ARTÍCULO ORIGINAL
10.23670/RC.2026.01.08

TECNOVALÚOBO: SISTEMA DE GEOINFORMACIÓN PARA AVALÚO DE PEQUEÑAS PROPIEDADES AGRÍCOLAS

TECNOVALÚOBO: GEOINFORMATION SYSTEM FOR APPRAISING SMALL AGRICULTURAL PROPERTIES

Carlos Alberto Ovando Duran[1]; **Eulogio Seña Avendaño**[2]
[1]Consultoría de Servicios, Especializados de Ingeniería Topográfica y Agrimensura
[2]Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Facultad Ciencias Exactas y Tecnología, Postgrado
***Correspondencia:** carlos124466@gmail.com https://orcid.org/0009-0006-3912-7828

RESUMEN

El presente artículo expone el diseño e implementación del Sistema de Geoinformación TECNOVALÚOBO, una plataforma tecnológica orientada al avalúo de pequeñas propiedades agrícolas rurales en el municipio de Cuatro Cañadas, Santa Cruz, Bolivia, durante 2025. La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, con diseño no experimental y corte transversal. La población de estudio estuvo conformada por pequeños productores agrícolas, peritos valuadores y representantes de entidades financieras vinculadas al proceso de avalúo rural. Para la recolección de información se emplearon encuestas, entrevistas y revisión documental, cuyos datos fueron organizados y analizados mediante estadística descriptiva. En la fase de procesamiento se integraron herramientas geoespaciales y digitales, entre ellas QGIS, Google Earth, drones, inteligencia artificial y big data, articuladas en una sola plataforma operativa. Los resultados evidenciaron una disminución significativa en los tiempos y costos del avalúo, así como mejoras en la precisión, transparencia y trazabilidad de la información. Asimismo, el sistema facilitó inspecciones virtuales, automatización de tareas y una interacción más ágil entre los actores involucrados. Se concluye que TECNOVALÚOBO constituye una solución eficiente, segura y escalable para modernizar el avalúo rural en Bolivia, con posibilidades de aplicación en otros contextos similares y aportes relevantes a la inclusión financiera y al desarrollo sostenible.

Palabras clave: Sistema de información geográfica; valor de la tierra; tierra agrícola; teledetección; inteligencia artificial.

ABSTRACT

This article presents the design and implementation of the TECNOVALÚOBO Geoinformation System, a technological platform for appraising small rural agricultural properties in the municipality of Cuatro Cañadas, Santa Cruz, Bolivia, during 2025. The research was conducted using an applied approach, with a non-experimental, cross-sectional design. The study population consisted of small agricultural producers, appraisers, and representatives of financial institutions involved in the rural appraisal process. Data collection involved surveys, interviews, and document review, and the data were organized and analyzed using descriptive statistics. The processing phase integrated geospatial and digital tools, including QGIS, Google Earth, drones, artificial intelligence, and big data, all integrated into a single operational platform. The results showed a significant reduction in appraisal time and costs, as well as improvements in the accuracy, transparency, and traceability of the information. Furthermore, the system facilitated virtual inspections, task automation, and more efficient interaction among the stakeholders. It is concluded that TECNOVALÚOBO constitutes an efficient, secure, and scalable solution for modernizing rural land appraisal in Bolivia, with potential applications in other similar contexts and significant contributions to financial inclusion and sustainable development.

Key Words: Geographic information system; land value; agricultural land; remote sensing; artificial intelligence.

Recepción: 04/11/2025 **Aceptación:** 30/03/2026

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola boliviano, especialmente en el departamento de Santa Cruz, desempeña un papel determinante en la dinámica productiva y económica del país. No obstante, el proceso de avalúo de pequeñas propiedades agrícolas rurales continúa enfrentando limitaciones técnicas, operativas y metodológicas que afectan la confiabilidad de los resultados y restringen su utilidad para la toma de decisiones productivas, financieras y patrimoniales (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020[a]). Esta situación adquiere particular relevancia en contextos donde predominan unidades productivas de pequeña escala, con alta dependencia del valor de la tierra para acceder a crédito, formalizar transacciones y sustentar procesos de inversión (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, 2020).

En el municipio de Cuatro Cañadas, caracterizado por una intensa actividad agrícola y por la presencia mayoritaria de pequeños productores, dichas limitaciones se expresan en tiempos prolongados para la obtención de avalúos, costos relativamente elevados para los propietarios, disponibilidad insuficiente de peritos especializados y escasa estandarización en los procedimientos de valoración (INRA, 2018). A ello se suma que, en muchos casos, la información utilizada para determinar el valor de un predio se encuentra dispersa, desactualizada o insuficientemente integrada, lo que debilita la precisión técnica del avalúo y reduce la transparencia del proceso (AECID-AMHON, 2020). En consecuencia, el avalúo rural continúa dependiendo en gran medida de procedimientos convencionales que no siempre responden con eficiencia a las exigencias actuales del entorno productivo (Medina, 2020).

Frente a este escenario, la incorporación de sistemas de geoinformación en los procesos de valoración rural representa una alternativa tecnológica pertinente, debido a su capacidad para integrar variables espaciales, físicas, económicas y territoriales en una misma plataforma de análisis (Muñoz Valeriano, 2019). Este tipo de herramientas permite mejorar la organización de la información, reducir la subjetividad en la estimación del valor, facilitar la comparación de predios y fortalecer la trazabilidad del proceso valuatorio (Pérez Gallón, 2020). Del mismo modo, la articulación de recursos como imágenes satelitales, georreferenciación, drones, bases de datos y procesamiento digital amplía las posibilidades de análisis técnico y favorece la generación de avalúos más consistentes, verificables y oportunos (Andrade, 2020).

En el ámbito latinoamericano, los procesos de modernización catastral y de valoración apoyados en tecnologías geoespaciales han mostrado avances importantes en eficiencia operativa, automatización de tareas y mejora de la gestión territorial (García & Moreno, 2022). Sin embargo, en el contexto boliviano todavía persisten vacíos en la implementación de soluciones tecnológicas específicamente orientadas al avalúo de pequeñas propiedades agrícolas rurales, especialmente en territorios donde convergen diversidad productiva, dispersión geográfica y limitaciones en el acceso a información técnica sistematizada (Gutiérrez Rojas, 2020). Esta brecha evidencia la

necesidad de desarrollar herramientas contextualizadas que respondan a las características reales del entorno local y a las demandas de los actores involucrados (IGAC, 2021).

Bajo esta problemática, la presente investigación se orienta al desarrollo e implementación del sistema de geoinformación TECNOVALÚOBO para optimizar el proceso de avalúo de pequeñas propiedades agrícolas en el municipio de Cuatro Cañadas, Santa Cruz, Bolivia, mediante la integración de tecnologías geoespaciales y metodologías de valoración estandarizadas (Ramírez & Sánchez, 2023). La propuesta busca articular en una sola plataforma componentes de captura, procesamiento, visualización y análisis de información, con el propósito de contribuir a una gestión valuatoria más ágil, precisa y transparente (García-Almirall, 2021).

Desde el punto de vista metodológico, el estudio se sustenta en una estrategia de investigación aplicada, orientada a la resolución de un problema concreto del entorno rural (Fuentes, 2023). Para ello, se consideran de manera complementaria el análisis de variables físicas y económicas de los predios, la revisión de percepciones de los actores vinculados al proceso de avalúo, la validación técnica mediante casos de aplicación y la implementación funcional del sistema en un contexto territorial específico (Piol, 2021). Esta articulación metodológica permite abordar el problema desde una perspectiva integral, vinculando el componente tecnológico con las necesidades operativas y sociales del avalúo rural (Bardin, 2002).

En este marco, el objetivo es desarrollar e implementar el sistema de geoinformación TECNOVALÚOBO para optimizar el proceso de avalúo de pequeñas propiedades agrícolas en el municipio de Cuatro Cañadas, Santa Cruz, Bolivia, mediante la integración de tecnologías geoespaciales y metodologías de valoración estandarizadas (Martínez, 2014). En función de ello, el artículo se estructura en secciones dedicadas a la contextualización del problema, la descripción metodológica, la exposición de resultados, la discusión de los hallazgos y las conclusiones derivadas del estudio (Gutiérrez Rojas, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico principal de investigación aplicada con base en Design Science Research (DSR), debido a que el propósito central fue diseñar, desarrollar, implementar y validar un sistema de geoinformación orientado a resolver un problema concreto del avalúo de pequeñas propiedades agrícolas rurales. Este enfoque permitió estructurar el estudio en fases iterativas de diagnóstico, diseño, construcción, prueba y evaluación del artefacto tecnológico denominado TECNOVALÚOBO (Gutiérrez Rojas, 2020).

De manera complementaria, se adoptó un alcance descriptivo-explicativo con enfoque mixto. El componente cuantitativo permitió caracterizar las condiciones técnicas, físicas, económicas y

espaciales relacionadas con el avalúo de predios agrícolas, mientras que el componente cualitativo facilitó la comprensión de percepciones, necesidades y criterios de los actores involucrados en el proceso valuatorio. El diseño fue no experimental y transversal, ya que la información se recolectó en un solo periodo temporal y sin manipulación deliberada de variables (Bardin, 2002).

El estudio se realizó en el municipio de Cuatro Cañadas, ubicado en el departamento de Santa Cruz, Bolivia, territorio caracterizado por una actividad agrícola intensiva y por la presencia predominante de pequeños productores. La selección del área respondió a la necesidad de intervenir en un contexto donde el avalúo rural presenta limitaciones operativas, técnicas y de acceso a información sistematizada, lo cual justificó la implementación de una solución geotecnológica contextualizada (Medina, 2020).

La población objetivo estuvo conformada por 640 pequeños productores agrícolas afiliados a la Asociación de Productores de Cuatro Cañadas y por 12 miembros del directorio de dicha organización. No obstante, para fines operativos y de aplicación de instrumentos, se definió una población accesible de 160 productores activos que cumplían con los criterios de inclusión establecidos: propiedades con extensión entre 5 y 50 hectáreas, título de propiedad saneado y actividad agrícola vigente. La unidad de análisis estuvo constituida por las pequeñas propiedades agrícolas rurales y por los actores vinculados al proceso de avalúo, en correspondencia con criterios de valoración rural y selección de unidades territoriales utilizados en estudios de esta naturaleza (Muñoz Valeriano, 2019).

La muestra para la aplicación de encuestas se calculó con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %, mediante la fórmula para poblaciones finitas:

$$n=(N\cdot Z^2\cdot p\cdot q)/(e^2\cdot(N-1)+Z^2\cdot p\cdot q)$$

Donde: N=160, Z=1.96, p=q=0.5, e=0.05

Como resultado, se obtuvo una muestra de 114 productores. La selección de los encuestados se efectuó mediante muestreo probabilístico aleatorio simple. En el caso de las entrevistas, se empleó muestreo no probabilístico por conveniencia, incluyendo a los 12 miembros del directorio y a actores clave relacionados con el proceso de avalúo. Este procedimiento permitió articular representatividad estadística y selección intencional de informantes estratégicos para la comprensión integral del problema (Martínez, 2014).

La recolección de información se realizó mediante técnicas cuantitativas y cualitativas articuladas con el desarrollo del sistema. Para la delimitación y localización precisa de los predios se utilizaron equipos de georreferenciación y captura remota. Se empleó GPS diferencial Trimble R10, con

precisión aproximada de ±1 cm, así como drones DJI Phantom 4 RTK para la generación de ortomosaicos. Asimismo, se recurrió a imágenes satelitales Sentinel-2 con resolución espacial de 10 m para complementar el análisis territorial (Ramírez & Sánchez, 2023). La incorporación de estas herramientas respondió a la importancia de integrar información geoespacial precisa en procesos de valoración territorial y agrícola (García & Moreno, 2022).

El estudio de las características edáficas se realizó mediante muestreo estratificado, considerando la variabilidad del terreno y las condiciones de uso agrícola (Gutiérrez Rojas, 2020). Las muestras fueron procesadas en laboratorio acreditado, evaluándose parámetros como textura, pH, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico. Estos elementos resultan relevantes para la valoración de tierras rurales, debido a su incidencia en la productividad y en el potencial económico del predio (Medina, 2020;).

Se aplicó un cuestionario estructurado dirigido a productores agrícolas. El instrumento fue sometido a validación de contenido mediante juicio de expertos y presentó una confiabilidad adecuada, con alfa de Cronbach de 0.89 (Muñoz Valeriano, 2019). La encuesta integró 45 variables agrupadas en seis dimensiones, vinculadas con condiciones físicas del predio, características productivas, accesibilidad, servicios, aspectos económicos y percepción del proceso de avalúo (SIPROCAT, 2022). Esta organización permitió sistematizar la información relevante para la construcción del modelo y la caracterización del contexto de estudio (Martínez, 2014).

Asimismo, se realizaron entrevistas semiestructuradas con actores clave del territorio, utilizando una guía compuesta por 15 ítems. Las entrevistas fueron grabadas y transcritas de forma íntegra para su posterior análisis cualitativo, orientado a identificar limitaciones del sistema actual de avalúo (Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, 2022), requerimientos funcionales y criterios de validación del sistema propuesto. El tratamiento cualitativo se apoyó en la lógica del análisis de contenido, útil para organizar y comprender la información discursiva obtenida de los participantes (Bardin, 2002).

De igual manera, se revisaron documentos técnicos, cartográficos, normativos y administrativos relacionados con tenencia de la tierra, uso del suelo, restricciones territoriales y criterios de valoración rural, con el fin de complementar la base de datos del sistema. Esta revisión permitió articular el componente técnico con el marco normativo e institucional aplicable al contexto boliviano (INRA, 2018).

La investigación consideró como variables dependientes el valor comercial por hectárea (USD/ha) y el valor catastral ajustado. Como variables independientes se incorporaron factores físicos, edáficos, económicos y legales vinculados a las características de los predios (Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, 2022). Las variables físicas incluyeron superficie, pendiente y

profundidad efectiva del suelo. Las variables edáficas comprendieron textura, pH y conductividad eléctrica. Las variables económicas consideraron distancia a mercados y acceso a riego, mientras que las variables legales incluyeron categoría de uso del suelo y restricciones ambientales (García-Almirall, 2021). La selección de estas variables respondió a criterios técnicos ampliamente utilizados en la valoración de bienes rurales e inmuebles de uso agrícola (Pérez Gallón, 2020).

Para la estimación del valor se implementó un modelo matemático general representado por la siguiente expresión:

$$V_i=\beta_0+\sum_{j=1}^{n}\beta_j X_{ij}+\varepsilon_i$$

Donde:

V_i: Valor de la propiedad i.

β_j: Coeficientes de ponderación.

X_{ij}: Variables normalizadas.

ε_i: Término de error.

Las variables fueron normalizadas en una escala de 0 a 1, y la ponderación se asignó según criterios técnicos de relevancia territorial, productiva y valuatoria. El valor final se obtuvo mediante una combinación ponderada de los factores integrados en la plataforma (Gonzáles Rubio, 2023). Este procedimiento guarda coherencia con modelos de valoración inmobiliaria y rural basados en integración de atributos físicos, funcionales y espaciales (González Amaya, 2023).

El desarrollo e implementación de TECNOVALÚOBO requirió la integración de herramientas geoespaciales, de programación y de almacenamiento de datos. En el procesamiento geográfico se utilizaron QGIS 3.28, con complementos como LECOS y SAGA GIS, así como ArcGIS Pro 3.1 para tareas específicas de análisis espacial. Para el análisis temporal de información territorial se empleó Google Earth Engine. Esta combinación tecnológica permitió fortalecer la captura, análisis e interpretación de información espacial en el sistema (Ramírez & Sánchez, 2023).

La plataforma tecnológica fue construida con React.js y Leaflet en el frontend, mientras que el backend se desarrolló con Node.js y Express. La gestión de datos espaciales se realizó mediante PostgreSQL/PostGIS, y los servicios de alojamiento y almacenamiento se implementaron en AWS EC2 y AWS S3. En trabajo de campo se utilizaron estación total Topcon ES-105, drones con sensores multiespectrales y tablets robustecidas para captura directa de información. Esta

arquitectura permitió consolidar una plataforma interoperable, escalable y funcional para el avalúo rural (Gutiérrez Rojas, 2020).

El procedimiento se organizó en fases sucesivas e iterativas, coherentes con el enfoque DSR. En primer lugar, se realizó el diagnóstico del problema, identificando limitaciones del avalúo rural mediante encuestas, entrevistas y revisión documental. En segundo lugar, se efectuó el levantamiento y procesamiento de información territorial, incluyendo georreferenciación, captura de imágenes, análisis de suelos y estructuración de bases de datos (Piol, 2021). En la tercera fase se procedió al diseño del modelo de valoración y de la arquitectura del sistema, definiendo variables, criterios de ponderación, componentes funcionales e integración tecnológica. Posteriormente, se desarrolló e implementó la plataforma TECNOVALÚOBO, incorporando módulos de registro, visualización geográfica, consulta de predios, automatización de cálculos y trazabilidad del proceso valuatorio (AECID-AMHON, 2020). Finalmente, el sistema fue sometido a una fase de validación técnica y funcional, mediante pruebas de uso, contraste de resultados y evaluación por actores involucrados, con el fin de verificar su utilidad, viabilidad operativa y aporte al proceso de avalúo rural (Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, 2022).

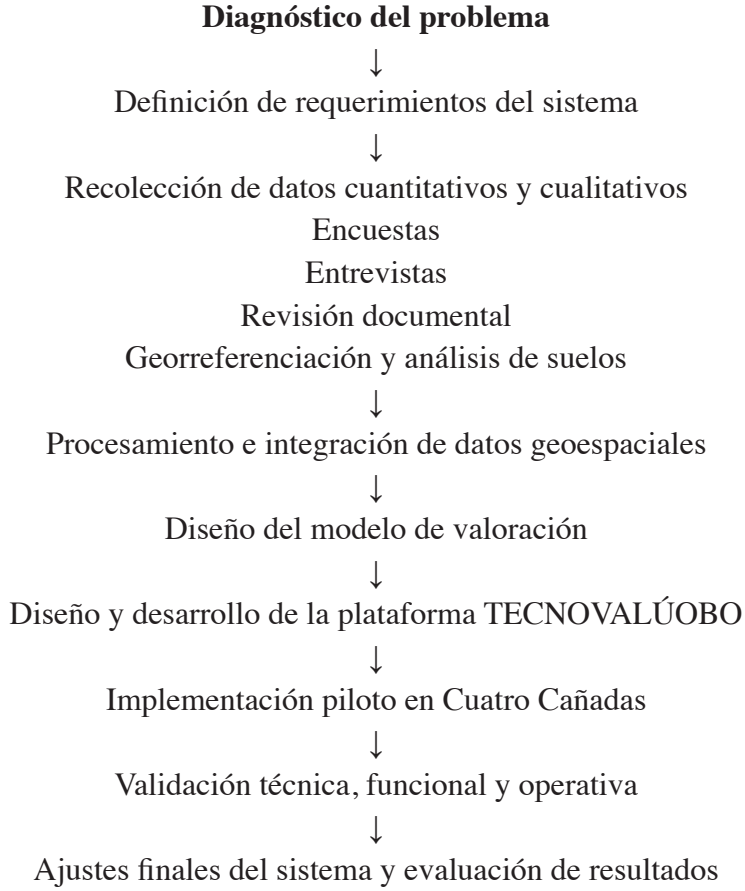


Figura 1. Proceso metodológico de la investigación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra estuvo conformada por 114 pequeños productores agrícolas del municipio de Cuatro Cañadas. Los datos obtenidos permitieron identificar un perfil productivo relativamente homogéneo, caracterizado por una edad promedio de 45 ± 12 años, una experiencia agrícola media de 18 ± 9 años y un tamaño promedio de propiedad de 14.5 ± 8.3 hectáreas. En cuanto a la actividad productiva predominante, se observó un claro predominio del cultivo de soya, con una participación del 68 %, seguido por maíz con 22 % y otros cultivos con 10 %. Estos resultados permitieron establecer que la población analizada corresponde, en términos generales, al perfil de pequeño productor agrícola representativo del área de estudio.

La evaluación comparativa entre el procedimiento tradicional de avalúo y el sistema TECNOVALÚOBO evidenció mejoras significativas en la eficiencia operativa. En relación con el tiempo de procesamiento, el método convencional registró un promedio de 18.5 ± 3.2 días, mientras que el sistema propuesto redujo ese tiempo a 5.2 ± 1.1 días, lo que representa una disminución del 71,9 %. De manera similar, el costo promedio del avalúo descendió de 450 USD a 225 USD, equivalente a una reducción del 50 %. Estos resultados muestran que la plataforma no solo agiliza el proceso técnico, sino que también disminuye de manera sustancial la carga económica para los usuarios, aspecto coherente con lo señalado por AECID-AMHON (2020), Andrade (2020) y Medina (2020) sobre la necesidad de modernizar los procedimientos de valoración rural.

El modelo implementado en TECNOVALÚOBO mostró un comportamiento estadístico favorable para la estimación del valor de las propiedades agrícolas. Se obtuvo un coeficiente de determinación ajustado de $R^2 = 0.89$, un error cuadrático medio de 285 USD/ha y un error porcentual absoluto medio de 8,3 %. Estos indicadores reflejan un nivel adecuado de ajuste y precisión en la estimación del valor por hectárea, en consonancia con los enfoques de valoración inmobiliaria y rural que priorizan la integración de variables físicas, económicas y territoriales en modelos analíticos de estimación (Pérez Gallón, 2020).

Asimismo, entre las variables con mayor peso explicativo se identificaron la distancia a centros de acopio ($\beta = -0.42$), la calidad del suelo ($\beta = 0.38$), el acceso a riego ($\beta = 0.35$) y la pendiente del terreno ($\beta = -0.28$). La dirección de estos coeficientes muestra que la cercanía a centros de comercialización, la mejor calidad edáfica y la disponibilidad de riego incrementan el valor estimado del predio, mientras que una mayor pendiente tiende a reducirlo. Este comportamiento confirma la relevancia de factores territoriales y productivos en la determinación del valor rural, tal como se advierte en trabajos sobre valoración agrícola y uso de sistemas de geoinformación aplicados al análisis de tierras (García & Moreno, 2022).

Para verificar la consistencia del sistema, se compararon los resultados de TECNOVALÚOBO con 20 avalúos realizados mediante procedimientos convencionales. La diferencia promedio observada fue de 7,2 %, con un coeficiente de concordancia de 0,92. A su vez, la prueba de Bland-Altman no evidenció sesgo significativo ($p = 0.12$). En conjunto, estos hallazgos indican que el sistema mantiene un nivel elevado de concordancia con el método tradicional, aunque con ventajas notables en rapidez, sistematización y trazabilidad, lo que refuerza la utilidad de plataformas de valoración apoyadas en geotecnologías y criterios técnicos estructurados (Gonzáles Rubio, 2023).

El análisis de sensibilidad mostró que el modelo mantuvo estabilidad ante variaciones de ±15 % en precios de commodities, tasas de interés y costos de insumos. Este comportamiento sugiere que la estructura de valoración presenta una adecuada resistencia frente a cambios moderados del entorno económico, aspecto relevante en contextos agrícolas sujetos a fluctuaciones de mercado. En ese sentido, el sistema ofrece una base funcional para la valoración de predios rurales en escenarios donde las condiciones productivas y económicas pueden modificarse de manera periódica (Banco Interamericano de Desarrollo, 2020b).

DISCUSIÓN

Los resultados evidencian que TECNOVALÚOBO mejora de manera sustancial el proceso de avalúo de pequeñas propiedades agrícolas, tanto en términos de eficiencia operativa como de precisión técnica. La disminución de tiempos y costos muestra que la automatización de procedimientos, la integración de datos espaciales y la sistematización del análisis generan ventajas concretas frente al modelo tradicional, que suele depender de procesos más lentos, fragmentados y con menor trazabilidad. Esta mejora guarda relación con los planteamientos sobre modernización catastral y valoración territorial desarrollados en experiencias institucionales de América Latina (IGAC, 2021).

Desde una perspectiva técnica, el alto ajuste del modelo y la consistencia observada en la validación comparativa indican que la plataforma no se limita a acelerar el proceso, sino que también conserva un nivel aceptable de confiabilidad en la estimación del valor. Este aspecto resulta particularmente relevante en escenarios rurales, donde la dispersión territorial, la limitada disponibilidad de peritos y la heterogeneidad de los predios suelen dificultar la aplicación uniforme de criterios valuatorios. En ese marco, la articulación entre análisis espacial, procesamiento de datos y criterios de valoración fortalece la objetividad del proceso, como lo sostienen Andrade (2020), Fuentes (2023) y García-Almirall (2021).

Un hallazgo importante es la incidencia de variables vinculadas con la accesibilidad, la calidad del suelo, el acceso a riego y la pendiente del terreno. Este resultado confirma que el valor de las propiedades agrícolas no depende únicamente de su extensión superficial, sino de una combinación

de factores productivos, físicos y territoriales que condicionan su potencial económico. En este sentido, la plataforma aporta una visión más integral del avalúo, al incorporar variables que en muchos procedimientos convencionales suelen ser tratadas de forma parcial o subjetiva, lo que coincide con los criterios técnicos planteados para la valoración rural y agrícola por AECID-AMHON (2020), Medina (2020), Muñoz Valeriano (2019) y Pérez Gallón (2020).

No obstante, la implementación del sistema también revela desafíos que deben ser considerados. Entre ellos destacan la dependencia de conectividad en determinadas zonas rurales, la necesidad de capacitación para usuarios con limitada familiaridad tecnológica y la actualización permanente de las bases de datos territoriales, productivas y económicas. Estas condiciones muestran que la sostenibilidad del sistema no depende exclusivamente de su desarrollo técnico, sino también de la existencia de capacidades institucionales y operativas para mantenerlo en funcionamiento. Esta situación resulta consistente con los procesos de adopción tecnológica en gestión territorial y sistemas de geoinformación, en los que la funcionalidad del sistema requiere infraestructura, soporte y actualización continua (Gutiérrez Rojas, 2020).

En términos aplicados, el estudio demuestra que la utilización de un sistema de geoinformación especializado puede fortalecer la transparencia del avalúo rural, mejorar la trazabilidad del proceso y facilitar la interacción entre productores, técnicos y entidades interesadas. Asimismo, al estar orientado a pequeñas propiedades agrícolas, TECNOVALÚOBO responde a un segmento que suele enfrentar mayores barreras para acceder a procedimientos técnicos de valoración eficientes y económicamente viables. Por ello, su implementación puede contribuir no solo al mejoramiento técnico del avalúo, sino también a procesos de formalización, garantía y gestión patrimonial en el ámbito rural (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, 2020).

En consecuencia, los hallazgos permiten sostener que el sistema constituye una alternativa pertinente para modernizar el avalúo rural en contextos agrícolas similares al de Cuatro Cañadas. Su implementación futura podría fortalecerse mediante la incorporación progresiva de información catastral, variables climáticas, imágenes satelitales actualizadas y mecanismos de interoperabilidad institucional, con el propósito de ampliar su alcance y robustecer la calidad de las estimaciones generadas. Desde esa perspectiva, la propuesta se alinea con tendencias contemporáneas de modernización territorial y uso de tecnologías geoespaciales aplicadas a procesos de valoración y gestión rural (SIPROCAT, 2022).

CONCLUSIONES

La investigación permitió desarrollar e implementar el sistema de geoinformación TECNOVALÚOBO para el avalúo de pequeñas propiedades agrícolas en el municipio de Cuatro Cañadas. En ese sentido, se considera cumplido el objetivo general, ya que la propuesta integró

tecnologías geoespaciales y criterios de valoración en una plataforma orientada a optimizar el proceso de avalúo rural.

Los resultados evidenciaron que el sistema mejoró la eficiencia del proceso valuatorio en comparación con los métodos tradicionales, al reducir el tiempo de procesamiento en 71,9% y los costos operativos en 50 %. Estos hallazgos muestran que la plataforma constituye una alternativa funcional para agilizar y simplificar el avalúo de pequeñas propiedades agrícolas.

En el plano técnico, el modelo implementado alcanzó indicadores favorables de ajuste y precisión, con un R^2 de 0,89 y un MAPE de 8,3 %, lo que refleja un nivel adecuado de confiabilidad en la estimación del valor de los predios. Asimismo, el sistema contribuyó a una valoración más objetiva, consistente y trazable.

La plataforma fue estructurada en correspondencia con el marco normativo aplicable al contexto boliviano, lo que fortalece su pertinencia jurídica y su utilidad para procesos de valoración rural vinculados con gestión territorial, garantía crediticia y toma de decisiones productivas.

Finalmente, TECNOVALÚOBO presenta condiciones favorables de escalabilidad y adaptación para su aplicación en otros contextos rurales del país, siempre que se consideren las particularidades territoriales, productivas y normativas de cada municipio. Su implementación puede contribuir al fortalecimiento del avalúo rural, a una mayor transparencia del proceso y a mejores oportunidades de acceso a servicios financieros para pequeños productores.

RECOMENDACIONES

Implementar programa de capacitación continua para usuarios

Establecer convenios con entidades financieras para adopción institucional

Desarrollar aplicación móvil offline para zonas sin conectividad

Crear sistema de actualización automática de valores de mercado

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Humberto Candia Goytia por la tutoría académica, a la Dra. Jacinta Lazcano por el apoyo metodológico, a los productores de Cuatro Cañadas por su participación, y al Programa de Maestría en Catastro Territorial UAGRM por el financiamiento parcial (Proyecto MCG-2024-01).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AECID-AMHON. (2009). Manual de valuación rural (Serie Procesos Técnicos de Catastro, No. 3).

Andrade, I. A. (2020). Sistemas de información de avalúo de bienes inmuebles. CLÍE.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2020). Incentivos a la inversión en Bolivia: evaluación de la Ley 1182.

Bardin, L. (1991). Análisis de contenido. Ediciones Akal.

Eguino, H., Erba, D., Da Silva, E., Piumetto, M., Iturre, T., Rodríguez, A., & De Oliveira, A. (2020). Catastro, valoración inmobiliaria y tributación municipal: Experiencias para mejorar su articulación y efectividad. Banco Interamericano de Desarrollo.

Fuentes, A. (2023). Catastro y valoración. Instituto de Investigaciones Geográficas.

García, L., & Moreno, J. (2022). Sistemas de información geográfica y su aplicación en la valoración de terrenos agrícolas. Santillana.

García-Almirall, P. (2007). Introducción a la valoración inmobiliaria. Centre de Política de Sòl i Valoracions.

González Amaya, T. (1997). Manual de avalúos urbanos. Fondo de Publicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Gutiérrez Rojas, M. (2020). Modelo de sistema de geoinformación como herramienta de datos geoespaciales y tecnológicos. IBCE.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2023, 15 de junio). Catastro multipropósito.

Instituto Nacional de Reforma Agraria. (2018). Diagnóstico sobre la valoración de tierras rurales en Bolivia.

Martínez Mediano, C., & Galán González, A. (2014). Técnicas e instrumentos de recogida y análisis de datos. UNED.

Medina, M. (2020). Manual de valoración rural. Ediciones del Valle

Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. (2020). Informe sobre la cartografía y valoración de propiedades agrícolas en Bolivia.

Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda. (2020). Guía nacional de catastro urbano.

Muñoz Valeriano, R. (2019). Valuación de propiedades agrícolas. IBCE.

Pérez Gallón, S., & Galindo Trujillo, D. (2017). Manual técnico jurídico para valoración inmobiliaria. Universidad EAFIT.

Piol, J. (2021). Valoraciones inmobiliarias: teoría y práctica.

Ramírez, P., & Sánchez, M. (2023). Actualización de factores físicos en sistemas de geoinformación para el sector agrícola. IBCE.

SIPROCAT. (2022). Memoria técnica del Programa de Modernización Catastral. Ministerio de Economía.