

Dinámica de crecimiento y categorización funcional del ganado lechero mediante monitoreo electrónico

Growth dynamics and functional categorization of dairy cattle using electronic monitoring

Luis Rodrigo Balarezo Urresta*
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán - Ecuador
luis.balarezo@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5546-1259>

Hernán Rigoberto Benavides Rosales
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán - Ecuador
hernan.benavides@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9236-3076>

Segundo Ramiro Mora Quilismal
Universidad Politécnica Estatal del Carchi
Tulcán - Ecuador
segundo.mora@upec.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0487-4883>

*Correspondencia:
luis.balarezo@upec.edu.ec

Cómo citar este artículo:
Balarezo, L., Benavides, H., & Mora, S. (2026). Dinámica de crecimiento y categorización funcional del ganado lechero mediante monitoreo electrónico. *Esprint Investigación*, 5(1), 8-15.
<https://doi.org/10.61347/ei.v5i1.230>

Recibido: 27 de noviembre de 2025

Aceptado: 30 de diciembre de 2025

Publicado: 5 de enero de 2026

Copyright: Derechos de autor 2026 Luis Rodrigo Balarezo Urresta, Hernán Rigoberto Benavides Rosales, Segundo Ramiro Mora Quilismal.



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0.

Resumen: La ganadería lechera requiere herramientas de monitoreo que permitan optimizar la eficiencia productiva y mejorar la toma de decisiones en los sistemas de producción animal. El objetivo de este estudio fue evaluar la dinámica de crecimiento y la categorización funcional del ganado lechero mediante el monitoreo electrónico del peso corporal. La investigación se desarrolló durante un período de 12 meses en un hato lechero, donde se evaluaron 42 bovinos mediante una báscula electrónica Tru-Test EzyWeigh7, clasificándolos en categorías funcionales: vacas en producción, vacas secas, vaquillas, novillos (fierros) y terneras. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de peso entre categorías, considerando un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los resultados mostraron que el 93 % de los animales presentó una ganancia progresiva de peso corporal, mientras que el 7 % evidenció disminuciones asociadas a períodos de estrés fisiológico relacionados con el parto. La estructura funcional del hato estuvo conformada mayoritariamente por vacas en producción (64,29 %), seguidas por vacas secas (35,71 %). Se concluye que el monitoreo electrónico del peso corporal constituye una herramienta eficaz para la gestión zootécnica y la ganadería de precisión, al permitir el seguimiento objetivo del crecimiento y la optimización de la estructura funcional del hato lechero.

Palabras clave: Categorización funcional, ganadería de precisión, ganado lechero, peso corporal.

Abstract: Dairy farming requires monitoring tools that enable the optimization of productive efficiency and improved decision-making in animal production systems. The objective of this study was to evaluate growth dynamics and the functional categorization of dairy cattle through electronic body weight monitoring. The research was conducted over a 12-month period in a dairy herd, in which 42 bovines were evaluated using a Tru-Test EzyWeigh7 electronic scale and classified into functional categories: lactating cows, dry cows, heifers, steers (bullocks), and calves. The data collected were analyzed using descriptive statistics and analysis of variance (ANOVA) to compare mean body weights among categories, considering a significance level of $p < 0.05$. The results showed that 93% of the animals exhibited a progressive increase in body weight, while 7% showed decreases associated with periods of physiological stress related to the peripartum period. The functional structure of the herd consisted mainly of lactating cows (64.29%), followed by dry cows (35.71%). It is concluded that electronic body weight monitoring constitutes an effective tool for zootechnical management and precision livestock farming, as it allows objective growth tracking and optimization of the functional structure of the dairy herd.

Keywords: Body weight, dairy cattle, functional categorization, precision livestock farming.

1. Introducción

La ganadería lechera desempeña un papel estratégico en la seguridad alimentaria y en el desarrollo socioeconómico de las regiones rurales, particularmente en sistemas productivos de altura, donde las condiciones ambientales imponen retos significativos a la eficiencia productiva del ganado bovino (Durana et al., 2023). Factores como la variabilidad climática, la calidad fluctuante de las pasturas y el manejo técnico limitado influyen directamente en la producción de leche, la reproducción y la longevidad, pues solo los animales sanos pueden rendir adecuadamente, beneficiando tanto a las granjas, los agricultores y los consumidores (Ribas et al., 2025).

El ganado bovino aporta aproximadamente un 38 % al valor de la producción agraria mundial y sostiene los recursos para la vida y la seguridad alimentaria de millones de personas, contribuyendo de manera integral a la generación de empleo y la reducción de la pobreza (Andrade et al., 2023). Asimismo, la industria láctea desempeña un papel vital en el sistema alimentario, proporcionando una amplia gama de productos de alto valor nutricional (Fiorillo et al., 2024). En este sentido, la producción lechera apoya el sustento rural, generando ingresos y contribuyendo a la seguridad alimentaria y nutricional (Banda et al., 2021).

En la ganadería lechera contemporánea, la integración de innovaciones tecnológicas desempeña un papel crucial en la transformación de diversos aspectos de la gestión animal (Mahato & Neethirajan, 2025). La ganadería de precisión (*Precision Livestock Farming*, (PLF)) se ha convertido en un enfoque transformador en la agricultura moderna y ha permitido el uso de tecnologías avanzadas y métodos basados en datos para monitorear y gestionar la producción ganadera a nivel individual de los animales (Si, 2024).

La PLF es un concepto multidisciplinar que integra tecnologías de la información, ciencia de datos y ganadería innovadora (Jiang et al., 2023). En los últimos años, se han desarrollado importantes avances en la detección automática del tamaño corporal y del peso vivo de los animales (Du et al., 2022; Liu et al., 2024; Mengyuan et al., 2022), consolidándose estas tecnologías como métodos confiables para evaluar la dinámica de crecimiento, detectar tempranamente alteraciones metabólicas y optimizar la toma de decisiones en sistemas lecheros tecnificados (Papadopoulos et al., 2025).

Diversos estudios recientes señalan que el seguimiento sistemático del peso vivo permite mejorar la eficiencia alimenticia, reducir pérdidas productivas y fortalecer la gestión zootécnica del hato. Hasan et al. (2024) destacan que el seguimiento del peso vivo (*live weight*, (LW)) del ganado es esencial para la gestión de la productividad y el bienestar animal, especialmente en la toma de decisiones. Ojo et al. (2024) analizan cómo la recopilación sistemática de datos de peso y consumo permite modelar la eficiencia alimenticia, reducir pérdidas productivas y mejorar la selección genética. Kim et al. (2025) propusieron un algoritmo robusto de procesamiento de datos para la medición automática del peso del ganado, un avance que permite tomar decisiones de gestión ganadera basadas en datos inteligentes.

No obstante, pese a la disponibilidad de tecnologías de pesaje electrónico, en muchos sistemas lecheros de altura persiste una limitada implementación de registros zootécnicos sistemáticos, lo que dificulta la evaluación precisa del crecimiento y la salud animal (Oliveira et al., 2024; Tadele et al., 2025). La ausencia de información confiable restringe la capacidad de los productores para optimizar la gestión de sus recursos, desde la distribución de alimento hasta el seguimiento de la salud animal (Vlaicu et al., 2024), lo que constituye una brecha relevante en la gestión integral de la producción lechera.

En este contexto, resulta necesario generar evidencia científica que permita caracterizar la dinámica de crecimiento y la estructura funcional del ganado lechero mediante el uso de tecnologías de monitoreo electrónico, contribuyendo así al fortalecimiento de los sistemas de producción basados en información objetiva y confiable. La categorización funcional del hato, sustentada en el peso corporal y su evolución temporal, representa una herramienta clave para optimizar la planificación productiva, mejorar la eficiencia en el uso de recursos y avanzar hacia sistemas de producción más sostenibles.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la dinámica de crecimiento y la categorización funcional del ganado lechero mediante el monitoreo electrónico del peso corporal, con el fin de generar información técnica que respalde la toma de decisiones zootécnicas y contribuya al desarrollo de estrategias de ganadería de precisión en sistemas lecheros de altura.

2. Metodología

La investigación se desarrolló en un sistema de producción lechera localizado en una zona de altura, caracterizada por condiciones ambientales propias del trópico alto, con una altitud aproximada de 2.950 m s. n. m. y una temperatura media anual cercana a 11 °C. El sistema productivo operó bajo un esquema de pastoreo rotativo, con disponibilidad de pasturas predominantes de *Pennisetum clandestinum*, manejado de acuerdo con criterios técnicos de carga animal y períodos de descanso. Se empleó un diseño longitudinal descriptivo durante un período de 12 meses, en el cual la población de estudio estuvo conformada por 42 bovinos lecheros, evaluados de manera individual y clasificados en categorías funcionales según su estado fisiológico: vacas en producción, vacas secas, vaquillas, novillos (fierros) y terneras. Todos los animales pertenecieron al mismo hato y se mantuvieron bajo condiciones homogéneas de manejo nutricional, sanitario y reproductivo. El peso corporal de los animales se registró mediante una báscula electrónica *Tru-Test EzyWeigh7*, previamente calibrada de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Los registros se realizaron de forma periódica, procurando que los animales se encontraran en condiciones similares al momento del pesaje, con el fin de minimizar la variabilidad asociada a factores externos.

El monitoreo electrónico permitió obtener datos precisos y confiables para el análisis de la dinámica de crecimiento individual y por categoría funcional. Los animales se mantuvieron bajo un sistema de alimentación basado en pastoreo rotativo, complementado con suplementación estratégica según la categoría funcional y los requerimientos nutricionales establecidos. Durante todo el período de estudio se respetaron los principios de bienestar animal, evitándose prácticas que pudieran generar estrés innecesario durante el manejo y el pesaje, y garantizándose el acceso permanente a agua y alimento. Los datos obtenidos se organizaron en una base de datos y se analizaron mediante estadística descriptiva para la caracterización general del peso corporal y la estructura funcional del hato. Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las medias de peso entre las diferentes categorías funcionales, considerando un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$. Los resultados se expresaron como valores medios y desviación estándar, lo que permitió una interpretación clara de la dinámica de crecimiento del ganado lechero.

3. Resultados

Dinámica de crecimiento del ganado lechero

Durante el período de evaluación, el monitoreo electrónico del peso corporal permitió registrar de manera sistemática la evolución del peso corporal en los bovinos. Del total de animales monitoreados, el 93 % presentó una ganancia progresiva de peso corporal a lo largo del período de estudio, mientras

que el 7 % mostró una disminución temporal, principalmente asociada a cambios fisiológicos propios del período periparto. Los registros obtenidos evidenciaron variaciones diferenciadas en el comportamiento del peso corporal entre las distintas categorías funcionales.

Estructura funcional del hato

La categorización funcional del hato evidenció que la mayor proporción de animales correspondió a vacas en producción, las cuales representaron el 64,29 % de la población evaluada, mientras que las vacas secas constituyeron el 35,71 % restante. Las categorías de vaquillas, novillos (fierros) y terneras presentaron una distribución coherente con el sistema productivo evaluado, manteniéndose una estructura funcional relativamente estable durante el período de estudio.

Comparación de peso corporal entre categorías funcionales

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los registros de peso corporal evidenció diferencias estadísticamente significativas entre las categorías funcionales evaluadas ($p < 0,05$). Las vacas en producción presentaron los mayores valores promedio de peso corporal, seguidas por las vacas secas, mientras que las categorías más jóvenes registraron valores inferiores, en concordancia con su estado fisiológico. Los valores promedio de peso inicial, peso final y variación de peso por categoría funcional se presentan en la tabla 1.

Tabla 1.

Pesos promedio iniciales y finales, y diferencia de peso corporal por categoría funcional.

Categoría funcional	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Diferencia pesos (Kg)
Vacas en producción	555,45	578,2	22,75
Vacas secas	438,4	563,5	125,1
Vaonas	352,9	459,62	106,72
Fierros	215,5	400,75	185,25
Terneras	119,8	292,83	173,03

Nota. Los valores corresponden a promedios obtenidos durante el periodo de evaluación.

4. Discusión

Los resultados obtenidos evidenciaron que el monitoreo electrónico del peso corporal permitió caracterizar de forma precisa la dinámica de crecimiento del ganado lechero, confirmando su utilidad como herramienta de gestión zootécnica en sistemas productivos orientados a la ganadería de precisión. La alta proporción de animales con ganancia progresiva de peso corporal fue consistente con lo reportado por Han et al. (2025) y Sharpe & Heins (2023), quienes destacan que el registro sistemático y automatizado del peso corporal facilita la detección temprana de variaciones productivas y metabólicas, contribuyendo a una mejora en la toma de decisiones relacionadas con el manejo del hato.

La disminución temporal del peso corporal observada en un porcentaje reducido de animales fue coherente con lo descrito en investigaciones que asocian estas variaciones con períodos de estrés fisiológico, particularmente durante el período periparto. En este sentido, Breda et al. (2023) y Peiter et

al. (2023) documentaron que los cambios metabólicos característicos de esta etapa pueden inducir pérdidas transitorias de peso sin comprometer el desempeño productivo a largo plazo, siempre que se implementen estrategias adecuadas de manejo nutricional y sanitario, lo cual respalda la interpretación de los resultados obtenidos en el presente estudio.

En relación con la estructura funcional del hato, el predominio de vacas en producción reflejó un sistema orientado a la eficiencia productiva, en concordancia con los reportes de Peiter et al. (2023) y Li et al. (2023), quienes señalan que los sistemas lecheros tecnificados priorizan un alto porcentaje de vacas en lactancia dentro de la población total como estrategia para maximizar la productividad. No obstante, la proporción de vacas secas observada sugiere la necesidad de optimizar indicadores reproductivos, como los días abiertos y los intervalos entre partos, con el fin de mejorar la eficiencia global del sistema, tal como se ha señalado en estudios recientes que analizan la relación entre desempeño reproductivo, condición corporal y producción lechera (Berry & Evans, 2025; Breda et al., 2023).

Las diferencias estadísticamente significativas en el peso corporal entre categorías funcionales fueron coherentes con el estado fisiológico de los animales y respaldan la validez de la categorización funcional basada en el monitoreo electrónico del peso corporal. Resultados similares han sido reportados en estudios que destacan que el uso de básculas electrónicas y sistemas automatizados de pesaje permite discriminar con alta precisión entre categorías productivas y etarias, fortaleciendo la toma de decisiones en el contexto de la ganadería de precisión (Han et al., 2025; Jeon et al., 2024; Kirbaş, 2026).

En conjunto, los hallazgos del presente estudio aportan evidencia empírica que respalda el uso del monitoreo electrónico del peso corporal como una estrategia eficaz para mejorar la gestión técnica del ganado lechero, al facilitar el seguimiento del crecimiento individual, la detección temprana de desviaciones productivas y la optimización de la estructura funcional del hato. Futuros estudios podrían integrar variables reproductivas, ambientales y productivas, con el fin de fortalecer un análisis más integral del desempeño del ganado lechero y potenciar la aplicación de herramientas de ganadería de precisión en diferentes contextos productivos.

5. Conclusiones

El monitoreo electrónico del peso corporal permitió caracterizar de forma objetiva la dinámica de crecimiento del ganado lechero, confirmando su utilidad como herramienta para el seguimiento productivo y la gestión zootécnica en sistemas de producción lechera orientados a la ganadería de precisión. La aplicación de esta tecnología facilitó la identificación temprana de variaciones en el peso corporal asociadas con las distintas categorías funcionales y los estados fisiológicos de los animales, aportando información confiable para la toma de decisiones técnicas.

La alta proporción de vacas en producción dentro de la estructura funcional del hato reflejó un sistema productivo orientado a la eficiencia, mientras que la presencia de vacas secas evidenció la necesidad de fortalecer el manejo reproductivo, con el fin de optimizar indicadores como los días abiertos y, en consecuencia, mejorar la eficiencia global del sistema lechero.

Las diferencias estadísticamente significativas en el peso corporal entre las categorías funcionales confirmaron que la categorización basada en registros electrónicos de peso constituye un criterio técnico válido, al permitir ajustar de manera precisa las estrategias de manejo nutricional, productivo y sanitario según las necesidades específicas de cada grupo animal, contribuyendo a una gestión integral y sostenible del hato lechero.

Referencias

- Andrade, G., Andrade, M., Suárez-Usbek, A., Bautista-Espinoza, H., & Haro-Haro, A. (2023). Impacto socioeconómico de la ganadería lechera en comunidades indígenas del Ecuador. *EASI: Engineering and Applied Sciences in Industry*, 2(1), 34–43. <https://doi.org/10.53591/easi.v2i1.1907>
- Banda, L., Chiumia, D., Gondwe, T., & Gondwe, S. (2021). Smallholder dairy farming contributes to household resilience, food, and nutrition security besides income in rural households. *Animal Frontiers*, 11(2), 41–46. <https://doi.org/10.1093/af/vfab009>
- Berry, D., & Evans, R. (2025). When is too small, too small? Evaluating the trade-offs of smaller dairy cows in pasture-based systems. *JDS Communications*. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2025-0935>
- Breda, J., Facury, E., Flaiban, K., & Lisboa, J. (2023). Effect of Parity, Body Condition Score at Calving, and Milk Yield on the Metabolic Profile of Gyr Cows in the Transition Period. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 13(15), 2509. <https://doi.org/10.3390/ani13152509>
- Du, A., Guo, H., Lu, J., Su, Y., Ma, Q., Ruchay, A., Marinello, F., & Pezzuolo, A. (2022). Automatic livestock body measurement based on keypoint detection with multiple depth cameras. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107059. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107059>
- Durana, C., Murgueitio, E., & Murgueitio, B. (2023). Sustainability of dairy farming in Colombia's High Andean region. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1223184>
- Fiorillo, V., Amico, B. (2024). Milk Quality and Economic Sustainability in Dairy Farming: A Systematic Review of Performance Indicators. *Dairy*, 5(3), 384–402. <https://doi.org/10.3390/dairy5030031>
- Han, Y., Si, Y., He, Z., Li, Q., Li, Z., Zhang, M., & Liu, G. (2025). Dynamic weighing system for dairy cows based on arrayed weighing platforms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 230, 109943. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.109943>
- Hasan, F., Thomson, P., Islam, M., Clark, C., Chlingaryan, A., & Lomax, S. (2024). Monitoring cattle liveweight using a mobile, in-paddock weigh platform: Validation, attendance and utility. *Smart Agricultural Technology*, 9, 100639. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100639>
- Jeon, E., Cho, S., Hwang, S., Cho, K., Gondro, C., & Choi, N. (2024). Development of prediction model for body weight and energy balance indicators from milk traits in lactating dairy cows based on deep neural networks. *Journal of King Saud University – Science*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.103008>
- Jiang, B., Tang, W., Cui, L., Deng, X. (2023). Precision Livestock Farming Research: A Global Scientometric Review. *Animals*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/ani13132096>
- Kim, D., Song, J., Cho, H., Lee, M., Lee, D., Seo, S., Lee, W. (2025). Multi-Stage Data Processing for Enhancing Korean Cattle (Hanwoo) Weight Estimations by Automated Weighing Systems. *Animals*, 15(12), 1785. <https://doi.org/10.3390/ani15121785>
- Kırbaş, İ. (2026). AI-based automated weight prediction in cattle for herd health surveillance. *Preventive Veterinary Medicine*, 247, 106752. <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2025.106752>
- Li, M., Reed, K., Lauber, M., Fricke, P., & Cabrera, V. (2023). A stochastic animal life cycle simulation model for a whole dairy farm system model: Assessing the value of combined heifer and lactating dairy cow reproductive management programs. *Journal of Dairy Science*, 106(5), 3246–3267. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22396>

- Liu, Y., Xiao, D., Ni, X., & Li, W. (2024). Estimating yolk weight of duck eggs using VIS-NIR Spectroscopy and RGB images and whole egg weights. *Poultry Science*, 103(7), 103829. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103829>
- Mahato, S., & Neethirajan, S. (2025). Integrating Artificial Intelligence in dairy farm management – biometric facial recognition for cows. *Information Processing in Agriculture*, 12(3), 312–325. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2024.10.001>
- Mengyuan, C., Yongsheng, S., Qian, L., & Gang, L. (2022). Research advances in the automatic measurement technology for livestock body size. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 38(13), 228–240. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2022.13.026>
- Morais, F., Araújo, G., Guimarães, A., Santos, L., Norton, T., Ferreira, P. (2024). Digital and Precision Technologies in Dairy Cattle Farming: A Bibliometric Analysis. *Animals*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/ani14121832>
- Ojo, A., Mulim, H., Campos, G., Junqueira, V., Lemenager, R., Schoonmaker, J., Oliveira, H. (2024). Exploring Feed Efficiency in Beef Cattle: From Data Collection to Genetic and Nutritional Modeling. *Animals*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/ani14243633>
- Papadopoulos, G., Papantonatou, M., Uyar, H., Kriezi, O., Mavrommatis, A., Psiroukis, V., Kasimati, A., Tsiplakou, E., & Fountas, S. (2025). Economic and environmental benefits of digital agricultural technological solutions in livestock farming: A review. *Smart Agricultural Technology*, 10, 100783. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100783>
- Peiter, M., Caixeta, L., & Endres, M. (2023). Association between change in body weight during early lactation and milk production in automatic milking system herds. *JDS Communications*, 4(5), 369–372. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0323>
- Ribas, D., Costa, N., Alves, C., Neves, A., Battisti, R., Casaroli, D., Barbari, M., Bambi, G., Resende, R. (2025). Climate Change and State of the Art of the Sustainable Dairy Farming: A Systematic Review. *Animals*, 15(20). <https://doi.org/10.3390/ani15202997>
- Sharpe, K., & Heins, B. (2023). Evaluation of a Forefront Weight Scale from an Automated Calf Milk Feeder for Holstein and Crossbred Dairy and Dairy–Beef Calves. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 13(11), 1752. <https://doi.org/10.3390/ani13111752>
- Si, Q. (2024). Advancements in Precision Livestock Farming: Technologies and Applications. *Animal Molecular Breeding*, 14(2). <https://animalscipublisher.com/index.php/amb/article/view/3816>
- Tadele, E., Worku, D., Yigzaw, D., Muluneh, T., & Melese, A. (2025). Precision of dairy farming: Navigating challenges and seizing opportunities for sustainable dairy production in Africa. *Frontiers in Animal Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fanim.2025.1541838>
- Vlaicu, P., Gras, M., Untea, A., Lefter, N., Rotar, M., (2024). Advancing Livestock Technology: Intelligent Systemization for Enhanced Productivity, Welfare, and Sustainability. *AgriEngineering*, 6(2), 1479–1496. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6020084>

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Universidad Politécnica del Carchi por facilitar las instalaciones, los recursos técnicos y el apoyo institucional necesarios para el desarrollo de la presente investigación.

Transparencia

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés de naturaleza personal, académica, institucional, económica o financiera que pudiera haber influido en el desarrollo y los resultados de la presente investigación.

Fuente de financiamiento

La presente investigación fue financiada en su totalidad por los autores, sin apoyo económico externo de instituciones públicas o privadas.

Contribución de autoría

Luis Rodrigo Balarezo Urresta: Conceptualización, metodología, software, análisis formal, investigación, gestión de datos, visualización, redacción - preparación del borrador original, financiamiento, administración del proyecto, recursos.

Hernán Rigoberto Benavides Rosales: Metodología, validación, investigación, redacción - revisión y edición, financiamiento, recursos, supervisión.

Segundo Ramiro Mora Quilismal: Validación, investigación, redacción - revisión y edición, financiamiento, recursos.

Los autores contribuyeron activamente en el análisis de los resultados, revisión y aprobación del manuscrito final.