Revista Semilla del Este

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

Suplementación Nutricional con Sal Proteinada: Impacto en el Peso Normalizado de Novillas de Reemplazo

Nutritional Supplementation with Protein Salt: Impact on the Normalized Weight of Replacement Heifers

Jorge Maure

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá

jmaure01@yahoo.es https://orcid.org/0000-0003-0118-6743

Edwin Pile

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá

edwin.pilem@up.ac.pa https://orcid.org/0000-0002-6226-1500

Recepción: 14 de enero de 2025 **Aprobación: 20 de marzo de 2025**

DOI: https://doi.org/10.48204/semillaeste.v5n2.6739

Resumen

Este estudio analizó el efecto de la suplementación con sal proteinada en el peso normalizado de novillas de reemplazo en la Estación Experimental El Ejido, Los Santos, Panamá, entre 2015 y 2017. Se utilizaron 30 novillas cruzadas de Pardo Suizo por Cebú, con un peso promedio inicial de 204 kg, manejadas en un sistema de pastoreo rotacional con *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*. Se implementó un diseño experimental factorial que consideró dos estaciones climáticas (seca y lluviosa) y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de la suplementación en el peso normalizado. Los resultados mostraron un efecto significativo de la suplementación con sal proteinada en el peso normalizado de las novillas ($p < 0.001$). La variable "año" influyó en el crecimiento ($p < 0.001$), mientras que la "estación" no tuvo un impacto significativo ($p = 0.302$). Este estudio destaca la importancia de la suplementación con sal proteinada como una estrategia para optimizar el crecimiento de novillas de reemplazo en sistemas de producción ganadera similares.

Palabras clave: ganadería, nutrición animal, tierra de pastoreo

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

Abstract

This study analyzed the effect of protein salt supplementation on the normalized weight of replacement heifers at the El Ejido Experimental Station, Los Santos, Panama, between 2015 and 2017. Thirty Brown Swiss x Zebu crossbred heifers were used, with an average initial weight of 204 kg, managed in a rotational grazing system with *Brachiaria decumbens* and *B. brizantha*. A factorial experimental design was implemented that considered two climatic seasons (dry and rainy) and an analysis of variance (ANOVA) was performed to evaluate the effect of supplementation on the normalized weight. The results showed a significant effect of protein salt supplementation on the normalized weight of the heifers ($p < 0.001$). The variable "year" influenced growth ($p < 0.001$), while the "season" had no significant impact ($p = 0.302$). This study highlights the importance of protein salt supplementation to optimize the growth of replacement heifers in similar livestock production systems.

Keywords: animal nutrition, grazing land, livestock

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera eficiente depende en gran medida del desarrollo óptimo de las novillas de reemplazo, donde la nutrición juega un papel crucial. El crecimiento y la salud de estas futuras reproductoras están directamente relacionados con la calidad de su alimentación, y la suplementación se presenta como una estrategia clave para asegurar el aporte de nutrientes necesarios, especialmente en condiciones donde la disponibilidad y calidad del forraje pueden ser variables. En este contexto, la suplementación con sales proteinadas ha ganado atención por su potencial para mejorar la eficiencia alimenticia y el desarrollo de las novillas (Ferreira et al., 2024).

Las sales proteinadas no solo aportan una fuente concentrada de proteína, esencial para el crecimiento, sino que también contribuyen a un mejor balance de minerales, con impactos positivos en la salud y la reproducción (Hambidge et al., 1986). Macrominerales como el calcio y el fósforo son esenciales para la formación del esqueleto y el desarrollo del tejido muscular (Hart et al., 2020). Mientras tanto, microminerales como el selenio y el zinc desempeñan un papel crucial en la función inmune, la actividad ovárica y la eficiencia

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

reproductiva en hembras bovinas, influyendo en la calidad de los ovocitos y el desarrollo embrionario temprano (Lee et al., 2006; Velayudhan et al., 2012).

Este estudio se enfoca en analizar el efecto de la suplementación con sal proteinada en el peso de novillas de reemplazo en la región. A través de esta investigación, buscamos generar información relevante para la toma de decisiones en el manejo nutricional de las novillas, con el objetivo de mejorar la eficiencia productiva y la sostenibilidad del sector ganadero. Considerando la importancia de la suplementación en la optimización del crecimiento y la reproducción, este estudio se justifica por la necesidad de evaluar estrategias nutricionales que permitan un mejor desarrollo de las novillas de reemplazo y contribuyan a la rentabilidad de los sistemas ganaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio: El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental El Ejido (7°55′00″N 80°23′00″O), ubicada en la provincia de Los Santos, Panamá. Esta provincia, situada en la Península de Azuero, se caracteriza por su clima tropical con dos estaciones bien definidas: la estación seca y la estación lluviosa (Provincia de Los Santos, 2025). La Estación Experimental El Ejido presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura promedio anual de 27°C (Weather.com, 2025). Durante la época seca (diciembre-abril), las temperaturas son más cálidas, con máximas alrededor de los 35°C en la llanura meridional, donde se encuentra Los Santos (Boletín Agroclimático Los Santos, 2021; Clima Panamá, 2025). Sin embargo, en la costa suroeste, las temperaturas son más moderadas (Clima Panamá, 2025). La precipitación promedio anual en Los Santos es de aproximadamente 2000 mm, pero durante la época seca las lluvias caen por debajo de los 100 mm en diciembre (INEC, 2025). El estudio se realizó entre 2015 y 2017. Durante este periodo, la temperatura promedio en la época seca fue de 28°C, con máximas que alcanzaron los 35°C en la llanura meridional donde se encuentra Los Santos. La precipitación promedio fue de 50 mm. La época lluviosa (mayo-noviembre) se caracteriza por temperaturas que oscilan entre 20°C por

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

la noche y 30°C durante el día, con un promedio de 26°C durante el periodo de estudio. La precipitación promedio en la época lluviosa fue de 300 mm.

Animales: Se utilizaron 30 novillas cruzadas (Pardo Suizo x Cebú) con una edad inicial promedio de 12 meses y un peso vivo de 204±36 kg. Las novillas provenían de un mismo hato y se encontraban en buen estado sanitario, con sus vacunas y desparasitaciones al día.

Manejo y suplementación: Las novillas se manejaron en un sistema de pastoreo rotacional en seis potreros de 2 hectáreas cada uno, con pasto *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*. La duración de la ocupación en cada potrero fue de 7 días, con un periodo de descanso de 28 días. La carga animal fue de 2 novillas por hectárea. Se ofreció sal proteinada a libre consumo en recipientes ubicados estratégicamente en cada potrero. La composición de la sal proteinada fue la siguiente: 30% de proteína cruda, 10% de calcio, 5% de fósforo, 1% de selenio, y 54% de otros ingredientes (melaza, urea, etc.). Los recipientes se reponían cada 3 días para asegurar la disponibilidad del suplemento. No se ofrecieron otros suplementos alimenticios.

Diseño experimental: Se implementó un diseño experimental factorial 2x3x2, considerando las siguientes variables: estación (seca y lluviosa), año (2015, 2016 y 2017) y grupo (pre y post suplementación). Se eligió este diseño para evaluar el efecto de la suplementación en diferentes condiciones climáticas y a lo largo del tiempo. El periodo de "pre" suplementación corresponde al primer año de evaluación (2015), antes de iniciar la suplementación. El periodo de "post" suplementación incluye los años 2016 y 2017, después de la introducción de la sal proteinada.

Análisis estadístico: Los datos de ganancia diaria de peso se normalizaron utilizando el método de estandarización (también conocido como z-score normalization). Este método implica restar la media de cada grupo de datos y dividir por la desviación estándar de ese grupo. La fórmula para la estandarización es:

$$z = (x - \mu) / \sigma$$

donde:

z es el valor estandarizado (o peso normalizado en este caso)

x es el valor original

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

μ es la media del grupo

σ es la desviación estándar del grupo.

La normalización se realizó para ajustar las variaciones inherentes al crecimiento de las novillas y permitir una comparación más precisa entre los grupos. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el software estadístico R. El modelo ANOVA incluyó la estación, el año y el grupo como variables independientes, y el peso inicial como covariable. Se utilizó un nivel de significancia de $p<0.05$ para todas las pruebas estadísticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso normalizado de las novillas varió entre -2.14 kg y 2.45 kg. La media del peso normalizado para el grupo "pre" suplementación fue de -0.48 kg (DE= 0.67), mientras que para el grupo "post" suplementación fue de 0.31 kg (DE= 0.87).

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de modelo lineal para evaluar el efecto de la suplementación con sal proteinada en el peso normalizado de las novillas de reemplazo. La Tabla 1 presenta los resultados del ANOVA, incluyendo la variable dependiente (Peso Normalizado), los grados de libertad (Df), la suma de cuadrados (Sum Sq), la media cuadrática (Mean Sq), el estadístico F (F value), el valor p (Pr value).

Tabla 1.

Resultados de ANOVA: Comparación de Peso Normalizado por Grupo, Estación y Año

Factor	Df	Sum_Sq	Mean_Sq	F_value	Pr_value
Estación	1	0.69	0.69	1.07	0.302
Año	2	144.60	72.30	112.54	<2e-16
Grupo	1	17.8	17751	18.53	2.11e-05

Nota: Df = grados de libertad; Sum Sq = suma de cuadrados; Mean Sq = media cuadrática.

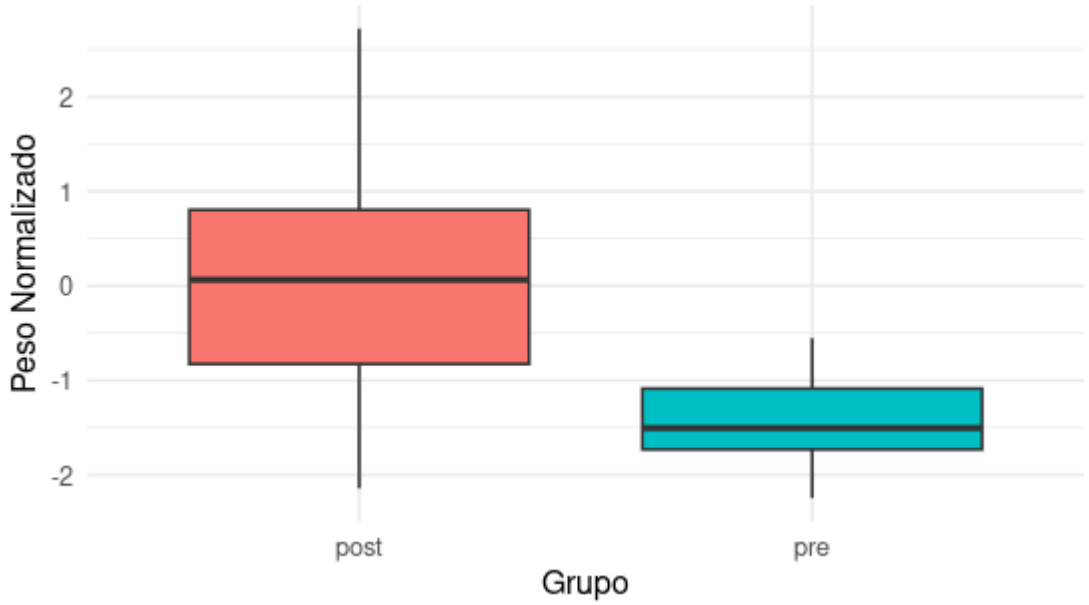
Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

El ANOVA confirmó la influencia significativa de la suplementación en el peso normalizado ($p < 0.001$), evidenciando diferencias entre el grupo pre y post intervención. Si bien el año también tuvo un efecto significativo ($p < 0.001$), la estación no mostró impacto en el peso ($p = 0.302$).

La Figura 1 muestra la distribución del peso normalizado para los grupos "pre" y "post" suplementación mediante un diagrama de cajas (boxplot). La caja representa el rango intercuartílico (entre el percentil 25 y 75), la línea dentro de la caja representa la mediana, y los bigotes se extienden hasta el valor mínimo y máximo, excluyendo los valores atípicos (outliers). El grupo "pre" muestra una distribución más concentrada en un rango negativo, con una mediana inferior a cero y una menor dispersión de los datos. El grupo "post" presenta una distribución más amplia en un rango positivo, con una mediana superior a cero. No se observaron valores atípicos en ninguno de los grupos.

Figura 1.

Comparación del Peso Normalizado de Novillas de Reemplazo Pre y Post Suplementación con Sal Proteinada

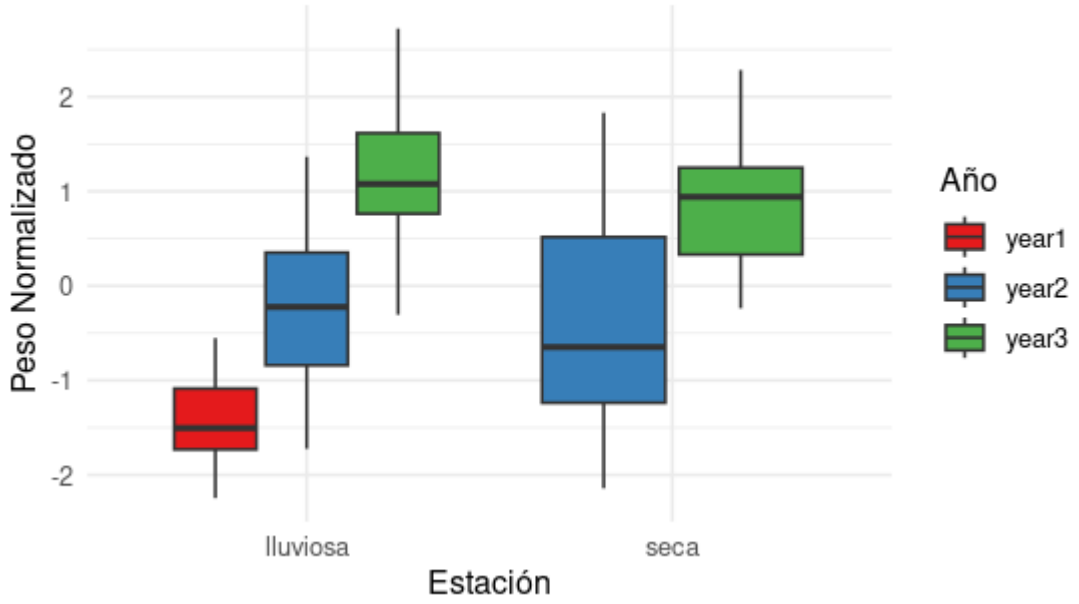


Revista Semilla del Este
Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

La Figura 2 muestra la evolución del peso normalizado de las novillas a lo largo de los tres años del estudio, para las épocas seca y lluviosa. Se presentan diagramas de caja para cada año y estación, donde las cajas representan el rango intercuartílico (entre el percentil 25 y 75), la línea dentro de la caja representa la mediana, y los bigotes se extienden hasta el valor mínimo y máximo, excluyendo los valores atípicos. Se observa que la distribución del peso normalizado varía entre las épocas seca y lluviosa, así como entre los diferentes años. En el tercer año, se registraron pesos normalizados con una mediana superior al promedio general, mostrando diferencias entre la distribución del año 2017 y los años 2015 y 2016.

Figura 2.

Peso Normalizado de Novillas de Reemplazo por Estación y Año



Los resultados de este estudio confirman nuestra hipótesis de que la suplementación con sal proteinada tiene un efecto positivo en el peso normalizado de novillas de reemplazo. El análisis de varianza mostró un efecto significativo del grupo (pre vs. post suplementación) en el peso normalizado, lo que indica que la suplementación contribuyó a un mayor crecimiento de las novillas. Este hallazgo es consistente con estudios previos que han

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

demostrado los beneficios de la suplementación en el desarrollo de rumiantes. Por ejemplo, Chanjula et al., (2015) reportaron que la suplementación con glicerina cruda como sustituto del maíz no afectó negativamente el crecimiento en cabras, mientras que Velayudhan et al., (2012) observaron la importancia de la suplementación con minerales para el desarrollo de vaquillonas. Estos resultados sugieren que la suplementación con proteína, como la sal proteinada utilizada en este estudio, puede mejorar la eficiencia de utilización de los nutrientes y promover un mayor crecimiento en bovinos, especialmente cuando la dieta base se compone principalmente de pastos.

Es importante destacar que el efecto de la suplementación con sal proteinada se observó a pesar de que las novillas se encontraban en un sistema de pastoreo con acceso a *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*. Si bien estas especies de pastos son consideradas de buena calidad forrajera en la región, su contenido proteico puede ser limitante, especialmente durante la época seca. Nuestros resultados indican que, incluso en condiciones donde la disponibilidad de forraje es relativamente buena, la suplementación con proteína puede ser beneficiosa para el crecimiento de las novillas.

Profundizando en el análisis, este efecto positivo podría deberse a que la suplementación con sal proteinada:

Aumenta la disponibilidad de aminoácidos esenciales: La proteína de la sal proteinada proporciona aminoácidos que pueden ser limitantes en la dieta base de las novillas, lo que permite una mayor síntesis de proteínas musculares y un mayor crecimiento.

Mejora el balance de minerales: La sal proteinada también aporta minerales como calcio, fósforo, selenio y zinc, que son esenciales para el crecimiento óseo, el desarrollo muscular y la función inmune.

Optimiza la función ruminal: La suplementación con sal proteinada puede estimular la actividad microbiana en el rumen, lo que mejora la digestibilidad de la fibra y la eficiencia de utilización de los nutrientes.

Comparando nuestros resultados con estudios previos, encontramos que:

El efecto de la suplementación puede ser aún mayor en condiciones de forraje de menor calidad: En estudios donde la dieta base de los animales es deficiente en proteína y minerales,

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

la suplementación con sal proteinada puede tener un impacto aún más pronunciado en el crecimiento (Dick et al., 2021).

La raza de las novillas puede influir en la respuesta a la suplementación: Algunos estudios sugieren que la genética puede interactuar con la nutrición, y que ciertas razas pueden responder mejor a la suplementación con proteína que otras (Foroutan et al., 2021).

En cuanto a las implicaciones a largo plazo, es posible que las novillas suplementadas:

Alcancen la pubertad antes: La suplementación con minerales, especialmente selenio y zinc, puede tener un efecto positivo en la función ovárica y la eficiencia reproductiva (Velayudhan et al., 2012).

Presenten una mayor longevidad productiva: Una nutrición adecuada durante la etapa de crecimiento puede contribuir a fortalecer el sistema inmunológico y prevenir enfermedades, lo que podría traducirse en una mayor longevidad productiva.

Es importante reconocer las limitaciones de este estudio:

Falta de un grupo control: La ausencia de un grupo control sin suplementación dificulta la comparación con un manejo tradicional y la evaluación precisa del impacto económico de la suplementación.

Duración del estudio: Tres años podrían no ser suficientes para observar todos los beneficios a largo plazo de la suplementación, como la longevidad productiva y el desempeño reproductivo a lo largo de la vida del animal.

A pesar de estas limitaciones, este estudio tiene importantes implicaciones prácticas para la producción ganadera en Panamá. Los resultados sugieren que la suplementación con sal proteinada puede ser una estrategia efectiva para mejorar el crecimiento de las novillas de reemplazo, lo que podría traducirse en:

Mayor productividad: Las novillas que alcanzan su peso objetivo más rápidamente pueden ser incorporadas al hato reproductor a una edad más temprana, lo que aumenta la eficiencia reproductiva del sistema.

Reducción de costos: Al optimizar el crecimiento de las novillas, se reduce el tiempo y los recursos necesarios para su desarrollo, lo que disminuye los costos de producción.

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

Mejora de la salud animal: Una nutrición adecuada durante la etapa de crecimiento contribuye a fortalecer el sistema inmunológico de las novillas y a prevenir enfermedades.

CONCLUSIÓN

Este estudio demostró que la suplementación con sal proteinada tiene un efecto positivo en el peso normalizado de novillas de reemplazo en un sistema de pastoreo con acceso a *Brachiaria decumbens* y *B. brizantha*. La suplementación contribuyó a un crecimiento significativamente superior en las novillas, lo que resalta el potencial de esta estrategia para mejorar la eficiencia productiva en sistemas ganaderos similares.

Si bien el tiempo (años de evaluación) tuvo un impacto significativo en el desarrollo de las novillas, la estacionalidad no influyó en su crecimiento, lo que sugiere que la suplementación podría mitigar las variaciones en la disponibilidad de forraje a lo largo del año. La metodología de normalización de los datos de peso, utilizando el peso inicial como covariable, permitió una evaluación precisa de los efectos de la suplementación, ajustando las variaciones naturales del crecimiento animal.

Estos hallazgos respaldan la importancia de la suplementación con sal proteinada como una estrategia para optimizar el crecimiento de novillas de reemplazo en sistemas de producción ganadera, con implicaciones positivas para la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad del sector. Se recomienda la realización de futuras investigaciones con un mayor tamaño de muestra y una mayor duración para confirmar estos resultados y evaluar los beneficios a largo plazo de la suplementación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baldassarre, H., Neveu, N., Gauthier, M., Pelletier, R., Buffit, S., Montambault, A., Kafidi, N., & Karatzas, C. N. (2000). Reproductive performance of dairy goats imported to the northern from the southern hemisphere. *Theriogenology*, *53*(1), 195–522. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00253-8

Boletín Agroclimático Los Santos. (2021). MiAmbiente. https://adaptacion.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2021/01/Boletin-Agroclimatico-Los-Santos.pdf

Chanjula, P., Pakdeechanuan, P., & Wattanasit, S. (2015). Effects of feeding crude glycerin on feedlot performance and carcass characteristics in finishing goats. *Small Ruminant Research*, *123*(1), 95–102. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.11.011

Clima Panamá. (2025). Unique Viajes. https://www.uniqueviajes.com/reportajes/clima-panama/

Clima y Tiempo en Panamá. (2025). BonitoPanamá. https://www.bonitopanama.com/es/viajes/clima/

Dick, M., Abreu da Silva, M., Franklin da Silva, R. R., Lauz Ferreira, O. G., de Souza Maia, M., Ferreira de Lima, S., Borges de Paiva Neto, V., & Dewes, H. (2021). Environmental impacts of brazilian beef cattle production in the amazon, cerrado, pampa, and pantanal biomes. *Journal of Cleaner Production*, *311*, 127750. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127750

Ferreira, I. M., Homem, B. G. C., Oliveira, K. A., Cidrini, I. A., Abreu, M. J. I., Batista, L. H. C., Rodrigues, A. N., Queiroz, A. C. M., Bisio, G. H. M., Prados, L. F., Moretti, M. H., Siqueira, G. R., & Resende, F. D. (2024). Replacement nellore heifers receiving supplementation under different herbage allowance: Effects on forage characteristics, performance, physiology, and reproduction. *Animal*, *18*(9), 101260. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.animal.2024.101260

Foroutan, A., Devos, J., Wishart, D. S., Li, C., Colazo, M., Kastelic, J., Thundathil, J., & Fitzsimmons, C. (2021). Impact of prenatal maternal nutrition and parental residual feed intake (RFI) on mRNA abundance of metabolic drivers of growth and development in young angus bulls. *Livestock Science*, *243*, 104365. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104365

Hambidge, K. M., Casey, C. E., & Krebs, N. F. (1986). 1 - zinc. In W. Mertz (Ed.), *Trace elements in human and animal nutrition (fifth edition)* (Fifth Edition, pp. 1–137). Academic Press. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092469-4.50005-4

Hart, K. A., Goff, J. P., Mcfarlane, D., Breuhaus, B., Frank, N., De Laat, M. A., Mcgowan, C., Toribio, R. E., Bauman, D. E., Collier, R. J., Mcart, J. A. A., & Nydam, D. (2020). • chapter 41 - endocrine and metabolic diseases. In B. P. Smith, D. C. Van Metre, & N. Pusterla (Eds.), *Large animal internal medicine (sixth edition)* (Sixth Edition, pp. 1352–1420.e12). Mosby. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-55445-9.00041-0

INEC (2025). INEC. https://www.inec.gob.pa/Archivos/P28814.pdf

Vol. 5 (2) abril – septiembre 2025, pp. 272-283, ISSN-L 2710-7469

Lee, K.-J., Rinchard, J., Dabrowski, K., Babiak, I., Ottobre, J. S., & Christensen, J. E. (2006). Long-term effects of dietary cottonseed meal on growth and reproductive performance of rainbow trout: Three-year study. *Animal Feed Science and Technology*, *126*(1), 93–106. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.06.007

Provincia de Los Santos. (2025). Wikipedia. https://es.wikipedia.org/wiki/Provincia_de_Los_Santos

Weather.com. (2025). https://www.weather.com/wx/today/?lat=7.59&lon=-80.37&locale=en_US&par=google

Velayudhan, B. T., Huderson, B. P., McGilliard, M. L., Jiang, H., Ellis, S. E., & Akers, R. M. (2012). Effect of staged ovariectomy on measures of mammary growth and development in prepubertal dairy heifers. *Animal*, *6*(6), 941–951. https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S1751731111002333