

Research Article

Modelo de funcionalidades mínimas y escalables para un geoportal provincial basado en la evaluación de geoportales institucionales vinculados a la planificación territorial

Model of minimum and scalable functionalities for a provincial geoportal based on the evaluation of institutional geoportals linked to territorial planning



Zhunio-Pacheco, Mayra Alexandra ¹

<https://orcid.org/0009-0006-7260-2934>

mayra.zhunio6190@utc.edu.ec

Ecuador, Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi.



Peñaloza-Molina, Hermes Yonel ²

<https://orcid.org/0000-0003-4120-6040>

hermes.penaloza8432@utc.edu.ec

Ecuador, Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Autor de correspondencia ¹



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v6/n4/279>

Resumen: La disponibilidad de geoportales institucionales no garantiza capacidades suficientes para sustentar la planificación territorial, debido a brechas en análisis espacial, interoperabilidad y apoyo a las decisiones. El objetivo fue proponer un modelo de funcionalidades mínimas y escalables para un geoportal provincial, a partir de la evaluación de plataformas vinculadas a Cotopaxi, Ecuador. Se desarrolló un estudio cuantitativo, no experimental, transversal y evaluativo, mediante una matriz de 33 indicadores aplicada a cuatro geoportales y una encuesta Likert a personal técnico (314 respuestas válidas); se utilizaron estadísticos descriptivos y correlaciones de Spearman. Tres plataformas presentaron baja madurez funcional y ninguna alcanzó el nivel alto. El análisis espacial mostró limitaciones generalizadas; la asociación entre análisis espacial y soporte a la decisión fue la más elevada de las hipótesis contrastadas ($\rho = 0,549$; $p < 0,001$). La comparación de ambas fuentes evidenció discrepancias entre las percepciones y el desempeño técnico, especialmente en soporte a las decisiones, aunque evaluaron unidades distintas. Se concluye que el modelo propuesto, organizado en niveles mínimo, intermedio y avanzado, permite orientar mejoras progresivas en cinco dimensiones funcionales, con la gobernanza institucional como eje transversal, y requiere validación piloto.

Palabras clave: geoportal institucional; infraestructura de datos espaciales; planificación territorial; análisis espacial; interoperabilidad.

Receptado: 17/Jul/2026

Aceptado: 12/Ago/2026

Publicado: 31/Oct/2026

Cita: Zhunio-Pacheco, M. A., & Peñaloza-Molina, H. Y. (2026). Modelo de funcionalidades mínimas y escalables para un geoportal provincial basado en la evaluación de geoportales institucionales vinculados a la planificación territorial. *Journal of Economic and Social Science Research*, 6(4), 1-28. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v6/n4/279>

Journal of Economic and Social Science Research (JESSR)
<https://economicsocialresearch.com>
jessr@editorialgrupo-aea.com
info@editorialgrupo-aea.com

Nota del editor: Editorial Grupo AEA se mantiene neutral con respecto a las reclamaciones legales resultantes de contenido publicado. La responsabilidad de información publicada recae enteramente en los autores.

© 2026. Este artículo es un documento de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional**.



Abstract:

The availability of institutional geoportals does not guarantee sufficient capabilities to support land-use planning, due to gaps in spatial analysis, interoperability, and decision support. The objective was to propose a model of minimum and scalable functionalities for a provincial geoportal, based on an evaluation of platforms linked to Cotopaxi, Ecuador. A quantitative, non-experimental, cross-sectional, and evaluative study was conducted using a matrix of 33 indicators applied to four geoportals and a Likert-scale survey of technical staff (314 valid responses); descriptive statistics and Spearman's correlations were used. Three platforms exhibited low functional maturity, and none reached the high level. Spatial analysis revealed widespread limitations; the association between spatial analysis and decision support was the strongest among the tested hypotheses ($\rho = 0.549$; $p < 0.001$). A comparison of the two sources revealed discrepancies between perceptions and technical performance, particularly regarding decision support, although they evaluated different units. It is concluded that the proposed model, organized into minimum, intermediate, and advanced levels, provides a framework for progressive improvements across five functional dimensions, with institutional governance as a cross-cutting theme, and requires pilot validation.

Keywords: institutional geoportal; spatial data infrastructure; territorial planning; spatial analysis; interoperability.

1. Introducción

La planificación territorial se ha consolidado como una función estratégica de los gobiernos para orientar el uso del suelo, gestionar conflictos territoriales y priorizar las inversiones públicas con criterios de sostenibilidad. Su ejercicio depende de manera creciente de la disponibilidad de información geoespacial confiable, accesible y actualizada, entendida no solo como cartografía producida, sino también como datos localizables, interoperables y reutilizables en flujos reales de trabajo institucional. Las infraestructuras de datos espaciales (IDE) y los geoportales han sido concebidos precisamente como plataformas que habilitan el descubrimiento, la publicación y el intercambio de esta información territorial entre actores públicos, privados y académicos (Goodchild, 2007). Desde una perspectiva conceptual, su evolución se entiende como un proceso sociotécnico en el que las capacidades institucionales, la coordinación interinstitucional y las reglas de intercambio de datos pesan tanto como la plataforma tecnológica en sí misma (Masser, 2019). En Ecuador, este componente resulta además una exigencia normativa: la formulación, actualización y seguimiento de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial demanda evidencia territorial consistente y verificable, integrada en mecanismos institucionales estables (Secretaría Nacional de Planificación, 2023).

Sin embargo, la evidencia reciente muestra que la mera existencia de un geoportal no garantiza su uso efectivo como instrumento de planificación. Cuando el crecimiento de contenidos geoespaciales no va acompañado de metadatos adecuados ni de mecanismos robustos de búsqueda e interoperabilidad, se dificulta el descubrimiento y el acceso a información pertinente, lo que ha motivado propuestas de mejora basadas en catálogos de metadatos y marcos web orientados a usuarios no expertos (Wetzel et al., 2024). A esta limitación técnica se suman problemas de usabilidad y de desempeño que excluyen a segmentos de usuarios, particularmente en zonas rurales con conectividad limitada (Król & Sroka, 2023), así como deficiencias persistentes en la arquitectura de la información y en la presentación de datos incluso después de sucesivas actualizaciones de las plataformas (Król, 2024).

A nivel de gobernanza, la literatura advierte que la sostenibilidad de una IDE no depende únicamente de su infraestructura de software, sino también de la solidez de los acuerdos interinstitucionales y de un sistema de gobernanza claramente definido, aspecto que continúa siendo un punto crítico y poco resuelto en la mayoría de las iniciativas (Sjoukema et al., 2020). En Ecuador, esta brecha se agrava en los gobiernos subnacionales, donde los sistemas de información vinculados a la gestión local enfrentan desafíos metodológicos e institucionales que limitan su implementación y aprovechamiento efectivo (Palacios & Carpio, 2021). Pese a estos hallazgos, todavía no se dispone de una evaluación sistemática que permita identificar, de manera comparativa, qué funcionalidades técnicas y operativas concretas explican estas brechas en los geoportales institucionales orientados a la planificación territorial, ni de un modelo que traduzca esa evidencia en criterios mínimos y escalables aplicables a un contexto provincial.

Considerando el vacío detectado, la presente investigación se orienta a responder la siguiente pregunta: ¿en qué medida las funcionalidades técnicas y operativas de los geoportales institucionales vinculados a la planificación territorial, cumplen un conjunto mínimo de capacidades necesarias para apoyar procesos reales de planificación, y qué modelo de funcionalidades mínimas y escalables puede proponerse para fortalecer un geoportal de alcance provincial? En consecuencia, el objetivo general del estudio es proponer un modelo de funcionalidades mínimas y escalables para un geoportal de alcance provincial, con base en la evaluación de las funcionalidades técnicas y operativas de geoportales institucionales vinculados a la planificación territorial. Para alcanzarlo, se adopta un enfoque cuantitativo, no experimental y de corte transversal, mediante el cual se caracterizan dimensiones e indicadores de evaluación verificables, se aplican a una muestra intencional de geoportales institucionales del Ecuador y se contrastan sus resultados con los requerimientos operativos reales de la planificación territorial.

El estudio aporta a la literatura un modelo de evaluación funcional y un esquema de escalabilidad por niveles que integra las dimensiones de visualización geoespacial, análisis espacial, acceso público, interoperabilidad y soporte a la toma de decisiones, considerando la gobernanza institucional como un componente transversal para su

desarrollo y sostenibilidad. Esta propuesta responde a los llamados recientes a articular componentes técnicos, actores y procesos institucionales para que las IDE funcionen como catalizadoras de buena gobernanza y de mejoras en la política pública (Ahmad et al., 2025). En el plano práctico, sus resultados ofrecen a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales una guía técnica y organizativa para priorizar inversiones en geoinformación, en un contexto nacional donde ya existen iniciativas orientadas a ampliar el acceso público a información territorial y de ordenamiento del suelo (Superintendencia de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo, 2025) y en el que los geoportales más útiles para la toma de decisiones son aquellos que integran datos, servicios y herramientas analíticas dentro de su diseño funcional (Menegon et al., 2023). De este modo, el modelo propuesto busca fortalecer la interoperabilidad interinstitucional, la transparencia y la toma de decisiones basada en evidencia en la gestión territorial provincial.

En términos de contribución, el estudio ofrece dos aportes complementarios: un aporte metodológico, representado por la matriz de indicadores y el instrumento de encuesta contruidos y aplicados para evaluar geoportales institucionales; y un aporte aplicado, representado por el modelo de funcionalidades mínimas y escalables que se deriva de esos resultados y que se presenta en la sección de Resultados de este artículo.

Marco Teórico

El estudio de los geoportales institucionales se enmarca teóricamente en el concepto de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), entendida no como un producto tecnológico aislado, sino como un sistema sociotécnico en el que convergen políticas, estándares, datos, servicios y actores institucionales (Masser, 2019). Bajo esta perspectiva, un geoportal es únicamente el punto de acceso visible de una arquitectura más amplia cuya efectividad depende tanto de sus componentes técnicos que incluyen visualización, análisis y almacenamiento de datos, como de sus componentes organizacionales, legales y humanos. Esta lectura sociotécnica es consistente con el giro hacia los datos abiertos y la producción distribuida de información geográfica descrita por Goodchild (2007), quien anticipó que la sostenibilidad de estas infraestructuras dependería de la capacidad de vincular a productores y usuarios de datos en un ecosistema de intercambio continuo, y no de la mera disponibilidad de un repositorio cartográfico. Esta concepción integral también se observa en experiencias de infraestructura espacial a escala local y metropolitana, donde el desarrollo tecnológico se articula con estrategias institucionales para la gestión de la información geoespacial (Kim et al., 2019).

Sobre esta base, la teoría de la gobernanza de las IDE aporta el segundo pilar conceptual del estudio. Sjoukema et al. (2020), retomando el marco de sistemas de gobernanza de Kooiman, sostienen que una IDE debe analizarse en dos niveles: un nivel de actores, donde se forman visiones, se eligen instrumentos y se ejecutan acciones, y un nivel estructural, donde residen las reglas formales e informales y los recursos que habilitan o restringen ese nivel de actores. Aplicado a geoportales

institucionales, este marco explica por qué plataformas con tecnología comparable pueden mostrar desempeños funcionales muy distintos: la brecha no siempre es tecnológica, sino de recursos, mandatos y coordinación interinstitucional. En un estudio posterior sobre la gobernanza de INSPIRE, la infraestructura de datos espaciales europea, los mismos autores confirman empíricamente que los aspectos técnicos (estándares, roles, tecnología) tienden a estar bien resueltos, mientras que el acceso a recursos presupuestarios y el uso efectivo de los datos permanecen como los eslabones más débiles del sistema (Sjoukema et al., 2022). Esta distinción entre madurez técnica y madurez de gobernanza es central para el modelo de funcionalidades mínimas y escalables que se propone en este estudio, ya que sugiere que la escalabilidad de un geoportal no puede definirse únicamente en términos de capacidades de software.

Un tercer eje teórico proviene de la literatura sobre gobierno electrónico y el valor público de los datos abiertos, que concibe los geoportales como instrumentos de política pública susceptibles de evaluación mediante dimensiones verificables. Izdebski et al. (2021) formalizan esta lógica al proponer una escala de apertura de datos aplicable a infraestructuras espaciales, mientras que Ahmad et al. (2025) documentan cómo las IDE nacionales pueden catalizar mejoras en la gobernanza y la política pública cuando sus componentes técnicos se integran deliberadamente en los ciclos de formulación, implementación y evaluación de políticas. En el contexto ecuatoriano, este eje se articula con el marco normativo de planificación territorial (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, 2023) y con el reconocimiento temprano del sistema nacional de planificación como política de Estado (López, 2015), lo que sitúa al geoportal provincial no como una herramienta técnica aislada, sino como un componente instrumental de un sistema de planificación multinivel. En conjunto, estos tres ejes teóricos, justifican la organización de la evaluación empírica en dimensiones funcionales (visualización, análisis espacial, acceso público, interoperabilidad y soporte a la toma de decisiones) y fundamentan las relaciones hipotéticas que se examinan a continuación.

Interoperabilidad y soporte a la toma de decisiones

La literatura reciente coincide en que la interoperabilidad técnica es una condición necesaria, aunque no suficiente, para que un geoportal funcione como herramienta de toma de decisiones. Wetzel et al. (2024) muestran que la plataforma climática regional ReKIS, pese a disponer de datos de calidad, ofrecía un valor limitado a los tomadores de decisiones, al carecer de un catálogo de metadatos robusto y de mecanismos de búsqueda comprensibles para usuarios no expertos; su rediseño, apoyado en componentes estándar de IDE, incrementó directamente la usabilidad orientada a la toma de decisiones. En la misma línea, Menegon et al. (2023) documentan el caso del Geoportal de la Región Adriático-Jónica (GAIR), que evolucionó de un repositorio cartográfico a una plataforma útil para la planificación espacial marítima, precisamente cuando integró, además de las capas de datos, herramientas analíticas y de apoyo a la toma de decisiones en una misma interfaz interoperable con los servicios de sus

países miembros. Ambos casos sugieren que la interoperabilidad no opera de forma aislada: su efecto sobre el soporte a la toma de decisiones se materializa cuando se combina con mecanismos de descubrimiento (metadatos) y con herramientas orientadas a tareas reales de planificación.

Los hallazgos son consistentes al señalar que, cuando la interoperabilidad es meramente formal; es decir, cuando existen servicios web pero sin coordinación institucional real, los beneficios para la decisión pública se diluyen. Sofianopoulos et al. (2025), en una revisión narrativa de 62 estudios sobre IDE y gobernanza inteligente, encuentran que la interoperabilidad entre sensores, plataformas geoespaciales e inteligencia artificial mejora el monitoreo y la toma de decisiones en gobiernos locales, pero identifican como barreras persistentes la fragmentación institucional y la ausencia de estándares abiertos comunes entre los niveles de gobierno. Esta misma tensión había sido documentada por Sjoukema et al. (2022) en el caso europeo: los estándares técnicos de INSPIRE están consolidados, pero su aprovechamiento efectivo para la decisión depende de acuerdos de gobernanza que a menudo no acompañan al despliegue tecnológico. Ahmad et al. (2025), desde un análisis documental y de encuesta a actores de política pública en Pakistán, refuerzan esta conclusión: la sola existencia de referencias a datos espaciales en los marcos de política no garantiza mecanismos de coordinación interinstitucional ni tableros espaciales operativos, lo que limita la gobernanza adaptativa.

En términos metodológicos, estos estudios combinan predominantemente análisis documental, encuestas a actores institucionales y estudios de caso único, con escasa comparación sistemática y cuantitativa entre múltiples geoportales bajo una misma matriz de indicadores; esta es precisamente la limitación metodológica que la presente investigación busca subsanar al aplicar una matriz de evaluación estandarizada a un conjunto de geoportales institucionales ecuatorianos. El vacío identificado es doble: por un lado, falta evidencia cuantitativa comparativa sobre la relación entre interoperabilidad técnica (servicios OGC, metadatos estandarizados) y funciones explícitas de soporte a la decisión en geoportales subnacionales; por otro, la literatura latinoamericana sobre este vínculo específico es todavía escasa. En consecuencia, se formula la siguiente hipótesis:

H1: Existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre la percepción del nivel de interoperabilidad y la percepción del soporte a la toma de decisiones de los geoportales utilizados por el personal técnico encuestado.

Acceso público e interoperabilidad

En este apartado se analiza si el acceso público a los datos, que incluye su visualización, consulta y posibilidad de descarga; está asociado con el nivel de interoperabilidad técnica de la plataforma que los publica, es decir, si la apertura de datos y la estandarización de servicios se refuerzan mutuamente o si, por el contrario, son capacidades que evolucionan de forma independiente. Izdebski et al. (2021) ofrecen evidencia a favor de la primera lectura: al evaluar la infraestructura de datos

espaciales polaca mediante una escala de apertura de cinco niveles, encuentran que las bases de datos con mejor desempeño combinan criterios de acceso (descarga sin restricciones) con criterios técnicos de documentación y estandarización, lo que sugiere que ambas dimensiones tienden a madurar conjuntamente dentro de una misma infraestructura institucional. En la misma línea, Nogueras-Iso et al. (2021) muestran que la extensión del estándar ISO 19157 a la evaluación de metadatos de portales de datos abiertos permite detectar que la ausencia de metadatos completos limita directamente la capacidad de los usuarios para descubrir y aprovechar los datos publicados, incluso cuando estos son técnicamente accesibles.

Sin embargo, la evidencia no es unánime. Quarati et al. (2021), a partir del análisis de más de 160.000 conjuntos de datos geoespaciales en seis portales nacionales e internacionales, encuentran una correlación débil entre la calidad de los metadatos y el uso efectivo de los datos, lo que matiza la idea de que una mejor infraestructura de interoperabilidad se traduce automáticamente en un mayor aprovechamiento por parte de los usuarios. Esta tensión es precisamente el tipo de relación que un modelo de evaluación multicriterio busca esclarecer: Zhang et al. (2022), en su modelo DANP/TOPSIS aplicado a plataformas de datos abiertos gubernamentales, tratan las dimensiones de datos y plataforma (que incluyen la estandarización técnica) como dimensiones causales de las dimensiones de resultado y ciudadano (que incluyen el acceso y uso efectivo), es decir, modelan explícitamente a la interoperabilidad como un antecedente estructural del acceso público aprovechable, y no como una dimensión paralela sin relación. En el contexto ecuatoriano, la creación reciente de GEOSOT como plataforma pública de la Superintendencia de Ordenamiento Territorial (Superintendencia de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo, 2025) confirma que ampliar el acceso a la información territorial es una prioridad de política vigente, pero aún no existen estudios que verifiquen si ese acceso ampliado está acompañado de una infraestructura de interoperabilidad equivalente.

Metodológicamente, los estudios revisados evalúan el acceso público y la interoperabilidad mediante escalas e índices compuestos aplicados de forma independiente, sin comprobar estadísticamente la fuerza de su asociación dentro de un mismo conjunto de geoportales subnacionales. El vacío que se deriva es la ausencia de evidencia, en el contexto latinoamericano, sobre si estas dos dimensiones —ambas centrales para la interoperabilidad interinstitucional del modelo propuesto— efectivamente se refuerzan entre sí en la práctica o si, como sugiere Quarati et al. (2021), pueden avanzar de forma desigual dentro de una misma plataforma. Se plantea entonces:

H2: Existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre la percepción del nivel de acceso público y la del nivel de interoperabilidad de los geoportales utilizados por el personal técnico encuestado.

Análisis espacial y soporte a la toma de decisiones

La tercera relación analizada, vincula las capacidades de análisis espacial, que incluyen el geoprocesamiento, la superposición de capas y los modelos de decisión espacial, con la función de soporte a la decisión de los geoportales. La literatura sobre Sistemas de Apoyo a la Decisión Espacial (SADE) muestra de manera consistente que la incorporación de herramientas analíticas es lo que diferencia un geoportal de consulta pasiva de una plataforma efectivamente útil para la planificación. Michalik y Zwirowicz-Rutkowska (2023) documentan el diseño de un geoportal de planificación espacial en Polonia, estructurado explícitamente mediante UML para incorporar funciones de análisis, no solo de visualización, y argumentan que esta arquitectura orientada a procesos es la que permite a los planificadores locales y centrales utilizar la plataforma en la formulación real de la política espacial. En un registro más técnico, Manna et al. (2024) presentan un Sistema de Apoyo a la Decisión Espacial (S-DSS) para la evaluación de la degradación de suelos en municipios europeos, en el que las funciones de modelado y cómputo en línea, son la variable que determina la utilidad percibida por los usuarios institucionales.

Krügel et al. (2024) refuerzan este hallazgo desde la planificación de servicios públicos: su sistema de apoyo a la decisión espacial multicriterio permite a los planificadores ajustar los parámetros de análisis sin conocimientos avanzados de programación, lo que incrementa la transparencia y reduce la carga técnica sobre el personal de planificación, aumentando así la probabilidad de uso efectivo de la herramienta en la toma de decisiones. Esta convergencia de hallazgos, relacionados con el contexto marítimo europeo (Menegon et al., 2023), la planificación urbana polaca (Michalik & Zwirowicz-Rutkowska, 2023), la gestión de suelos (Manna et al., 2024) y los servicios públicos (Krügel et al., 2024); sugiere una relación robusta entre análisis espacial y soporte a la decisión que trasciende el sector temático específico del geoportal.

No obstante, la literatura también señala limitaciones metodológicas relevantes: la mayoría de estos estudios son de diseño de caso único o de desarrollo de prototipo, y se evalúan mediante pruebas de usabilidad con paneles reducidos de usuarios expertos, lo que limita la generalización de los hallazgos a poblaciones más amplias de geoportales institucionales. Ninguno de los estudios revisados emplea una matriz comparativa de indicadores entre múltiples plataformas para cuantificar estadísticamente la fuerza de esta asociación, lo que constituye el vacío metodológico que este estudio busca cerrar mediante el uso de correlaciones no paramétricas entre dimensiones. En consecuencia, se formula:

H3: Existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre la percepción de las capacidades de análisis espacial y la percepción del soporte a la toma de decisiones de los geoportales utilizados por el personal técnico encuestado.

2. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, un diseño no experimental de corte transversal y un alcance evaluativo. Su finalidad es aplicada, en tanto que los resultados obtenidos se utilizan para diseñar un modelo de funcionalidades mínimas y escalables para un geoportal de alcance provincial. El estudio combina dos componentes que comparten el mismo marco conceptual de cinco dimensiones (visualización geoespacial, análisis espacial, acceso público, interoperabilidad y soporte a la toma de decisiones), pero que cumplen funciones distintas dentro del diseño: (a) una evaluación técnica de geoportales institucionales mediante una matriz de indicadores verificables, de carácter descriptivo y diagnóstico, y (b) una encuesta estructurada aplicada al personal técnico vinculado a la planificación territorial, de carácter correlacional, mediante la cual se contrastan las tres hipótesis del estudio.

Bajo este contexto, se definieron dos unidades de análisis:

Geoportales institucionales, locales y nacionales, con información geoespacial pertinente para la planificación territorial de la provincia de Cotopaxi. Cada geoportal se evalúa como un caso mediante la matriz de indicadores, obteniendo puntajes por indicador, por dimensión y un índice de cumplimiento total.

Personal técnico y funcionarios vinculados a la planificación territorial y al uso o administración de geoportales institucionales, cuya percepción y frecuencia de uso operativo de estas plataformas se recoge mediante encuesta estructurada.

Población y muestra

La población de referencia está conformada por los geoportales institucionales a nivel local y nacional que publican información o servicios geoespaciales pertinentes para la planificación territorial de la provincia de Cotopaxi. La muestra es no probabilística e intencional, compuesta por 4 geoportales, seleccionados por representar distintos niveles de gobierno e institucionalidad y distintos enfoques temáticos, lo que aporta diversidad institucional a la evaluación.

Por otra parte, la población de estudio para la encuesta está conformada por técnicos y funcionarios vinculados a la planificación territorial y a la gestión o uso de geoportales institucionales, adscritos a gobiernos autónomos descentralizados provinciales y cantonales, empresas públicas con infraestructura georreferenciada e instituciones rectoras de geoinformación y planificación (Secretaría Técnica Planifica Ecuador, Instituto Geográfico Militar, Secretaría de Gestión de Riesgos, Superintendencia de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo y CONAGE). Al no existir un registro único, público y actualizado que permitiera delimitar con exactitud el número total de estos profesionales a nivel nacional, no fue posible establecer un marco muestral completo ni realizar una selección probabilística de los participantes. En consecuencia, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, contactando directamente a personal técnico y funcionarios de instituciones vinculadas a la planificación territorial y a la gestión de geoportales en la

provincia de Cotopaxi y a nivel nacional. Cada participante respondió la encuesta considerando el geoportal institucional que utiliza o administra habitualmente en su trabajo, no necesariamente uno de los cuatro geoportales evaluados técnicamente en el componente de inspección técnica de este estudio. Esta distinción implica que la evaluación técnica y la encuesta constituyen fuentes de evidencia complementarias, pero no estrictamente equivalentes en su unidad de observación.

Se aplicaron 389 encuestas, de las cuales 314 fueron consideradas válidas, después de excluir los casos con datos incompletos o inconsistentes. Participó personal técnico o administrativo en funciones al momento de la aplicación, con vinculación directa a procesos de planificación territorial o a la administración, actualización o consulta habitual de un geoportal institucional.

Instrumentos utilizados

Se utilizó una Matriz de indicadores verificables, para la evaluación técnica de geoportales. El instrumento se construyó tomando como referencia escalas y checklists validados en la literatura (Trystula et al., 2020; Ogryzek et al., 2020; Nogueras-Iso et al., 2021; Izdebski et al., 2021; Mulder et al., 2020; Król, 2024; Król & Sroka, 2023; Król et al., 2024; Silva et al., 2025; Manna et al., 2024; Krügel et al., 2024; Zhang et al., 2022), y se sometió a validación de contenido mediante juicio cualitativo de tres expertos en geoinformación y planificación territorial, quienes revisaron la claridad, pertinencia y suficiencia de cada indicador; no se calculó un coeficiente formal de validez de contenido (p. ej., V de Aiken o CVR), por lo que la validación debe entenderse como un juicio experto cualitativo y no como una medida cuantitativa de acuerdo interjueces. El instrumento estuvo conformado por 33 indicadores (Anexo 1), cada uno valorado en una escala de 0 a 3 (0 = ausente, 1 = incipiente, 2 = funcional parcial, 3 = funcional completo). El índice de cumplimiento de cada geoportal se calculó como $IC = (\text{puntaje obtenido} / \text{puntaje máximo posible}) \times 100$, y los geoportales se clasificaron en tres niveles de madurez funcional a partir de ese índice: Bajo ($IC < 40\%$), Medio ($40\% \leq IC < 70\%$) y Alto ($IC \geq 70\%$).

Estos niveles corresponden exclusivamente al índice diagnóstico de madurez funcional obtenido mediante la matriz de evaluación y no deben confundirse con los niveles mínimo, intermedio y avanzado del modelo de escalabilidad funcional propuesto posteriormente.

El segundo instrumento fue una encuesta estructurada con una escala de tipo Likert de 5 puntos (1 = totalmente en desacuerdo/nunca, 5 = totalmente de acuerdo/siempre), diseñada a partir de las mismas cinco dimensiones conceptuales de la matriz técnica, con el fin de recoger la percepción y la frecuencia de uso operativo de los geoportales institucionales por parte del personal técnico encuestado. El contenido de la encuesta se validó mediante juicio de expertos, en paralelo a la validación de la matriz técnica. La confiabilidad del instrumento se estimó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, calculado sobre las 314 encuestas válidas,

considerando como aceptable un valor igual o superior a 0,70 para el instrumento global y para cada subescala dimensional.

Tabla 1

Confiabilidad del instrumento por dimensión

Dimensión	Nº de ítems	Alfa de Cronbach
Visualización geoespacial y usabilidad	7	0,922
Análisis espacial	6	0,927
Acceso público	7	0,932
Interoperabilidad	7	0,86
Soporte a la toma de decisiones	6	0,953
Instrumento completo	33	0,96

Nota: (Autores, 2026).

De manera complementaria, se analizaron los puntajes obtenidos por cada geoportal en las cinco dimensiones consideradas, utilizando los valores promedio por dimensión con el fin de facilitar la comparación, dado que estas no están conformadas por el mismo número de indicadores. A partir de estos resultados se elaboró un mapa de calor de los 33 indicadores y se aplicó un análisis exploratorio de correspondencias entre las cinco dimensiones funcionales y los cuatro geoportales evaluados, con el propósito de identificar diferencias en sus perfiles funcionales y representarlas en un plano bidimensional. Para la interpretación se consideraron las coordenadas, contribuciones e inercia explicada por los principales ejes factoriales. Debido a que los datos corresponden a puntajes agregados de cumplimiento y no a frecuencias de una tabla de contingencia, este análisis se utilizó únicamente con fines descriptivos y exploratorios.

Para el análisis de la encuesta se calcularon las puntuaciones promedio correspondientes a cada una de las cinco dimensiones, a partir de los ítems que conforman sus respectivas subescalas. Considerando que estas puntuaciones provienen de escalas de tipo Likert y que el interés analítico se centró en determinar asociaciones monotónicas entre las dimensiones, se utilizó el coeficiente de correlación rho de Spearman. Se construyó una matriz de correlaciones entre las cinco dimensiones, lo que permitió observar de manera conjunta la dirección y magnitud de las relaciones existentes y, posteriormente, contrastar las asociaciones específicas planteadas en las tres hipótesis de investigación. La significancia estadística se estableció con un nivel de 0,05. Adicionalmente, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad de las puntuaciones dimensionales.

3. Resultados

3.1. Análisis de Geoportales

Se aplicó una matriz de 33 indicadores mediante la inspección directa de cada geoportal (navegación real de los visores, revisión de servicios REST/OGC expuestos, catálogos de descarga y documentación institucional) en agosto de 2026. Como se explicó en la Metodología, esta evaluación tiene función descriptiva y de triangulación

Tabla 2

Índice de cumplimiento e imagen general

Geoportal	Puntaje obtenido	Índice de cumplimiento	Nivel de madurez
Alertas Ecuador (SGR)	51/99	51,5 %	Medio
Geoportal del IGM (visor Volcán Cotopaxi)	39/99	39,4 %	Bajo (en el límite con Medio)
Geoportal ELEPCOSA	28/99	28,3 %	Bajo
Geoportal de Latacunga (GAD Municipal)	18/99	18,2 %	Bajo

Nota: (Autores, 2026).

Tres de los cuatro casos se ubican en el nivel de madurez bajo, y ninguno alcanza el nivel alto. Este resultado es consistente con el vacío señalado en la revisión de la literatura respecto a que la existencia de un geoportal no garantiza un desempeño funcional homogéneo ni completo, incluso entre instituciones con presencia técnica reconocida.

La dimensión de visualización geoespacial y usabilidad es la mejor cubierta en tres de los cuatro casos. El Geoportal ELEPCOSA y el visor del IGM destacan por un panel de capas robusto (12 capas activables en ELEPCOSA) y por herramientas de medición de distancia y área (IGM). El Geoportal de Latacunga funciona, pero no muestra indicios de diseño adaptativo a dispositivos móviles y carece de ayuda o documentación de uso. Alertas Ecuador, en cambio, no ofrece un visor de zoom plenamente interactivo en su página principal, aunque compensa con abundante documentación y guías descargables.

El análisis espacial es la dimensión más débil en los cuatro casos ya que ninguno de los geoportales ofrece geoprocetamiento en línea, análisis multicriterio ni comparación multitemporal accesible al usuario. Este resultado es consistente con la brecha identificada en la literatura entre geoportales orientados principalmente a la visualización y plataformas con capacidades propias de los Sistemas de Apoyo a la Decisión Espacial (SADE).

Respecto al acceso público, Alertas Ecuador (SGR) sobresale claramente, considerando que ofrece un catálogo tabulado de conjuntos de datos descargables sin registro, en formatos reutilizables (ZIP/shapefile), con fuente y año declarados por cada capa (IG-EPN, INEC, MTOP, MINEDUC, SNGRE). Los otros tres geoportales prácticamente no publican datos descargables de forma abierta. Con relación a la

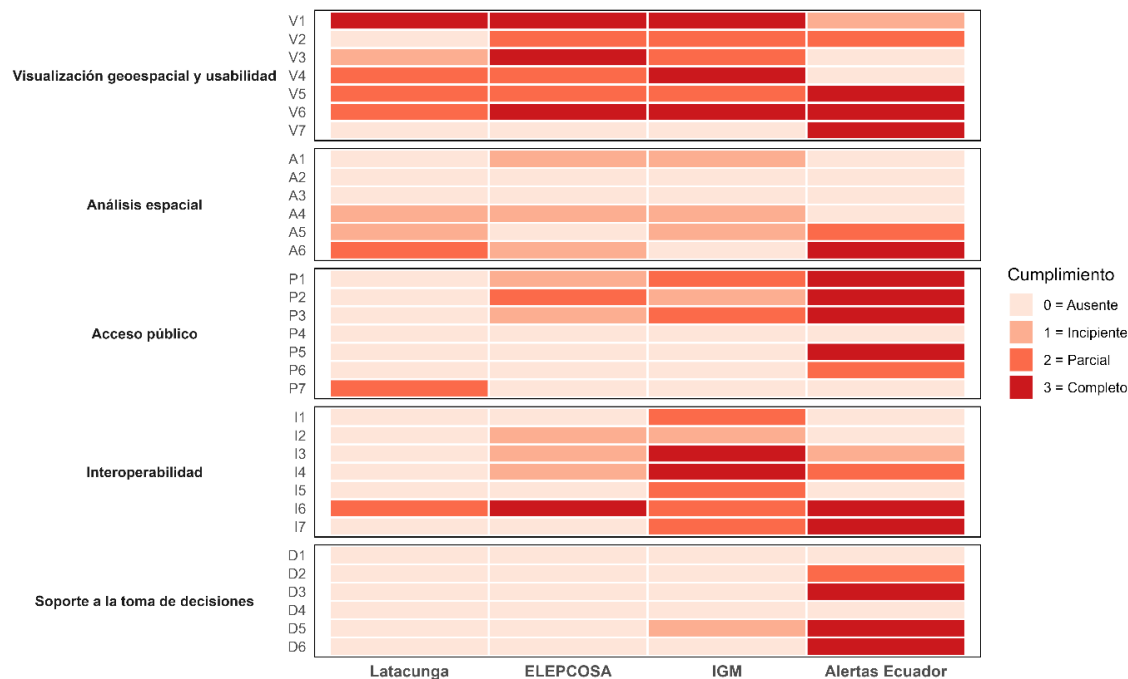
Interoperabilidad, el IGM lidera con claridad, respaldado por su rol como entidad rectora del Perfil Ecuatoriano de Metadatos y el catalogador GeoNetwork a nivel nacional. Alertas Ecuador evidencia la interoperabilidad más real y verificable de los cuatro casos: sus insumos técnicos provienen documentadamente de al menos seis instituciones distintas (IG-EPN, INEC, MTOP, MSP, MINEDUC, IGM), lo que confirma intercambio interinstitucional efectivo. ELEPCOSA expone servicios REST de ArcGIS Server funcionales (FeatureServer/MapServer), pero no se encontró una interfaz WMS/WFS estándar del OGC habilitada en los servicios inspeccionados, lo que limita su interoperabilidad con sistemas de terceros no basados en ArcGIS. Latacunga no mostró evidencia de servicios interoperables.

Alertas Ecuador es, por un margen amplio, el caso más consolidado que brinda un soporte adecuado para la Toma de Decisiones, combinando escenarios alternativos documentados, un sistema de alerta temprana activo con niveles de alerta codificados por color, y evidencia directa de uso en decisiones reales (resoluciones oficiales SNGRE-311-2022 y SGR-238-2023 que declaran estados de alerta con base en este sistema). Los otros tres geoportales prácticamente no ofrecen funciones de soporte a la toma de decisiones: ni tableros de indicadores, ni comparación de escenarios, ni mecanismos de reporte ciudadano.

Esta evaluación se basó en inspección remota de cada plataforma en una sesión puntual; no incluyó pruebas exhaustivas de todos los servicios internos (p. ej. verificación formal de GetCapabilities WMS/WFS en el geoportal general del IGM, ni acceso administrativo a los servicios de ELEPCOSA), por lo que algunos puntajes, particularmente en Interoperabilidad y Acceso público, podrían mejorar su puntuación, si se obtiene acceso técnico ampliado o documentación institucional adicional durante la validación por juicio de expertos.

Con la finalidad de complementar los resultados obtenidos en la evaluación técnica y facilitar la identificación de las diferencias existentes entre los geoportales analizados, se elaboró un mapa de calor a partir de los puntajes registrados en los 33 indicadores que conforman las cinco dimensiones de estudio. La Figura 1 muestra esta representación que permite observar de manera conjunta los niveles de cumplimiento alcanzados por cada geoportal e identificar las funcionalidades que presentan un mayor desarrollo, así como aquellas en las que persisten limitaciones o ausencia de capacidades.

Figura 1
Mapa de calor del nivel de cumplimiento de los indicadores por geoportal y dimensión funcional

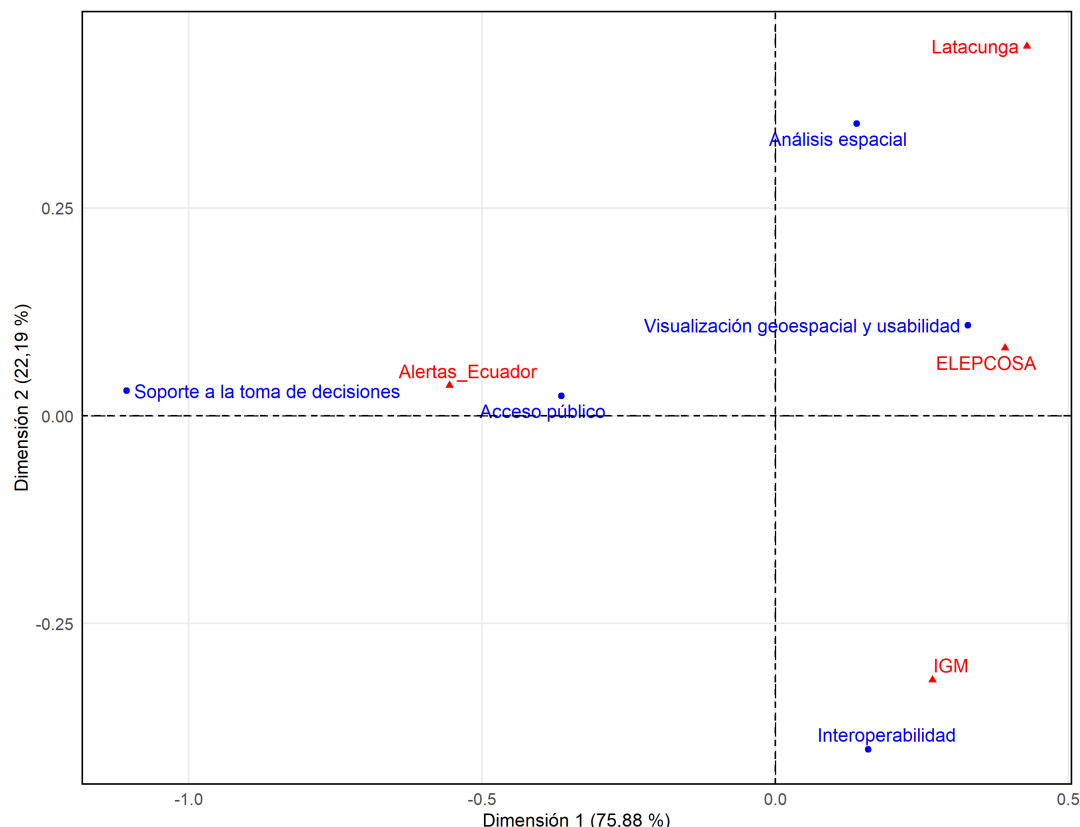


Nota. La intensidad del color representa el nivel de cumplimiento de cada indicador: 0 = ausente, 1 = incipiente, 2 = funcional parcial y 3 = funcional completo (Autores, 2026).

La Figura 1 evidencia diferencias claras en el nivel de cumplimiento de los indicadores entre los geoportales evaluados. La dimensión de visualización geoespacial y usabilidad presenta los niveles de cumplimiento más altos y relativamente más consistentes, principalmente en ELEPCOSA y el IGM. En contraste, el análisis espacial concentra una mayor cantidad de indicadores ausentes o con bajo nivel de desarrollo en las cuatro plataformas. Por otra parte, Alertas Ecuador muestra un mejor desempeño relativo en acceso público y soporte a la toma de decisiones, mientras que el IGM destaca en interoperabilidad. En conjunto, estos resultados muestran que el desarrollo funcional de los geoportales no es homogéneo entre dimensiones, sino que responde a perfiles diferenciados según las capacidades incorporadas en cada plataforma.

3.2. Análisis exploratorio de correspondencias

Con el propósito de complementar la evaluación descriptiva de los geoportales e identificar diferencias en sus perfiles funcionales, se realizó un análisis exploratorio de correspondencias a partir de los puntajes promedio obtenidos por cada plataforma en las cinco dimensiones evaluadas (Figura 2). Las dos primeras dimensiones factoriales explicaron conjuntamente el 98,07 % de la inercia total; la Dimensión 1 concentró el 75,88 % y la Dimensión 2 el 22,19 %, por lo que el plano bidimensional proporciona una representación adecuada de la estructura observada.

Figura 2*Mapa de correspondencias entre dimensiones funcionales y geoportales evaluados*

Nota: Dimensión 1: 75,88 % de la inercia; Dimensión 2: 22,19 %; inercia acumulada: 98,07 %. La posición de los puntos representa perfiles relativos derivados de los puntajes promedio de cumplimiento de las cinco dimensiones funcionales (Autores, 2026).

La Dimensión 1 estuvo determinada principalmente por el soporte a la toma de decisiones, que aportó el 62,95 % de su construcción, seguido de la visualización geoespacial y usabilidad (20,65 %) y el acceso público (12,21 %). Entre los geoportales, Alertas Ecuador presentó la mayor contribución a este eje (60,83 %) y se ubicó en la misma dirección que el soporte a la toma de decisiones, lo que evidencia un perfil relativo diferenciado respecto de las demás plataformas.

La Dimensión 2 estuvo explicada principalmente por la interoperabilidad (64,72 %) y el análisis espacial (27,18 %). En este eje, el IGM y el Geoportal de Latacunga concentraron las mayores contribuciones, con 50,29 % y 46,41 %, respectivamente. El IGM se ubicó en la misma dirección factorial que la interoperabilidad, mientras que Latacunga presentó una orientación relativa hacia el análisis espacial. ELEPCOSA, por su parte, mostró un perfil más próximo a la visualización geoespacial y usabilidad.

En conjunto, el mapa de correspondencias evidencia perfiles funcionales diferenciados entre las plataformas evaluadas: Alertas Ecuador se distingue relativamente por las capacidades vinculadas al soporte a la toma de decisiones y al acceso público; el IGM por la interoperabilidad; ELEPCOSA por la visualización geoespacial y usabilidad; y Latacunga por su posición relativa en la dirección del análisis espacial. Estas proximidades deben interpretarse como diferencias en los

perfiles funcionales de los geoportales y no como indicadores de un mayor nivel absoluto de cumplimiento.

3.3. Resultados de la Encuesta Aplicada

Todas las dimensiones analizadas se ubican en un nivel medio de la escala (entre 3,0 y 3,7 sobre 5). La Interoperabilidad es la dimensión peor percibida por el personal técnico (media = 3,01), consistente con el hallazgo de la evaluación técnica de los 4 geoportales, donde la interoperabilidad estándar (WMS/WFS) también fue una de las brechas más marcadas. Soporte a la toma de decisiones, es la mejor percibida (media = 3,70), lo que en principio contrasta con la evaluación técnica, donde esa dimensión fue la más débil en 3 de los 4 geoportales, sugiriendo una posible brecha entre percepción de utilidad y desempeño funcional verificable, señal que debe discutirse explícitamente en la sección de Discusión.

Tabla 3
Estadísticos Descriptivos

Dimensión	Media	Desv. estándar
Visualización geoespacial y usabilidad (V)	3,04	1,16
Análisis espacial (AE)	3,33	1,14
Acceso público (AP)	3,41	1,08
Interoperabilidad (INT)	3,01	1,02
Soporte a la toma de decisiones (STD)	3,70	1,06

Nota: (Autores, 2026).

Los coeficientes alfa de Cronbach calculados para cada dimensión superaron ampliamente el umbral mínimo de 0,70 fijado en la Metodología (Tabla 1), con un alfa global de 0,960 y un valor mínimo de 0,860 en la subescala de interoperabilidad. Estos resultados evidencian una elevada consistencia interna del instrumento y respaldan la fiabilidad de las puntuaciones de las dimensiones utilizadas en las pruebas de hipótesis.

Considerando que las puntuaciones se obtuvieron a partir de escalas tipo Likert y que el interés analítico se centró en evaluar asociaciones monotónicas entre las dimensiones, se utilizó el coeficiente de correlación rho de Spearman. Adicionalmente, la prueba de Shapiro-Wilk mostró desviaciones significativas de la normalidad en las cinco dimensiones (p-valor < 0,001), lo que refuerza la pertinencia de un estadístico no paramétrico.

3.4. Triangulación entre evaluación técnica y percepción del personal técnico

Con el fin de contrastar la evaluación técnica objetiva (4 geoportales) con la percepción reportada por el personal técnico encuestado, se comparó el porcentaje de cumplimiento acumulado de cada dimensión en la matriz técnica con la media de percepción obtenida en la encuesta para esa misma dimensión. Es importante

precisar que ambas fuentes no son estrictamente equivalentes en su unidad de observación: la matriz evalúa cuatro geoportales específicos, mientras que la encuesta recoge la percepción de cada participante sobre el geoportal institucional que utiliza habitualmente, que no necesariamente coincide con alguno de esos cuatro casos. Por ello, la siguiente comparación debe interpretarse como una lectura complementaria de patrones generales y no como una correlación calculada entre unidades idénticas.

Tabla 4*Triangulación evaluación técnica vs. percepción*

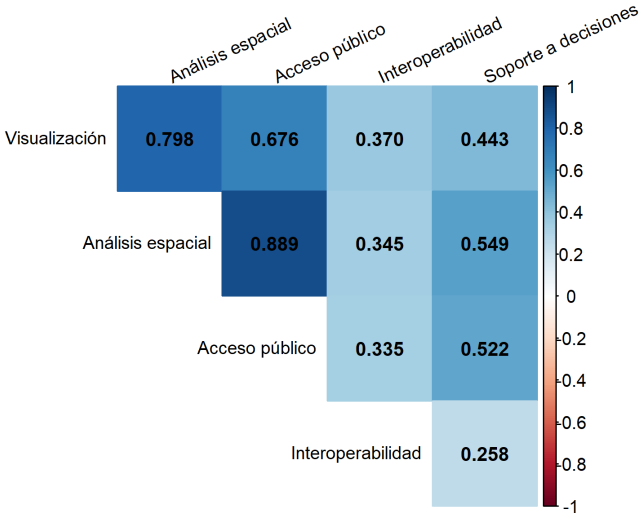
Dimensión	Cumplimiento técnico (4 geoportales, %)	Percepción media (encuesta, escala 1-5)	Lectura
Visualización geoespacial y usabilidad	61,9 %	3,04	Correspondencia relativa
Análisis espacial	20,8 %	3,33	Divergencia
Acceso público	29,8 %	3,41	Divergencia
Interoperabilidad	38,1 %	3,01	Correspondencia (ambas entre las más débiles)
Soporte a la toma de decisiones	16,7 %	3,7	Divergencia marcada

Nota: (Autores, 2026).

La divergencia más marcada se observa en el soporte a la toma de decisiones: la evaluación técnica la identifica como la dimensión más débil de las cuatro plataformas evaluadas (16,7 % de cumplimiento), mientras que es la mejor percibida por el personal técnico encuestado (media = 3,70). Interoperabilidad, en cambio, muestra una correspondencia razonable: es también la dimensión peor percibida en la encuesta (media = 3,01) y una de las más débiles técnicamente (38,1 %). Esta lectura conjunta fundamenta el modelo de funcionalidades mínimas y escalables que se presenta a continuación.

Con la finalidad de complementar el análisis de las hipótesis planteadas y observar de manera conjunta las relaciones existentes entre las cinco dimensiones evaluadas, se calcularon los coeficientes de correlación de Spearman a partir de las puntuaciones promedio obtenidas en cada una de ellas. La representación de estas asociaciones mediante una matriz de correlaciones, que se presenta en la Figura 3, permite identificar la dirección y magnitud de las relaciones entre visualización geoespacial y usabilidad, análisis espacial, acceso público, interoperabilidad y soporte a la toma de decisiones.

Figura 3
Matriz de correlaciones de Spearman entre las dimensiones evaluadas



Nota: Los coeficientes de correlación de Spearman fueron obtenidos a partir de las 314 encuestas válidas. Todas las asociaciones fueron positivas y estadísticamente significativas ($p < 0,001$) (Autores, 2026).

La Figura 3 muestra que todas las relaciones entre las dimensiones evaluadas son positivas y estadísticamente significativas. Las asociaciones de mayor magnitud se presentan entre análisis espacial y acceso público ($\rho = 0,889$), así como entre visualización geoespacial y análisis espacial ($\rho = 0,798$). También se observan relaciones moderadas entre visualización y acceso público ($\rho = 0,676$), análisis espacial y soporte a la toma de decisiones ($\rho = 0,549$), y acceso público y soporte a la toma de decisiones ($\rho = 0,522$). Por otra parte, las asociaciones relacionadas con interoperabilidad presentan valores menores, particularmente con soporte a la toma de decisiones ($\rho = 0,258$). Estos resultados muestran que las dimensiones consideradas mantienen distintos niveles de relación entre sí y permiten contextualizar las asociaciones específicas planteadas posteriormente en las hipótesis de investigación.

3.5. Comprobación de hipótesis

De acuerdo con el análisis realizado, se encontró evidencia estadísticamente significativa a favor de las tres hipótesis planteadas: se observó una relación positiva y significativa entre las variables analizadas en los tres casos ($p\text{-valor} < 0,001$). Sin embargo, la magnitud de la relación difiere considerablemente entre ellas. Para interpretar la magnitud de las asociaciones se consideraron los criterios convencionales de Cohen (1988): valores inferiores a 0,30 se interpretaron como asociaciones débiles, entre 0,30 y 0,49 como moderadas y valores iguales o superiores a 0,50 como fuertes. La hipótesis 1 (interoperabilidad–soporte a la decisión) muestra una asociación positiva, aunque débil ($\rho = 0,258$). La hipótesis 2 (acceso público–interoperabilidad) mostró una asociación moderada ($\rho = 0,335$). La hipótesis 3 (análisis espacial–soporte a la decisión) muestra la asociación más fuerte de las tres ($\rho = 0,549$), y, de acuerdo con los criterios adoptados, corresponde a una asociación fuerte.

Tabla 5
Comprobación de Hipótesis

Hipótesis	Relación	rho de Spearman	Valor p	n	Resultado ($\alpha = 0,05$)
H1	Interoperabilidad ↔ Soporte a la toma de decisiones	0,258	< 0,001	314	Evidencia a favor de H1
H2	Acceso público ↔ Interoperabilidad	0,335	< 0,001	314	Evidencia a favor de H2
H3	Análisis espacial ↔ Soporte a la toma de decisiones	0,549	< 0,001	314	Evidencia a favor de H3

Nota: (Autores, 2026).

3.6. Modelo de funcionalidades mínimas y escalables propuesto

El modelo de funcionalidades mínimas y escalables se estructuró a partir de la integración de tres fuentes de evidencia: (a) los resultados de la evaluación técnica de los cuatro geoportales institucionales mediante la matriz de 33 indicadores (Anexo 1); (b) las asociaciones identificadas entre las dimensiones funcionales a partir de la percepción del personal técnico encuestado (H1-H3); y (c) los fundamentos derivados de la revisión de literatura sobre infraestructuras de datos espaciales y sistemas de apoyo a la decisión espacial. Sobre esta base, las funcionalidades correspondientes a los 33 indicadores del instrumento se organizaron progresivamente en tres niveles de escalabilidad funcional por dimensión: mínimo, intermedio y avanzado.

La asignación de cada indicador a los niveles mínimo, intermedio y avanzado se realizó considerando conjuntamente cuatro criterios: (a) su indispensabilidad funcional para la operación básica de un geoportal provincial; (b) su grado de complejidad técnica y organizacional; (c) su dependencia respecto de funcionalidades correspondientes a niveles previos; y (d) su presencia empírica en los cuatro geoportales evaluados. De esta manera, la frecuencia observada no se utilizó como criterio único de jerarquización, sino como evidencia complementaria. Las funcionalidades indispensables, de menor complejidad y necesarias para habilitar capacidades posteriores se ubicaron en el nivel mínimo; aquellas que requieren una infraestructura funcional previamente consolidada y amplían las capacidades de acceso, interoperabilidad y análisis se clasificaron en el nivel intermedio; y las funcionalidades que demandan mayor integración tecnológica, analítica u organizacional y proporcionan capacidades avanzadas de análisis y soporte a la toma de decisiones se asignaron al nivel avanzado. Cuando la evidencia empírica no permitió establecer una diferenciación clara, la ubicación se sustentó adicionalmente en la literatura revisada. Finalmente, las asociaciones obtenidas en la encuesta se utilizaron como evidencia complementaria para sustentar la articulación entre dimensiones, particularmente entre análisis espacial y soporte a la toma de decisiones, así como entre acceso público e interoperabilidad.

Tabla 6

Modelo de funcionalidades mínimas y escalables según nivel de escalabilidad funcional

Nivel de escalabilidad funcional	Visualización geoespacial	Análisis espacial	Acceso público	Interoperabilidad	Soporte a la toma de decisiones
Nivel Mínimo	V1, V3, V5, V6: visor cartográfico interactivo; activación y superposición de capas; rendimiento web aceptable; interfaz con criterios básicos de usabilidad y sin errores críticos.	A4: consulta espacial por atributos, relaciones espaciales o proximidad.	P1, P4, P5: catálogo o buscador público de datos; licencia y condiciones de reutilización declaradas; fecha de actualización o vigencia disponible.	I3, I4: catálogo de metadatos conforme a estándares reconocidos y presencia de atributos mínimos de identificación.	D1: tablero o cuadro de mando básico con indicadores territoriales.
Nivel Intermedio	V2, V4, V7: diseño adaptable a dispositivos móviles; herramientas de medición, búsqueda y consulta visual; ayuda contextual, tutoriales o documentación para usuarios.	A1, A6: operaciones de geoprocesamiento en línea y exportación o descarga de los resultados obtenidos.	P2, P3, P6: descarga de datos sin registro ni pago; formatos abiertos y reutilizables; mecanismos de contacto o solicitud de datos no publicados.	I1, I2, I6: publicación de servicios estándar OGC WMS/WFS y funcionamiento estable de los servicios disponibles.	D2, D4: vinculación de indicadores territoriales con información socioeconómica y mecanismos de reporte ciudadano o información geográfica voluntaria (VGI).
Nivel Avanzado	No se identificaron en el instrumento funcionalidades de visualización cuya complejidad justifique su clasificación como avanzada.	A2, A3, A5: análisis multicriterio, análisis multitemporal y servicios de procesamiento/modélos analíticos mediante WPS o infraestructura equivalente.	P7: estadísticas o indicadores públicos sobre uso y descarga de información.	I5, I7: catálogo de metadatos cosechable mediante CSW e intercambio interinstitucional mediante servicios interoperables o procesos ETL.	D3, D5, D6: comparación de escenarios o alternativas; generación automatizada de alertas o reportes; evidencia documentada de uso del geoportal en procesos reales de decisión.

Nota: (Autores, 2026).

La lógica del modelo es acumulativa y no sustitutiva; es decir, un geoportal no deja de lado las funcionalidades de un nivel al avanzar al siguiente, sino que incorpora progresivamente las capacidades correspondientes a los niveles superiores. Adicionalmente, y de forma transversal a los tres niveles, el marco teórico de este estudio (Sjoukema et al., 2020, 2022) sostiene que la escalabilidad de un geoportal no depende únicamente de sus capacidades técnicas, sino también de la gobernanza institucional que la sustenta: acuerdos interinstitucionales, mandatos claros y recursos sostenidos para mantener y actualizar los servicios. Por ello, la gobernanza y la coordinación institucional se plantean como un componente transversal que condiciona el avance de un geoportal a través de los distintos niveles, más que como una sexta dimensión funcional independiente.

La clasificación de un geoportal dentro de cada dimensión se realiza considerando el cumplimiento de los indicadores correspondientes al nivel evaluado y a los niveles precedentes, de acuerdo con la naturaleza acumulativa del modelo. En esta propuesta inicial, los niveles representan una jerarquía funcional basada en la indispensabilidad de las capacidades, su complejidad técnica y organizacional, la dependencia respecto de funcionalidades previas y la evidencia empírica obtenida. No obstante, la definición de umbrales específicos para determinar cuándo una dimensión alcanza plenamente un nivel -por ejemplo, mediante cumplimiento total o mayoritario de sus indicadores- deberá someterse a validación adicional mediante juicio de expertos y aplicación piloto antes de su utilización como criterio normativo.

Al contrastar la estructura propuesta con los resultados de la evaluación técnica, se observa que los cuatro geoportales analizados presentan un desarrollo desigual entre dimensiones y niveles. Las capacidades de visualización geoespacial se encuentran relativamente más consolidadas, mientras que varias funcionalidades consideradas básicas o intermedias en acceso público e interoperabilidad presentan todavía un cumplimiento parcial o insuficiente. En análisis espacial, las capacidades de mayor complejidad, como el análisis multicriterio y multitemporal, muestran un desarrollo muy limitado en los casos evaluados. De manera similar, las funcionalidades avanzadas de soporte a la toma de decisiones presentan una baja presencia general, aunque Alertas Ecuador (SGR) destaca al incorporar comparación de escenarios, alertas automatizadas y evidencia documentada de utilización en decisiones oficiales (D3, D5 y D6). En conjunto, estos resultados aportan evidencia empírica que respalda la pertinencia de una estructura escalonada para orientar el desarrollo progresivo de un geoportal provincial y muestran que el fortalecimiento del análisis espacial, la interoperabilidad y el soporte a la toma de decisiones constituye un área prioritaria para avanzar hacia capacidades funcionales superiores.

4. Discusión

Los resultados obtenidos permiten contrastar directamente las tres hipótesis del estudio con la evidencia previa, aportando evidencia cuantitativa comparativa, todavía

escasa en el contexto subnacional latinoamericano, sobre la relación entre las dimensiones funcionales de los geoportales institucionales.

La correlación encontrada entre interoperabilidad y soporte a la toma de decisiones confirma la dirección positiva esperada, aunque con una magnitud débil. Este resultado es coherente con lo señalado por Sofianopoulos et al. (2025) y Sjoukema et al. (2022), quienes plantean que la interoperabilidad técnica constituye una condición necesaria, pero no suficiente, para que se traduzca en soporte real para la toma de decisiones, dado que su aprovechamiento depende también de mecanismos de gobernanza, coordinación interinstitucional y capacidades analíticas adicionales que la sola existencia de servicios interoperables no garantiza. La debilidad relativa de esta asociación, en comparación con H3, sugiere que, desde la percepción del personal técnico encuestado, la interoperabilidad presenta una vinculación limitada con las funcionalidades de soporte a la toma de decisiones. Este resultado es consistente con lo documentado por Wetzel et al. (2024) y Menegon et al. (2023), para quienes la interoperabilidad adquiere mayor valor para la decisión cuando se integra con catálogos de metadatos y herramientas orientadas a tareas concretas de planificación.

La asociación moderada observada entre el acceso público y la interoperabilidad se sitúa en un punto intermedio de una discusión aún no resuelta en la literatura. Mientras Izdebski et al. (2021) y el modelo de acceso público universal de Ogryzek et al. (2020) sugieren que la apertura de datos y la interoperabilidad tienden a reforzarse mutuamente como componentes de una misma infraestructura madura, Quarati et al. (2021) y Nogueras-Iso et al. (2021) advierten que el acceso público formal no se traduce automáticamente en una mejor interoperabilidad ni en un mayor uso. El resultado obtenido, que muestra una relación positiva pero moderada, es consistente con esta segunda lectura, puesto que ambas dimensiones se relacionan, pero no pueden considerarse funcionalmente equivalentes. En este sentido, los hallazgos respaldan su tratamiento como capacidades diferenciadas dentro del modelo de funcionalidades mínimas y escalables, sin asumir que el fortalecimiento de una implique automáticamente el desarrollo de la otra.

La relación entre análisis espacial y soporte a la toma de decisiones es la más fuerte de las tres hipótesis planteadas, lo que coincide con la convergencia observada en la literatura revisada. Michalik y Zwirowicz-Rutkowska (2023), Manna et al. (2024) y Krügel et al. (2024) coinciden, desde contextos temáticos distintos, en que son las capacidades analíticas, y no únicamente la disponibilidad de datos o mapas, las que incrementan la utilidad de un geoportal en procesos reales de decisión. El hallazgo obtenido en este estudio aporta evidencia cuantitativa basada en las percepciones del personal técnico vinculado al uso y la gestión de geoportales institucionales ecuatorianos, y contribuye a reducir parcialmente el vacío metodológico identificado en la revisión de la literatura.

De manera complementaria, la matriz de correlaciones permitió identificar asociaciones de elevada magnitud entre dimensiones que no formaron parte de las hipótesis planteadas inicialmente. En particular, destaca la relación entre análisis espacial y acceso público ($\rho = 0,889$), seguida de la asociación entre visualización geoespacial y análisis espacial ($\rho = 0,798$). Estos resultados sugieren que el desarrollo de las capacidades analíticas puede encontrarse estrechamente vinculado con las condiciones de acceso y visualización de la información geoespacial. Sin embargo, debido a que estas relaciones no fueron formuladas como hipótesis específicas del estudio, su interpretación debe considerarse complementaria y exploratoria, y constituye un aspecto que puede profundizarse en futuras investigaciones.

Por otra parte, el análisis exploratorio de correspondencias mostró que las diferencias entre los geoportales evaluados no se limitan al nivel global de cumplimiento, sino que también responden a perfiles funcionales diferenciados. Alertas Ecuador presentó una orientación relativa hacia el soporte a la toma de decisiones y el acceso público, mientras que el IGM mostró una mayor orientación hacia la interoperabilidad y ELEPCOSA hacia la visualización geoespacial y usabilidad. Estos resultados muestran que el desarrollo funcional de los geoportales no sigue un patrón uniforme entre instituciones, lo que respalda la pertinencia de plantear un modelo escalable en el que las distintas dimensiones puedan fortalecerse progresivamente de acuerdo con las capacidades técnicas y organizacionales disponibles.

Implicancias

El estudio aporta evidencia cuantitativa comparativa, hasta ahora escasa en la literatura sobre geoportales subnacionales de América Latina, que permite pasar de relaciones sugeridas por estudios de caso único a asociaciones estadísticamente contrastadas entre dimensiones funcionales. En particular, aporta evidencia de que el análisis espacial es la dimensión que presenta la asociación de mayor magnitud con el soporte a la toma de decisiones, mientras que la interoperabilidad, pese a constituir una condición relevante, muestra una asociación de menor magnitud cuando se analiza de forma aislada respecto de la gobernanza y de las capacidades analíticas. Asimismo, la divergencia observada entre la percepción de utilidad y el desempeño técnico verificable respalda la pertinencia de utilizar dos instrumentos complementarios, la matriz técnica y la encuesta de percepción, para evaluar infraestructuras de datos espaciales, en lugar de apoyarse en un solo tipo de evidencia.

A nivel práctico, los gobiernos autónomos descentralizados y las entidades rectoras de geoinformación en Ecuador pueden hacer uso de los resultados obtenidos, los cuales sugieren que el fortalecimiento de las funcionalidades de análisis espacial constituye un componente especialmente relevante si se busca mejorar el soporte del geoportal a los procesos de planificación territorial, sin que ello implique relegar el desarrollo de capacidades de interoperabilidad. Al mismo tiempo, la asociación

moderada entre el acceso público y la interoperabilidad indica que ambas capacidades deben desarrollarse de forma articulada y deliberada, no como subproductos automáticos entre sí.

Limitaciones y Futuras Investigaciones

El estudio presenta limitaciones que deben considerarse al interpretar sus resultados y que, a su vez, delimitan las líneas de investigación futura más pertinentes. Los datos de la encuesta se basan en percepción autorreportada del personal técnico y no en mediciones objetivas de uso, lo que puede introducir deseabilidad social y varianza de método común, por lo que futuros estudios deberían complementar el análisis con datos objetivos de uso (analítica web, registros de consultas a servicios OGC, tasas de descarga) que permitan contrastar la percepción declarada con evidencia conductual real y profundizar en la divergencia encontrada entre percepción favorable y desempeño técnico verificable. Por otra parte, la evaluación técnica, con una muestra intencional de 4 geoportales de Cotopaxi basada en inspección remota puntual y sin acceso administrativo a los servicios, es adecuada para fines descriptivos y de triangulación, pero no para pruebas inferenciales a ese nivel ni para generalizar al conjunto de geoportales institucionales del Ecuador; ampliar esta muestra a otras provincias permitiría tanto pruebas inferenciales en ese nivel de análisis como la validación externa del modelo propuesto. Asimismo, debido al carácter no probabilístico por conveniencia del muestreo utilizado en la encuesta, los resultados obtenidos no deben interpretarse como estimaciones representativas del conjunto de técnicos y funcionarios vinculados a la planificación territorial y a la gestión de geoportales en Ecuador, por lo que su generalización debe realizarse con cautela. Además, se recomienda en futuras investigaciones realizar estudios longitudinales que permitan verificar el avance de las mejoras implementadas en el tiempo.

Asimismo, la elevada asociación observada entre algunas dimensiones, particularmente entre análisis espacial y acceso público ($\rho = 0,889$), sugiere la conveniencia de profundizar en futuras investigaciones en la evaluación de la validez discriminante del instrumento, con el fin de determinar si las dimensiones consideradas mantienen una diferenciación empírica suficiente.

5. Conclusiones

La evaluación técnica de los cuatro geoportales institucionales de Cotopaxi mostró que ninguno alcanza un alto nivel de madurez funcional y que tres de los cuatro casos se ubican en un nivel bajo; el análisis espacial y el soporte a la toma de decisiones son las dimensiones más débiles en la mayoría de los casos evaluados.

El análisis exploratorio de correspondencias mostró, además, que el desarrollo funcional no es homogéneo entre las plataformas, sino que cada geoportal presenta un perfil relativo asociado con determinadas capacidades. Este resultado refuerza la necesidad de considerar el desarrollo de un geoportal provincial como un proceso

progresivo y multidimensional, en lugar de asumir que todas las funcionalidades alcanzan simultáneamente un mismo nivel de madurez.

A partir de las 314 encuestas válidas obtenidas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia, se encontró evidencia estadísticamente significativa a favor de las tres hipótesis planteadas ($p\text{-valor} < 0,001$, $n = 314$), con magnitudes distintas: la asociación de mayor magnitud correspondió a la percepción de análisis espacial y de soporte a la toma de decisiones (H3, $\rho = 0,549$), seguida de una asociación moderada entre la percepción de acceso público e interoperabilidad (H2, $\rho = 0,335$) y una asociación débil entre la percepción de interoperabilidad y de soporte a la toma de decisiones (H1, $\rho = 0,258$). Esto indica que, de las cinco dimensiones estudiadas, la percepción de las capacidades de análisis espacial es la que más consistentemente se asocia con la percepción de la capacidad del geoportal para apoyar la toma de decisiones.

La comparación entre el desempeño técnico verificado y la percepción reportada por el personal encuestado reveló una divergencia relevante, particularmente en el soporte a la toma de decisiones: la dimensión técnicamente más débil de las cuatro plataformas evaluadas (16,7 % de cumplimiento) es, al mismo tiempo, la mejor percibida por el personal técnico (media = 3,70). Esta divergencia debe interpretarse con cautela, dado que la encuesta y la evaluación técnica no necesariamente se refieren a los mismos geoportales, pero constituye un hallazgo relevante para la gestión de las expectativas institucionales respecto del desempeño real de estas plataformas.

A partir de la integración de la evaluación técnica, las asociaciones encontradas en la encuesta y la revisión de literatura, se estructuró un modelo de funcionalidades mínimas y escalables organizado en tres niveles acumulativos de escalabilidad funcional (mínimo, intermedio y avanzado) para las cinco dimensiones estudiadas, con la gobernanza institucional como componente transversal.

El modelo sustenta que un geoportal provincial debe incorporar, desde su nivel mínimo, capacidades básicas de consulta y análisis espacial, y fortalecer progresivamente las funcionalidades analíticas orientadas a la toma de decisiones en los niveles superiores. Asimismo, plantea que la interoperabilidad y el acceso público deben desarrollarse como capacidades articuladas que se despliegan de forma escalonada a medida que la institución fortalece su infraestructura de datos espaciales. Este modelo responde directamente al objetivo general de la investigación y queda disponible para su validación y aplicación piloto en un geoportal provincial real.

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.

DECLARACIÓN SOBRE EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA

“Los autores declaran que no utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa en la elaboración de este manuscrito.”

Referencias Bibliográficas

- Ahmad, M., Ali, A., Nawaz, M., Sattar, F., & Hussain, H. (2025). National spatial data infrastructure as a catalyst for good governance and policy improvements in Pakistan. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(9), Artículo 324. <https://doi.org/10.3390/ijgi14090324>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Izdebski, W., Zwirowicz-Rutkowska, A., & Nowak da Costa, J. (2021). Open data in spatial data infrastructure: The practices and experiences of Poland. *International Journal of Digital Earth*, 14(11), 1547–1560. <https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1952323>
- Kim, M., Gwak, I., & Koh, J. (2019). The strategies of advanced local spatial data infrastructure for Seoul Metropolitan Government. *International Journal of Urban Sciences*, 23(3), 352–368. <https://doi.org/10.1080/12265934.2018.1458639>
- Król, K. (2024). Retrospective analysis of municipal geoportal usability in the context of the evolution of online data presentation techniques. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(9), Artículo 307. <https://doi.org/10.3390/ijgi13090307>
- Król, K., & Sroka, W. (2023). Internet in the middle of nowhere: Performance of geoportals in rural areas according to Core Web Vitals. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(12), Artículo 484. <https://doi.org/10.3390/ijgi12120484>
- Król, K., Zdonek, D., & Sroka, W. (2024). Functionality assessment checklist for evaluating geoportals useful in planning sustainable tourism. *Sustainability*, 16(12), Artículo 5242. <https://doi.org/10.3390/su16125242>
- Krügel, F., Mäs, S., Hindorf, P., & Buthmann, E. (2024). An online multicriteria—spatial decision support system for public services planning. *Applied Sciences*, 14(4), Artículo 1526. <https://doi.org/10.3390/app14041526>
- López Sandoval, M. F. (2015). El sistema de planificación y el ordenamiento territorial para Buen Vivir en el Ecuador. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, 19(2), 297–312. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.102802>
- Manna, P., Agrillo, A., Bancheri, M., Di Leginio, M., Ferraro, G., Langella, G., Miletì, F. A., Riitano, N., & Munafò, M. (2024). A geospatial decision support system for

- supporting the assessment of land degradation in Europe. *Land*, 13(1), Artículo 89. <https://doi.org/10.3390/land13010089>
- Masser, I. (Ed.). (2019). *Geographic information systems to spatial data infrastructures: A global perspective*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429505904>
- Menegon, S., Fadini, A., Perini, L., Sarretta, A., Depellegrin, D., De Maio, E., Farella, G., Landini, M., Fava, C., Ferrarin, C., Ghezzi, M., Manea, E., Porporato, E. M. D., Pastres, R., Sedioli, O., Politikos, D. V., Maina, I., Kavadas, S., Matarrese, R., & Barbanti, A. (2023). A geoportal of data and tools for supporting maritime spatial planning in the Adriatic-Ionian Region. *Environmental Modelling & Software*, 160, Artículo 105585. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105585>
- Michalik, A., & Zwirowicz-Rutkowska, A. (2023). A geoportal supporting spatial planning in Poland: Concept and pilot version. *Geomatics and Environmental Engineering*, 17(2), 5–30. <https://doi.org/10.7494/geom.2023.17.2.5>
- Mulder, A. E., Wiersma, M. G., & van Loenen, B. (2020). Status of national open spatial data infrastructures: A comparison across continents. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 15, 56–87. <https://doi.org/10.2902/1725-0463.2020.15.art3>
- Nogueras-Iso, J., Lacasta, J., Ureña-Cámara, M. A., & Ariza-López, F. J. (2021). Quality of metadata in open data portals. *IEEE Access*, 9, 60364–60382. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3073455>
- Ogryzek, M., Tarantino, E., & Rzaşa, K. (2020). Infrastructure of the spatial information in the European Community (INSPIRE) based on examples of Italy and Poland. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12), Artículo 755. <https://doi.org/10.3390/ijgi9120755>
- Palacios Orejuela, I. F., & Carpio Barco, E. D. (2021). Sistema de información local, una herramienta para la planificación territorial de los gobiernos autónomos descentralizados municipales del Ecuador. *Revista Geoespacial*, 18(2), 1–17. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/2214>
- Quarati, A., De Martino, M., & Rosim, S. (2021). Geospatial open data usage and metadata quality. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(1), Artículo 30. <https://doi.org/10.3390/ijgi10010030>
- Secretaría Nacional de Planificación. (2023). *Guía para la formulación/actualización de planes de desarrollo y ordenamiento territorial: Proceso 2023–2027*. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/PDOT-ACUERDO-Nro.-SNP-SNP-2023-0049-A.pdf>
- Silva, P. de L. e, Santos, A. de P. dos, & Lisboa Filho, J. (2025). HEUA-SDI: Usability assessment of spatial data infrastructures. *Transactions in GIS*, 29(1), Artículo e13297. <https://doi.org/10.1111/tgis.13297>
- Sjoukema, J.-W., Bregt, A. K., & Crompvoets, J. (2020). Understanding governance dynamics: The governing system of spatial data infrastructures. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 15, 1–35. <https://doi.org/10.2902/1725-0463.2020.15.art1>

- Sjoukema, J.-W., Samia, J., Bregt, A. K., & Crompvoets, J. (2022). The governance of INSPIRE: Evaluating and exploring governance scenarios for the European spatial data infrastructure. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(2), Artículo 141. <https://doi.org/10.3390/ijgi11020141>
- Sofianopoulos, S., Faka, A., & Chalkias, C. (2025). SDI-enabled smart governance: A review (2015–2025) of IoT, AI and geospatial technologies—applications and challenges. *Land*, 14(7), Artículo 1399. <https://doi.org/10.3390/land14071399>
- Superintendencia de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo. (2025, 16 de mayo). *GEOSOT: La nueva plataforma de la SOT al servicio de la ciudadanía*. <https://www.sot.gob.ec/2025/05/16/geosot-una-nueva-plataforma-al-servicio-de-la-ciudadnia/>
- Trystuła, A., Dudzińska, M., & Żróbek, R. (2020). Evaluation of the completeness of spatial data infrastructure in the context of cadastral data sharing. *Land*, 9(8), Artículo 272. <https://doi.org/10.3390/land9080272>
- Wetzel, S., Mäs, S., Bernard, L., Vorobevskii, I., & Kronenberg, R. (2024). Spatial data infrastructure components to provide regional climate information services. *Climate Services*, 34, Artículo 100473. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2024.100473>
- Zhang, W., Jiang, H., Shao, Q., & Shao, T. (2022). Construction of the evaluation model of open government data platform: From the perspective of citizens' sustainable use. *Sustainability*, 14(3), Artículo 1415. <https://doi.org/10.3390/su14031415>