de los animales suplementados con ZnO continuó

hasta el final del experimento, dando como resultado una tasa de crecimiento del 4,61% frente al 5,21% día de los animales control.

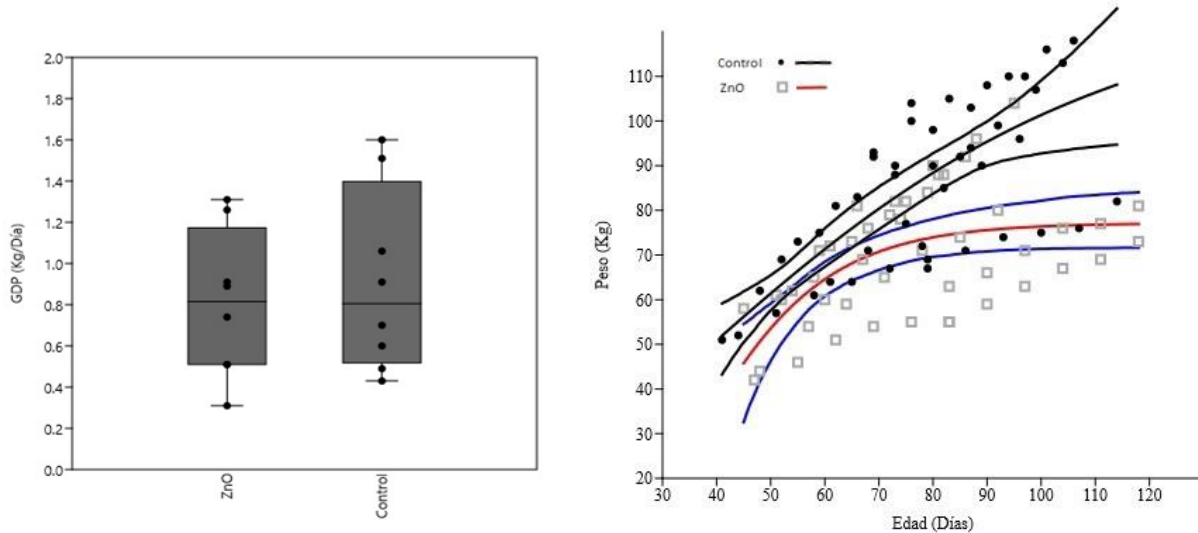


Figura 2. Efecto de la inclusión de ZnO en la ganancia diaria de peso (kg/día) de terneras suplementadas con ZnO a razón del 0,0005% del PV en la dieta y terneras control sin suplementación con ZnO. Edad (días), Peso (Kg).

En la tabla 2, se muestra el efecto de la inclusión de ZnO sobre la GDP, coprológico y hemograma. La GDP fue numéricamente menor para las terneras dentro del tratamiento de ZnO con un promedio de $0,81 \pm 0,36$, comparadas con las terneras en el tratamiento control quienes presentaron un promedio de $0,91 \pm 0,45$ kg/día ($p > 0,05$).

La cantidad de huevos por gramo de heces, según los resultados observados en el coprológico, no tuvo diferencia entre las terneras suplementadas con ZnO $743,75 \pm 1136,64$ Vs. $771,88 \pm 1685,03$ del grupo control ($p > 0,05$).

En la línea roja que cuenta con los parámetros de eritrocitos, hemoglobina, hematocrito, VCM, HCM y CHCM, no se presentó ninguna diferencia significativa ($p > 0,05$) por la suplementación con ZnO con respecto al control.

Dentro de línea blanca compuesta por linfocitos, monocitos, proteínas plasmáticas y recuento de plaquetas, se encontró una mayor cantidad de linfocitos en la sangre de las terneras bajo el tratamiento con ZnO ($54,31 \pm 12,28$) en comparación con las del tratamiento control ($53,50 \pm 11,82$)

($p \leq 0,05$). Los neutrófilos también fueron afectados ($p \leq 0,05$) por el consumo del ZnO presentando valores promedio de $40,31 \pm 12,82$ frente a $41,56 \pm 10,32$ del control.

Los demás parámetros de la línea blanca no presentaron diferencias significativas (p -valor $> 0,05$).

Tabla 2. Efecto de la inclusión de ZnO sobre GDP, Coprológico y Hemograma

Variables	Control		ZnO		P-valor
	Promedio	D.E	Promedio	D.E	
GDP (kg/día)	0,91	0,45	0,81	0,36	0,60
Coprológico	743,75	1136,64	771,88	1685,03	0,96
Línea Roja					
Eritrocitos (Eri/ul)	$7,43 \times 10^6$	$1,40 \times 10^6$	$7,97 \times 10^6$	$1,47 \times 10^6$	0,34
Hemoglobina (g/dl)	10,45	1,50	11,55	2,06	0,40
Hematocrito (%)	29,45	5,00	39,11	7,63	0,31
VCM (fl)	39,94	3,47	48,70	5,27	0,94
HCM (pg)	14,31	2,25	14,80	1,39	0,82
CHCM (g/dl)	35,82	4,35	30,25	2,95	0,81
Línea Blanca					
Leucocitos (Leu/ul)	10756,88	1684,24	10353,75	3437,98	0,66
Neutrófilos (%)	41,56	10,32	40,31	12,82	0,02
Eosinófilos (%)	4,06	4,28	3,81	1,60	1,00
Linfocitos (%)	53,50	11,82	54,31	12,28	0,05
Monocitos (%)	0,88	1,67	0,19	0,75	0,51
Proteínas plasmáticas	69,63	5,33	69,13	4,88	0,16
Recuento de plaquetas (plt/uL)	284812,50	78939,82	236937,50	69089,77	0,17

ZnO: Oxido de zinc; D.E: Desviación estándar; GDP: Ganancia Diaria de Peso; VCM: Volumen Corpuscular Medio; HCM: Hemoglobina corpuscular media; CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media; Neutrófilos en banda, Blastos, Linfocitos reactivos, Basófilos, no presentaron valores

El efecto de la inclusión de ZnO en la suplementación de terneras sobre el porcentaje de MS en las heces se presenta en la Tabla 3. El contenido de MS en las heces incrementó significativamente en los animales suplementados con ZnO ($16,72 \pm 0,035$) comparado con los animales en la dieta control ($14,52\% \pm 0,62$) ($p \leq 0,05$).

Tabla 3. Efecto de la inclusión de ZnO sobre el porcentaje de MS en heces

Medición	Control		ZnO	
	Promedio	D.E	Promedio	D.E
1	15,68	2,86	16,05	3,55
2	15,13	3,24	19,55	2,74
3	14,23	3,20	16,66	1,76
4	13,49	4,75	15,92	2,28
5	14,06	4,42	15,41	3,03
Promedio	14,52		16,72	
P-valor	0,62		0,035	

MS: Materia seca; ZnO: Oxido de zinc; D.E: Desviación estándar

Discusión

Ganancia diaria de peso

La suplementación con ZnO en el presente trabajo no mostró ninguna diferencia en el crecimiento y GDP de las terneras (Fig.2). Algunos estudios reportaron hallazgos similares como el de Glover et al., (2013), donde evaluaron la GDP en terneros Holstein suplementados con 80 mg de zinc/día y no encontraron diferencia significativa con respecto al control. Otro estudio realizado por Wei et al., (2019) en terneros Holstein, con una suplementación de ZnO de 0, 25,79, 51,58, 103,16 o 154,74 mg/d, tampoco se reportaron diferencias significativas entre tratamientos en relación con el peso vivo de los animales ($p>0,05$).

Li et al., (2001) no encontraron diferencias significativas en la ganancia diaria de peso (GDP) de lechones suplementados con ZnO con respecto a los que no recibieron la suplementación en la dieta ($p> 0,05$). Además, en una investigación que realizaron Bouwhuis et al., (2017), encontraron que los cerdos suplementados con ZnO a razón de 3.300 mg/Kg, durante los primeros 31 días después del destete, obtuvieron una mayor ganancia diaria de peso que los no suplementados ($p<0,01$). En contraste, en el trabajo que realizó Cabrea (2000) con cerdos en fase de destetos, se observó que los animales suplementados con ZnO presentaron una pérdida de peso del 7% en comparación con los del tratamiento control.

La diferencia en el efecto del ZnO sobre la GDP, podría estar relacionado con la especie, edad y alimentación. Además, es posible que la GDP no esté directamente afectada por el efecto del ZnO en la producción de la diarrea. También pueden existir diferencias sobre la eficacia entre las formulaciones orgánicas e inorgánicas. De hecho, el mecanismo de acción subyacente del zinc oral sigue siendo desconocido (Hoque et al., 2009). Existen varias teorías sobre los mecanismos de acción del zinc en la prevención y el tratamiento de la diarrea infantil, incluido un papel protector de la mucosa, una deficiencia de zinc inducida por diarrea, un elemento esencial en la inmunidad mediada por células y un modificador de electrolitos intraluminales, secreción y absorción (Hoque et al., 2009; Atia y Buchman 2009; Zhao et al., 2016)

Coprológico

El ZnO tienen excelentes propiedades antibacterianas y pueden incorporarse en la alimentación animal como un agente promotor del crecimiento o para prevenir la aparición de enfermedades (Swain et al., 2016). Sin embargo, dentro del actual estudio no se observaron diferencias en los análisis coprológicos de las terneras con ZnO en la dieta frente a las no suplementadas (Tabla 2), posiblemente las terneras evaluadas presentaban al momento de la evaluación un equilibrio en la flora intestinal y la diversidad de coliformes donde no fue necesario el efecto del ZnO como antiparasitario. También se pueden presentar efectos no deseados como los encontrados por Cabrea (2000), quien reportó un efecto negativo para el control de parásitos en cerdos destetados suplementados con 0, 1.250, 2.500 y 3.750 ppm de ZnO en la dieta.

Materia seca en heces

La diarrea neonatal en terneros se caracteriza por la aparición de heces líquidas o acuosas de una forma repentina y aguda (Cura, 2014). El contenido de MS en heces se puede relacionar con el score o puntaje visual presentado por Larson et al., (1977) que incluye 4 niveles: 0 = normal (firme pero no dura, la forma original se distorsiona ligeramente después de caer al suelo y asentarse); 1 = blanda (no mantiene la forma, se amontona, pero se esparce ligeramente); 2 = líquido (se esparce fácilmente); y 3 = acuosa (consistencia líquida, salpicaduras). Según Renaud et al., (2020), un contenido de MS fecal de $25,1 \pm 8,4$ % pertenece al nivel 0; una MS de $21,8 \pm 8,2$ al nivel 1; un $16,0 \pm 11,1$ % está en el nivel 2 y un $10,7 \pm 6,9$ % de MS de llega al nivel 3. Lo anterior indica que, la MS ($14,52\% \pm 0,62$) en las heces de los animales en el grupo control, podrían ubicarse en el

nivel 3, lo que se interpreta como la presencia de diarrea, según la clasificación de Larson et al., (1977). Mientras que, las terneras que recibieron una dieta suplementada con ZnO y presentaron una MS en heces de $16,72 \pm 0,035$ se encuentran en un nivel 2, con menos agua y un poco más de consistencia.

En otra investigación que utilizaron lechones destetados, a los cuales se les suministró una dieta con óxido de zinc 2g/kg ZnO y nanopartículas de ZnO en dosis de 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 g/kg, la inclusión de nano-ZnO redujo la incidencia de diarrea en lechones destetados (Sun et al., 2019). Además, Hu et al., (2013), llegaron a disminuir la diarrea post destete (P lineal $< 0,001$; P cuadrática $< 0,001$) con la suplementación de 300, 600 o 900 mg Zn/kg de Z-ZnO o 2.250 mg Zn/kg de ZnO en lechones destetados.

Por lo tanto, el uso de ZnO puede reducir las diarreas de manera preventiva ayudando a los animales a presentar estados de salud adecuados en la etapa en que se manejan. Aunque en este estudio no se logró frenar completamente la diarrea con el uso del ZnO, posiblemente por la dosis empleada, es posible que en otras dosis se puedan ver efectos positivos en bovinos favoreciendo la incidencia de diarreas en los neonatos.

Hemograma

Los linfocitos se caracterizan por ser los encargados de conseguir una inmunidad duradera por medio de la inmunidad adquirida, que implica la activación de los linfocitos T y B. Los linfocitos B productores de anticuerpos actúan como células presentadoras de antígeno (CPA) y los linfocitos T que son esenciales en la protección contra las bacterias intracelulares, virus y las células infectadas (Klein, 2014; Albino & Sacristán, 2018). En el presente estudio se encontró un incremento significativo en la cantidad de linfocitos de las terneras con ZnO en comparación con las del tratamiento control (tabla 2). Además, Baccili et al., (2018) reportan que el porcentaje de linfocitos para terneros de 60 días debe estar al rededor del 43%, casi un 10% menos que los hallados en este estudio. Sin embargo, el perfil celular en los terneros durante las primeras semanas de vida puede verse influenciado por variaciones en los niveles de progesterona, prostaglandina y citocinas IL-4 e IL-10 transferidas de las madres a los terneros recién nacidos durante la preñez (Chase et al., 2008).

En cuanto a los neutrófilos, estos disminuyeron significativamente en los animales con ZnO. Esto podría deberse a que el zinc es un componente importante en la línea blanca de la sangre que se

considera como una de las barreras de protección del organismo. Sin embargo, los valores de ambos grupos de terneras se encuentran dentro de los rangos normales (30-47%) para terneros Holstein de 60 días, según Baccili et al., (2018). Lo anterior podría indicar un buen estado inmunológico en los animales, ya que estas células son las encargadas de la destrucción de los elementos extraños, protegiendo así al organismo de la infección mediante la destrucción de estos elementos extraños. Los neutrófilos, a diferencia de los monocitos o macrófagos, responden rápidamente a los antígenos invasores y los fagocitan fácilmente. Así, la variación en las poblaciones celulares indica que el período neonatal es una de las fases de mayor susceptibilidad a enfermedades infecciosas. Por lo tanto, se necesita un cuidado adicional para mantener la salud y la supervivencia de las crías durante esta fase.

Conclusión

La suplementación de terneras con ZnO a razón del 0,0005% del peso vivo (PV) en la dieta, favoreció el incremento en el porcentaje de linfocitos y la reducción significativa de neutrófilos en sangre.

El uso del ZnO, ayudó a la producción de heces menos húmedas y más consistentes, que podría estar indicando una disminución parcial en la incidencia de diarrea en las terneras suplementadas. Sin embargo, se podría evaluar una mayor dosis de ZnO para llegar al cese total de la diarrea sin afectar negativamente la salud del animal.

Con el tratamiento de ZnO evaluado en el presente trabajo no se observaron efectos en la GDP y análisis coprológicos. Los porcentajes de eritrocitos, hemoglobina, hematocrito, VCM, HCM y CHCM, tampoco presentaron ninguna diferencia entre tratamientos. Sin embargo, el ZnO disminuyó significativamente el crecimiento de las terneras.

Por lo tanto, se recomienda hacer un estudio con diferentes dosis de ZnO en la suplementación de terneras, para tener un espectro más amplio del efecto de este aditivo en las variables de interés sanitario y productivo para mejorar el manejo de las terneras en las primeras semanas de vida dentro de las producciones lecheras del trópico alto colombiano.

Referencias

- Albino, E., & Sacristán, G. (2018). FISIOLÓGÍA VETERINARIA.
- Arita. (2020). Desempeño de terneros lactantes de ganado lechero en Zamorano Efecto de la suplementación con PrimaLac ® en el desempeño de terneros lactantes de ganado lechero en Zamorano. <http://hdl.handle.net/11036/6852>
- Atia A.N, Buchman A.L. (2009). Oral rehydration solutions in non-cholera diarrhea: a review. *Am J Gastroenterol*, 104(10):2596–604; quiz 605. <https://doi.org/10.1038/ajg.2009.329> PMID: 19550407.
- Baccili C.C., S.M.F.N., Oliveira, J.F.R., Costa, C.O., Massoco, C.R., Pozzi, V. Gomes. (2018). Hematological and immunological development from birth to six months of age in Holstein calves. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70:1823-1832
- Bonetti, A., Tugnoli, B., Piva, A., Grilli, E., & Fraile, L. (2021). Towards zero zinc oxide: Feeding strategies to manage post-weaning diarrhea in piglets. *Animals*, 176(3), 10–14. <https://doi.org/10.3390/ani11030642>
- Bouwhuis, M. A., Sweeney, T., Mukhopadhyaya, A., Thornton, K., McAlpine, P. O., & O’Doherty, J. v. (2017). Zinc methionine and laminarin have growth-enhancing properties in newly weaned pigs influencing both intestinal health and diarrhoea occurrence. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(6), 1273–1285. <https://doi.org/10.1111/jpn.12647>
- Cabrea, J. (2000). Evaluación del Óxido de Zinc como promotor del crecimiento para cerdos en la etapa de inicio. 1–27. <http://hdl.handle.net/11036/2723>
- Cadavid-Betancur, D. A., Giraldo-Echeverri, C. A., Sierra-Bedoya, S., Montoya-Pino, M., Chaparro-Gutiérrez, J. J., Restrepo-Botero, J. E., & Olivera-Ángel, M. (2014). Diarrea neonatal bovina en

un hato del altiplano norte de Antioquia (Colombia), un estudio descriptivo. *Veterinaria y Zootecnia*, 8(2), 120–129. <https://doi.org/10.17151/vetzo.2014.8.2.9>

Chase, C.C.; Hurley, D.J.; Reber, A.J. (2008). Neonatal immune development in the calf and its impact on vaccine response. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract.*, v.24, p.87-104.

Cho, Y. il, & Yoon, K. J. (2014). An overview of calf diarrhea - infectious etiology, diagnosis, and intervention. *Journal of Veterinary Science*, 15(1), 1–17. <https://doi.org/10.4142/jvs.2014.15.1.1>

Cueva, D. F. (2014). Efecto de dos aditivos prebióticos y probióticos en el crecimiento y condición corporal en terneras Holstein friesian, Tumbaco, Pichincha. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2482>

Cura, A. (2014). Diarrea en terneros. 4.

http://axonveterinaria.net/web_axoncomunicacion/criaysalud/26/Cría y Salud 26_34-37.pdf

FEDEGAN-FNG. (31 de enero de 2018). FEDEGAN. Obtenido de Federación Colombiana de Ganaderos: <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/inventario-ganadero>

Glover, A. D., Puschner, B., Rossow, H. A., Lehenbauer, T. W., Champagne, J. D., Blanchard, P. C., & Aly, S. S. (2013). A double-blind block randomized clinical trial on the effect of zinc as a treatment for diarrhea in neonatal Holstein calves under natural challenge conditions. *Preventive Veterinary Medicine*, 112(3–4), 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.09.001>

Holdridge, L. R., Grenke, W. C., Hatheway, W. H., Liang, T., Tosi, J. A. (1971). Forest environments in tropical life zones, a pilot study. Pergamon Press, Oxford. 747 p.

Hoque K M, Sarker R, Guggino S E, T se CM. (2009). A new insight into pathophysiological mechanisms of zinc in diarrhea. *Annals of the New York Academy of Sciences*;1165:279–84.<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04442.x> PMID: 19538317.

Hu, C. H., Xiao, K., Song, J., & Luan, Z. S. (2013). Effects of zinc oxide supported on zeolite on growth performance, intestinal microflora and permeability, and cytokines expression of weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 181(1–4), 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.02.003>

Klein, B. G. (2014). Cunningham. *Fisiología Veterinaria*. <https://doi.org/10.1016/B978-84-9022-317-8/00056-7>

Larson, L. L., Owen, F. G., Albright, J. L., Appleman, R. D., Lamb, R. C., & Muller, L. D. (1977). Guidelines Toward More Uniformity in Measuring and Reporting Calf Experimental Data. *Journal of Dairy Science*, 60(6), 989–991. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(77\)83975-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(77)83975-1)

Li, B. T., van Kessel, A. G., Caine, W. R., Huang, S. X., & Kirkwood, R. N. (2001). Small intestinal morphology and bacterial populations in ileal digesta and feces of newly weaned pigs receiving a high dietary level of zinc oxide. *Canadian Journal of Animal Science*, 81(4), 511–516. <https://doi.org/10.4141/A01-043>

Pérez, O. R. (2015). Comportamiento productivo de cerdos complementados con *Saccharomyces cerevisiae* y óxido de zinc. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/9238>

Reinemeyer, C.R. & Nielsen, M.K. (2013). Handbook of equine parasite control. West Sussex: Wiley-Blackwell. ISBN: 9780-470-65871-0.

Sun, Y. B., Xia, T., Wu, H., Zhang, W. J., Zhu, Y. H., Xue, J. X., He, D. T., & Zhang, L. Y. (2019). Effects of nano zinc oxide as an alternative to pharmacological dose of zinc oxide on growth performance, diarrhea, immune responses, and intestinal microflora profile in weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, 258(October), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114312>

- Swain, P. S., Rao, S. B. N., Rajendran, D., Dominic, G., & Selvaraju, S. (2016). Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. In *Animal Nutrition* (Vol. 2, Issue 3, pp. 134–141). KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.06.003>
- Wei, J., Ma, F., Hao, L., Shan, Q., & Sun, P. (2019). Effect of differing amounts of zinc oxide supplementation on the antioxidant status and zinc metabolism in newborn dairy calves. *Livestock Science*, 230(October), 103819. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103819>
- Zajac, A.M. & Conboy, G.A. (2012). *Veterinary clinical parasitology* (8th ed.). West Sussex: Wiley-Blackwell. ISBN-13: 978-0-8138-2053-8.
- Zhao J, Shirley R B , Dibner J J, Wedekind K J, Yan F, Fisher P, et al. (2016). Superior growth performance in broiler chicks fed chelated compared to inorganic zinc in presence of elevated dietary copper. *J Anim Sci Biotechnol.*; 7:13. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0072-1> PMID: 26933492; PubMed Central PMCID: PMC4772281.