Digitalización de la gobernanza hídrica tradicional y soporte a la toma de decisiones: aplicación web SIG en el Canal Imperial de Aragón

Infraestructuras de datos espaciales y actualización digital de la actividad de riego en tiempo real

Marina-Castello, Marcos; Cajo-Esteban, Ruben; Marro-Gros, Gabriel;

Trillo-Lado, Raquel; Ruiz-Varona, Ana

Tema: Software de datos espaciales: desarrollo de herramientas, portales, aplicaciones web y soluciones técnicas.

Resumen

La gestión eficiente de los recursos hídricos en entornos con una sólida herencia histórica se enfrenta al reto de integrar sistemas tradicionales de gobernanza con las tecnologías de la información geográfica contemporáneas. El Canal Imperial de Aragón regula derechos de riego tradicional "a manta" (por inundación) cuya actividad, turnos y consumos han dependido históricamente de anotaciones analógicas gestionadas a mano por los guardas en los llamados Libros de Adores (Figura 1). Este modelo de gobernanza, condicionado por la heterogeneidad de los usuarios y las dificultades intrínsecas en la adopción de nuevas tecnologías en el medio agrícola, se enfrenta a una evidente brecha digital. Para dar respuesta a esta complejidad, este trabajo presenta una propuesta metodológica para la transición hacia un modelo de gobernanza digital mediante el acoplamiento de un cliente ligero de base cartográfica con la IDE local. El sistema se centra en mitigar la subjetividad espacial de las anotaciones analógicas sin alterar la lógica operativa de las comunidades ni los derechos consuetudinarios tradicionales de los regantes.

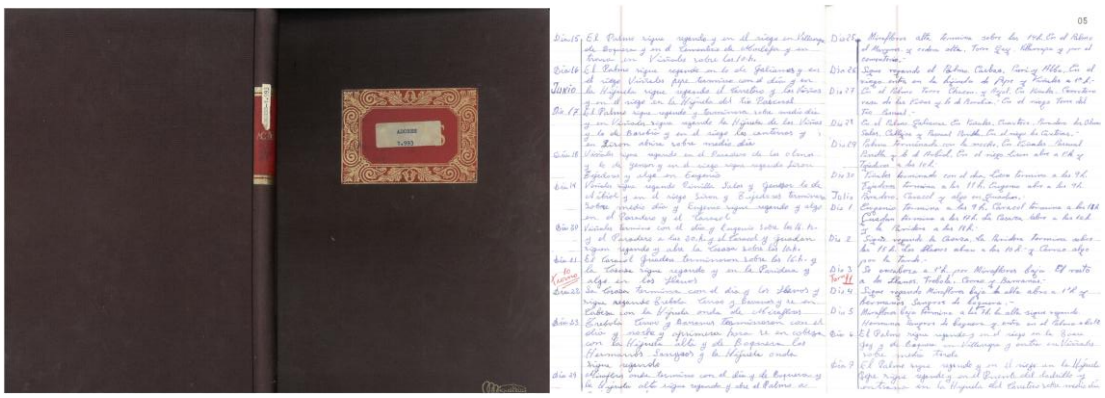

Figura 1. Ejemplo de registro manuscrito tradicional en el Libro de Adores de la comunidad de Garrapinillos del Canal Imperial de Aragón.

Este entorno introduce un enfoque metodológico orientado a la integración de datos y gestión del cambio estructurado en tres pilares fundamentales.

En primer lugar, el enriquecimiento documental y la mitigación de la subjetividad espacial constituye el principal elemento diferenciador de la propuesta, un módulo dinámico vincula la toponimia tradicional de los campos con sus referencias catastrales oficiales y coordenadas geográficas. Este modelo contempla que las denominaciones varían a lo largo del tiempo y en función del contexto o del usuario (Figura 2). Esta asociación aumenta la usabilidad y optimiza el sistema de gobernanza al eliminar las interpretaciones subjetivas que cada usuario hace de la lectura de los Libros de Adores.

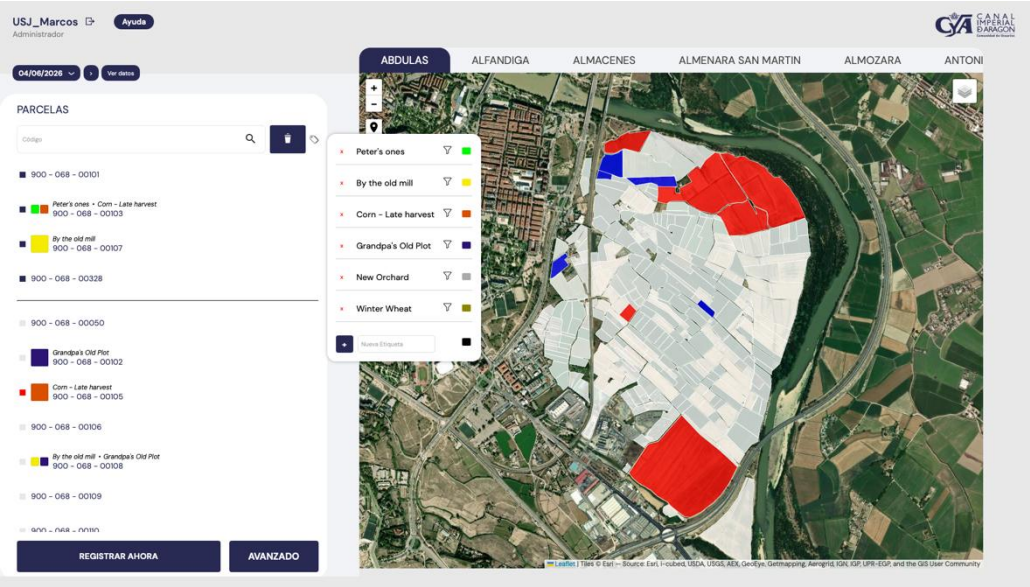

Figura 2. Interfaz de usuario de la plataforma web optimizada para la captura de datos sobre el terreno y la vinculación interactiva de la actividad de riego mediante identificadores espaciales.

En segundo lugar, la validación cartográfica y consistencia geométrica se articula sobre una base de datos geoespacial (PostgreSQL / PostGIS) sometida a depuración topológica sistemática en QGIS. El entorno web implementa restricciones de integridad espacial que vinculan unívocamente cada registro de riego a una entidad vectorial indexada. Asimismo, la arquitectura incorpora un protocolo de sincronización asíncrona respaldado por un búfer local, garantizando la persistencia de las transacciones.

Finalmente, el módulo de visualización y análisis despliega un panel de consulta cartográfica con una lógica de explotación dual (Figura 3). Para la visualización web de la información espacial, se ha adoptado una arquitectura en el lado del cliente (front-end) desarrollada bajo el *framework Angular*, integrando la librería cartográfica web Leaflet. Esta solución se integra con el backend a través de una API REST desarrollada en Node.js mediante el *framework Express*, que actúa como puente bidireccional. De este modo, la aplicación en Angular consume y renderiza dinámicamente las entidades vectoriales y los registros de riego almacenados en base de datos a través del ORM Sequelize, permitiendo que cualquier nueva validación geométrica se refleje en la interfaz de manera fluida y sincronizada. Con esta base, el módulo se explota de dos formas: por un lado, permite auditar la actividad hídrica de

forma jerárquica según unidades geográficas oficiales (comunidad, toma o parcela); por otro lado, utiliza el sistema de etiquetado como mecanismo de indexación semántica alternativo, permitiendo consultar el visor en función de la toponimia asignada. Esta dualidad constituye el eje central de soporte a la toma de decisiones, facilitando la gestión del cambio y la planificación hídrica.

a)

b)

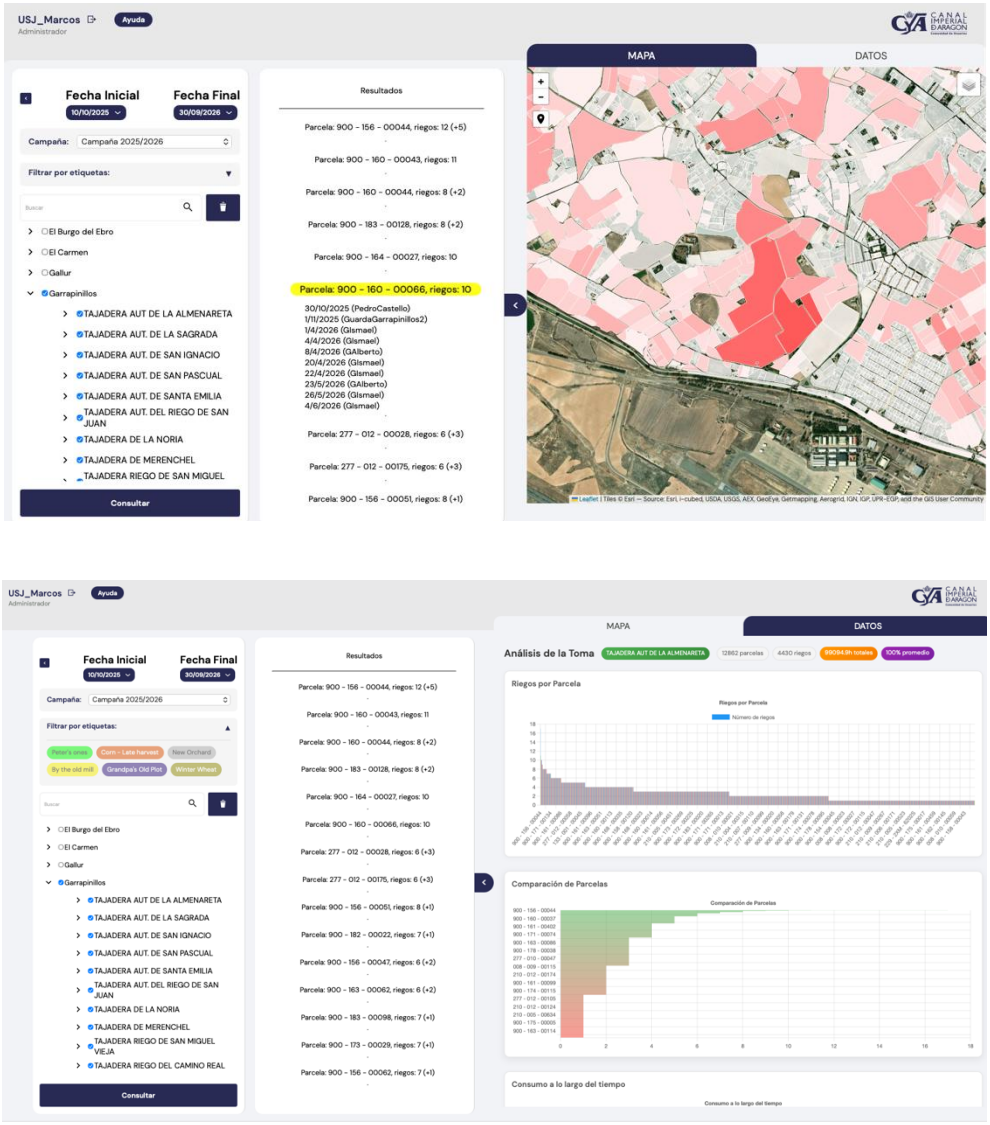

Figura 3. Panel de control avanzado orientado a la explotación de datos de campaña: (a) visualización cartográfica mediante mapas de densidad e intensidad de riego sobre el sector hidráulico seleccionado; (b) entorno analítico de consulta estadística con métricas automatizadas de frecuencia y gráficos comparativos de consumo por parcela.

Este enfoque metodológico demuestra que la implementación de soluciones web GIS basadas en software libre constituyen un instrumento clave para mitigar las barreras de adopción tecnológica. Asimismo, la consistencia del dato capturado sienta las bases analíticas para dos vías de desarrollo en la gestión: permite blindar el modelo tradicional de distribución al mitigar la subjetividad espacial y ofrece la oportunidad de evolucionar hacia escenarios de gobernanza más responsables y equitativos. Como

líneas de desarrollo futuro, la arquitectura del sistema está diseñada para permitir el acoplamiento de sensores físicos (IoT), la categorización avanzada de consumos históricos y la integración de modelos predictivos orientados a la optimización de la demanda hídrica.

Palabras clave

Aplicación SIG, Toponimia, Cartografía Web, Software de Datos Espaciales, Gobernanza del Dato, Gestión Hídrica, Canal Imperial de Aragón, Libro de Adores.

Autores

Marcos Marina-Castello
mmarinac@usj.es
Universidad San Jorge, Zaragoza, España

Ruben Cajo-Esteban
rcajoe@usj.es
Universidad San Jorge, Zaragoza, España

Gabriel Marro-Gros
gmarro@usj.es
Universidad San Jorge, Zaragoza, España

Raquel Trillo-Lado
raqueltl@unizar.es
Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

Ana Ruiz-Varona
nruiz@usj.es
Universidad San Jorge, Zaragoza, España