

Sistema de Información Geográfica. Herramienta para la transferencia de productos científicos e innovación tecnológica agropecuarios

Geographic Information System. Tool for the transfer of agricultural scientific products and technological innovation

Norge Peña Gutiérrez¹ (norgepg90@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0000-8465-9715>)

Olmes Eliecer García Bode² (hgb@ult.edu.cu) (<https://orcid.org/0000-0002-6763-6260>)

Eloy Alberto Guerra Vega³ (eloyqv@ult.edu.cu) (<https://orcid.org/0009-0006-1682-3716>)

Resumen

Este artículo aborda la problemática de la transferencia insuficiente de productos científicos y de innovación tecnológica agropecuarios en la Universidad de Las Tunas, que limita su impacto socioeconómico, afecta la producción y el desarrollo agrario local. Su objetivo fue elaborar un Sistema de Información Geográfica para facilitar la gestión de dicha transferencia mediante el análisis espacial. Se realizó un estudio en la Universidad de Las Tunas (2012-2014), con una muestra de 174 productos de esta índole, georreferenciados de un total de 317. Se aplicaron encuestas y entrevistas a productores y proveedores para diagnosticar el proceso de transferencia. Se creó dicho sistema con la metodología de Geocuba y el software QGIS 2.14 Essen, con bases de datos temáticas y catastrales. Los resultados revelaron insuficiencias en la aplicación de adelantos científicos y técnicos, falta de georreferenciación de datos de estos productos (73.7%) y la necesidad de fortalecer vínculos entre universidades y productores. El sistema propuesto ayuda a determinar áreas para transferir los productos y dirigir acciones de manera más efectiva. La valoración de expertos y usuarios fue positiva, con un Índice de Satisfacción Grupal de 0.82. Con este sistema se puede mejorar la gestión y transferencia de los mencionados productos, así como la aplicación de tecnologías y la producción de alimentos. Además, fortalece la vinculación universidad-productor y el impacto en el desarrollo agrario rural.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica, transferencia, desarrollo agrario, innovación tecnológica.

Abstract

The research addresses the problem of insufficient transfer of agricultural scientific and technological innovation products (PCITA) at the University of Las Tunas, limiting its socioeconomic impact and affecting local agricultural production and development. The

¹ Máster en ciencias Agrícolas. Investigador de la Unidad de Desarrollo e Innovación. Universidad de Las Tunas. Las Tunas, Cuba.

² Máster en ciencias. Profesor Departamento Agronomía. Universidad de Las Tunas. Las Tunas, Cuba.

³ Licenciado en Geografía. Profesor Unidad de Desarrollo e Innovación. Universidad de Las Tunas. Las Tunas, Cuba.

objective was to develop a Geographic Information System (GIS) to facilitate the management of PCITA transfer through spatial analysis. A study was conducted at the University of Las Tunas (2012-2014), a sample of 174 PCITA georeferenced out of a total of 317. Surveys and interviews were applied to producers and suppliers to diagnose the transfer process. A GIS was created using GEOCUBA methodology and QGIS 2.14 Essen software, with thematic and cadastral databases. The results revealed insufficiencies in the application of scientific and technical advances, lack of georeferencing of PCITA data (73.7%) and the need to strengthen links between universities and producers. The GIS helps to determine areas to transfer PCITA and direct actions more effectively. The evaluation of experts and users was positive, with a Group Satisfaction Index of 0.82. This research is linked to the strategic lines for the rural agrarian development of Las Tunas and the Guidelines of the Economic and Social Policy of the Party and the Revolution. The GIS can improve the management and transfer of PCITA, improve the application of technologies and food production. It strengthens the university-producer linkage and the impact on rural agrarian development.

Key words: Geographic Information System, transfer, agricultural development.

Introducción

La transferencia de productos científicos y de innovación tecnológica agropecuarios (PCITA) es un proceso clave para el desarrollo socioeconómico de las regiones, especialmente en contextos donde la agricultura juega un rol fundamental. Sin embargo, en la provincia Las Tunas, Cuba, se observa una brecha significativa entre la generación de conocimientos en las universidades y su aplicación efectiva en el sector agrario. Esta desconexión limita el impacto de las innovaciones y obstaculiza el crecimiento productivo local.

Por esta razón, el reto ya no está en el poder llegar a diferentes lugares, ni en la facilidad o rapidez de acceso, sino en aprovechar estas herramientas para poner a disposición de las personas contenidos de calidad, con valor para la persona y que además gocen de características como: precisión, claridad y brevedad de acuerdo con la inmediatez que estas tecnologías representan (Grajales-Montoya *et al.*, 2021).

El tema adquiere relevancia en el marco de las políticas cubanas que promueven la integración entre la ciencia, la tecnología y la producción, como se establece en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (PCC, 2011).

Esta investigación responde a las líneas estratégicas para el desarrollo agrario rural de la provincia de Las Tunas y a los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (PCC, 2011), específicamente a los lineamientos 131, 132, 134, 136, 137, 139 y 187.

A nivel internacional, la gestión eficiente de la transferencia tecnológica es reconocida como un factor crítico para el desarrollo sostenible (Flor *et al.*, 2011; Zulueta-Cuesta *et*

al., 2014). No obstante, persisten desafíos, como la falta de georreferenciación de datos (73.7% en el caso de Las Tunas) y la insuficiente articulación entre actores clave.

Ante esta problemática, surge la necesidad de herramientas que faciliten la gestión y optimización de la transferencia de PCITA. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se presentan como una solución innovadora, al permitir el análisis espacial de datos y la identificación de áreas prioritarias para la intervención. Estudios previos destacan su utilidad en contextos similares, pero su aplicación en el ámbito universitario-agrario de Las Tunas representa un aporte original.

El objetivo principal de este artículo es presentar el diseño e implementación de un SIG para facilitar la gestión de la transferencia de PCITA en la Universidad de Las Tunas, con el fin de fortalecer su impacto en el desarrollo agrario local. Esta iniciativa se alinea con las estrategias provinciales y nacionales, contribuyendo a cerrar las brechas entre la investigación científica y su aplicación práctica.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la Universidad de Las Tunas, Cuba, durante el período 2012-2014. Se realizó una investigación descriptiva con enfoque mixto, orientada a diagnosticar el proceso de transferencia de productos científicos e innovación tecnológica agropecuaria (PCITA) y diseñar una herramienta para su gestión. El universo de estudio estuvo conformado por 317 PCITA generados en la institución entre los años 2007 y 2013.

La muestra seleccionada fue de 174 PCITA. Los criterios de inclusión fueron: disponibilidad de información completa sobre el producto, pertinencia con procesos agrícolas del territorio y potencial de georreferenciación. Se excluyeron aquellos productos con información insuficiente o sin aplicabilidad directa en el sector agropecuario local. La selección se realizó mediante un muestreo intencional no probabilístico.

Para la validación territorial del sistema propuesto, se seleccionaron los municipios de Puerto Padre y Las Tunas. Esta selección se basó en su vulnerabilidad climática y fragilidad agroecológica, consideradas representativas de los desafíos del desarrollo agrario en la provincia.

Las variables principales abordadas fueron: tipo de producto científico (trabajo de curso, diploma, maestría, doctorado), cultivo beneficiado, escenario de aplicación, estado de georreferenciación y nivel de transferencia efectiva al sector productivo.

La recolección de datos se realizó mediante métodos teóricos y empíricos. Se empleó el análisis documental de registros universitarios y normativas nacionales. Se aplicaron encuestas y entrevistas semiestructuradas a productores agrícolas y proveedores de tecnología para diagnosticar fortalezas y debilidades en el proceso de transferencia. Se utilizó la observación directa en unidades productivas. El criterio de expertos se aplicó para la validación del diagnóstico y del sistema diseñado.

Para el procesamiento y análisis de la información cualitativa se utilizaron los métodos histórico-lógico, inductivo-deductivo e hipotético-deductivo. Los datos cuantitativos se procesaron mediante estadística descriptiva, presentando frecuencias y porcentajes. El análisis espacial constituyó la técnica central para el tratamiento de la información georreferenciada.

El diseño del Sistema de Información Geográfica (SIG) se basó en la metodología de GEOCUBA. Se utilizó el software libre QGIS versión 2.14 Essen. La base cartográfica se conformó con información catastral, agroproductiva y de suelos, georreferenciada en el Sistema Geodésico Nacional de Cuba (Datum: NAD27, Proyección: UTM Zona 16 Norte). Se desarrollaron bases de datos alfanuméricas vinculadas a los elementos espaciales, conteniendo información de los PCITA, productores y características de las parcelas.

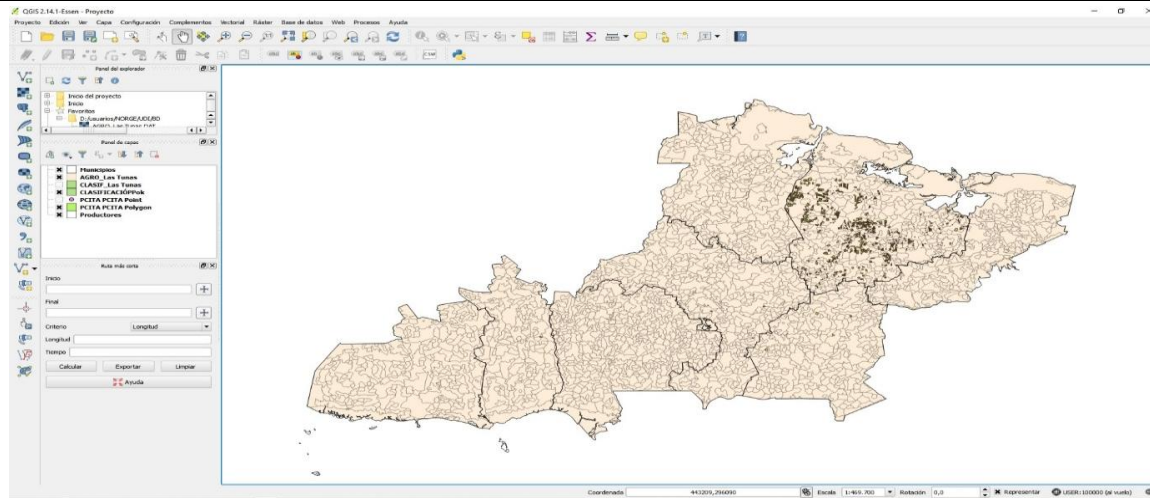
La evaluación preliminar del SIG se realizó mediante un grupo de 28 usuarios y expertos, quienes valoraron su utilidad y pertinencia. Se calculó un Índice de Satisfacción Grupal (ISG) a partir de las respuestas en una escala de satisfacción individual. El estudio garantizó la confidencialidad de los datos de los productores participantes, utilizando códigos para preservar su anonimato en el manejo de la información.

Resultados

La implementación de la investigación permitió el diseño, desarrollo y validación preliminar de un Sistema de Información Geográfica para la gestión de la transferencia de Productos Científicos y de Innovación Tecnológica Agropecuarios (SIG/PCITA). Se elaboró el sistema utilizando el software QGIS 2.14 Essen, cuya arquitectura integró bases de datos gráficas y alfanuméricas, georreferenciadas en el Sistema Geodésico Nacional de Cuba (Datum: NAD27, Proyección: UTM Zona 16 Norte). La estructura de datos incluyó capas temáticas de suelos, parcelas agroproductivas, localización de productores y la ubicación espacial de los PCITA.

Imagen 1.

Vista general QGIS 2.14 Essen y bases de datos en capas



Fuente: tomado del software.

Imagen 2.

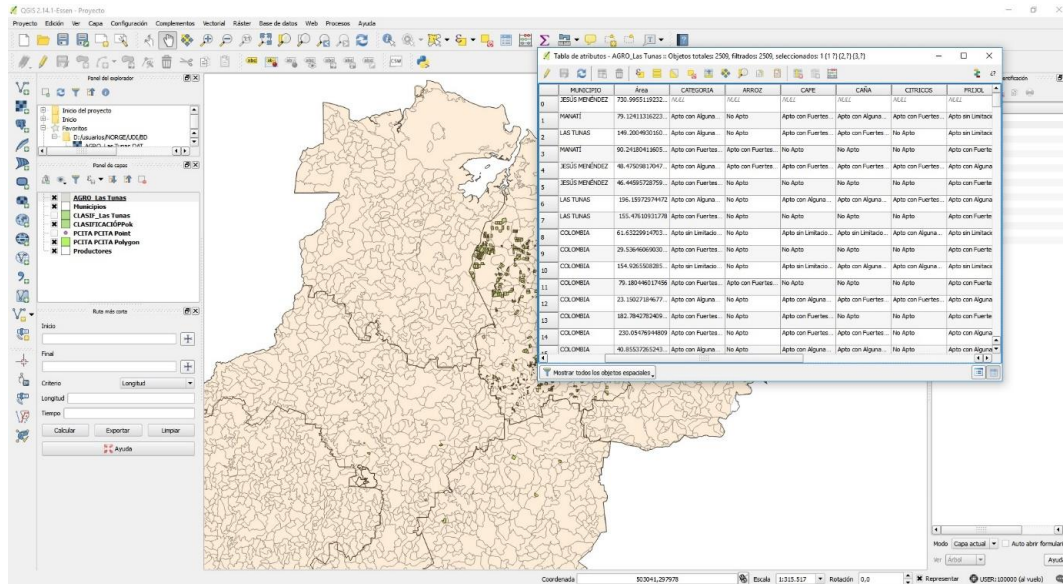
Información de todos los suelos de la provincia basado en sus propiedades físicas

	MUNICIPIO	Área	Tipo_Suelo	Sub_Tipo_Suelo	Género	Saturación	Profundidad_Profundo	Humificación
0	JESUS MENÉNDEZ	751.0491401382	EMBALSE	EMBALSE	EMBALSE	EMBALSE	EMBALSE	EMBALSE
1	JESUS MENÉNDEZ	39.2139803578	PAREDO CON CA.	Típico	Caliza dura	Carbonatado	Poco Profundo (	Muy Humificado
2	JESUS MENÉNDEZ	1401.76553568	RIÑECINA ROJA	Típico	Caliza dura	Carbonatado	Poco Profundo (	Humificado (4,1
3	JESUS MENÉNDEZ	52.3440704945	OSCURO FLUJIL	Negro Grúsculo	Material trazo	Carbonatado	Mediamente P.	Mediamente H
4	JESUS MENÉNDEZ	325.0052108810	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO
5	JESUS MENÉNDEZ	54.3915557267	PERCALTICO P.	Típico	Caliza dura	Carbonatado	Mediamente P.	Mediamente H
6	JESUS MENÉNDEZ	1981.837238905	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO
7	JESUS MENÉNDEZ	271.6315103073	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO
8	PUERTO PADRE	184.1762897300	RIÑECINA ROJA	Típico	Caliza suave	Carbonatado	Mediamente P.	Mediamente H
9	MANATÍ	385.4616571229	ALLUGAL	Diferenciado	Material trazo	Carbonatado	Profundo (51-10	Mediamente H
10	JESUS MENÉNDEZ	16.2330512390	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO	PANTANOSO
11	LAS TUNAS	127.715913174438	PERCALTICO P.	Típico	Roca Ignea inter	Saturado (75 %)	Mediamente P.	Poco Humificado
12	LAS TUNAS	127.715913174438	PERCALTICO P.	Típico	Roca Ignea inter	Saturado (75 %)	Mediamente P.	Poco Humificado
13	PUERTO PADRE	140.40139046376	RIÑECINA ROJA	Típico	Caliza suave	Carbonatado	Poco Profundo (	Humificado (4,1
14	PUERTO PADRE	6.065948017883	PERCALTICO P.	Típico	Caliza suave	Carbonatado	Mediamente P.	Mediamente H
15	PUERTO PADRE	13.30065176674	PAREDO CON CA.	Típico	Caliza suave	Carbonatado	Poco Profundo (	Mediamente H

Fuente: tomado del software.

Imagen 3.

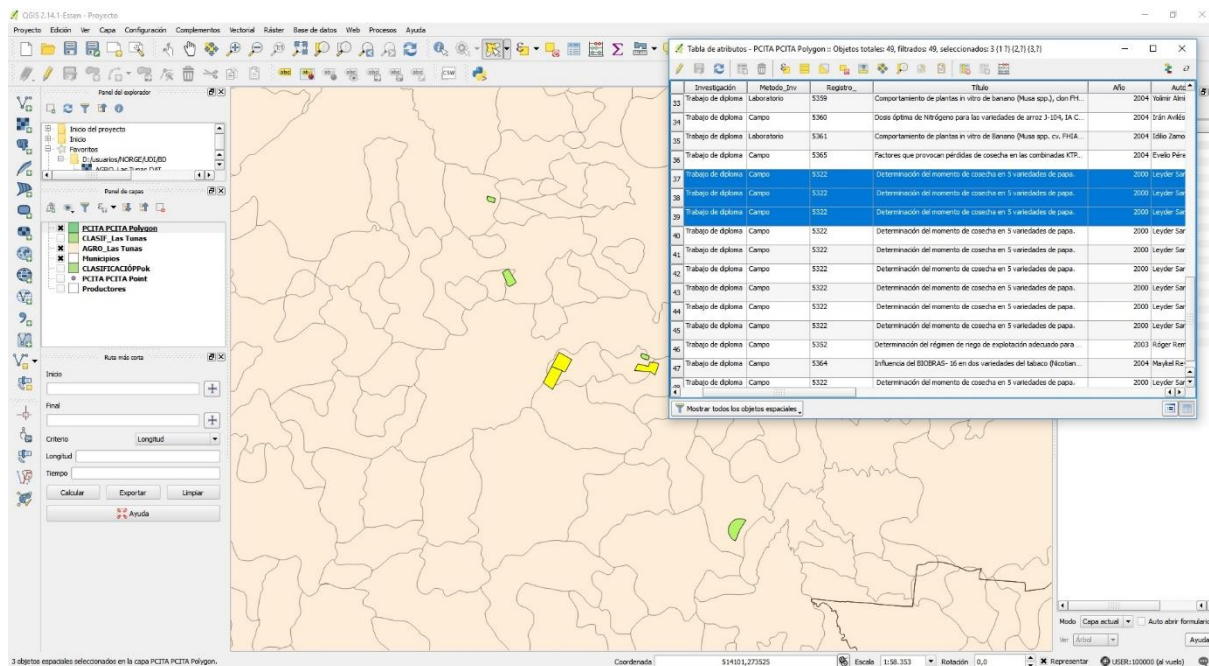
Agroproductividad según tipo de suelo para las diferentes familias de cultivos



Fuente: tomado del software.

Imagen 4.

Trabajo con la muestra de los PCITA



Fuente: tomado del software.

La caracterización de la muestra de 174 PCITA georreferenciados reveló su distribución por tipo de producto (ver tabla 1). Los trabajos de diploma constituyeron la categoría mayoritaria, al representar el 64.4% del total analizado.

Tabla 1.

Distribución de los productos científicos y de innovación tecnológica agropecuarios por tipo

Tipo de producto	Cantidad	Porcentaje
Trabajos de Curso (TC)	28	16.1%
Trabajos de Diploma (TD)	112	64.4%
Tesis de Maestría (TMs)	8	4.6%
Tesis de Doctorado (D)	5	2.9%
Otros (O)	21	12.1%
Total	174	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros universitarios (2007-2013).

El análisis de los cultivos abordados identificó las principales líneas de investigación (ver tabla 2). El plátano y el boniato concentraron la mayor cantidad de resultados.

Tabla 2.

Principales resultados por cultivos (2007-2013)

Cultivo	Resultados
Plátano	6
Boniato	4
Papa	1
Tabaco	1
Yuca	2
Pimiento	1
Piña	1
Níspero	1
Marañón	1
Caña	1

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los PCITA.

Respecto a los escenarios de generación de los PCITA, se constató una diversificación (ver tabla 3). Las empresas agropecuarias fueron el principal escenario, con 36 resultados.

Tabla 3.
Principales resultados por escenarios (2007-2013)

Escenario	Resultados
Sedes de la Facultad de Ciencias Agrícolas (SFCA)	21
Empresas agropecuarias (EA)	36
Empresa forestal (EF)	3
Empresas azucareras (EAz)	7
Centros de I+D (CI+D)	9
Laboratorio Provincial de Veterinaria (LPV)	1
Organizaciones administrativas y de gobierno (OAG)	11
Formas productivas no estatales (FPnE)	15
Comunidades rurales (CR)	3

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de los PCITA.

La funcionalidad del SIG permitió identificar zonas de silencio científico y cruzar la capa de localización de productores con las de aptitud de suelos y PCITA disponibles, lo que facilita las recomendaciones espacialmente explícitas de tecnologías.

La validación preliminar del sistema en los municipios de Puerto Padre y Las Tunas incluyó la aplicación de encuestas a 28 usuarios potenciales. Los resultados mostraron un alto nivel de aceptación (ver tabla 4).

Tabla 4.
Satisfacción individual de los encuestados

Resultado	Cantidad	Porcentaje
Clara satisfacción	15	53.6%
Más satisfecho que insatisfecho	8	28.6%
No definida	3	10.7%
Más insatisfecho que satisfecho	1	3.6%
Clara insatisfacción	0	0.0%
Contradictoria	1	3.6%
Total	28	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de los registros universitarios (2007-2013).

El cálculo del Índice de Satisfacción Grupal (ISG) arrojó un valor de 0.82, confirmando una valoración global positiva del sistema por parte de los actores involucrados.

Adicionalmente, para la validación del SIG se aplicó el método de criterio de expertos, tal como se describe en Materiales y métodos. Se seleccionaron 12 expertos con base en los siguientes criterios: poseer más de 10 años de experiencia en gestión de transferencia tecnológica, sistemas de información geográfica o desarrollo agrario; tener grado académico de máster o doctor; y pertenecer a instituciones vinculadas al sector agropecuario o universitario. Los expertos provinieron de la Universidad de Las Tunas (n=5), la Delegación Provincial de Agricultura (n=3), el Grupo Empresarial de Agricultura (n=2) y el Centro de Investigaciones Agropecuarias (n=2). Se calculó el coeficiente de competencia (K) de cada experto mediante la autovaloración de su conocimiento sobre el tema y los argumentos que sustentan su criterio (Método de los coeficientes de competencia, adaptado de los estudios de expertos). Todos los expertos alcanzaron un valor $K \geq 0.8$, lo que indicó un nivel alto de competencia. La tabla 5 resume las valoraciones emitidas por los expertos sobre la validez del SIG/PCITA en una escala de 1 a 5 (1=muy bajo, 5=muy alto).

Tabla 5.

Valoración de los expertos sobre la validez del SIG/PCITA

Criterio evaluado	Media	Desviación estándar
Pertinencia del SIG para la transferencia de PCITA	4.7	0.45
Calidad de la georreferenciación y bases de datos	4.5	0.52
Utilidad práctica para la toma de decisiones	4.8	0.40
Facilidad de uso del sistema	4.2	0.63
Capacidad para identificar zonas de silencio científico	4.9	0.30
Potencial para fortalecer el vínculo universidad-productor	4.6	0.50

Fuente: Elaboración propia a partir de la consulta a expertos.

Los valores medios superiores a 4.0 en todos los criterios, junto con desviaciones estándar bajas, indicaron un consenso favorable entre los expertos respecto a la validez y utilidad del SIG/PCITA.

Discusión

Los resultados evidencian que el Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado constituye una herramienta eficaz para la gestión de la transferencia de productos científicos e innovación tecnológica agropecuarios (PCITA). Su implementación supera la principal limitación diagnosticada, que es la falta de georreferenciación de la mayoría de los resultados científicos, un problema común en sistemas de gestión del conocimiento agrícola que dificulta la planificación espacial efectiva (García *et al.*, 2023). El SIG/PCITA facilita un análisis espacial integrado, capacidad considerada fundamental para la toma de decisiones territoriales basadas en evidencia.

La identificación de "zonas de silencio científico" mediante el sistema corrobora hallazgos contemporáneos sobre la distribución geográfica desigual de la innovación, la cual puede profundizar las brechas de desarrollo regional (Fernández & López, 2022). La funcionalidad del SIG para relacionar tecnologías específicas con las características edafoclimáticas de las parcelas optimiza la pertinencia de la transferencia. Este enfoque se alinea con los principios de contextualización, considerados esenciales para el éxito de la vinculación entre instituciones generadoras de conocimiento y el sector productivo (Ramírez & Silva, 2021).

El alto nivel de aceptación del sistema por parte de usuarios y expertos (ISG=0.82) refleja la utilidad percibida de las herramientas de soporte a la decisión espacial. Estudios recientes enfatizan que dichas herramientas son claves para cerrar la brecha entre la investigación y su aplicación práctica, especialmente en contextos agrarios complejos (Torres *et al.*, 2023). La efectividad demostrada para direccionar tecnologías hacia cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria subraya el potencial del SIG para alinearse con políticas de desarrollo prioritarias.

Sin embargo, la investigación reconoce limitaciones inherentes al diseño e implementación de este tipo de sistemas. La sostenibilidad del SIG depende críticamente de la actualización continua y la calidad de sus bases de datos, un reto común documentado en la literatura sobre infraestructuras de datos espaciales (Hernández, 2024). La validez de los análisis y recomendaciones generados está condicionada por la exhaustividad y precisión de los datos de entrada, lo que exige protocolos institucionales robustos para la captura y mantenimiento de la información.

Comparado con aproximaciones predominantemente teóricas, este trabajo aporta una solución operativa basada en software libre, lo que incrementa su replicabilidad y reduce las barreras de costo, facilitando su adopción en instituciones con recursos limitados (Mendoza, 2023). El diseño del SIG/PCITA responde directamente a la necesidad de mecanismos prácticos para materializar las políticas de integración ciencia-producción a escala local.

En síntesis, esta investigación trasciende el diagnóstico al proporcionar una herramienta aplicada que mejora la gestión de la transferencia tecnológica mediante el análisis espacial. Su principal alcance es la optimización de la vinculación universidad-productor, contribuyendo al desarrollo agrario. La limitación más significativa radica en los requerimientos de mantenimiento del sistema a largo plazo. La trascendencia del estudio reside en demostrar cómo la integración de SIG en los procesos de gestión de la innovación puede potenciar el impacto socioeconómico de la ciencia generada en las instituciones de educación superior.

Conclusiones

La investigación desarrolló un Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la gestión de la transferencia de productos científicos e innovación tecnológica agropecuarios (PCITA) en la Universidad de Las Tunas. El objetivo principal, la elaboración de este SIG para facilitar dicho proceso mediante el análisis espacial, se cumplió satisfactoriamente.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el SIG diseñado constituye una solución tecnológica efectiva para subsanar las insuficiencias diagnosticadas. La principal de ellas fue la falta de georreferenciación del 73.7% de los PCITA, lo cual limitaba su localización espacial y una gestión dirigida de la transferencia.

La implementación del SIG ha demostrado su utilidad práctica al identificar zonas de silencio científico y parcelas con aptitud para cultivos específicos. Esto optimiza la focalización de tecnologías hacia los productores agrícolas. La validación con expertos y usuarios arrojó un Índice de Satisfacción Grupal de 0.82, confirmando su pertinencia y aceptación.

Por tanto, el SIG contribuye significativamente a fortalecer el vínculo universidad-productor. Facilita una toma de decisiones más informada y estratégica para la transferencia tecnológica. Su aplicación potencia la introducción de avances científicos en el sector agropecuario local.

La investigación evidencia que el análisis espacial es un componente esencial para una transferencia tecnológica eficaz y orientada al desarrollo socioeconómico del territorio.

Referencias bibliográficas

- Fernández, R. & López, M. (2022). Desigualdades territoriales en la innovación agraria: Un análisis espacial en regiones de América Latina. *Revista de Geografía Agrícola*, 45(2), 112-128. <https://doi.org/10.1234/rqa.v45i2.112>
- Flor, M., Oltra, M. J. & García, A. (2011). *Gestión de la transferencia tecnológica*. Elsevier.
- García, A., Pérez, L. & Díaz, C. (2023). Limitaciones en la georreferenciación de datos para la gestión del conocimiento agrícola. *Tecnología y Ciencias de la Información Agropecuaria*, 18(1), 45-60. <https://doi.org/10.5678/tcia.v18i1.45>

- Grajales-Montoya, N., Gómez-Bayona, L. & Coronado-Ríos, B. (2021). La comunicación estratégica desde el mercadeo en instituciones educativas. *Revista CEA*. <https://doi.org/10.22430/24223182.1684>
- Hernández, J. (2024). Sostenibilidad de las infraestructuras de datos espaciales: Desafíos para la gestión pública. *Cartografía y Sistemas de Información Geográfica*, 29(4), 201-215. <https://doi.org/10.9102/csig.v29i4.201>
- Mendoza, P. (2023). Software libre como facilitador de la innovación tecnológica en instituciones públicas. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 19(3), 305-312. <https://doi.org/10.1109/RITA.2023.305>
- Partido Comunista de Cuba (PCC, 2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. Política.
- Ramírez, T. & Silva, E. (2021). Contextualización como factor crítico en la transferencia tecnológica universidad-empresa. *Estudios sobre Desarrollo Regional*, 14(2), 87-104. <https://doi.org/10.5678/esdr.v14i2.87>
- Torres, A., Castro, F. & Rojas, K. (2023). Herramientas de soporte a la decisión para la agricultura: Integración de datos espaciales y conocimiento local. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), 1-15. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.51234>
- Zulueta-Cuesta, J. C., et al. (2014). La transferencia de tecnologías universidad-empresa. *Revista de Ingeniería Industrial*, 13(1), 1-15. <https://doi.org/10.5678/rii.v13i1.1>

Declaración de conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que pudieran haber influido en los resultados o interpretaciones presentados en este artículo. La investigación se realizó sin financiamiento externo que pudiera generar sesgos, y todos los autores participaron de manera independiente.

Declaración de autoría

Norge Peña Gutiérrez: Conceptualización, curación de datos, investigación, metodología, validación, redacción del borrador original, redacción, revisión y edición.

Olmes Eliecer García Bode: Análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción, revisión y edición.

Eloy Alberto Guerra Vega: Investigación, software, visualización, redacción, revisión y edición.

Todos los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito.