

Inovaciones en agronegocios en el ámbito de la Ruta Bioceánica

Inovações no agronegócio no âmbito da Rota Bioceânica

Innovations in agribusiness in the scope of the Ruta Bioceánica

Vanessa Weber^{1,2}
Nelagley Marques¹

Recibido el 04/08/2023; revisado y aprobado el 09/08/2023; aceptado el 21/08/2023.

DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v25i1.4239>

Resumen: La Ruta Bioceánica conecta Brasil, Paraguay, Argentina y Chile. Se puede considerar la mayor obra de infraestructura de América Latina y tiene el potencial de reducir el costo del transporte de mercancías entre los cuatro países y continentes. Además, el agronegocio es una actividad de gran importancia económica para Brasil y para el estado de Mato Grosso do Sul que puede ser un protagonista en este proceso. La ganadería, en particular, es una actividad importante en la región, por el valor representativo en la economía del Estado. Así, la Ruta Bioceánica tiene el potencial de impulsar el desarrollo del agronegocio en la región. La carretera facilitará el transporte de productos agrícolas entre los países de la región, lo que hará que los productos brasileños sean más competitivos en el mercado internacional. Además, la carretera facilitará la entrada de nuevas tecnologías en el sector agrícola, lo que ayudará a mejorar la productividad y la eficiencia de las granjas. Este artículo tiene como objetivo discutir las innovaciones en el agronegocio en el contexto de la Ruta Bioceánica, con foco en la ganadería de precisión. Además, abordamos que la Ruta Bioceánica, con su potencial, puede ser una red que fortalezca e intensifique el desarrollo del comercio intrarregional. Precisamente, después de esta contextualización, destacamos la importancia de analizar la creación de Polos de Innovación y Tecnologías aplicadas a la ganadería de precisión.

Palabras clave: Ruta Bioceánica; ganadería de precisión; agronegocios; innovación; tecnología.

Resumo: A Rota Bioceânica conecta Brasil, Paraguai, Argentina e Chile. Ela pode ser considerada a maior obra de infraestrutura da América Latina e tem o potencial de reduzir o custo do transporte de mercadorias entre os quatro países e continentes. Além disso, o agronegócio é uma atividade de grande importância econômica para o Brasil e para o estado de Mato Grosso do Sul que pode ser um protagonista neste processo. A pecuária, em particular, é uma atividade importante na região, pelo valor representativo na economia do Estado. Assim, a Rota Bioceânica tem o potencial de impulsionar o desenvolvimento do agronegócio na região. A rodovia facilitará o transporte de produtos agrícolas entre os países da região, o que tornará os produtos brasileiros mais competitivos no mercado internacional. Além disso, a rodovia facilitará a entrada de novas tecnologias no setor agrícola, o que ajudará a melhorar a produtividade e a eficiência das fazendas. Este artigo tem como objetivo discutir inovações no agronegócio no âmbito da Rota Bioceânica, com foco na pecuária de precisão. Além disso, abordamos que a Rota Bioceânica, com seu potencial, pode ser uma rede que fortaleça e intensifique o desenvolvimento do comércio intrarregional. Justamente, após essa contextualização, destacamos a importância de se analisar a criação de Polos de Inovação e Tecnologias aplicadas à pecuária de precisão.

Palavras-chave: Rota Bioceânica; pecuária de precisão; agronegócio; inovação; tecnologia.

Abstract: The Bioceanic Route connects Brazil, Paraguay, Argentina and Chile. It can be considered the largest infrastructure project in Latin America and has the potential to reduce the cost of transporting goods between the four countries and continents. In addition, agribusiness is an activity of great economic importance for Brazil and for the state of Mato Grosso do Sul that can be a protagonist in this process. Livestock, in particular, is an important activity in the region, due to its representative value in the economy of this state. Thus, the Bioceânica Route has the potential to boost the development of agribusiness in the region. The highway will facilitate the transport of agricultural products between countries in the region, which will make Brazilian products more competitive in the international market. In addition, the highway will facilitate the entry of new technologies into the agricultural sector, which will help improve farm productivity and efficiency. This article aims to discuss innovations in agribusiness within the scope of the Bioceânica Route, focusing on livestock precision. In addition, we discuss that the Bioceânica Route, with its potential, can be a network that strengthens and intensifies the development of intraregional trade. Indeed, after this contextualization,

¹ Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

² Kerow Soluções de Precisão, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil.

we highlight the importance of analyzing the creation of Hubs of Innovation and Technologies applied to livestock precision.

Keywords: Bioceanic Route; Livestock Precision; Agribusiness; Innovation; Technology.

1 INTRODUCCIÓN

La propuesta de este artículo tiene como objetivo presentar, en el ámbito de la Ruta Bioceánica, algunas novedades en el agronegocio. Por ello, inicialmente, abordamos brevemente lo que es esta ruta con los principales desafíos y beneficios en cuanto a la integración de los cuatro países: Brasil, Paraguay, Argentina y Chile.

A continuación, discutimos la importancia de crear la Red Universitaria de la Ruta de la Integración Latinoamericana (UniRila), conformada por algunas universidades de los cuatro países antes mencionados con el propósito de generar conocimiento y desarrollar investigaciones que subsidien acciones de los organismos gubernamentales, no gubernamentales y privados.

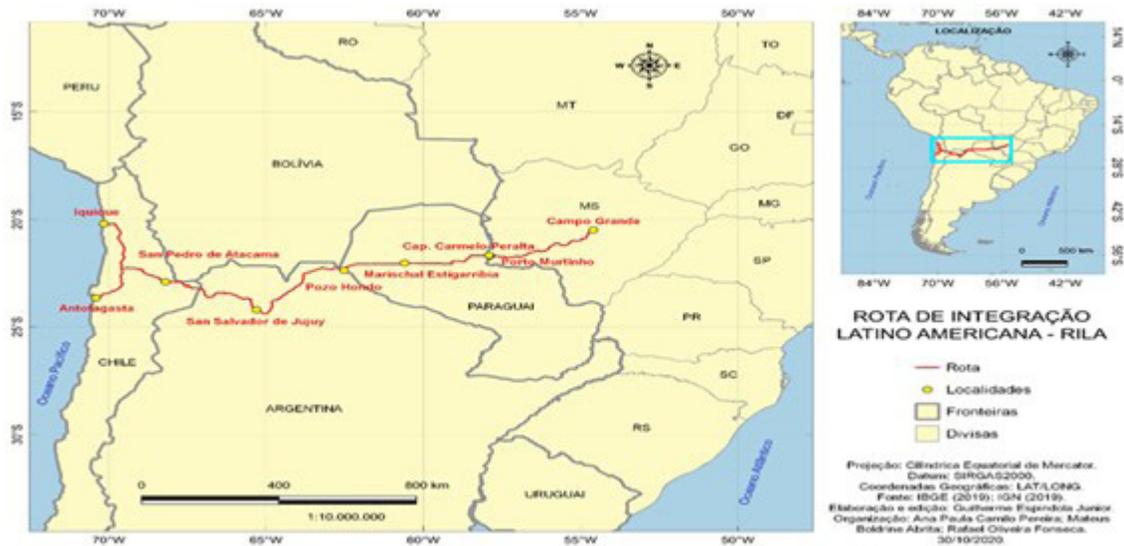
En el Estado de Mato Grosso do Sul, destacamos el Proyecto UEMS na Rota, cuyos autores integran el equipo gestor, que es un proyecto de vanguardia e innovador en el contexto de la Ruta Bioceánica.

Luego de esta contextualización, en referencia a la innovación en agronegocios en el ámbito de la Ruta Bioceánica, abordamos dos aspectos fundamentales: 1. La ganadería de precisión en Brasil y en el Estado de Mato Grosso do Sul, y 2. La visión computacional y la inteligencia artificial aplicadas a la ganadería.

2 RUTA BIOCEÁNICA

La Ruta de la Integración Latinoamericana (RILA) tiene una longitud de 2.200 kilómetros y promueve una conexión entre 4 países: Brasil, Paraguay, Argentina y Chile, conectando la ciudad de Campo Grande (Mato Grosso do Sul) con los puertos del norte de Chile, debidamente ilustrada en mapa 1. Se trata de la mayor inversión en infraestructura vial de América Latina. Además, Asato, Buzarquis y Borges (2019) enfatiza que el trabajo tiene como objetivo crear una ruta alternativa capaz de profundizar la integración entre estos países y desarrollar las regiones involucradas para hacer que los precios locales sean más competitivos en el mercado externo y estimular el turismo, entre otras potencialidades.

Mapa 1 – Ruta de la Ruta de la Integración Latinoamericana (RILA)



Fuente: Camilo Pereira, Abrita e Fonseca (2023).

En efecto, a través del mapa anterior, se espera que el Corredor Bioceánico sea un acelerador de una red de desarrollo que optimice beneficios más allá de los sectores exportadores ya consolidados como la celulosa, la soja y carnes, pero que al mismo tiempo ofrezca una mejor competitividad para las exportaciones, abriendo además nuevas oportunidades para la promoción del comercio intrarregional, posibilitando el desarrollo de cadenas regionales de valor agregado, ya que este corredor vial estará articulado con vías férreas e hidrovías.

3 UNIRILA

El Corredor Bioceánico cuenta con una amplia participación de sectores de la sociedad civil brasileña y regional a través de representantes de los gobiernos nacional, estatal y municipal de Mato Grosso do Sul, así como representantes de universidades, parlamentarios y líderes sociales. En lo que respecta a las universidades, la Red Universitaria de la Ruta de la Integración Latinoamericana (UniRila) fue creada en octubre de 2017, durante el I Seminario UniRila en Campo Grande, Mato Grosso do Sul, y reunió a representantes de Instituciones de Educación Superior de los cuatro países.

UniRila está compuesta por las Universidades que integran el Consejo de Decanos de las Instituciones de Educación Superior de Mato Grosso do Sul (CRIE-MS): Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Universidade Católica Dom Bosco (UCDB), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Universidade Federal de Grande Dourados (UFGD), Universidade Anhanguera-Uniderp y el Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS).

Además de las Universidades del CRIE-MS, también forman parte de la Red la Universidad Nacional de Jujuy y la Universidad Nacional de Salta, de Argentina; Universidad de Antofagasta y Universidad Católica del Norte de Chile, ambas de Chile; y la Universidad Nacional de Asunción, en Paraguay.

En este contexto y con la constitución de esta Red, se intensificó el potencial de investigación y, como resultado, se conformaron tres Grupos de Trabajo: I) GT Impactos Sociales; II) GT Turismo Desarrollo Local; y III) Internacionalización y Potencialidades Académicas. A través de estos GT, las

Universidades rompieron sus fronteras académicas en favor de generar conocimiento y desarrollar políticas públicas que permitan atender las demandas vigentes en estas localidades, así como otras que surgirán con la materialización de la Ruta Bioceánica. Además, durante este I Seminario de UniRila, los participantes elaboraron un documento, denominado "Carta de Campo Grande", que registra las principales preocupaciones y consideraciones en torno a la implementación de la Ruta de la Integración Latinoamericana (RILA) en los países.

Finalmente, es importante destacar que, después de este I Seminario UniRila, se publicó la Revista Interações de la Universidade Católica Dom Bosco (UCDB): Dossier I: "Desafíos para la Integración en la Ruta Bioceánica (Brasil, Paraguay, Argentina y Chile)" en 2019, y Dossier II: Desafíos de la Integración en la Ruta Bioceánica (Brasil, Paraguay, Argentina y Chile), en 2021, que reúnen las principales investigaciones realizadas sobre el Corredor Bioceánico por investigadores que integran la UniRila.

4 PROYECTO UEMS NA ROTA

El proyecto fue creado luego de la creación de la UniRila para atender las demandas locales en torno al Corredor Bioceánico y tiene como objetivo general promover y fomentar el desarrollo económico, social y ambiental sostenible de la sociedad, a través de acciones integradas entre la academia, organismos gubernamentales y no gubernamentales y sector privado, especialmente en el estado de Mato Grosso do Sul.

Para ello, se compone de 8 ejes: 1. Derecho, Innovación e Integración; 2. Lenguaje, Educación, Memoria y Transculturalidad; 3. Turismo, Gestión y Sostenibilidad; 4. Salud y Fronteras; 5. Territorio, Comercio y Transporte; 6. Agronegocio, Innovación y Bioseguridad; 7. Ciencia, Tecnología e Innovación; y 8. Historia, Educación, Derechos Humanos y Mujer.

En este contexto, el proyecto reúne a 138 investigadores de la UEMS, 52 becarios de PIBIC, PIBEX y Stricto Sensu. El proyecto es pionero en el Estado de Mato Grosso do Sul por reunir, de forma transdisciplinaria, un número importante de investigadores enfocados en la búsqueda de resultados para la sociedad, con foco en el Corredor Bioceánico, pues se trata de una iniciativa innovadora para el desarrollo de acciones, producción de datos científicos, indicadores de inversiones, de resultados de estudios, así como el seguimiento y monitoreo de acciones de investigación, extensión y docencia, en las más diversas áreas multidisciplinarias.

5 GANADERÍA DE PRECISIÓN

La ganadería de precisión es un conjunto de tecnologías que permite monitorear en tiempo real la variabilidad temporal de la menor unidad productiva manejable (Halachmi; Guarino, 2016). De esta forma, la identificación individual del animal, por ejemplo, se convierte en el punto de partida para la adopción de numerosas tecnologías de gestión, que posibilitan la trazabilidad de la producción y la optimización de la toma de decisiones. A partir de ello, se pueden abordar mejor numerosos problemas, entre ellos: estimación de la masa corporal y pesaje de bovinos (Weber *et al.*, 2020b), ovinos (Santana *et al.*, 2021), porcinos y peces (Oliveira Júnior *et al.*, 2021); conteo de animales; estimación de la puntuación de la condición corporal; evaluación del puntaje de cojera y reconocimiento de diferentes especies animales.

6 IMPORTANCIA DE LA GANADERÍA EN BRASIL Y EN EL ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL

Brasil es uno de los mayores productores y exportadores de carne vacuna del mundo, cuya cadena productiva representa gran parte de las riquezas y puestos de trabajo generados por la ganadería brasileña. De igual manera, la ganadería es uno de los pilares de la economía del estado de Mato Grosso do Sul, uno de los polos más importantes de producción de carne bovina en Brasil (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne [ABIEC], 2021). También según la Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC) (2021), se puede observar, por la distribución de este rebaño en el territorio brasileño, que el Medio Oeste es la región con mayor producción de ganado, siendo Mato Grosso do Sul un estado representativo de la ganadería en Brasil, dado que posee un rebaño con un total de que representa el 9,82% del rebaño total del país.

Las cifras y proyecciones presentadas en los informes demuestran la importancia de esta actividad para la economía, sin embargo, al mismo tiempo, ha sido cuestionada, desde el punto de vista ambiental, por estar asociada a la emisión de gases de efecto invernadero, al uso de los recursos naturales y al cambio en el uso de la tierra. Así, una de las vías enumeradas para minimizar el impacto ambiental de la actividad es mejorar su eficiencia aumentando la producción y reduciendo los recursos utilizados.

Como ya se expuso, la ganadería es un sector esencial para la economía del país y del estado de Mato Grosso do Sul; el desarrollo de técnicas que permitan un mejor manejo del proceso de producción ganadera representa incrementos en los índices de producción, fortalecimiento de los productores y, consecuentemente, mejoras en la recaudación.

A pesar de ser económicamente representativa, la actividad agropecuaria busca la sustentabilidad para el mantenimiento y mejora de la producción. El desafío de la producción agrícola sostenible implica: la adopción, generación y transmisión de tecnologías ambientalmente apropiadas; estructurar sistemas agregados de información agroambiental; así como la utilización de instrumentos económicos de apoyo a la actividad.

El término desarrollo sostenible, según Prugh y Assadourian (2003), puede definirse como un desarrollo que “satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Para Hove (2004), el desarrollo sostenible está relacionado con la transformación en la exploración de recursos, orientación de inversiones y aplicaciones tecnológicas para el futuro, sin embargo observando las necesidades actuales. Otros autores hablan del trípede de la sostenibilidad, que hace referencia a las áreas económica, ambiental y social, aunque muchos de ellos conciben el desarrollo sostenible como sinónimo de sostenibilidad. Así, (Sartori, Latronico, Campos *et al.*, 2014) revisaron la diferencia entre los términos, como se mencionó anteriormente. (Moldán, Janouaková, Hák., 2012) sugieren que el término sostenibilidad está vinculado a actividades como la ganadería; el término desarrollo sostenible está relacionado con el bienestar de las personas.

Los autores (Crestana; Fragalle, 2012) afirman que los trabajos interdisciplinarios constituyen el elemento básico para una revolución entre las actividades agropecuarias y el bienestar socioambiental. Estos estudios, por lo tanto, apuntan a la sostenibilidad agrícola como un tema propicio para el desarrollo de investigaciones y la generación y expansión de tecnologías que apoyen a la ganadería como actividad sostenible.

7 TECNOLOGÍAS HABILITADORAS: VISIÓN COMPUTACIONAL E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Las tecnologías habilitadoras como Inteligencia Artificial (IA) y la Visión Computacional (VC) han sido reportadas y aplicadas a la ganadería con el fin de obtener datos para la toma de decisiones, lo cual es una premisa de la ganadería de precisión (Halachmi; Guarino, 2016). La visión computacional es un área de las ciencias de la computación que utiliza un conjunto de técnicas para adquirir, procesar, analizar y comprender imágenes, con el objetivo de reproducir en sistemas la capacidad humana de visión y, por lo tanto, apoyar el análisis del entorno u objeto (Jahne; Haubecker, 2000). La aplicación de la visión computacional puede soportar sistemas de navegación robótica, bibliotecas digitales, análisis de imágenes médicas, automatización industrial, interacción humano-computadora, entre otros (Forsyth; Ponce, 2012). Así, muchas herramientas para lograr las premisas de la ganadería de precisión involucran la elección de técnicas de visión computacional que se pueden dividir en etapas: adquisición de imágenes, segmentación, detección de objetos, extracción de atributos, mediciones, clasificaciones, regresiones y agrupaciones. A continuación se describen algunas de ellas y la relación que tienen con los conceptos de visión computacional.

7.1 Adquisición de Imágenes

En visión computacional, la captura de imágenes o vídeos se realiza mediante uno o varios dispositivos como escáneres, microscopios o cámaras digitales. Los teléfonos inteligentes, las tabletas, las computadoras portátiles y los vehículos aéreos no tripulados son algunos de los dispositivos más conocidos equipados con cámaras digitales. La elección de la cámara ideal debe tener en cuenta el propósito de las imágenes a capturar, la iluminación ambiental y el posicionamiento de las cámaras, factores que pueden interferir en las imágenes esperadas. Nasirahmadi, Edwards y Sturm (2017) revisaron la literatura para identificar los tipos de cámaras y equipos de recolección utilizados en investigaciones que involucran la implementación de visión computacional para detectar el comportamiento de bovinos y porcinos.

Es necesario estudiar y analizar algunos conceptos para identificar la mejor solución en la fase de adquisición de imágenes. Destaca, por ejemplo, la calibración, que permite realizar mediciones. El tratamiento de ruidos es otro ejemplo a destacar; estos son elementos presentes en las imágenes, que, sin embargo, no son de interés en el análisis del objeto enfocado y, muchas veces, estorban y terminan constituyendo un problema (Szeliski, 2010). El posicionamiento de las cámaras, capacidad de cuadros por segundo, capacidad de almacenamiento, ángulos, número de cámaras, perfil del área del animal a analizar, entre otros, son temas relevantes para la captura de imágenes en un sistema de visión computacional. En este sentido, Weber *et al.* (2020a) utilizaron cuatro cámaras repartidas en un potrero para capturar la mayor cantidad de ángulos posibles de un ganado de la raza Pantaneira, sin contenerlo, para identificarlo utilizando la Convolutional Neural Network (CNN). También es posible enumerar varias aplicaciones de sistemas basados en interpretaciones de imágenes captadas por UAV, entre las que se encuentran el conteo de ganado para inventario y otros fines; conducta alimentaria; rastreo, identificación y estimación de puntuación corporal (Jung; Ariyur, 2017) y otros que han sido objeto de investigaciones e innovaciones, todo ello apoyado en técnicas de visión computacional. Cabe señalar que el importante número de investigaciones y productos que se generan con el apoyo de las UAV

se debe, entre otros factores, a precios relativamente asequibles. En la literatura se cita el uso de evaluación de imágenes 3D o construcción de imágenes estériles para el procesamiento de imágenes a través de nubes de puntos (Martins; Mitishita, 2018). En la ganadería, se ha informado que las imágenes tridimensionales monitorean la morfología, el crecimiento, el volumen corporal, el área de superficie y el peso corporal de las vacas lecheras (Song *et al.*, 2018); en bovinos (Cominotte *et al.*, 2020).

Una vez definidos los aparatos y técnicas de recogida de imágenes de bovinos, su instalación y/o configuración, se pasa a la aproximación a la etapa que consiste en la segmentación de las imágenes adquiridas.

7.2 Segmentación

Para identificar, con exactitud, el objeto de interés, que puede ser un bovino, por ejemplo, dentro de una imagen, es necesario contar con un método que determine qué píxeles de la imagen corresponden a la silueta del animal. En visión computacional, este método se llama segmentación y tiene como objetivo simplificar el problema de la identificación del objeto a través de la agrupación de píxeles. La segmentación puede utilizar un proceso automático, identificación procesada por computadora o semiautomática, con indicaciones señaladas por el propio usuario del sistema, cuyo propósito es separar elementos relevantes del objeto de estudio (Gonzalez; Woods, 2002).

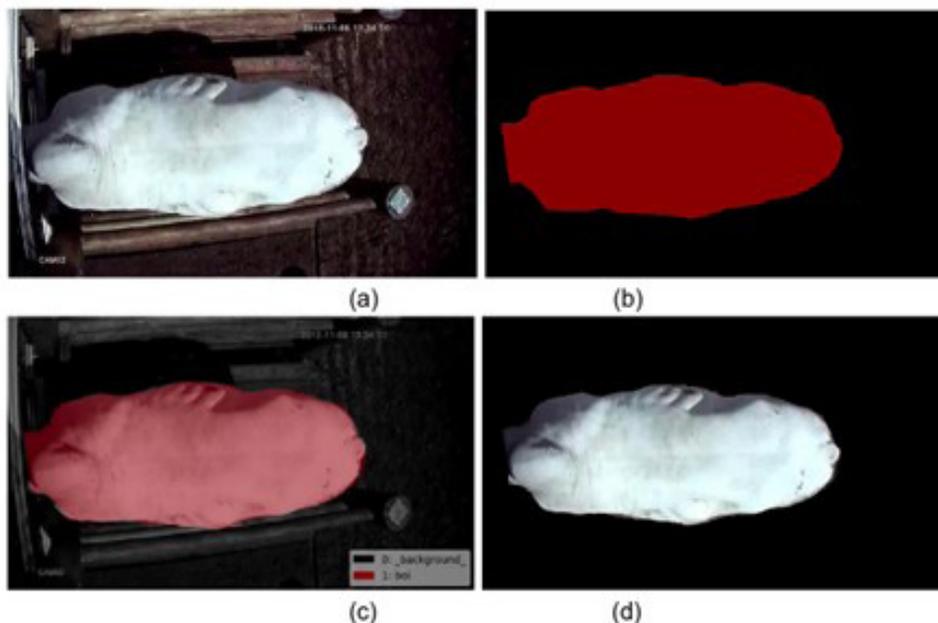
La segmentación por umbralización permite agrupar los píxeles de una imagen a través de la escala de grises. Se basa en el uso de un histograma en el que las regiones con intensidades uniformes dan como resultado picos altos, lo que hace que la umbralización sea eficiente, cuando la imagen está compuesta por diferentes niveles de gris (Szeliski, 2010).

Otras técnicas pueden apoyar este paso y deben analizarse, como la segmentación por agrupamientos, que utiliza técnicas de aglomeración basadas en Superpixel para identificar similitudes entre objetos. La segmentación por ajuste de modelos permite, a través de un modelo deformable denominado Snake, ajustado al objeto objetivo de la segmentación, sea posible identificar los contornos (Szeliski, 2010). Con el fin de evaluar los algoritmos de segmentación para bovinos, Gonçalves (2020) realizó experimentos en los que la imagen de interés se divide en super píxeles y se utiliza una CNN para clasificar estos super píxeles en bovinos o fondo. También se probó una CNN con un enfoque SegNet para clasificar cada píxel de la imagen. De la métrica de Intersection over Union (IoU) informada, SegNet superó a los otros algoritmos en un 83,5 %.

Algunas especies de animales de interés para la ganadería tienen un comportamiento gregario y cuando se evalúan como objeto de interés en imágenes con más de un animal, es probable que tengan imágenes muy superpuestas. Para este caso, se deben evaluar algoritmos de última generación para la segmentación de instancias como BCNet, que permite el procesamiento de imágenes como dos capas superpuestas, con la primera capa detectando los bovinos, por ejemplo, u ocluyendo objetos, y la segunda capa infiriendo la instancia parcialmente ocluida. El software LabelMe (Wada, 2016) es un proyecto creado por el Laboratorio de Ciencias de Massachusetts Institute of Technology (MIT), que permite la segmentación semiautomática. Para la anotación de imágenes, permite al usuario elegir imágenes y delinear objetos a través de uno o varios polígonos. Así, los píxeles contenidos en el polígono se pueden etiquetar. Ejemplo de aplicación de LabelMe en la Figura 1. Luego, después de identificar la mejor técnica

de segmentación y recorte para el objeto de destino, se podría comenzar el paso de extracción de atributos y medidas, como se describe a continuación.

Figura 1 – Ejemplo de proceso de segmentación con el software LabelMe: (a) Lomo del bovino capturado con una cámara superior; (b) mascarilla extraída; (superposición de la mascarilla sobre la imagen original); (d) imagen segmentada.



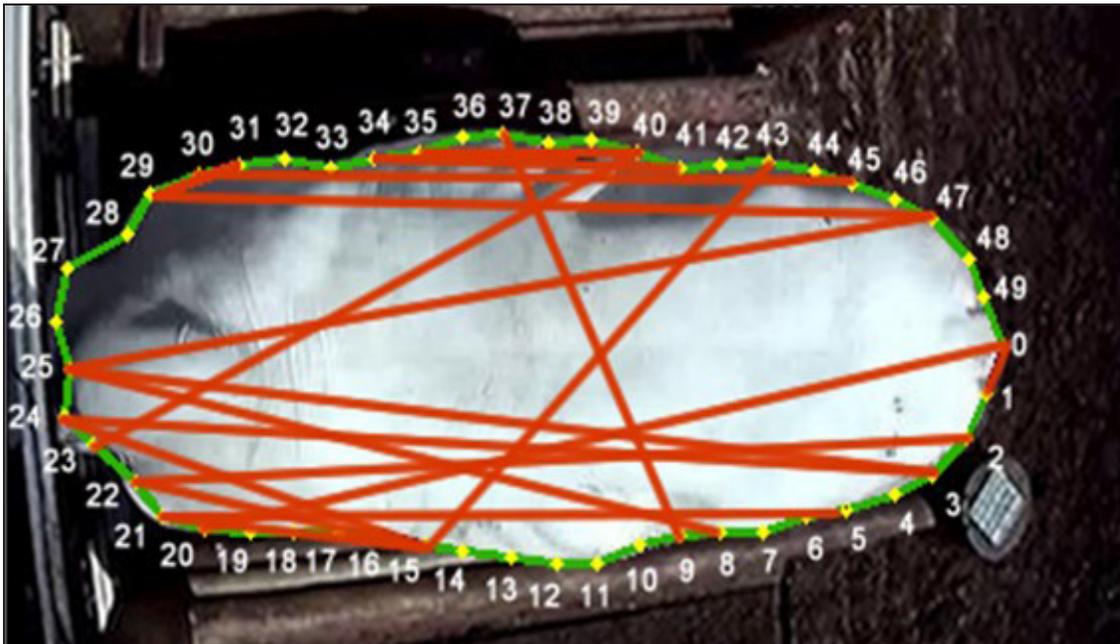
Fuente: Elaboración propia.

7.3 Extracción de Atributos y Medidas Biométricas

La extracción de atributos se refiere a la identificación y análisis de características que se pueden observar en objetos similares. Atributos como colores, forma, textura y puntos de interés, entre otros, son seleccionados o combinados mediante técnicas que provienen de ejecuciones de algoritmos. Estos atributos contribuyen a la identificación de áreas, líneas o ángulos que sirven de base para las mediciones de la estructura corporal de los animales (Figura 2). A partir de la imagen segmentada de la fase anterior se genera un vector de atributos. Este vector de atributos se utiliza para entrenar algoritmos de regresión, como se explicará en el siguiente paso. Otras herramientas que soportan el proceso de extracción de características, que han sido ampliamente utilizadas, son las CNN (Gjergji *et al.*, 2020). Es un tipo de redes neuronales artificiales diseñadas para procesar grandes cantidades de datos a partir de imágenes a través de operaciones convolucionales. Una operación convolucional, en el contexto de las imágenes, consiste en transformar sus píxeles, mediante la suma de la multiplicación entre un núcleo convolucional de tamaño fijo y submatrices del mismo tamaño de imagen, resultando el llamado mapa de características (Goodfellow; Bengio; Courville, 2016). Estas redes se caracterizan básicamente por la extracción de características a través de capas convolucionales y por la clasificación o regresión determinada por capas de algoritmos específicos para esta funcionalidad. Tanto la extracción de características con algoritmos específicos como el uso de redes neuronales convolucionales para este fin son herramientas de suma importancia en proyectos de ganadería

de precisión que involucran visión computacional, ya que es en base a estas características que los algoritmos pueden procesar información para la toma de decisiones.

Figura 2 – Ejemplo de extracción de medidas de lomo bovino;



Fuente: Elaboración propia.

7.4 Regresión, clasificación y agrupaciones

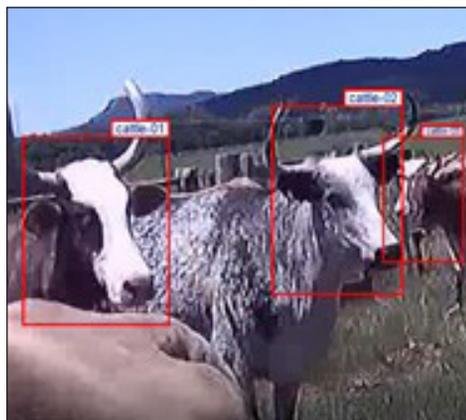
La regresión es la forma más utilizada de análisis de dependencia; se caracteriza por la definición de la relación entre un conjunto de variables independientes y una sola variable dependiente. La combinación de esta relación se conoce como modelo. Los puntos principales que involucran el análisis de regresión se refieren a la descripción que involucra la relación entre las variables independientes y la variable dependiente, la inferencia que evalúa si el modelo es estadísticamente significativo y la predicción que define hasta qué punto el modelo generaliza bien las observaciones fuera del muestreo (Lattin; Carrol; Green, 2011). La clasificación es como un sistema de aprendizaje de máquina que procesa ejemplos etiquetados predefinidos y consiste en asignar una determinada clase a una entrada específica (Goodfellow; Bengio; Courville, 2016).

Es conocido que los algoritmos de aprendizaje de máquina han sido ampliamente utilizados en problemas cotidianos de clasificación o regresión, cuyo objetivo es estimar valores continuos. El aprendizaje de máquina se refiere a técnicas computacionales cuyo objetivo es adquirir aprendizaje para la toma de decisiones y producir sistemas capaces de generar conocimiento a través de ejemplos, analizados automáticamente, basados en decisiones acertadas de problemas anteriores (Monard; Baranauskas, 2003).

Entre las herramientas que pueden ayudar en la estimación del peso del ganado, se encuentra el software Weka (Witten; Frank, 2005), que comenzó a ser desarrollado en 1993 por el Machine Learning Group de la Universidad de Waikato, Nueva Zelanda. Agrega algoritmos de aprendizaje de máquina, basados en máquinas de vectores de soporte, árboles de decisión y redes neuronales artificiales. Estos algoritmos se utilizan para tareas de minería de datos, apoyando la aplicación de métodos de preprocesamiento, clasificación, regresión, agrupamiento y reglas de

asociación. Por lo tanto, estas informaciones se pueden utilizar para hacer predicciones o para ayudar a las personas a tomar decisiones de forma más rápida y precisa.

Figura 3- Ejemplo de clasificación para identificación de bovinos de la raza Pantaneira



Fuente: Elaboración propia.

Otra herramienta que debe mencionarse es la arquitectura de aprendizaje profundo construida con una capa de regresión. Los principales contextos de uso de este tipo de tecnología han sido para estimar la expresión facial, detección de pose y edad de las personas (Liu *et al.*, 2016). En ganadería de precisión podemos citar a (Weber *et al.* 2020a), que identificó bovinos de la raza Pantaneira con redes neuronales convolucionales mediante la técnica de clasificación (Figura 3), Weber *et al.* (2020b), Weber *et al.* (2020c) y Gjergii *et al.* (2020), estimaron masa de bovinos de la raza Girolando y Nelore. Oliveira Júnior *et al.* (2021) y Sant'Ana *et al.* (2021), utilizaron las mismas técnicas para estimar la masa de peces y ovejas respectivamente.

Las arquitecturas de aprendizaje profundo han superado incluso la capacidad humana en muchos problemas tradicionales de clasificación de objetos. Estas arquitecturas, conocidas como ConvNet, consisten en múltiples capas de convolución seguidas de capas totalmente conectadas y una capa de clasificación conocida como Softmax; en el caso de problemas cuya variable objetivo es numérica, esta capa se reemplaza comúnmente por una capa de regresión completamente conectada con activación lineal o sigmoideal (Lecun; Bengio; Hinton, 2015).

8 CONCLUSIÓN

Debido a la relevancia de la ganadería como actividad y para la economía tanto del estado de Mato Grosso do Sul como de Brasil, los estudios, experimentos, creación de tecnologías y productos basados en tecnologías habilitadoras y emergentes para la ganadería de precisión son de gran importancia. Por ello, consideramos también la importancia de analizar la creación de Polos de Innovación en Tecnologías aplicadas a la Ganadería de Precisión en el ámbito de la Ruta Bioceánica.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES [ABIEC]. Perfil da pecuária no Brasil: relatório anual. Brasília, DF: ABIEC, ago. 2021.

ABRITA, M. B.; VIGNANDI, R. S.; CENTURIÃO, D. A. S.; RONDINA NETO, A.; PEREIRA, A. P. C.; ESPINDOLA JUNIOR, G.; MARQUES, N.; WEBER, V. A. M.; MACIEL, R. F. Dynamics of local productive arrangements in the municipalities of Mato Grosso do Sul considering the transformations of the Bioceanic Corridor. [S.l.]: PLoS ONE, 2023.

ASATO, T. A.; MARQUES, H. R.; BUZARQUIS, R. M.; BORGES, P. P. Rota de Integração Latino-Americana (RILA) para o desenvolvimento turístico. *Interações*. Campo Grande, MS, v. 20, n. especial, p. 45–56, 2019.

CAMILO PEREIRA, A. P., ABRITA, M. B.; FONSECA, R. O. Circulação, desenvolvimento econômico e ordenamento territorial: elementos teóricos para análises de pesquisas sobre a Rota de Integração Latino Americana, *Confins* [Online], 50, 2021. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/37445>. Acesso em: 26 jun de 2021.

COMINOTTE, A. *et al.* Automated computer vision system to predict body weight and average daily gain in beef cattle during growing and finishing phases. *Livestock Science*, Amsterdam, n. 232, p. 103–904, 2020.

CRESTANA, S.; FRAGALLE, E. A trilha da quinta potência: um primeiro ensaio sobre ciência e inovação, agricultura e instrumentação agropecuária brasileiras. *Revista Eixo*, Brasília-DF, n. 1, 2012. Doi: <http://dx.doi.org/10.19123/eixo.v1i1.8>

FORSYTH, D. A.; PONCE, J. Computer vision – a modern approach. Paris: École Normale Supérieure, 2012.

GJERGJI, M.; WEBER, V. A. M.; SILVA, L. O. C.; GOMES, R. C.; ARAUJO, T. L. A. C.; PISTORI H. Deep learning techniques for beef cattle body weight prediction. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE NEURAL NETWORKS (IJCNN). IEEE, 2020. *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, [s.l.], 2020. p. 1–8.

GONÇALVES, D. N.; WEBER, V. A. M.; PISTORI, J. G. B.; GOMES, J. G. B.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, M. F.; GONÇALVES, W. N.; PISTORI, H. Carcass image segmentation using CNN-based methods. *Information Processing in Agriculture*, [s.l.], 2020.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Digital Image Processing. 2. ed. [S.l.]: Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2002.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y; COURVILLE, A. *Deep Learning*. Cambridge: MIT Press, 2016.

HALACHMI, I.; GUARINO, M. Editorial: Precision livestock farming: a ‘per animal’ approach using advanced monitoring technologies. *Animal*, Cambridge, v. 10, n. 9, 1482–83, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S1751731116001142>

HOVE, H. Critiquing sustainable development: a meaningful way of mediating the development impasse? *Undercurrent*, Seattle, v. 1, n. 1, p. 48–54, 2004.

JAHNE, B.; HAUBECKER, H. Computer vision and applications: a guide for students and practitioners. *Academic Press*, San Diego, 2000.

JUNG, S.; ARIYUR, K. B. Strategic cattle roundup using multiple quadrotor UAVs. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, Muan, n. 18, p. 315–26, 2017.

LATTIN, J.; CARROL, J. D.; GREEN, P. E. Análise de dados multivariados. *CENGAGE Learning*, São Paulo, 2011.

LECUN, Y.; BENGIO, Y.; HINTON, G. *Deep learning*. *Nature*, England, v. 521, n. 7553, p. 436–44, 2015.

LIU, X.; LIANG, W.; WANG, Y. L. I., S.; PEI, M. 3D head pose estimation with convolutional neural network trained on synthetic images. *Image Processing (ICIP)*. *IEEE International Conference on*, Phoenix, 2016, p. 1289–93, 2016.

MARTINS, M. A. R.; MITISHITA, E. A. Geração de ortofotos com abordagem do georreferenciamento direto de imagens digitais aéreas. *Revista Brasileira de Cartografia*, Uberlândia, v. 70, n. 1, 2018. ISSN 1808-0936.

MOLDAN, B.; JANOUAKOVÁ, S.; HÁK, T. How to understand and measure environmental sustainability: indicators and targets. *Ecological Indicators*, Praha, v. 17, p. 4-13, 2012.

MONARD, M. C.; BARANAUSKAS, J. A. *Conceitos sobre aprendizado de máquina*. São Paulo: Sistemas Inteligentes – fundamentos e aplicações, 2003.

NASIRAHMADI, A.; EDWARDS, S. A.; STURM, B. Implementation of machine vision for detecting behaviour of cattle and pigs. *Livestock Science*, Amsterdã, v. 202, p. 25–38, 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, A. S.; SANT'ANA, D. A.; PACHE, M. C. B.; GARCIA, V.; WEBER, V. A. M.; ASTOLFI, G.; WEBER, F. L.; MENEZES, G. V.; MENEZES, G. K.; ALBUQUERQUE, P. L. F.; COSTA, C. S.; QUEIROZ, E. Q. A.; ROZALES, J. V. A.; FERREIRA, M. W.; NAKA, M. H.; PISTORI, H. Fingerlings mass estimation: a comparison between deep and shallow learning algorithms. *Smart Agricultural Technology*, [s.l.], p. 100020, 2021.

PRUGH, T.; ASSADOURIAN, E. What is sustainability, anyway? *World Watch*, Washington, v. 16, n. 5, 2003. p. 10–21.

SANT'ANA, D. A.; PACHE, M. C. B.; MARTINS, J.; SOARES, W. P.; MELO, S. L. N.; GARCIA, V.; WEBER, V. A. M.; HEIMBACH, N. S.; MATEUS, R. G.; PISTORI, H. Weighing live sheep using computer vision techniques and regression machine learning. *Machine Learning with Applications*, p. 100076, 2021.

SARTORI, S.; LATRONICO, F.; CAMPOS, L. M. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma taxonomia no campo da literatura. *Ambiente e Sociedade*, São Paulo, v. 17, n. 1, 2014.

SZELISKI, R. *Computer vision: algorithms and applications*. Nova York: Springer, 2010.

WADA, K. *labelme: Image Polygonal Annotation with Python*. Cambridge, 2016.

WEBER, FL; WEBER, VAM; MENEZES, GV; OLIVEIRA JUNIOR, AS; ALVES, DA; OLIVEIRA, MVO; MATSUBARA, ET; PISTORI, H; ABREU, UGPA. Recognition of Pantaneira cattle breed using computer vision and convolutional neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v. 175, p. 105548, 2020a.

WEBER, VAM; WEBER, FL; OLIVEIRA, AS; ASTOLFI, G; MENEZES, GV; PORTO, JVA; REZENDE, FPC; MORAES, PH; MATSUBARA, ET; MATEUS, RG; ARAÚJO, TLAC; SILVA, LOC; QUEIROZ, EQA; ABREU, UGPA; GOMES, RCG; PISTORI, H.. Cattle weight estimation using active contour models and regression trees Bagging. *Computers and Electronics in Agriculture*, Amsterdam, v. 179, p. 105804, 2020b.

WEBER, VAM; WEBER, FL; GOMES, RCG; OLIVEIRA JUNIOR, AS; MENEZES, GV; ABREU, UGPA; BELETE, NAS; PISTORI, H. Prediction of Girolando cattle live weight by means of body measurements extracted from images. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa-MG, v. 49. 2020c.

WITTEN, I. H.; FRANK, E. *Data Mining: practical machine learning tools and techniques*. Amsterdam: Morgan Kaufmann, 2005.

Sobre los autores:

Vanessa Weber: Doutora em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária pela Universidade Católica Dom Bosco (UCDB). Mestra em Computação Aplicada pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Especialização em Gestão Pública pela UFMS. Graduada em Análise de Sistemas pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. **E-mail:** vanessaweber@uems.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-6688-369X>

Nelagley Marques: Doutora em Letras pela Universidade de São Paulo (USP). Realizou Estágio Pós-doutoral na Universidad Nacional de Jujuy na Argentina. Mestra em Letras pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Especialista em Tendências Contemporâneas do Ensino da Língua Inglesa pela Universidade para o Desenvolvimento do Estado e da Região do Pantanal (Uniderp). Graduada em Letras – Licenciatura Plena e Bacharelado pela Uniderp. Atualmente trabalha na Gestão do Projeto UEMS na Rota Bioceânica/RILA. É pesquisadora do Núcleo de Pesquisa em Estudos de Linguagem e Linguística Aplicada da UEMS. É assessora pedagógica do Projeto KUBMAKER. **E-mail:** vamoraes@gmail.com, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-6630-9746>