

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO AGRÍCOLA DEL VALLE DE ULLUM-ZONDA UTILIZANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Silvia Mérida^{1,2}, Gerardo Salvioli^{1,2} y Alexis Alvarez²

¹Centro Regional de Agua Subterránea - Instituto Nacional del Agua. José I. de la Roza 125 (Este), Piso 3. Capital. San Juan. Tel: (+54 264 4228595). Email: meridasilvia@yahoo.com.ar

²Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan. Av. Libertador General San Martín 1109 (Oeste). Capital. San Juan. Tel: (+54 264 4211700 int 272).

RESUMEN

Los aspectos inherentes a la administración o gestión de un sistema agrícola conllevan el uso de una gran cantidad de información, cuya variabilidad tanto espacial como temporal representa un verdadero reto cuando se pretende efectuar una mejor utilidad de los recursos, elevar las productividades o realizar un desarrollo sustentable.

Con miras de agilizar el manejo de la información y permitir el análisis multicriterio, editar datos y mapas y consultas interactivas, se propuso este trabajo cuyo objetivo principal es utilizar las herramientas de generación de información y análisis espacial de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el Valle de Ullúm – Zonda, con miras a mejorar su gestión de riego y aprovechamiento agrícola.

La metodología seguida consistió en reunir la información existente relacionada a la actividad agrícola, completándola con mediciones de campo; utilizando para el procesamiento de los mismos un software libre denominado Quantum GIS, para luego realizar el entrecruzamiento de la información mediante consultas que permitieron la elaboración de mapas delimitando zonas con diferentes aptitudes agrícolas (como necesidades de agua para riego) o programas de control (restricción de uso por problemas de salinidad).

Después de analizar los resultados de las consultas se construyeron mapas que posibilitaron conocer mejor el comportamiento del sector, mostrando la evolución de la superficie cultivada y su relación con la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas, la distribución por tipo de los cultivos, el estado de la red y las obras de arte del sistema de riego, la peligrosidad salina y la toxicidad por boro por el uso del agua subterránea.

Palabras Clave: mantenimiento, conservación, agua, boro, salinidad

INTRODUCCION

El agua es fundamental para la producción de cultivos, debiendo hacerse el mejor uso de la misma para lograr una producción eficiente con altos rendimientos. Para ello se necesita datos normalmente disponibles sobre clima, agua (disponibilidad y calidad), suelo y cultivos, como así también datos de mantenimiento y conservación de la red de riego, obtenidos mediante relevamiento a campo. Se pretendió generar entonces, una base de datos con toda la información disponible donde se pueda consultar la mejor opción para la toma de decisiones y lograr obtener un mayor aprovechamiento del recurso hídrico de la provincia.

En una zona árida, como San Juan, el riego es un componente esencial del desarrollo agrícola y la escasez de la misma constituye una importante limitación por lo que se hace necesaria la incorporación y el aprovechamiento de los avances científicos y tecnológico, en el diseño y proyecto, pero también en el funcionamiento, conservación y manejo de los sistemas de riego.

Este trabajo pretende ser ilustrativo de algunas de las diversas condiciones a tener en cuenta, tal como elegir la zona más adecuada para un cultivo o establecer prioridades de inversión, dependiendo de diferentes situaciones dadas respecto a disponibilidad de agua, suelo, drenaje, propiedades químicas, etc.

Dentro de la provincia, la zona en estudio comprendió el Valle de Ullúm-Zonda que abarca unos 150 km² como cuenca superficial y unos 125 km² como cuenca de agua subterránea. Su ubicación se muestra en la figura N°1.

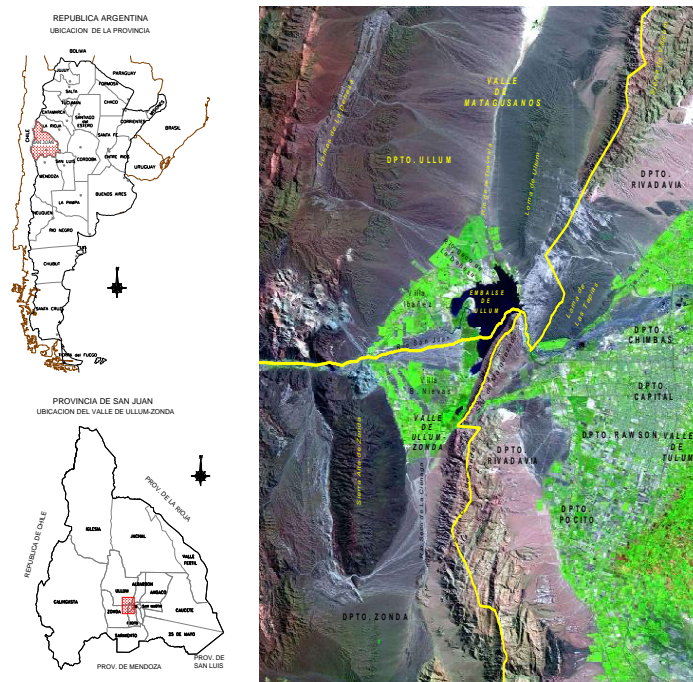


Figura N°1 Ubicación geográfica del área de estudio. Valle Ullúm - Zonda

El Valle Ullúm - Zonda cubren una alargada franja orientada de norte a sur, de aproximadamente 15 km de largo y 10km de ancho. Se extienden desde el extremo meridional del Valle de Matagusanos hasta el norte de las últimas estribaciones de las sierras de Colorado. Su límite oeste lo constituye la porción oriental de las sierras altas de Zonda y el este las Sierras Chicas de Zonda y las lomas de Las Tapias. Se destaca por su característica climática favorable que permiten obtener producciones tempranas como así mismo el cultivo de especies con determinados requerimientos, como el almendro.

En lo que respecta a suelos, este valle tiene, en comparación con el valle de Tulum, características diferenciales favorables para los cultivos. Es así que salinidad y drenaje son de escasa relevancia; no se presentan texturas finas extremas, ni texturas gruesas muy generalizadas, como tampoco formaciones medanosas. Su geología, está formada por: el Basamento constituido por rellenos sedimentarios terciarios, con predominio de texturas finas que permite interpretar que se acumularon en una llanura aluvial madura, bajo condiciones climáticas predominantemente áridas y el relleno cuaternario, que son los depósitos del cono aluvial formado por el río San Juan. Los límites de estos sedimentos se reconocen fácilmente, tanto en el terreno como en una fotografía aérea o imagen satelital.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es utilizar las herramientas de generación de información y análisis espacial de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para optimizar la gestión y aprovechamiento en el Valle de Ullúm - Zonda.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración del SIG se empleó el software Quantum Gis, en su versión 2.4 Chugiak, usando el sistema de referencia espacial Campo Inchauspe / Argentina 2, que permitió ver y superponer datos vectoriales y de raster, realizar consultas y elaborar nuevos mapas temáticos.

Superficie cultivada

Para determinar la superficie cultivada por tipo de cultivo y el trazado de la red de riego, se digitalizaron estas entidades sobre una imagen satelital Landsat de fecha 29 de junio de 2014. Validando el trazado con visitas a la zona, los planos del Departamento Hidráulica (DH) e información proporcionada por el Inspector de Riego de la zona. Además se digitalizaron la superficie cultivada relevada por el DH en el año 1976 obtenida del informe realizado por Pellegrino (1980) y las de 2009 mediante una imagen satelital Landsat provista por el Departamento Catastro.

Las áreas se clasificaron según sus plantaciones en: Vid, Olivo, Otros cultivos (entre ellos Frutales y Pasturas), Rastrojo (terreno previamente cultivado y abandonado) e Inculto (terreno virgen).

En la tabla de atributos se crearon diversos campos que se completaron de acuerdo a la información obtenida; estos fueron: tipo de cultivo, área, necesidad de riego y profundidad de las raíces.

Curvas de igual profundidad

Del Instituto Nacional del Agua (INA) se obtuvieron las curvas Isobatas, para agosto de 1988, septiembre de 2000 y abril de 2014 en formato CAD con extensión dwg.

El trabajo realizado con las curvas fue la construcción de áreas de igual profundidad, para ello se digitalizaron las superficies entre curvas y se le asignó a la misma el promedio de las profundidades.

Perforaciones

De planos proporcionados por el INA y la visita a la zona de estudio se obtuvieron las coordenadas geográficas de las perforaciones, para lo cual se utilizó un GPS Garmin Nuvi 2495.

Las características de las mismas, como su profundidad, ubicación de filtros y uso del agua fueron tomadas de las fichas que posee el Instituto y volcadas a la tabla de atributos de la capa.

Química del agua de las perforaciones

Con la información de los análisis de agua extraída de las perforaciones, provista por el área Hidroquímica del INA, se elaboraron capas por año analizado, donde figuran las perforaciones observadas y el resultado de dicho análisis. A estas capas se les agregó un campo con el valor del R.A.S. (relación de adsorción del sodio).

Canales y desagües

A partir de la Imagen Satelital Landsat (junio de 2014), validando el trazado con visitas a la zona, planos del DH e información proporcionada por el Inspector de Riego, se digitalizó la red de riego. Cada tramo se clasificó mediante observación visual según el estado de su infraestructura en Bueno, Regular y Malo; considerando como Bueno aquellos donde la conservación es adecuada y no se necesitan en general reparaciones, como Regular los que requieren reparaciones: tanto en el hormigón de su revestimiento, en sus juntas o en sus obras de arte y como Malo los que necesitan reconstrucción y/o rediseño. Las figuras N° 2 a 4 muestran un ejemplo del criterio seguido.



Figura N°2: Buen estado.
Canal de Fuga o Descargador
de Agua y Energía (Ullúm)



Figura N°3. Regular estado.
Canal Falda (Zonda)



Figura N°4. Mal estado.
Canal Falda (Ullúm)

Otra clasificación, para la red de riego y la red de drenaje, fue realizada teniendo en cuenta su estado de mantenimiento, proponiendo tres categorías: Adecuado, Escaso y Nulo, donde Adecuado es definido como aquellos tramos con un correcto funcionamiento debido a su limpieza y buen estado general de sus estructuras, Escaso los que presentan embanques, vegetación o lama en su lecho, residuos domiciliarios en su interior, compuertas deterioradas, etc.; y Nulo los que muestran un estado de abandono evidente. Las figuras N° 5 a 7 muestran un ejemplo del criterio seguido.



Figura N°5. Estado de
mantenimiento adecuado



Figura N°6. Estado de
mantenimiento escaso.



Figura N°7. Estado de
mantenimiento nulo

Compuertas

Proporcionada la información por el DH, se construyó esta capa con la ubicación de las compuertas, a la que se le incorporó como atributo el estado de conservación siguiendo el mismo criterio utilizado para los canales (Bueno, Regular o Malo), según los ejemplos dados en las figuras N° 8 a 10. Solamente para Ullúm se completó con la superficie en hectáreas que sirve, el nombre del propietario y su estado de conservación.



Figura N°8. Compuerta en buen estado. N°7227 Canal Falda en Zonda



Figura N°9. Compuerta en regular estado. N°1916 Canal Barros en Zonda



Figura N°10. Compuerta en mal estado. N°2 Canal General en Ullúm

Restricciones del uso del agua

Peligrosidad salina

La Conductividad Eléctrica (CE) del agua es un elemento básicamente razonable para tomarlo como norma de clasificación de peligrosidad salina, por ello diferentes autores han establecido categorías de aptitud de uso de las aguas para riego. En el presente trabajo se ha adoptado la clasificación de Thorne y Peterson, quienes establecieron seis categorías.

Toxicidad por boro

Algunos iones absorbidos por las plantas en excesiva cantidad producen efectos tóxicos, siendo los más peligrosos el cloruro, sodio y boro.

El boro en muy pequeñas concentraciones es esencial para el desarrollo de las plantas, pero concentraciones requeridas para un crecimiento normal de plantas tolerantes resultan ser tóxicas para otras especies muy sensibles. Los valores de tolerancia límite adoptados fueron los propuestos por Scofield que se resume en la tabla N° 1.

Tabla N°1. Límites de tolerancia al boro (Scofield)

Categoría	Boro (mg/l)		
	Cultivos sensibles	Cultivos semitolerantes	Cultivos tolerantes
Excelente	<0,3	<0,7	<1,0
Buena	0,3 a 0,7	0,7 a 1,3	1,00 a 2,0
Permisible	0,7 a 1,0	1,3 a 2,0	2,00 a 3,0
Dudosa	1,0 a 1,2	2,0 a 2,5	3,0 a 3,7
No Utilizable	>1,2	>2,5	>3,7

Fuente: Avellaneda (2004)

Para identificar el grado de tolerancia al boro de los cultivos se consultó el listado propuesto por Avellaneda (2004), estableciéndose el olivo como semitolerante, la vid como sensible, y como en la clasificación propuesta para tipo de cultivo se resumió con Otros Cultivos al resto de las especies implantadas y en estas la mayor superficie corresponde a frutales se adoptó también el grado de sensible.

RESULTADOS

Cultivos

Distribución por cultivo

La digitalización y posterior clasificación de las áreas permitió elaborar el mapa mostrado en la figura N°11, donde es fácil intuir la prevalencia de la vid (en este caso sin discriminar sus destinos comerciales o su variedad) sobre los demás cultivos. Del mismo mapa puede deducirse la distribución espacial de cultivos, siendo para Ullúm prácticamente homogénea, ubicándose la mayor concentración de olivos al norte y la de vid al sur, y para Zonda más heterogénea, remarcando la mayor superficie inculca que se ubica al este, en la zona de descarga natural de la cuenca subterránea. La tabla de atributos para la capa de cultivos Ullúm Zonda 2014 se completó con los campos: tipo de cultivo, profundidad promedio de la raíz y área.

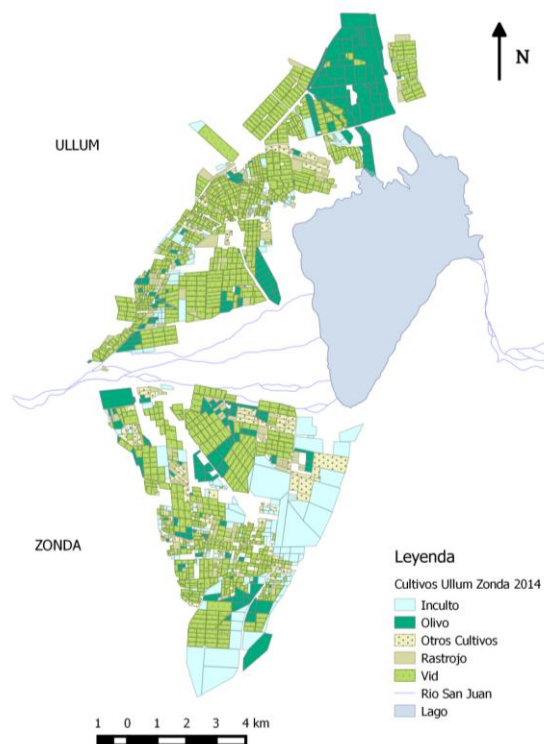


Figura N°11. Distribución por cultivo

Evolución de la superficie cultivada

La construcción de mapas de superficie cultivada pero para diferentes años: 1976, 2009 y 2014, mostró la evolución del sector agrícola.

Como se puede apreciar en la figura N°12, la pérdida de parte de la superficie cultivada de Ullúm fue ocasionada por la construcción de la Presa Embalse Quebrada de Ullúm. Además, debido a esta obra y al Azud Punta Negra, la regulación de los caudales del río permitió el avance del frente agrícola sobre las riberas del río. Con la explotación del agua subterránea, en los últimos 5 años, la mayor expansión se registró al noreste de Ullúm.

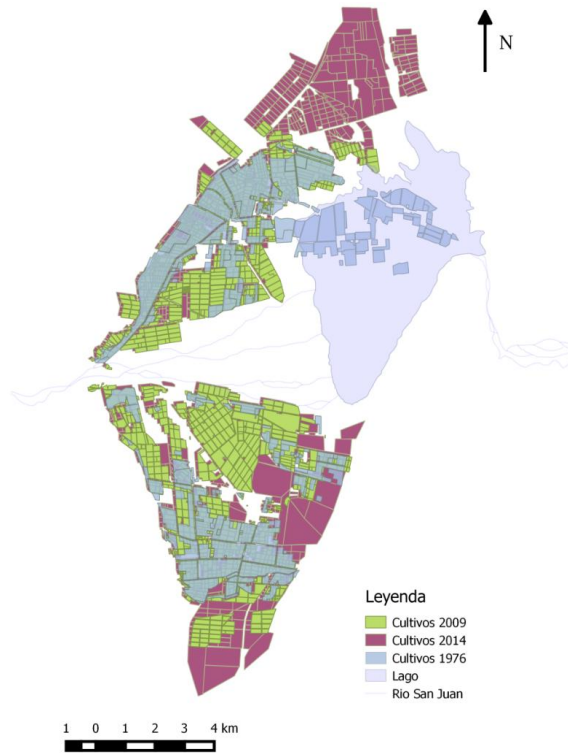


Figura N°12. Evolución de la Superficie Cultivada

Mapa de perforaciones

La construcción del mapa de perforaciones mejoró la localización espacial de las mismas, al relacionarlas con su ubicación geográfica o con la relativa a las calles que la circundan, ver figura N°13. Además la tabla de atributos asociada, permite la consulta respecto de la altura del filtro, uso del agua, y demás campos cargados.

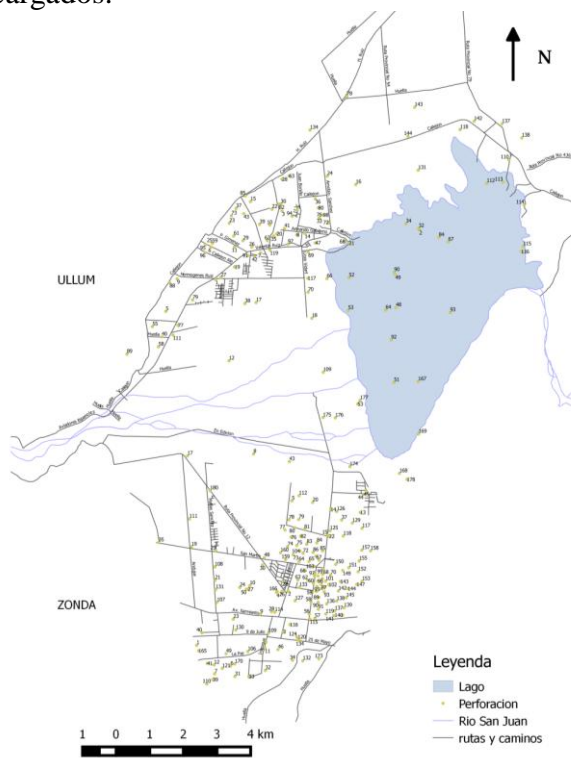


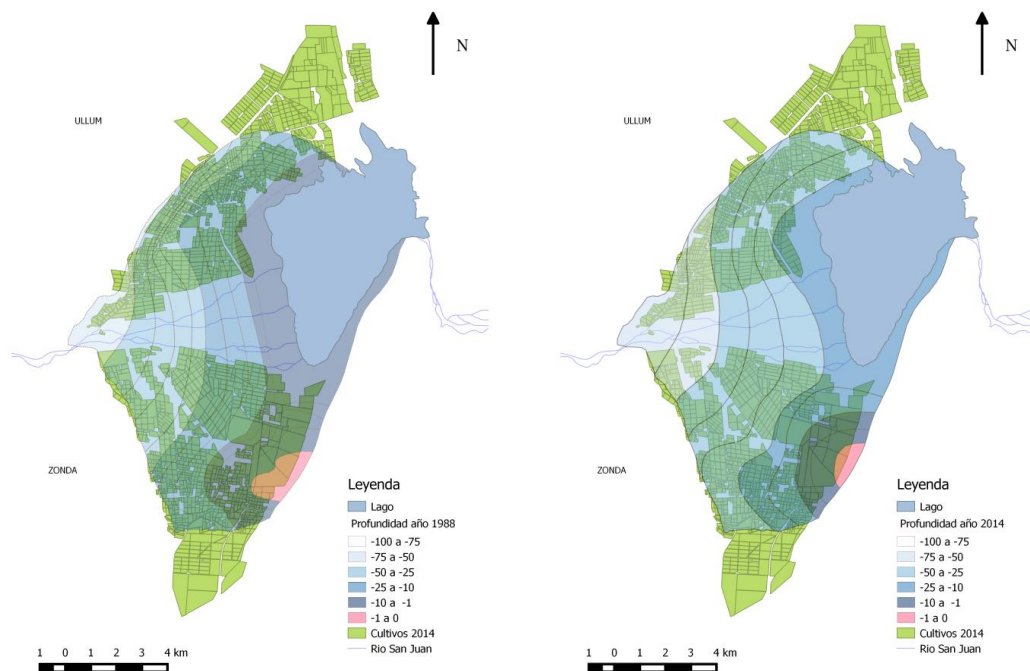
Figura N°13. Perforaciones del Valle Ullúm Zonda

Mapas de igual profundidad o isobatas

El mapa de isobatas permitió evaluar las zonas de anegamiento y la necesidad de drenaje. Además la comparación de estos mapas entre años, figuras N°14 y 15, mostró la evolución de esta problemática pudiendo trazar las zonas de mayor afectación.

La clasificación colorimétrica se realizó teniendo en cuenta la profundidad radicular de los cultivos de la zona, visualmente y de forma rápida definimos las áreas donde los problemas de drenaje son más o menos graves respecto al tipo de cultivo.

La superposición de capas, como la red de drenaje con la de isobatas muestran, entre otras cosas y en tiempo real, la necesidad de ampliar la red de drenaje o priorizar el mantenimiento en las zonas más afectada.



Figuras 14 y 15. Curvas Isobatas para los años 1988 y 2014

Evaluación de la red de canales y drenaje

La digitalización de la red de riego y drenaje, figura N°16, fue completada con la tabla de atributos donde se volcó la información obtenida del DH y la relevada en campo, tales datos son: longitud, dimensiones de la sección (ancho de fondo, altura, ancho de superficie) caudal máximo y mínimos (todas estas medidas en metros o m³/seg). Del mismo modo se trabajó con las compuertas completando la base con el nombre de los usuarios y superficie servida por la misma.

Mantener en buen estado de conservación todos los elementos que forman parte de una red de riego es imprescindible para su buen funcionamiento a lo largo del tiempo. Esto implica la programación de tareas de reparación y mantenimiento antes de que comience la temporada de riego, así como la realización de revisiones periódicas de todos ellos durante el tiempo que estén en funcionamiento y al finalizar el periodo de riego.

El aumento de rugosidad por roturas y falta de mantenimiento, los asentamientos y desplazamientos sufridos por el canal, y la falta de mantenimiento general de las obras de arte y de su camino de servicio (que imposibilita el acceso al canal para su limpieza y reparación), son las principales causas de la pérdida de capacidad de conducción.

Con la inspección realizada, la sistematización de la información y el uso del SIG se construyó el mapa de la red de riego y compuertas con sus respectivas tablas de atributos. Se puede apreciar en las figuras N°17 a 20, la estratificación con colores del estado de mantenimiento y conservación actual del sistema de riego en estudio.

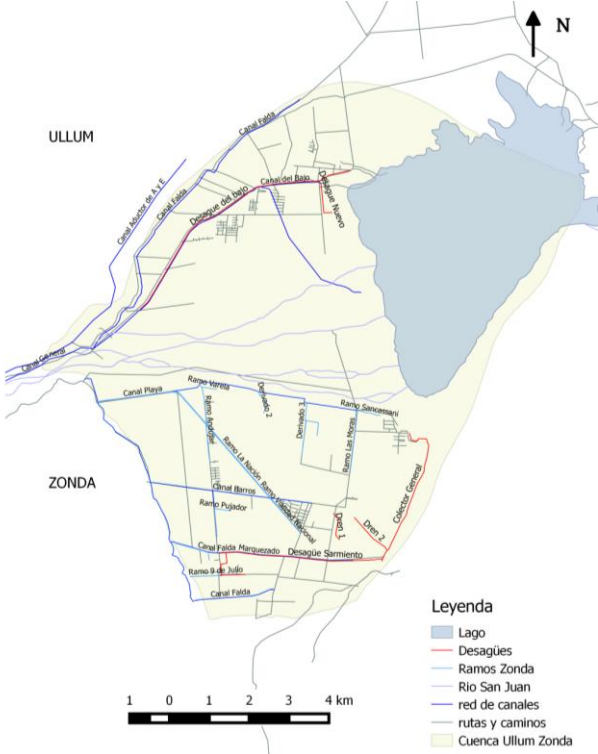


Figura N°16. Red de riego y Drenaje

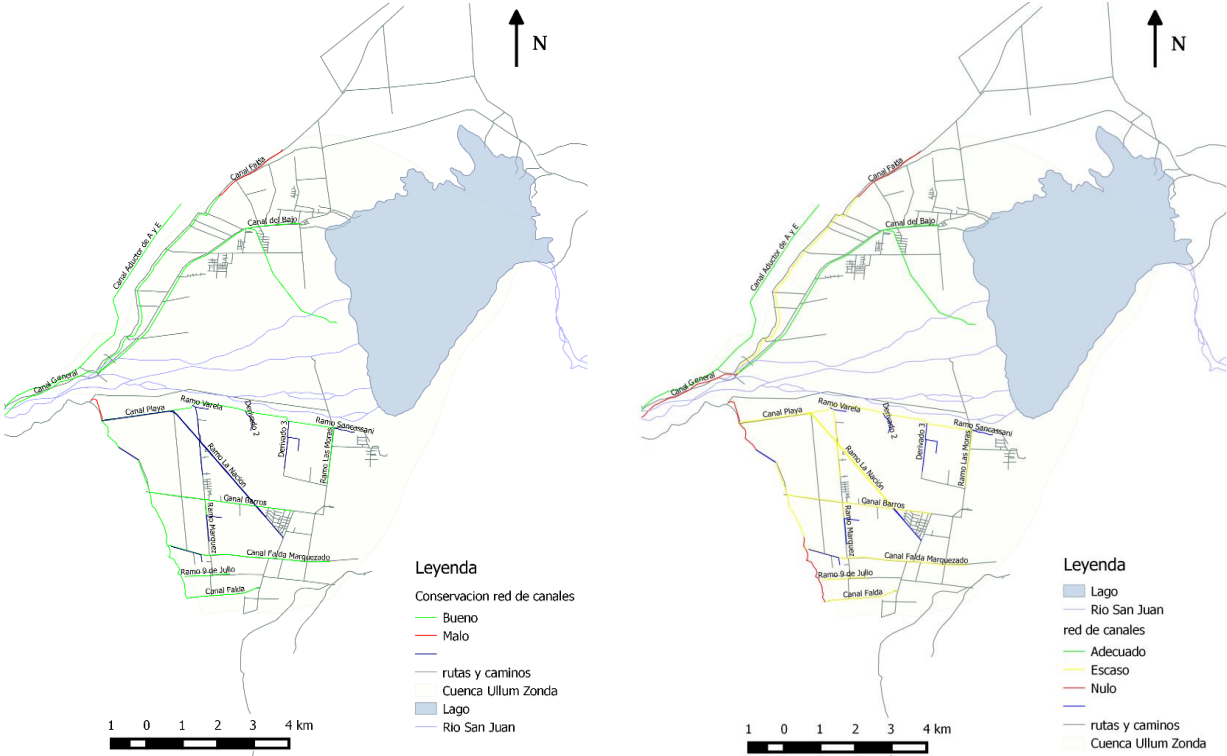


Figura N°17 y 18. Estado Actual de conservación y mantenimiento de la red de riego

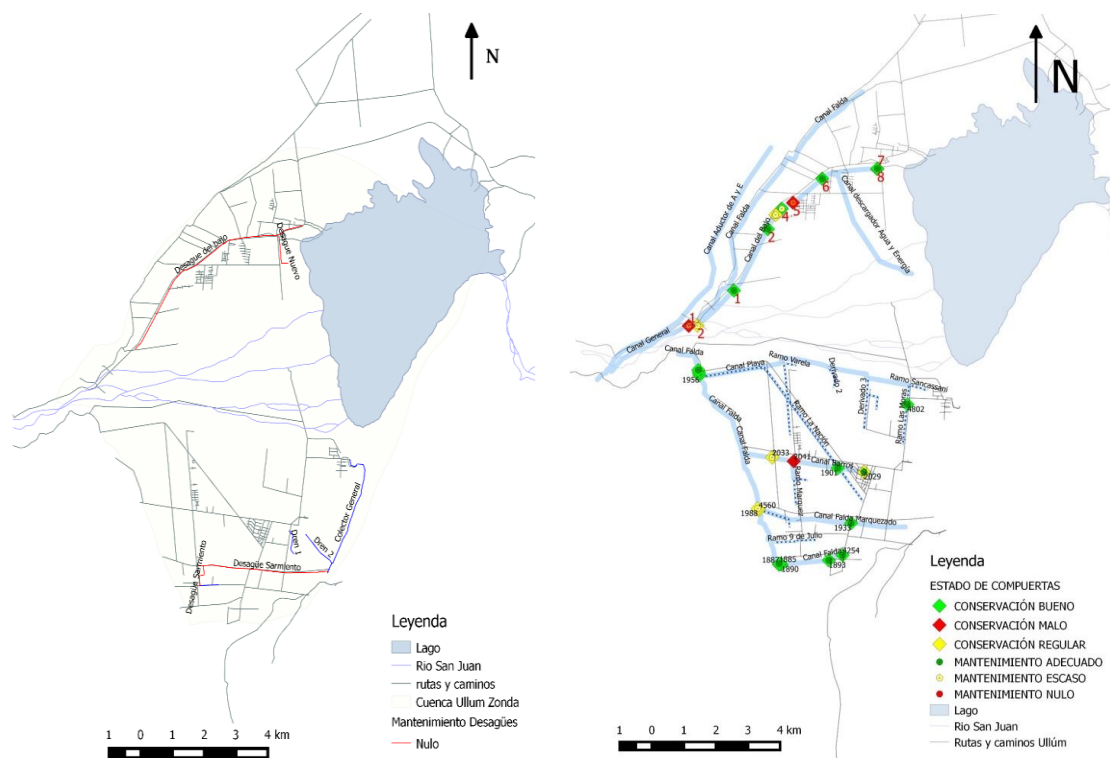


Figura N°19 y 20. Estado Actual de mantenimiento de la red de desagües y de las obras de Arte (Compuertas)

Cabe aclarar que el uso de los anteriores mapas establece el avance del censo realizado por la inspección y la base en la priorización de las actividades mantenimiento y conservación.

Restricciones del uso del agua

Peligrosidad salina

No sólo resulta importante conocer la profundidad de los niveles freáticos sino también la calidad del agua, ya que la peligrosidad freática aumenta en forma directa con el incremento de la salinidad, reduciendo también la aptitud productiva de los suelos.

Para evaluar la evolución de la peligrosidad salina en el tiempo se realizó este tipo de consulta para dos años de análisis: 1976 y 1987 obteniéndose la figura N°21, donde es fácil observar que los valores más elevados de salinidad en el agua se ubican en los contornos de la cuenca, sobre todo hacia la zona sur y sureste donde se registraron los valores más elevados.

Toxicidad

La ubicación de los puntos de muestreo y los resultados de los análisis químicos de las aguas subterráneas permitieron la construcción de isolíneas con igual contenido de boro, las que interceptadas con las superficies cultivadas por tipo de cultivo proporcionaron el mapa de la figura N°22 que muestra el nivel de restricción zonal en el uso de esta fuente de agua asociado al patrón de cultivo actual.

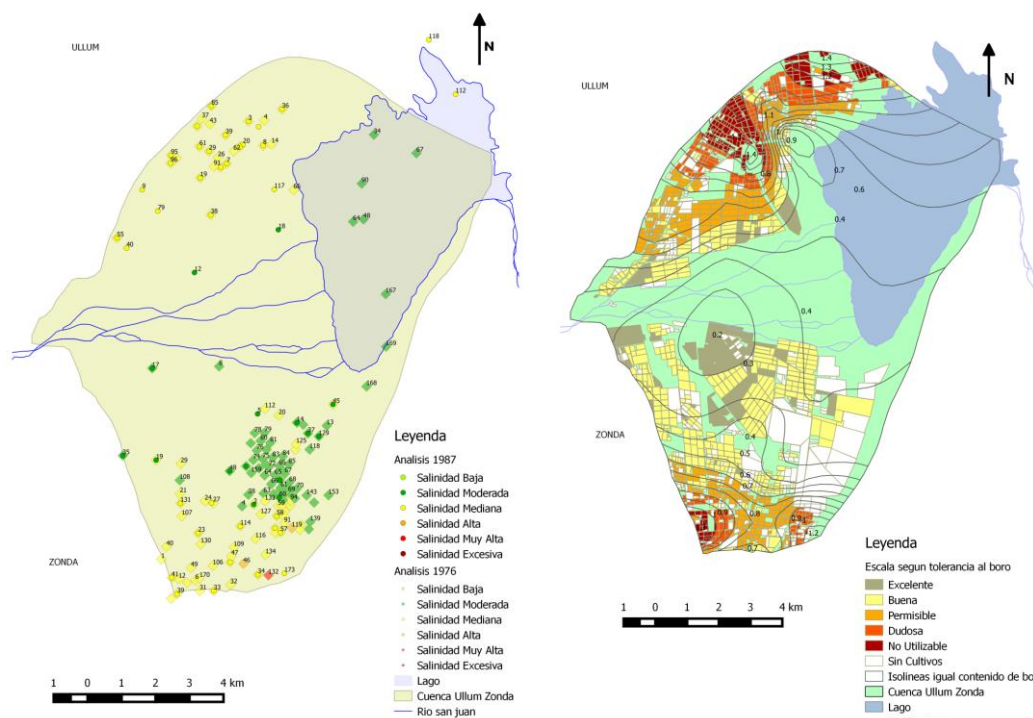


Figura N°21 y 22. Mapa de peligrosidad Salina. Años 1976 y 1987 y Mapa de zonificación del uso de agua subterránea por su contenido de boro

La limitación que establece este último mapa puede ser utilizada por el productor, para definir el tipo de cultivo a implantar según los niveles de boro que contiene el agua de su perforación, o por el ente regulador de las aguas de riego, para priorizar las zonas que por su tipo de cultivo requieren de otra fuente de agua con menos contenido de este ion.

CONCLUSIONES

Del análisis general de los mapas obtenidos surgieron las siguientes conclusiones:

- La georeferenciación en un único sistema constituyó la herramienta clave para la organización de datos, comparación de capas y planilla.
- La capa de cultivos, permite ver la prevalencia en términos de superficie cultivada, en este caso la vid seguida por el olivo, respecto a otros tipos de cultivos; y la dispersión, siendo más homogénea en Ullúm y por el contrario más heterogénea en Zonda.
- En términos de evolución de superficie cultivada se puede establecer gracias a este mapa que, después de la construcción de la Presa Embalse de Ullúm, ambos departamentos han perdido superficie en la zona este, Ullúm a causa del área ocupada por el espejo del embalse y Zonda por el sistema de lagunas que deben su origen a los afloramientos de aguas subterráneas provenientes del Río San Juan y del Embalse citado anteriormente.
- Parte de la gestión del servicio de distribución de agua de riego es realizar en tiempo y forma las tareas de mantenimiento y conservación de la red de canales y drenes, dar prioridad a zonas con problemas de drenaje o realizar una mejor distribución de acuerdo a las dotaciones y cultivos son temas que afrontados con un SIG mejoran la eficiencia y calidad del servicio.
- La consulta sobre el estado de conservación y mantenimiento de la red de riego y compuertas muestra en primera instancia el porcentaje de las obras evaluadas y en segunda donde se requiere mayores reparaciones o mayores tareas de limpieza.
- Al ubicarse en una zona árida, el Valle de Ullúm – Zonda se encuentra sometido a circunstancias hídricas desfavorables en términos agrícolas, dependiendo en un cien por ciento del riego con agua superficial del río San Juan. La alternativa para algunos suele ser el uso de

aguas subterráneas, pero el uso de esta alternativa está condicionado a su calidad y al tipo de cultivo a regar, de allí surge la necesidad de mapas como el de peligrosidad salina o el de toxicidad del boro que permiten un ordenamiento territorial en términos de tipo de cultivo o en una mejor gestión al momento de definir en cuales áreas se necesitan cultivos más tolerantes o si el cultivo ya está implantado en donde es perjudicial el uso de esta fuente.

- Respecto a la peligrosidad salina, los datos analizados de los años 1976 y 1987, mostraron que prevalece la salinidad media a moderada y solo se encontró algunos puntos aislados de salinidad alta en la zona sur de la cuenca, lo que hace suponer que la calidad del agua subterránea de la cuenca es apta para la producción de variados cultivos que sean tolerables a este rango de salinidad sin producir mayores implicancias.
- El mapa de toxicidad por boro establece dos zonas, una al norte y otra al suroeste de la cuenca, con valores de boro superior a 1 mg/l, que implican la necesidad de plantar el cultivo de especies más tolerantes o el riego con otra fuente.
- La falta de control en la adecuada aplicación de las técnicas de riego puede derivar frecuentemente en problemas de anegamiento de las zonas bajas con la consecuente salinización de los suelos por evaporación del agua por la concentración de los minerales disueltos en ella. Para evaluar los problemas de anegamiento y dar soluciones óptimas de drenaje, es necesario contar con información sobre la variación de los niveles freáticos.
- Los mapas de isobatas constituyen una importante herramienta de toma de decisiones y pueden ser utilizados, entre otras tareas, para justificar o no la realización de una obra de drenaje, para apoyar distintos tipos de análisis agro - económicos o para identificar zonas de anegamiento que puedan ser incorporadas como alerta temprana para la implementación de planes de mitigación de los efectos de degradación de suelos y del colapso de estructuras tal como redes de agua potable o de agua residual. Además, la superposición de la red de drenaje con las curvas isobatas puntualizan las zonas donde se requiere drenaje, con lo que las tareas de limpieza de drenes puede planificarse a fin de dar un mejor servicio a las zonas afectadas con niveles freáticos elevados.

BIBLIOGRAFIA

- Avellaneda, M.; Bermejillo, A. y Mastrantonio, L.** (2004). "Aguas de riego". Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.
- Custodio, E. y Llamas, M.** (1983). "Hidrología Subterránea" tomo II. Ediciones Omega. España.
- Doorenbos, J. et al.** (1988). "Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos" Estudio FAO Riego y Drenaje. Edición N°33. Onuaya. Italia.
- Departamento de Hidráulica de San Juan.** (1999). "Sistema de riego y distribución del agua en los Valles de Tulum, Ullum y Zonda" Cuadernillo de divulgación. Año1 – N°1. San Juan. Argentina.
- Departamento de Hidráulica de San Juan.** (2007). "Relevamiento Agrícola de la provincia de San Juan Ciclo 2006-2007". San Juan. Argentina
- Fuentes Yagüe, J; García Legaspi, G.** (2003). "Técnicas de Riego". Ediciones Grupo Mundi-Prensa Barcelona. España
- Lenntech.** "Elementos químicos tóxicos en aguas de regadío". Año 2014. <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/toxicos/elementos-quimicos-toxicos-aguas-regadio.htm> Consulta: domingo 26 de octubre de 2014.
- Lenntech.** "Análisis de laboratorio de aguas de regadío". Año 2014. <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/analisis/analisis-lab-aguas-regadio.htm>. Consulta: domingo 26 de octubre de 2014
- Lenntech.** "Riesgo de salinidad". Año 2014. <http://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/salinidad/riesgo-salinidad-regadio.htm>. Consulta: domingo 26 de octubre de 2014.
- Pellegrino, J.** 1980. "Serie Técnica N°P166". Centro Regional de Aguas Subterráneas (CRAS)