



LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA REPRODUCCIÓN BOVINA THE ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN BOVINE REPRODUCTION

 NEYLIS CHÁVEZ MILLARES*,  ROYMAN GONZÁLEZ RIVAS,
 YUSNEY MARRERO GARCÍA,  LILIBETH MERCEDES GONZÁLEZ RUIZ

Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH)

*Autor para correspondencia: Neylis Chávez Millares. E-mail: neylis@unah.edu.cu

Resumen

Actualmente, la ganadería enfrenta el reto de aumentar la producción para satisfacer la creciente demanda de productos de origen animal. En este contexto, la reproducción bovina representa un proceso multifactorial que exige la toma de decisiones informada y estratégica para incrementar la reproductividad y los beneficios económicos. El objetivo de la presente investigación es analizar el potencial de la Inteligencia Artificial para mejorar la toma de decisiones en la reproducción bovina. Se analiza la aplicación de varias técnicas de esta disciplina, como el Aprendizaje Automático, las Redes Neuronales Artificiales, el Aprendizaje Profundo, las Máquinas de Soporte Vectorial y los Árboles de Decisión. Estas tecnologías pueden ser aplicadas a diferentes áreas tales como: la selección genética, la detección del celo y enfermedades, la inseminación artificial y el monitoreo del estado de salud de los animales. El empleo de estas técnicas se ve condicionado por tres factores fundamentales: las características de la organización, el objetivo propuesto y las particularidades del conjunto de datos, los cuales se deben tener en cuenta en el momento de decidir cuál técnica utilizar. Por tanto, la aplicación de tecnologías inteligentes permite la sostenibilidad del sector ganadero al reducir costos, aumentar la producción de leche y carne con el fin de mejorar la eficiencia y la rentabilidad, garantizando el bienestar animal durante los procesos.

Palabras clave: toma de decisiones, ganadería, tecnologías inteligentes, seguridad alimentaria

Abstract

Today, livestock farming faces the challenge of increasing production to meet the growing demand for animal products. In this context, bovine reproduction represents a multifactorial process that requires informed and strategic decision making to increase reproductivity and economic benefits. The objective of the present research is to analyze the potential of Artificial Intelligence to improve decision making in bovine reproduction. The application of several techniques of this discipline, such as Machine Learning, Artificial Neural Networks, Deep Learning, Support Vector Machines and Decision Trees, is analyzed. These technologies can be applied to different areas such as: genetic selection, heat and disease detection, artificial insemination and animal health monitoring. The use of these techniques is conditioned by three fundamental factors: the characteristics of the organization, the proposed objective and the particularities of the data set, which must be taken into account when deciding which technique to use. Therefore, the application of intelligent technologies allows the sustainability of the livestock sector by reducing costs, increasing milk and meat production in order to improve efficiency and profitability, guaranteeing animal welfare during the processes.

Key words: decision making, livestock, intelligent technologies, food safety

Introducción

La ganadería es un factor primordial para garantizar la seguridad alimentaria, por lo que la salud y el bienestar animal se han convertido en elementos claves para el

desarrollo sostenible (Programa sectorial “Agricultura Sostenible” (NAREN), 2020). Sin embargo, esta situación supone un reto para los ganaderos. El incremento desproporcionado de la población humana a nivel mundial provoca que la alimentación sea cada vez más difícil.

Recibido: 18 de junio de 2024

Aceptado: 01 de octubre de 2024

Ing. Neylis Chávez Millares. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH).

Ing. Royman González Rivas. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH).

Dr. C. Yusney Marrero García. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH).

Dra. C. Lilibeth Mercedes González Ruiz. Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” (UNAH).

Conflicto de intereses: Los autores de este trabajo no declaran conflicto de intereses.

CONTRIBUCION DE AUTORES: Los autores participaron en el diseño y redacción del trabajo, además del análisis de los documentos.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



En los últimos 10 años se ha producido una creciente demanda de los productos de origen animal, lo que se evidencia en el crecimiento exponencial de los rebaños. A su vez, las nuevas generaciones se encuentran cada vez menos interesadas en este sector. Debido a esta situación, los trabajadores del área han decidido incluir técnicas más sofisticadas y menos invasivas para mantener las prácticas ganaderas y facilitar el trabajo, tal es el caso de la Inteligencia Artificial en la reproducción ganadera (Melak et al., 2024). Con la aplicación de tecnologías innovadoras e inteligentes es posible alcanzar mayor control de los ganados sin la necesidad de incrementar el personal de la institución.

Actualmente, el sector ganadero está orientado a incrementar la producción de leche y la reproducción mejorada genéticamente, en otras palabras, necesitan bovinos con genes lecheros y cárnicos. De esta situación surge la necesidad de incluir técnicas de Inteligencia Artificial para mejorar la precisión y aumentar la rapidez en los procesos ganaderos (González et al., 2018). Por tanto, se propone como objetivo de la investigación analizar el potencial de la Inteligencia Artificial para mejorar la toma de decisiones informadas en la reproducción bovina.

1. Inteligencia Artificial en la Ganadería

El uso de la Inteligencia Artificial en la ganadería ha permitido optimizar varios procesos tanto productivos como reproductivos como el movimiento del rebaño, la salud animal, la reproducción, la producción de leche y carne, entre otros. La implementación de estas tecnologías incrementa la posibilidad de mejorar la gestión del ganado, de monitorear al animal en tiempo real.

La Inteligencia Artificial brinda numerosos beneficios, los cuales pueden tener un impacto significativo en la gestión de la institución. Algunos de estos beneficios son: optimización de la toma de decisiones, detección temprana de enfermedades, mejora en la crianza y la reproducción ganadera, eficiencia en el uso de los recursos y mejora del bienestar animal (Genética Bovina, 2020). La ganadería, aunque se considera un pilar para la alimentación, todavía se encuentra atrasada con respecto a otros sectores por lo que la aplicación de técnicas inteligentes marca un avance importante en su desarrollo (Bayona et al., 2024).

2. Inteligencia Artificial en la Reproducción Bovina

La integración de la Inteligencia Artificial y la reproducción bovina brinda una nueva perspectiva en la ganadería. Los sistemas informáticos asociados a esta disciplina sirven como herramientas de apoyo al especialista del sector ganadero. Por tanto, la reproducción ganadera se ha visto beneficiada de estas herramientas en diferentes procesos, algunos de estos son:

Existen numerosas aplicaciones en este campo en la reproducción bovina, algunas de estas son:

- Mejoramiento genético: permite optimizar la selección y reproducción de animales con características deseables. En el caso de los bovinos, se desean animales con doble propósito, producción de leche y carne (Marizancén y Artunduaga, 2017).
- Detección del celo: identifica el momento óptimo para realizar la inseminación artificial (Strappini et al., 2015).
- Monitoreo de la salud reproductiva: gestiona con precisión la reproducción bovina contribuyendo significativamente al bienestar animal, ya que emplea técnicas que no son agresivas o invasivas para el animal (Curti et al., 2023).
- Inseminación artificial: evalúa la efectividad de la inseminación artificial y sugiere mejoras en las técnicas utilizadas, con el propósito de incrementar la tasa de éxito (Terrero y Morejón, 2014).
- Análisis de los datos reproductivos: mejora la gestión y optimización de los procesos reproductivos (Terrero y Morejón, 2014).

En general, estos avances brindan enormes beneficios tanto para la entidad como para el animal. Dentro de los beneficios se encuentran:

1. Mejora la tasa de éxito de la inseminación artificial y de la productividad permitiendo la detección temprana de enfermedades.
2. Reduce los costos ya que identifica el estro (período estral o celo) con más precisión optimizando la inseminación artificial y, por tanto, la reducción de los costos operativos.
3. Promueve el bienestar animal (Melak et al., 2024).

Actualmente, la Inteligencia Artificial tiene mucho que aportar en la ganadería y a la reproducción bovina. Es un campo que se encuentra aún bajo desarrollo. Las tendencias en esta rama de la informática están transformando la reproducción bovina. Estas se encuentran orientadas al monitoreo en tiempo real, la detección precisa del celo, el análisis genético avanzado, la automatización de los procesos, la predicción de resultados reproductivos y el análisis de los datos para la toma de decisiones (García et al., 2020; Fuentes et al., 2022; Moreira et al., 2023).

3. Técnicas de Inteligencia Artificial utilizadas en la Reproducción Bovina

Para decidir si una técnica es adecuada o no para un determinado objetivo hay que tener en cuenta tres aspectos fundamentales: las características de la organización en la cual se va a aplicar la técnica, el objetivo propuesto y las

particularidades del conjunto de datos. Por ejemplo, si el conjunto de datos es limitado, se deben utilizar técnicas sencillas como Máquinas de Soporte Vectorial o Árboles de Decisión que, a diferencia de otras técnicas como Redes Neuronales Artificiales, Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo, no requieren grandes volúmenes de datos para su entrenamiento. En dependencia del objetivo que se quiere alcanzar, las técnicas de Inteligencia Artificial pueden variar.

Por ejemplo, si el propósito de la investigación es mejorar genéticamente una determinada especie, se pueden emplear técnicas como Aprendizaje Profundo, Aprendizaje Automático y Redes Neuronales Artificiales, debido a que pueden realizar análisis complejos y brindar resultados precisos. Esto mismo ocurre para el monitoreo de la salud reproductiva, la inseminación artificial y el análisis de datos reproductivos. En el caso de la detección del celo, la técnica más adecuada es Aprendizaje Automático por su capacidad para identificar patrones complejos y mejorar la precisión. Otras técnicas que pueden ser utilizadas en la reproducción ganadera son Máquinas de Soporte Vectorial y Árboles de Decisión que, aunque no sean las más adecuadas, se pueden aplicar para lograr el objetivo propuesto ya que son técnicas sencillas que pueden ser empleadas en análisis simples (Berryhill *et al.*, 2020).

El Aprendizaje Profundo se basa en el uso de Redes Neuronales Artificiales. Estas redes se inspiran en el funcionamiento del cerebro humano y están compuestas por capas de neuronas artificiales conectadas entre sí con múltiples capas. La complejidad de esta estructura permite el aprendizaje de patrones complejos a partir de datos no estructurados. El Aprendizaje Profundo es utilizado principalmente para tareas de reconocimiento y predicción, como la clasificación de imágenes, la detección de objetos o la traducción automática. A pesar de su éxito, el proceso de aprendizaje de estos modelos de sigue siendo complejo y poco transparente (Padial, 2019).

El Aprendizaje Automático se caracteriza por su capacidad para aprender a partir de datos sin necesidad de una programación explícita. Los algoritmos de Aprendizaje Automático se basan en el reconocimiento de patrones y la toma de decisiones a partir de grandes conjuntos de datos, lo que les permite mejorar su rendimiento con el tiempo. A diferencia del aprendizaje humano, que requiere de la capacidad de reflexión y autoanálisis, esta técnica no necesita de esta facultad y sus modelos son capaces de mejorar su rendimiento con el tiempo a medida que se exponen a nuevos datos (Padial, 2019).

Por otro lado, las Redes Neuronales Artificiales necesitan ser entrenadas ya que aprenden a partir de grandes conjuntos de datos, sin necesidad de una programación explícita. Además, se componen de neuronas artificiales que procesan información y generan salidas a partir de entradas y pueden aprender patrones complejos a partir de datos

no estructurados. Esta técnica puede adaptarse a nuevos datos, aprender patrones y realizar predicciones precisas en escenarios desconocidos (Basogain, 1998).

Sin embargo, las Máquinas de Soporte Vectorial se emplean como herramienta para la clasificación de datos en una amplia gama de aplicaciones. Su capacidad para encontrar hiperplanos no lineales, su robustez a la sobreadaptación y su eficiencia computacional las convierten en una opción atractiva para muchos problemas de aprendizaje automático. Las Máquinas de Soporte Vectorial se utilizan ampliamente para clasificar imágenes en diferentes categorías, como rostros, objetos o paisajes. También se pueden utilizar para reconocer patrones en señales de voz y distinguir entre diferentes hablantes o palabras, para clasificar textos en diferentes categorías, como documentos sentimentales o de noticias y analizar datos médicos, así como predecir el riesgo de enfermedades o la respuesta a tratamientos (Lee, 2010).

Los Árboles de Decisión, por su parte, están formados por nodos y ramas, cada nodo representa una pregunta o una prueba sobre una característica de los datos, y las ramas que salen de un nodo representan los posibles valores o respuestas a la pregunta. Los Árboles de Decisión se utilizan para clasificar datos en diferentes categorías, poseen flexibilidad y robustez frente a los valores atípicos y a la falta de los datos. La estructura jerárquica permite visualizar claramente las reglas de clasificación y las relaciones entre las características de los datos por lo que son una herramienta poderosa para la clasificación y el análisis de datos. Por lo general, esta técnica de brinda una respuesta rápida, es precisa y no requiere de muchos recursos para su ejecución (Menes *et al.*, 2015; Song y Ying, 2015).

Por tanto, la selección correcta de la técnica depende del dominio del escenario donde se quiere trabajar. Desde el punto de vista de la reproducción ganadera, las Redes Neuronales Artificiales, y sus ramas, obtienen un papel protagónico puesto que se pueden aplicar a la mayoría de las actividades que se desarrollan en el área. Actualmente, muchas personas o investigadores están integrando algunas técnicas con otras para complementarlas entre sí o mejorar algoritmos existentes con el fin de incrementar su eficiencia y precisión.

4. Impacto de la aplicación de la Inteligencia Artificial asociado a la toma de decisiones en la Reproducción Bovina

Las técnicas y herramientas planteadas poseen influencia sobre las decisiones que se toman en cada uno de los procesos ganaderos. Por consecuencia, se puede decir que la Inteligencia Artificial está transformando, de forma positiva, la toma de decisiones en las diferentes áreas de la reproducción bovina. La aplicación de técnicas informáticas en esta rama de la ganadería permite el análisis

de grandes volúmenes de datos con mayor precisión y rapidez que los métodos tradicionales, lo que garantiza a los ganaderos la toma de decisiones informadas sobre la inseminación artificial, la selección genética y la detección temprana de problemas reproductivos (Kerton, 2012). También puede adaptar las estrategias reproductivas a las características individuales de cada animal, lo que favorece la mejora de la eficiencia reproductiva del individuo y la reducción de los costos asociados a la reproducción bovina, como los costos de inseminación artificial fallida y de tratamiento de problemas reproductivos y, por ende, el aumento de la rentabilidad de las operaciones ganaderas. Además, brinda facilidades para ayudar a seleccionar animales con características deseables para la reproducción, como una mayor fertilidad o resistencia a enfermedades (Garro y Tallarico, 2022).

Al integrar grandes volúmenes de datos y algoritmos avanzados, la Inteligencia Artificial facilita la toma de decisiones informadas y la optimización de la gestión de la información, lo que a su vez contribuye al aumento de la rentabilidad y la reducción del impacto ambiental de la producción ganadera. En general, esta disciplina tiene el potencial de transformar la ganadería bovina haciéndola más eficiente, sostenible y rentable. La aplicación de técnicas inteligentes en el sector es un paso significativo hacia un futuro sostenible para la seguridad alimentaria.

Conclusiones

Se analizaron cinco técnicas de Inteligencia Artificial, de ellas las más empleadas para la toma de decisiones en las diferentes áreas de la reproducción bovina son: Redes Neuronales Artificiales, Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo. Con el apoyo de estas tecnologías se han logrado resultados en menor tiempo y con mayor precisión.

Referencias

- Basogain, X. (1998). *Redes Neuronales Artificiales y sus aplicaciones*. https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf
- Bayona, J. S.; Serrano, M. K.; Navarro, A. Y.; Sarabia, J. J.; Ramírez, J. D.; y Galvis, J. J. (2024). IA aplicado en la ganadería. https://www.researchgate.net/profile/Margie-Serrano-Carrascal/publication/381227428_IA_APLICADO_EN_GANADERIA/links/666278ffb769e769191d65e2/IA-APLICADO-EN-GANADERIA.pdf
- Berryhill, J.; Heang, K. K.; Clogher, R.; y McBride, K. (2020). *Hola, mundo: La Inteligencia Artificial y su uso en el sector público*. Asociación Mexicana de Internet. <https://doi.org/10.1787/726fd39d-en>
- Curti, P.; Selli, A.; Pinto, D.; Merlos-Ruiz, A.; Balieiro, J.; y Ventura, R. (2023). Applications of livestock monitoring devices and machine learning algorithms in animal production and reproduction: an overview. *Animal Reproduction*, 20 (2). <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2023-0077>
- Fuentes, S.; Gonzalez, C.; Tongson, E.; y Dunshea, F. R. (2022). The livestock farming digital transformation: implementation of new and emerging technologies using artificial intelligence. *Animal Health Research Reviews*, 23, 59-71. <https://doi.org/10.1017/S1466252321000177>
- García, R.; Aguilar, J.; Toro, M.; Pinto, A.; y Rodríguez, P. (2020). A systematic literature review on the use of machine learning in precision livestock farming. *ScienceDirect*, 179. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105826>
- Garro, R.; y Tallarico, G. (2022). Ganadería de precisión: innovaciones tecnológicas que agregan valor a la ganadería. *IDIA21*, 2 (1), 21-27. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/12167/publidia22_ano2_n1mayo_v4_p.21-27.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Genética Bovina. (2020). Inseminación artificial: puntos a tener en cuenta en nuestras ganaderías. *Genética bovina colombiana*.°en <https://revistageneticabovina.com/biotecnologia/inseminacion-artificial/>
- González, N.; Leyva, M. Y.; Faggoni, K. M.; y Álvarez, P. J. (2018). Estudio comparado de las técnicas de Inteligencia Artificial para el diagnóstico de enfermedades en la ganadería. *Sistemas, Cibernética e Informática*, 15(2). Consultado el 8 de julio de 2023. °en <https://www.iiisci.org/journal/pdv/risci/pdfs/CA178AR18.pdf>
- Kerton, L. (2012). *Sistema para el análisis y toma de decisiones sobre datos parametrizados*. [Tesis de Grado, Universidad de Ciencias Informáticas]. La Habana, Cuba. https://repositorio.uci.cu/jspui/bitstream/ident/TD_05601_12/2/TD_05601_12.pdf
- Lee, Y. (2010). Support vector machines for classification: a statistical portrait *Methods Mol Biol*. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-580-4_11
- Marizancén, M. A.; y Artunduaga, L. (2017). Mejoramiento genético en bovinos a través de la inseminación artificial y la inseminación artificial a tiempo fijo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 8(2), 247-259. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6285365.pdf>. ISSN: 2145-6097.
- Melak, A.; Aseged, T.; y Shitaw, T. (2024). The Influence of Artificial Intelligence Technology on the Management of Livestock Farms. *Hindawi*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/8929748>
- Menes, I.; Arcos, G.; Moreno, P.; y Gallegos, K. (2015). Desempeño de algoritmos de minería en indicadores académicos: Árbol de Decisión y Regresión Logística. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 9 (4), 104-117. ISSN: 2227-1899.

- Moreira, A.; Santos, F. K., dos; Machado, P. B.; Berghahn, L. G.; Campos, G. P., de; Araújo, C. V., de; Araújo, S. I.; y Menezes, F. L. (2023). Uso de Inteligência Artificial na Pecuária: Revisão de literatura. *Research, Society and Development*, 12 (4). <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i4.40777>
- Padial, J. J. (2019). Técnicas de programación «Deep Learning»: ¿Simulacro o realización artificial de la inteligencia? *Naturaleza y Libertad*, 12. <https://revistas.uma.es/index.php/naturaleza-y-libertad/article/download/6274/5798/20938>. ISSN: 2254-9668.
- Programa sectorial “Agricultura Sostenible” (NAREN). (2020). Ganadería y salud animal. *GIZ*. www.giz.de/en/worldwide/39650.html
- Song, Y. Y.; y Ying, L. (2015). Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai Archives of Psychiatry*, 27 (2). <https://doi.org/10.11919/j.issn.1002-0829.215044>
- Strappini, A. C.; Norambuena, L.; y Matamala, F. (2015). *Importancia de la detección de celo utilizando métodos amigables con el bienestar animal* XXXVIII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal, Perú. https://www.researchgate.net/profile/Ana-Strappini/publication/287978184_Importancia_de_la_deteccion_de_celo_utilizando_metodos_amigables_con_el_bienestar_animal/links/567ac9b908aebccc4dfd598b/Importancia-de-la-deteccion-de-celo-utilizando-metodos-amigables-con-el-bienestar-animal.pdf.
- Terrero, R.; y Morejón, R. (2014). GAVIAC, Sistema para la gestión y control del ganado vacuno y la inseminación artificial. *Revista Avanzada Científica*, 17 (3). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5156800.pdf>. ISSN: 1029-3450.