

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Implementación de una Geodatabase para un
Área Piloto del Departamento 25 de Mayo, San Juan, Argentina**

Sonia Marisa Silva Muñoz

Richard Resl, Ph.Dc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Magíster en Sistemas de Información Geográfica

Quito, mayo de 2014

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Posgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Implementación de una Geodatabase para un
Área Piloto del Departamento 25 de Mayo, San Juan, Argentina**

Sonia Marisa Silva Muñoz

Richard Resl, Ph.D.

Director de Tesis

Karl Atzmanstorfer MSc.

Miembro del Comité de Tesis

Richard Resl, Ph.D.

**Director de la Maestría en Sistemas
de Información Geográfica**

Stella de la Torre, Ph.D.

**Decana del Colegio de Ciencias
Biológicas y Ambientales**

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.

Decano del Colegio de Posgrados

Quito, mayo de 2014

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Sonia Marisa Silva Muñoz

D.N.I. 18.510.956

Quito, mayo de 2014

*Más allá de la ausencia física,
Tu recuerdo me sostiene,*

A mi padre.

AGRADECIMIENTOS

Al equipo de UNIGIS de la Universidad San Francisco de Quito, en especial al Director de la Maestría, Richard Resl por su constante apoyo y por su infinita paciencia. Igualmente, al tutor del ciclo 2009A, Karl Atzmanstorfer, por su permanente contención.

Al INTA, por brindarme la posibilidad de realizar este estudio de posgrado que, dificultades y aciertos, he logrado llevar adelante.

A mis compañeros del INTA EEA San Juan que, con su colaboración, hicieron más liviana la labor.

A mi familia, por acompañarme, incondicionalmente, en esta difícil tarea y por sostenerme en momentos de desaliento.

A todos los que estuvieron siempre cerca, me animaron a seguir adelante y me enseñaron que, a pesar de las dificultades, se puede lograr el objetivo.

RESUMEN

El presente trabajo se basa en recuperar información existente, en formato digital y no digital, correspondiente a un área bajo riego del departamento 25 de Mayo, provincia de San Juan, República Argentina. La información proviene de diversas fuentes, producto de convenios y proyectos de investigación a lo largo de varias décadas, relacionados al suelo, riego y drenaje, estudios de gestión del recurso hídrico y su aprovechamiento. El modo de centralizarla consiste en el diseño, gestión y aplicación de una geodatabase (GDB) gestionada por un sistema de información geográfica (SIG) cuya plataforma es el software ArcGIS 9.3. De esta manera, la GDB permite no solo el almacenamiento de la misma, sino que además, logra preservar su integridad y su permanente actualización. Por tal motivo, se convierte en una herramienta para futuras intervenciones y toma de decisiones.

ABSTRACT

This Investigation parts from a sorrow recompilation of digital and analog information that corresponds to an area under irrigation of the department 25 de Mayo, of the Province of San Juan in Argentina. The information is derived from various sources, conventions and research projects over several decades, and is related to soil, irrigation and drainage, management studies of water resources and use. The central focus of the thesis is to encounter for a centralized design, management and implementation of a geodatabase (GDB) managed by a Geographic Information System (GIS). The technological platform used is ArcGIS 9.3 from ESRI. It is to be shown in which way and to what extent the GDB facilitates a centralized management and control of the irrigated areas and their agricultural production, by allowing for constant processes of data storage maintaining integrity and continuous updating of spatial information regarding the area. The methodologies developed for this specific case in Argentina become an essential instrument for critical decision making on both resources and processes for the institution involved.

Tabla de contenido

Resumen	7
Abstract	8
CAPÍTULO 1	
INTRODUCCIÓN	15
1.1. Antecedentes	17
1.2. Problema	18
1.3. Hipótesis	19
1.4. Pregunta	19
1.5. Contexto	19
1.6. Objetivo General	21
1.7. Objetivos Específicos	21
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	23
CAPÍTULO 3	
METODOLOGÍA	36
3.1. Aspectos generales del área de estudio	38
3.2. Recuperación de información existente en formatos: digital y no digital	43
3.3. Control y análisis	45
3.4. Diseño y gestión	49
3.5. Incorporación de datasets	50
3.6. Gestión en el SIG: creación de shapefiles	59
3.7. Cartografía temática	61

CAPÍTULO 4

RESULTADOS	64
4.1. Delimitación y localización del área de estudio	64
4.2. Clasificación de suelos y red de riego (principal y secundaria)	66
4.3. Isobatas correspondientes a la lectura de diciembre de 2008 y distribución de freáticos	67
4.4. Isobatas correspondientes a la lectura de marzo de 2009 y distribución de freáticos	70
4.5. Isobatas correspondientes a la lectura de diciembre de 2009 y distribución de freáticos	71
4.6. Isobatas correspondientes a la lectura de abril de 2010 y distribución de freáticos	72
4.7. Isobatas correspondientes a la lectura de noviembre de 2010 y distribución de freáticos	73
4.8. Isobatas correspondientes a la lectura de marzo de 2011 y distribución de freáticos	74

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1. Conclusiones	75
5.2. Recomendaciones	76
BIBLIOGRAFIA	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURA N°1. Esquema de trabajo planteado	38
FIGURA N°2: Ejemplo de carta escaneada y georreferenciada incorporada a la GDB Área Piloto 25 de Mayo.	44
FIGURA N°3: Ejemplo de carta escaneada y georreferenciada incorporada a la GDB Área Piloto 25 de Mayo.	44
FIGURA N°4: Proyección Gauss-Kruger	46
FIGURA N°5: Cuadro de fajas y meridianos. Sistema Gauss-Kruger	47
FIGURA N°6: Ejemplo de Meridiano Central	48
FIGURA N°7: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Catastro	50
FIGURA N°8: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Freatímetros	51
FIGURA N°9: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Isobatas	52
FIGURA N°10: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Redes	53
FIGURA N°11: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Suelos	54
FIGURA N°12: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Imagen satelital Landsat	54
FIGURA N°13: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Contenidos del Feature Class	55
FIGURA N°14: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Preview del Feature Class “Compuertas” modalidad “Geography”	56
FIGURA N°15: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Preview del Feature Class “Compuertas” modalidad “Table”	56
FIGURA N°16: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Modo “Descripción” de la Metadata del Feature Class	57
FIGURA N°17: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Modo “Spatial” de la Metadata del Feature Class	57
FIGURA N°18: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Modo “Attribute” de la Metadata del Feature Class	58
FIGURA N°19: Representación y superposición de capas de información y tablas de atributos asociadas	61
FIGURA N°20: Representación y superposición de distintas capas de información y tabla de atributos asociadas	61

LISTA DE TABLAS

TABLA N°1: Número propiedades, superficie total y con derecho de agua del Ramo N°17.	40
TABLA N°2: Superficie cultivada en ha (hectáreas) por compuerta	40
TABLA N°3: Resumen de las principales características de los suelos del área piloto	41

LISTA DE MAPAS

MAPA N°1: Departamento 25 de Mayo, San Juan, República. Argentina	16
MAPA N°2: Delimitación y localización del área de estudio.	39
MAPA N°3: Área de estudio: Clasificación de suelos y red de riego	67
MAPA N°4: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de diciembre de 2008 y la distribución de freáticos.	69
MAPA N°5: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de marzo de 2009 y la distribución de freáticos.	70
MAPA N°6: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de diciembre de 2009 y la distribución de freáticos.	71
MAPA N°7: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de abril de 2010 y la distribución de freáticos.	72
MAPA N°8: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de noviembre de 2010 y la distribución de freáticos.	73
MAPA N°9: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de marzo de 2011 y la distribución de freáticos.	74

GLOSARIO

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

EEA San Juan: Estación Experimental Agropecuaria San Juan

I.G.N.: Instituto Geográfica Nacional

PROSAP: Programa de Servicios Agrícolas Provinciales

PROFEDER: Programa Federal de Apoyo al Desarrollo Rural Sustentable

PTR: Plan Tecnológico Regional

GEORREFERENCIA: Se refiere al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial en un sistema de coordenadas y datum determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

SIG: Sistema de Información Geográfica

GDB: Geodatabase o base de datos georreferenciada.

DBMS: Sistema de manejo de bases de datos

SGBDR: Sistema Gestor de Bases de Datos Relacional

FREATICO: Término que se aplica a las aguas acumuladas en el subsuelo sobre una capa impermeable.

ISOBATAS: Representación cartográfica de curvas que muestran la profundidad del nivel freático.

SOFTWARE: Soporte lógico de un sistema informático que hace posible la realización de tareas específicas.

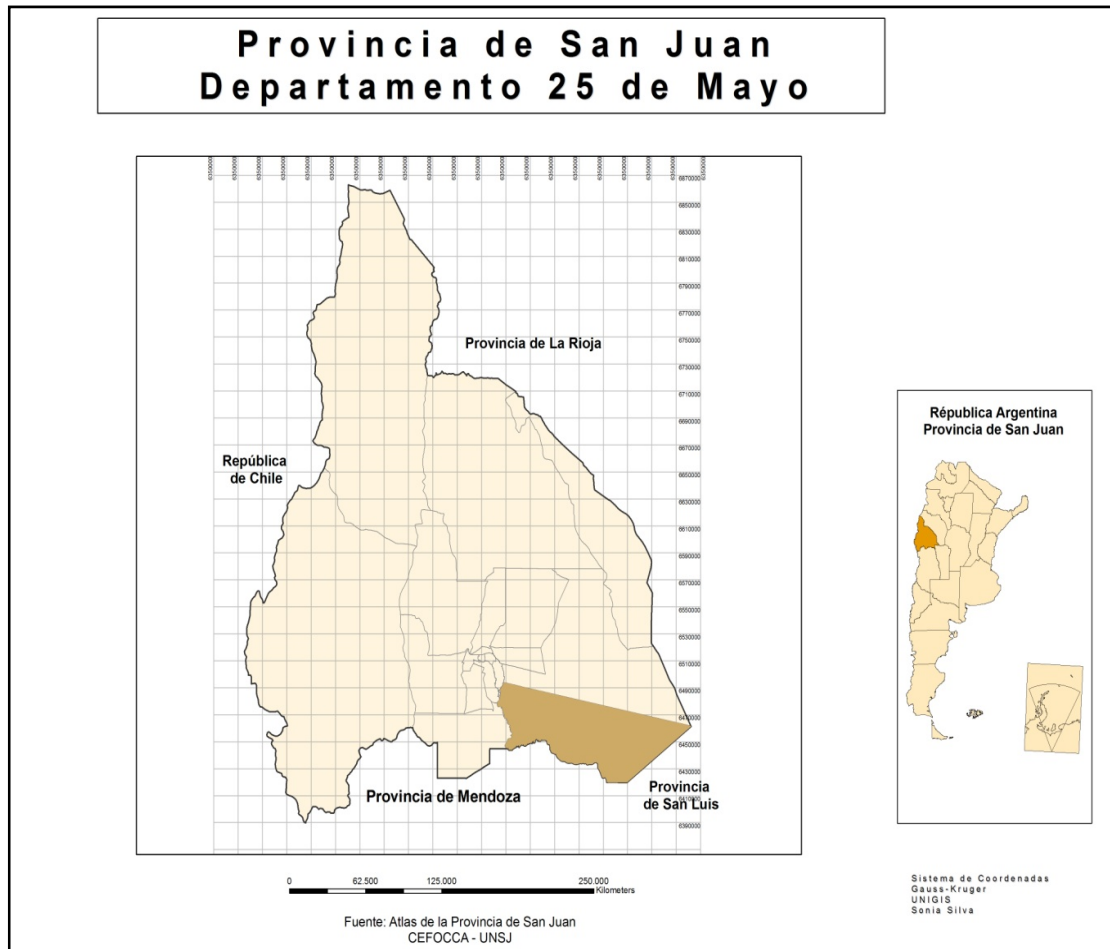
GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

1. INTRODUCCIÓN

La provincia de San Juan está localizada en el centro-oeste de la República Argentina, entre los 29 y 32° de latitud sur y los 67 y 70° de longitud oeste. Según el I.G.N. (1979), tiene una superficie de 89.651 km² (I.G.N., 2012). Sus límites territoriales son: al norte y este la provincia de La Rioja, al sureste la provincia de San Luis, al sur la provincia de Mendoza y al oeste la República de Chile. Políticamente el territorio está dividido en 19 departamentos.

El área de estudio se ubica en el departamento 25 de Mayo, al sureste del valle de Tulum y de la provincia, cuyos límites son:

- Al norte con el departamento Caucete,
- Al sur con la provincia de Mendoza,
- Al este con los departamentos de Sarmiento, Rawson y 9 de Julio,
- Al oeste con la provincia de San Luis. (Mapa N°1)



Mapa N°1: Departamento 25 de Mayo, provincia de San Juan, República Argentina.

El departamento 25 de Mayo presenta una superficie de 4.529 km², casi en su totalidad, en condiciones rurales. La concentración de la superficie cultivada (14.026 ha) y la red de distribución de agua se ubican en el extremo noroeste del departamento. La misma representa el 14% de los cultivos de la provincia con vid, olivo, frutales (predominio de pistacho) y semillas (especialmente alfalfa). De estos cultivos, 7.791 ha corresponden a terrenos con derecho de agua de riego que son abastecidos con agua derivada desde las cabeceras y que escurren por la red troncal de canales del valle de Tulum. El resto es irrigado exclusivamente con agua subterránea, extraída mediante perforaciones particulares.

En esta área se han desarrollado, a lo largo de muchos años, distintos estudios relacionados al suelo, riego y drenaje, entre otros temas, como así también, estudios de gestión del recurso hídrico y su aprovechamiento. La información disponible proviene de proyectos y convenios ejecutados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y, en la mayoría de los casos, sin procesamiento digital. Actualmente, es necesario disponer de la información que pueda ser utilizada para la toma de decisiones, como también, para su actualización y difusión.

En el presente trabajo se implementará una Geodatabase (GDB) que recopila y organiza la información existente del área de estudio, para su posterior gestión, análisis, actualización y difusión a través de un SIG.

1.1. Antecedentes

En el año 1976, a través de un Convenio con el Gobierno de la provincia de San Juan, la Estación Experimental Agropecuaria San Juan del INTA se realizaron actividades relacionadas a estudios de suelos (descripción de perfiles y análisis de composición física y química de los mismos).

Al año siguiente, mediante un plan de trabajo interno, se realiza un relevamiento de la capa freática en el valle de Tulum, con detalles sobre los niveles freáticos del agua y presencia de salinidad en los suelos.

Entre los años 2006 y 2010, se genera información a través del proyecto “Gestión integrada del agua de riego en un sector agrícola del departamento 25 de Mayo” (PROFEDER-INTA, 2009); y, a través del proyecto “Desarrollo agrícola y gestión del área bajo riego del Canal del Norte – 25 de Mayo” (PROSAP-INTA, 2009).

Finalmente, durante los últimos años se ejecutan actividades relacionadas al Plan Tecnológico Regional (PTR), Apoyo para mejorar el uso y gestión de los Recursos Naturales, del Centro Regional Mendoza – San Juan, con una línea de investigación denominada: Estudio de las condiciones agroclimáticas, de suelo y agua para la evaluación de tierras en el Valle de Tulum.

Para la realización de actividades, que la Estación Experimental Agropecuaria San Juan lleva adelante, en investigación y extensión, dicha información es de suma importancia y, lo sería aún más, si se concentrara en una Geodatabase (GDB), gestionada y actualizada en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

1.2. Problema

Existe abundante información sin procesamiento digital (en papel), generada a través de distintas fuentes, motivo importante para decidir la implementación de la Geodatabase (GDB) gestionada a través de un SIG.

1.3. Hipótesis

La implementación de una Geodatabase (GDB) es una manera eficiente de recopilar y organizar información geográfica existente. La misma facilita el acceso a información adecuada, selectiva y fiable.

1.4. Pregunta

¿Cómo y hasta qué punto el diseño, aplicación y gestión de una Geodatabase (GDB) mejora la calidad en la manipulación de la información para su posterior uso en la Estación Experimental Agropecuaria San Juan?

1.5. Contexto

Por los motivos antes expresados, se decide tomar un área piloto, en el departamento 25 de Mayo de la provincia de San Juan, en la que coinciden todas las fuentes de información relacionada a estos temas, cubriendo aproximadamente una superficie de 680 ha cultivadas, de la que sólo es posible contar con cartas generados en papel.

Para la ejecución de actividades, que la Estación Experimental Agropecuaria San Juan lleva adelante, en investigación y extensión, relacionadas a riego, drenaje, suelos y manejos de cultivos dicha información es de suma importancia y, lo sería aún más, si estuviera concentrada en una Geodatabase (GDB), gestionada y actualizada en un Sistema de Información Geográfica

(SIG), en donde se pudieran hacer distintas consultas, análisis o toma de decisiones.

En cuanto al desarrollo de la GDB, ésta facilitará el uso de datos geográficos uniformes y una edición más precisa, lo que se verá reflejado en las salidas gráficas.

La razón principal para el desarrollo del proyecto es que una GDB es una base de datos con extensiones de almacenamiento, búsqueda y manipulación de información geográfica y datos espaciales. Además, “se puede decir que es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica, ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas en un sistema Gestor de bases de datos (por ejemplo, Oracle, Microsoft SQL, etc).” (Ciampagna, 2010).

Se ha planteado el tema de manera que la Estación Experimental San Juan tenga a disposición una representación georreferenciada del área de estudio, accediendo de esta manera, a toda la información de base. Igualmente, con el objeto de conocer más sobre las herramientas SIG será posible brindar una herramienta que indique las ventajas de almacenamiento de información geográfica.

1.6. Objetivo General

Sistematizar la información a través de la generación de una Geodatabase (GDB).

1.7. Objetivos Específicos

- Recopilar información disponible en formato no digital;
- Procesar y manipular la información en soporte SIG;
- Diseñar, gestionar, visualizar, actualizar y consultar datos geográficos pertinentes al área de estudio;
- Generar cartografía temática que complemente a las actividades de planificación y gestión.

Se espera, de esta manera, que la implementación de la GDB a través de un SIG, resuelva alguna de estas consideraciones:

- Proporcionar información actualizada que sirva de apoyo a distintas actividades relacionadas a la gestión del agua de riego, y al manejo de los cultivos.
- Permitir el almacenamiento de geometría espacial adaptada a las especificaciones asociadas con la representación de redes de riego, usos y clasificación de suelos, delimitación de cultivos y niveles freáticos.
- Crear mapas adaptados al usuario que muestren las relaciones entre la distribución de cultivos, niveles freáticos y tipos de suelos.

- Generar mapas temáticos a partir de la representación de objetos geográficos y su información asociada.

Una vez logrados los objetivos propuestos, espera que este trabajo sea útil para técnicos del INTA o para profesionales relacionados a la actividad agropecuaria y, también, para los productores de la zona, que podrán resolver sus inquietudes a través de la consulta o visualización de información en el SIG.

A continuación se presenta la revisión de literatura o búsqueda bibliográfica que precede a la explicación de la metodología de investigación aplicada, el análisis de datos, las conclusiones y discusión.

2. MARCO TEÓRICO

Para encarar esta etapa, se consideraron todos los trabajos consultados en la internet, que presentaban cierta relación entre la aplicación de las GDB y el SIG con los recursos naturales. Es decir, la búsqueda se basó en la implementación o gestión de bases de datos espaciales relacionados a los recursos naturales y, en especial los que tenían estrecha relación con la agricultura.

Se consideraron, entonces, los aportes de publicaciones periódicas y no periódicas, capítulos de libros, tesis, artículos de revistas científicas o especializadas, trabajos de tesis y documentos electrónicos.

De esta manera, la búsqueda y revisión estuvieron basadas en los documentos afines con el tema en general intentando acotarlos al aspecto particular.

Puede decirse entonces, que en la actualidad, el uso de las nuevas tecnologías de información contribuyen a gestionar de manera más eficiente los recursos naturales y resultan más confiables a la hora de tomar decisiones. Por tal motivo, la cantidad de información generada resulta imposible de ser manejada sin una herramienta de almacenamiento como es una geodatabase (GDB), integrada a un sistema de información geográfica (SIG). De este modo, se optimizan las horas de trabajo y se obtiene y resguarda información confiable y precisa.

Es improbable pensar en la implementación de una geodatabase sin un SIG, ya que el mismo eficientiza el manejo y análisis de la geoinformación. Es por ello que, para poder llegar a definirla, es necesario definir primero el SIG y sus estrechas relaciones.

Por lo mismo, “un sistema de información geográfica es una herramienta computacional para el mapeo y análisis de elementos y eventos que ocurren en la tierra. La tecnología SIG integra operaciones comunes de bases de datos, tales como consultas y análisis estadísticos, con los beneficios propios de la visualización y el análisis geográfico que ofrecen las cartografías. Estas capacidades distinguen los SIG de otros sistemas de información y los hacen más valiosos para empresas públicas y privadas de diversa índole para explicar eventos, predecir salidas y en la planificación de estrategias” (ESRI, 2009).

Puede decirse, entonces, que “un SIG está diseñado para trabajar con datos georreferenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas, es decir, con información geográfica. Por lo tanto, almacena información cartográfica (localización exacta de cada elemento en el espacio respecto de otros elementos) e información alfanumérica (datos sobre las características o atributos de cada elemento geográfico)” (Estes, 1990)

Otros autores, plantean la eficacia del SIG tanto en la evaluación como en el diagnóstico y toma de decisiones en la planificación del espacio geográfico (Labrandero, 1995) y, mediante la creación de un modelo de datos SIG es

posible determinar las necesidades de cultivos y gestionar ficheros (Jimenez Bello, 2004).

Puede afirmarse que se pueden alcanzar los objetivos a través de la implementación de este tipo de sistemas mejorando la gestión en el territorio mediante un rápido y fácil acceso a la información permitiendo una oportuna toma de decisiones de gestión, ya que “ofrece un alto nivel de flexibilidad para abordar la situación de cada uno de los sectores de intervención y seguir su desarrollo en el tiempo mediante actualizaciones de fácil ejecución” (Mena, 2007).

Para (García Ruiz, 2009), mucha información ambiental se maneja con métodos manuales dispersos que dificultan la consulta, demoran la utilización oportuna de la información y no permiten cruces ni desagregaciones. Una de las formas de afrontar esta dificultad es manejar la información en bases de datos que permiten: minimizar la redundancia en el almacenamiento de los datos, disminuir la inconsistencia por errores en el proceso de entrada, compartir los datos entre usuarios, aplicar restricciones de seguridad y mantener la integridad de los datos.

Por tal motivo, el propósito principal de una geodatabase es hacer más fácil y más intuitivo el uso del SIG software a través de las distintas aplicaciones y está referida, algunas veces, a la generación de próximas coberturas. “Centraliza el manejo de datos y abre el uso del SIG a aplicaciones que no fueron factibles antes. Incluye una variedad de caracteres de edición

sofisticados que permiten al análisis SIG ser más eficiente y menos consumidor de tiempo” (ESRI).

Por las consideraciones antes expuestas un SIG es una herramienta de análisis de información geográfica, haciendo mención a su referencia espacial. Asimismo, debe tener la capacidad de ofrecer respuestas a los usuarios para la toma de decisiones. Puede ser empleado por cualquier disciplina y presenta características importantes relacionadas a la integración de datos, al análisis topológico de la información y a la actualización inmediata de los mapas digitales.

Según (Lo, 2002) un SIG es “un sistema computacional capaz de capturar, almacenar, manipular y visualizar los datos que contienen una referencia geográfica y los convierte en información espacial útil en la solución de problemas espaciales complejos. El énfasis en los datos geográficos y la capacidad de analizar los datos espacialmente distinguen a los SIG de otros tipos de sistemas de información”.

Y agregan: “La recolección de datos geográficos y su conversión en información útil por medio de un SIG trascienden las fronteras tradicionales del procesamiento de datos y la gestión de la información. La información geográfica nos ayuda a comprender mejor el mundo que nos rodea. Nos permite desarrollar la inteligencia espacial para la toma de decisiones lógicas. Esta es la razón por la cual cualquier definición de los SIG debe incluir no sólo

las funciones del procesamiento de datos en estos sistemas, sino también su capacidad analítica para derivar conocimientos espaciales”.

Tal como lo manifiestan (García Ruiz, 2009), “un SIG integra las operaciones fundamentales de las bases de datos, tales como las consultas y análisis estadísticos, con los beneficios de visualización y análisis geográficos propios de los mapas, definiendo la topología o relaciones espaciales entre los elementos representados. Facilitan la revisión de la brecha entre las condiciones deseadas y las actuales, ya que permiten moverse entre la visión general y los acercamientos selectivos al tema y grado de detalles que requiere cada usuario en particular.”

Lo que se podría complementar afirmando que “los elementos comunes en todas las etapas del desarrollo de un SIG, son el hardware y el software. Sin embargo, la tecnología de los SIG estaría limitada sino se contaría con el personal que opera, desarrolla y administra el sistema; y que establece planes para aplicarlos en problemas del mundo real. Asimismo son fundamentales los datos que van a ser manejados en el sistema y que luego de su procesamiento se convertirán en información útil para la toma de decisiones” (Narvárez Rodríguez, 2009).

En el tipo de estudios que se encara, el de la gestión ambiental y los recursos naturales, con énfasis en la agricultura, es importante implementar una GDB por dos razones: la primera, es que es un almacenamiento físico de información geográfica dentro de un sistema de manejo de bases de datos

(DBMS) y, la segunda, tiene un modelo de datos que también soporta objetos con atributos y comportamientos.

Por lo mismo, presenta algunos beneficios como: manejo centralizado de una variedad de información geográfica en una DBMS, gran manejo de datos en un entorno continuo integrado, soporte completo para edición multiusuario en un avanzado entorno, entrada de datos más eficiente con reglas y relaciones de datos, crea y edita anotaciones enlazadas a caracteres, crea y edita redes geométricas, almacena relaciones con fuentes de datos tabulares, crea y edita caracteres topológicos integrados, crea subtipos y dominios para la integridad del mantenimiento de la base de datos, soporta el desarrollo del modelo de datos.

En la actualidad, y para la mayoría de las organizaciones, se presenta un problema con el gran volumen de datos que se maneja mediante métodos manuales o almacenamientos no digitales que dificultan su manipulación, facilitan su desagregación y disminuyen su eficiencia. Como parte importante del SIG los datos deben tener especial consideración y análisis ya que al momento del ingreso se deberán tener en cuenta las formas básicas de datos espaciales como raster y vector y de datos no espaciales como la información de atributos en formato tabular.

Una de las formas de afrontar esta dificultad, es manejar la información en bases de datos, las que permiten: minimizar la redundancia en el almacenamiento de los datos, disminuir la inconsistencia de los datos por

errores en el proceso de entrada, compartir los datos entre usuarios, reforzar los estándares corporativos del procesamiento de datos, aplicar restricciones de seguridad para prevenir los accesos no autorizados a los datos, mantener la integridad de los datos (precisión, compatibilidad, coherencia, actualización, recuperación y respaldo de los datos) y equilibrar los conflictos y necesidades de los diferentes usuarios (Lo, 2002).

Por lo tanto un SIG, deberá ser capaz de administrar tres elementos:

- Descripción de un fenómeno: acompañada por los atributos cualitativos y cuantitativos del mismo o datos no espaciales.
- Información gráfica: para la que se utilizan entidades discretas como puntos, líneas y polígonos.
- Localización geográfica: los datos espaciales referidos a localizaciones sobre la superficie de la tierra usando un sistema de coordenadas.

No sólo el SIG puede resolver distintas funciones, sino que consta de distintas operaciones, tales como el ingreso de datos y su conversión a formato digital; el almacenamiento de datos relacionado al modo de estructuración y organización dentro del sistema; la manipulación y procesamiento de datos, ya sea para detectar errores o para obtener información sobre ellos y, finalmente, la producción de datos, relacionado a la presentación y salidas gráficas de los mismos.

Justamente, es que en un entorno SIG pueden organizarse los datos de manera tal que sirvan para una o varias aplicaciones. De esta manera, se

implementa una GDB como modo de almacenamiento y marco de referencia de datos, es decir, el lugar que contiene los datos espaciales y sus atributos (datos no espaciales). El término promueve la idea de que todos los datos SIG sean almacenados en una ubicación central para el fácil acceso y administración. El modelo de GDB permite almacenar los elementos geográficos y el comportamiento entre los mismos.

Este autor (Chaglla Rodriguez, 2011) señala que “se asocia el concepto de geodatabase, o base de datos espaciales, que soporta el almacenamiento físico de geoinformación y, además, requiere de una serie de procedimientos que permitan hacer un mantenimiento de la misma”.

Para (Peña Martínez, 2009) “se define a la Geodatabase como una base de datos relacional o un contenedor de datos geográficos, estos datos pueden ser puntos, líneas, polígonos o datos matriciales”.

Antes de definir una GDB, conviene exponer algunos conceptos relacionados a la misma, a saber:

Datos no espaciales: los datos no espaciales o atributos son las características cuantitativas asociadas al objeto que se desea describir. Generalmente, se almacenan en tablas y se administran por algún manejador de bases de datos. También son llamados datos descriptivos (ESRI, www.esri.com, 2003).

Capas geográficas: las capas son las características geográficas del evento o área que se desea modelar, organizadas en temas para facilitar la información.

Feature: en general, una entidad es cualquier cosa (objeto, persona, evento) distinguible de lo que lo rodea, acerca de la cual se requiere información. Para propósitos de la GDB, un feature es la representación digital del componente descriptivo de un rasgo geográfico. Un conjunto de features conforman una capa.

Representación geométrica: es la representación digital del componente espacial de un rasgo geográfico. La GDB tiene tres tipos básicos de representación geométrica. Punto, línea y polígono. Un rasgo geográfico puede asociarse con distintos tipos de representación geométrica.

Modelos de datos: los modelos de datos son un conjunto de herramientas conceptuales para describir datos, sus relaciones, su significado y sus restricciones de consistencia. Los dos tipos de modelados importantes son los orientados a registros, también llamados relacional y los modelos orientados a objetos.

Relaciones topológicas: las relaciones topológicas entre dos objetos geométricos son la interacción que tiene el uno con el otro. Se han realizado varios modelos de relaciones topológicas.

Metadatos: los metadatos tienen como función principal caracterizar y describir con suficiencia el documento para que el usuario entienda tanto su contenido como su propósito, fuente y condiciones de uso. Los metadatos describen el contenido de un elemento por medio de atributos (ESRI, www.esri.com, 2003).

Todos estos elementos llevan a definir el concepto de GDB o base de datos espaciales, que según el autor (Narváez Rodríguez, 2009) es, “una colección de datos organizados de tal manera que sirven efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales”.

Para aclarar más el concepto, ArcGIS Resources presenta a la GDB de ArcGIS como “una colección de datasets geográficos de varios tipos contenida en una carpeta de sistema de archivos común, una base de datos de Microsoft Access o una base de datos relacional multiusuario DBMS. Las GDB tienen diversos tamaños, distinto número de usuarios, pueden ir desde pequeñas bases de datos de un solo usuario generadas en archivos hasta GDB de grupos de trabajo más grandes, departamentos o GDB corporativas a las que acceden muchos usuarios”.

Siguiendo con el anterior concepto, el término GDB tiene diversos significados en ArcGIS:

- La GDB es la estructura de datos nativa para ArcGIS y es el formato de datos principal que se utiliza para la edición y administración de datos. Mientras ArcGIS trabaja con información geográfica en numerosos

formatos de archivo del SIG, está diseñado para trabajar con las capacidades de la GDB y sacarles provecho.

- Es el almacenamiento físico de la información geográfica, que principalmente utiliza un sistema de administración de bases de datos (DBMS) o un sistema de archivos. Puede acceder y trabajar con esta instancia física del conjunto de datasets a través de ArcGIS o mediante un sistema de administración de bases de datos utilizando SQL.
- Las GDB cuentan con un modelo de información integral para representar y administrar información geográfica. Este modelo de información integral se implementa como una serie de tablas que almacenan clases de entidad, datasets ráster y atributos. Además, los objetos de datos SIG avanzados agregan comportamiento SIG, reglas para administrar la integridad espacial y herramientas para trabajar con diversas relaciones espaciales de las entidades, los rásteres y los atributos principales.
- La lógica del software de GDB proporciona la lógica de aplicación común que se utiliza en ArcGIS para acceder y trabajar con todos los datos geográficos en una variedad de archivos y formatos. Esto permite trabajar con la GDB, e incluye el trabajo con shapefiles, archivos de dibujo asistido por ordenador (CAD), redes irregulares de triángulos (TIN), cuadrículas, datos CAD, imágenes, archivos de lenguaje de marcado geográfico (GML) y numerosas otras fuentes de datos SIG.
- Las GDB poseen un modelo de transacción para administrar flujos de trabajo de datos SIG”.

Según lo expresan los autores (Negrete López, 2004), la GDB conlleva con algunos beneficios, tales como:

- “Un repositorio de datos geográficos uniforme: todos los datos geográficos pueden ser almacenados en una base de datos centralizada.
- La entrada de datos y la edición es más exacta: muy pocos errores son generados porque la mayoría de ellos pueden ser prevenidos por un comportamiento inteligente de validación.
- El usuario trabaja con objetos más intuitivos: propiamente diseñados, una GDB contiene objetos que corresponden al modelo de datos del usuario. En lugar de los tipos abstractos básicos como punto, línea y polígono.
- Los features tienen un contexto más rico: con otro tipo de asociaciones topológicas, la representación espacial y relaciones generales, no solo se definen las cualidades de un feature sino su contexto con otros features. Esto permite especificar que pasa cuando un feature es movido, cambiado o borrado. Este contexto también permite localizar e inspeccionar un componente que está relacionado con otro.
- Mejores mapas pueden ser modelados: se obtiene mayor control sobre como los componentes van a ser dibujados y se puede agregar un comportamiento inteligente al dibujar.
- La visualización de mapas y componentes es dinámica: se pueden asociar consultas mejoradas o herramientas de análisis con componentes.

- Figuras y componentes son mejor definidos: el modelo de datos GDB permite definir las figuras de los componentes utilizando líneas rectas, curvas circulares, curvas elípticas.
- Los conjuntos de componentes son continuos: mediante el diseño de la GDB se puede acomodar conjuntos masivos de información sin particiones”.

3. METODOLOGÍA

Para dar respuesta a la pregunta de investigación propuesta y, de la misma manera, dar respuesta a la hipótesis planteada, se proponen los siguientes pasos metodológicos para generar e implementar la GDB del área seleccionada del departamento 25 de Mayo, San Juan.

Teniendo en cuenta algunas de las características más relevantes de una GDB, puede decirse que se consigue la efectiva implementación de un SIG a través del buen diseño de ésta.

A partir de estas exposiciones generales y conceptuales respecto al SIG y a la GDB, y a sus estrechas relaciones, es que se pretende, dar respuesta al problema planteado tomando en cuenta algunas de estas consideraciones.

Como se expresara anteriormente, el objetivo de este trabajo es desarrollar un proceso de recolección de datos geográficos, realizar su análisis e interpretación, generar la capacidad de almacenamiento, su procesamiento y visualización para la generación de un SIG, formando una base de datos geográficos o GDB, que se pueda visualizar mediante las funciones en la plataforma del software ArcGIS 9.3 de una manera detallada.

A partir de estos objetivos, se espera también responder al problema planteado para mejorar la manipulación de la información existente mediante la gestión de una GDB. Para tal fin se propone:

- Recopilación, escaneado y digitalización de toda la información existente en formato no digital.
- Recopilación de toda la información existente en formato digital: raster, vectorial y tablas.
- Control de datos, verificación del sistema de proyección y estandarización.
- Diseño y gestión de la GDB personal utilizando las aplicaciones ArcCatalog, ArcTool y ArcMap del software ArcGIS 9.3, de ESRI, con licencia temporal proporcionada por la Maestría en SIG de UNIGIS para América Latina.
- Organización de datasets geográficos como contención de las entidades en el catálogo.
- Importación de datos a la GDB personal.
- Gestión en el SIG: Creación de capas con los datos de la GDB.
- Representación cartográfica y salidas gráficas (cartografía temática).

Estos pasos se representan gráficamente en el Figura N°1.



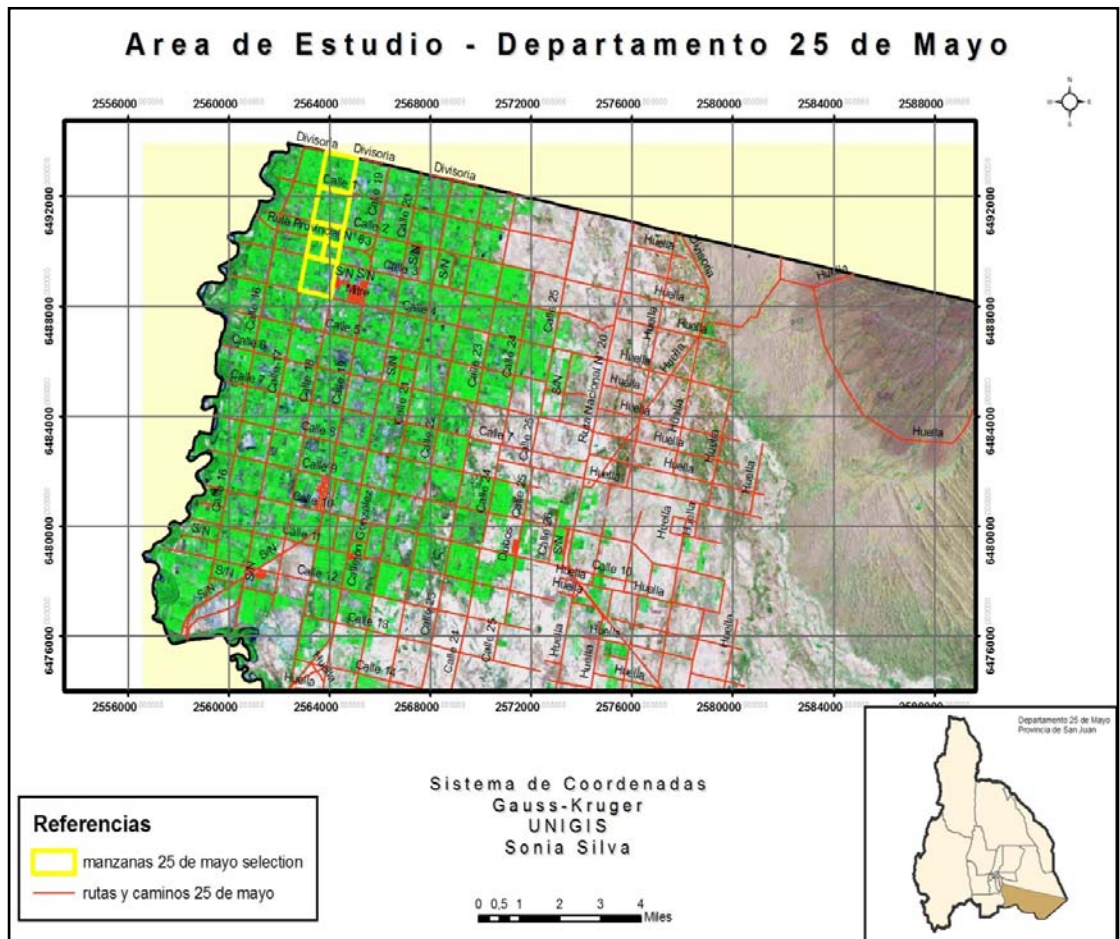
Figura N°1. Esquema de trabajo planteado

3.1. Aspectos generales del área de estudio

Como ya se expresara en la introducción el área de estudio se localiza en el departamento 25 de Mayo, al sureste del valle de Tulum, provincia de San Juan, República Argentina.

Se encuentra ubicada entre las calles Divisoria (límite entre los departamentos de Caucete al norte y 25 de Mayo al sur) hasta la calle 4 (de norte a sur) y desde la calle 17 o calle La Plata hasta calle 18 o calle Enfermera Medina (de oeste a este). Comprendiendo una superficie total aproximada de 592 ha de la cuales tienen derecho a riego 581 ha con una superficie cultivada de

aproximadamente 305 ha que están distribuidas en 72 propiedades que pertenecen a 48 productores (Mapa N°2).



Mapa N°2: Localización del área de estudio. Fuente PROFEDER – INTA (2009)

El cauce de riego del área es el denominado N° 17, derivado del canal Aductor, en la primera sección de riego del departamento que suministra el agua a 7 compuertas. (Tabla N°1)

Tabla N° 1 - Número de propiedades, superficie total y con derecho de agua del Ramo N° 17

Compuerta	Nº	Superficie Total (ha)	Superficie c/ Derecho (ha)
1	6	54,1464	52,6491
2	7	67,3058	65,6436
3	10	88,2564	87,9146
4	7	70,5388	69,0879
5	3	76,8698	76,7395
6	10	33,4774	33,0376
7	29	201,8033	196,4601
Total	72	592,3979	581,5324

Fuente: Dirección del Registro y Catastro de Aguas - Departamento de Hidráulica de la Provincia.

La superficie cultivada es de 305 ha predominando el cultivo de la vid (293 ha), les siguen los olivos (5,5 ha), hortalizas (5 ha) y frutales (1,6 ha) como se indica en la Tabla N°2.

Tabla N° 2 - Superficie cultivada en ha (hectáreas) por compuerta

Compuerta	Vid	Olivos	Frutales	Hortalizas	Forestales	Total
Nº 1	30,00	----	-----	-----	-----	30,00
Nº 2	40,50	3,02	1,64	-----	-----	45,16
Nº 3	54,00	1,50	-----	-----	0,06	55,56
Nº 4	51,00	-----	-----	-----	-----	51,00
Nº 5	22,50	1,00	-----	5,00	-----	28,50
Nº 6	28,50	-----	-----	-----	-----	28,50
Nº 7	66,50	-----	-----	0,07	-----	66,57
Totales	293,00	5,52	1,64	5,07	0,06	305,29

Fuente: Departamento de Hidráulica de la Provincia. Relevamiento Agrícola ciclo 2000 / 2001.

Los tipos de suelos presentes en el área responden a la distribución general que caracteriza al valle de Tulum, como son suelos formados por la antigua

planicie de inundación del Río San Juan, con un régimen muy variable de derrames y crecidas, la deposición de capas y sedimentos en la formación de los suelos, lo fue también. Las principales características, se describen con predominio de las series Mitre (Mi), Belgrano (Be) y Sarmiento (St) (INTA, 1976) (Mapa N° 3).

En todos los casos, se describió el perfil textural por capas hasta la profundidad explorada. Las observaciones correspondieron en su totalidad a barrenados y abarcaron tanto zonas cultivadas, como incultas niveladas e incultas continuación en la Tabla N°3 (PROFEDER-INTA, 2009).

Tabla N°3. Resumen principales características de los suelos del área piloto.

Tipo de suelo	Principales características
Serie Belgrano (Be)	<ul style="list-style-type: none"> • Predominio de Franco arenoso 1,30 m de profundidad. • Características óptimas para el desarrollo de todo tipo de cultivos. • Bien estructurados y sin impedimento para el desarrollo y la exploración radicular. • Drenaje e infiltración moderado • Capacidad de retención de humedad: Media • Fertilidad: Media
Serie Mitre profunda (Mi)	<ul style="list-style-type: none"> • Predominio de textura fina (Franco arcilloso, franco arcillo limoso) hasta 0,90-1,20 m, según sector • Alta capacidad de retención hídrica. • Naturalmente más fértiles y bien manejados son potencialmente productivos. • Desventajas: Drenaje mediocre, baja infiltración y dificultades para la recuperación de suelos cuando se encuentran salinos.

Tipo de suelo	Principales características
Serie Mitre somera (Mi1)	<ul style="list-style-type: none"> • Predominio de textura fina (Franco arcilloso, franco arcillo limoso) a nivel superficial (30-50 cm). Subsuelo de textura media a liviana. • Buenas características por un adecuado drenaje en profundidad sin presencia de capas limitantes. • Mediana fertilidad e infiltración moderada a baja.
	<ul style="list-style-type: none"> •
Serie Sarmiento (St)	<ul style="list-style-type: none"> • Predominio de Franco arenoso en la capa superficial 0,60m seguida por una capa intermedia de textura fina Franco Arcillo Limosa hasta 1,00 m. En profundidad Arenoso Franco (1,00-1,50m) • Drenaje mediocre con tendencia a formación de freáticas en la capa de textura fina. <p>Fertilidad: Media</p>

Fuente: Estudio de suelos y drenaje del Valle del Tulum Convenio INTA – Gobierno de San Juan. (1976)

Como parte importante de la descripción de las series de suelos también se realizaron perfiles que se corresponden con cada una de las series.

De la misma manera, se realizó un relevamiento de la capa freática. Se instalaron 27 freatómetros que, junto a 6 que estaban en funcionamiento del relevamiento que realizó el INTA en el año 1977, totalizaron 33. Las ubicaciones fueron dentro del área y también en la periferia abarcando una superficie de 1200 ha dentro de las cuales está comprendida el área de estudio. La profundidad media de instalación fue de 3,00 m (rango entre 2,60 y 3,20 m).

La primera lectura general se realizó en febrero de 2006 y la última en febrero 2009, sumando un total de 31 lecturas. Posteriormente, se ampliaron las frecuencias de lecturas durante el período en que se ejecutaron las tareas del PROSAP hasta el año 2011.

La situación que se presenta es la típica de la zona bajo riego en el valle de Tulum, con amplias fluctuaciones de los niveles lo cual está muy relacionado a la entrega de agua por la red de riego y la eficiencia de uso del agua.

3.2. Recuperación de datos existentes en formatos : digitales y no digitales

Las fuentes de datos fueron primarias y secundarias. La metodología utilizada para el tema de estudio, se inició con la recopilación de la información bibliográfica y cartográfica y el posterior tratamiento, edición y análisis de la misma.

Para esta etapa del proceso se realizó una minuciosa e importante tarea de recuperación de información existente en formatos digitales y no digitales generada a través de proyectos y convenios que comenzaron en la década de los 70 y se continúan en la actualidad.

En primer lugar, se recuperó la información cartográfica temática del relevamiento y clasificación de suelos, y en segundo lugar, la información relacionada a la ubicación de freáticos, detalles sobre los niveles freáticos del agua y presencia de salinidad en los suelos realizado por el Área de Suelo y Drenaje (INTA, 1976). Posteriormente, se procedió al escaneado, digitalización en pantalla y georreferenciación de todas las cartas para su posterior importación a la GDB o base de datos geográficos (Figuras N° 2 y 3).



Figura N°2: Ejemplo de carta escaneada y georreferenciada incorporada a la GDB Área Piloto 25 de Mayo. Fuente: Área Suelo y Riego EEA San Juan INTA (1976)



Figura N°3: Ejemplo de carta escaneada y georreferenciada incorporada a la GDB Área Piloto 25 de Mayo. Fuente: Área Suelo y Riego EEA San Juan INTA (1976)

El aporte de los estudios desarrollados a través de programas, convenios y planes de trabajo (PROFEDER, PROSAP y PTR) resultó muy significativo, ya que pudo incorporarse al GDB un gran volumen de información.

Se tomaron las capas de la actualización de la clasificación de suelos, la actualización de la red de freáticos y su ubicación, el parcelario de cultivos, la red de canales primarios y secundarios, la localización de compuertas y las curvas de nivel de igual profundidad freática.

Finalmente, se incluyeron capas de información (shapefiles), con su correspondiente georreferencia, relacionadas las redes viales, imagen satelital del área y división administrativa, correspondientes al atlas socioeconómico de San Juan, diseñado y elaborado por la Universidad Nacional de San Juan. (CEFOCCA, 2010)

3.3. Control y Análisis

Una vez reunida toda la información existente se realizaron los controles de información y la verificación del sistema de proyección que corresponde al adoptado para la cartografía oficial de la República Argentina, denominado Gauss-Krüger. (Figura N°4).

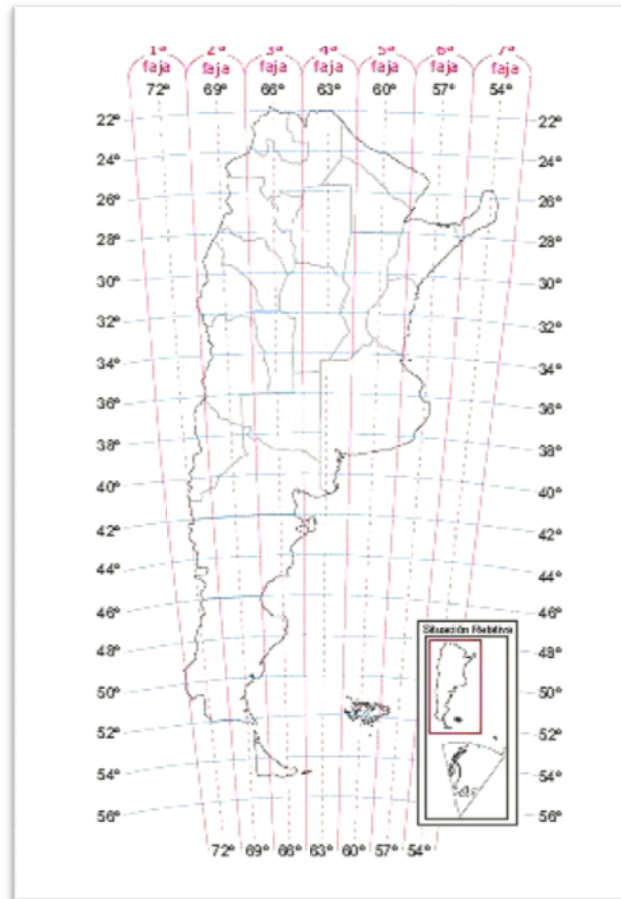


Figura N°4: Esquema de proyección Gauss-Krüger

Fuente: Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina

Se trata de una proyección conforme, cilíndrica y transversal que divide a la República Argentina (sector continental e Islas Malvinas) en 7 fajas meridianas numeradas de oeste a este. Cada faja de la grilla Gauss-Krüger mide 3° de ancho (longitud) por 34° de largo (latitud) y tiene como propio origen la intersección del Polo Sur con el meridiano central de cada faja. Con el objeto de evitar coordenadas negativas, se le asigna al meridiano central de cada faja el valor arbitrario de 500.000 metros y al Polo Sur el valor de cero metros.

Es una proyección cilíndrica del tipo transversa (perpendicular al Ecuador) y tangente, es decir, solamente hace contacto con la superficie terrestre en un solo meridiano central de cada faja. Por ello, a lo largo de este meridiano

principal no existen deformaciones cartográficas. El cilindro utilizado cubre la totalidad del país en sentido Norte-Sur pero es de limitado desarrollo longitudinal (Este-Oeste), por esta razón, se han utilizado 7 cilindros generando las “7 Fajas” que conforman la proyección en su totalidad. Cada una de estas Fajas hace tangencia en un meridiano diferente cubriendo de esta manera a todo el país. Las fajas se enumeran de acuerdo al siguiente cuadro (Figura N°5) (Barbieri, 2013):

El sistema Gauss-Krüger como modo de representación de las coordenadas proyectadas al plano posee un par de ejes cartesianos que generan a un “X, Y Gauss- Krüger”.

El eje X: Representa el eje Norte-Sur de la proyección (al revés de los ejes cartesianos matemáticos) y su origen o valor 0 (cero) se encuentra en el Polo Sur (Latitud 90° Sur). De esta manera, la coordenada X de un punto expresado en Gauss-Krüger indicará siempre la distancia en metros de ese punto al Polo Sur.

Nº de Faja	Meridiano Central de cada Faja
1	72° O
2	69° O
3	66° O
4	63° O
5	60° O
6	57° O
7	54° O

Figura N°5: Fajas y Meridianos centrales. Sistema de proyección Gauss-Krüger.
Fuente: Barbieri, R. (2013)

El eje Y: Representa el eje Este-Oeste de la proyección y su origen está dado en cada Meridiano Central de Faja. En él, el valor que adopta la coordenada Y es 500.000 (expresado en metros). Este valor arbitrario distinto de 0 (cero) se adoptó simplemente para evitar los valores negativos de las coordenadas. A modo de ilustrar el tema, se muestran en la siguiente figura el meridiano central de faja los valores sobre el eje Y (Figura N°4).

Para la provincia de San Juan, el meridiano central es el 69° O que se corresponde con la faja 2. De esta manera, todos los valores de Y, llevarán antepuestos el número 2 de la faja, y los de X corresponderán a los 6.000.000 y más, haciendo referencia a los metros distantes del Polo Sur.

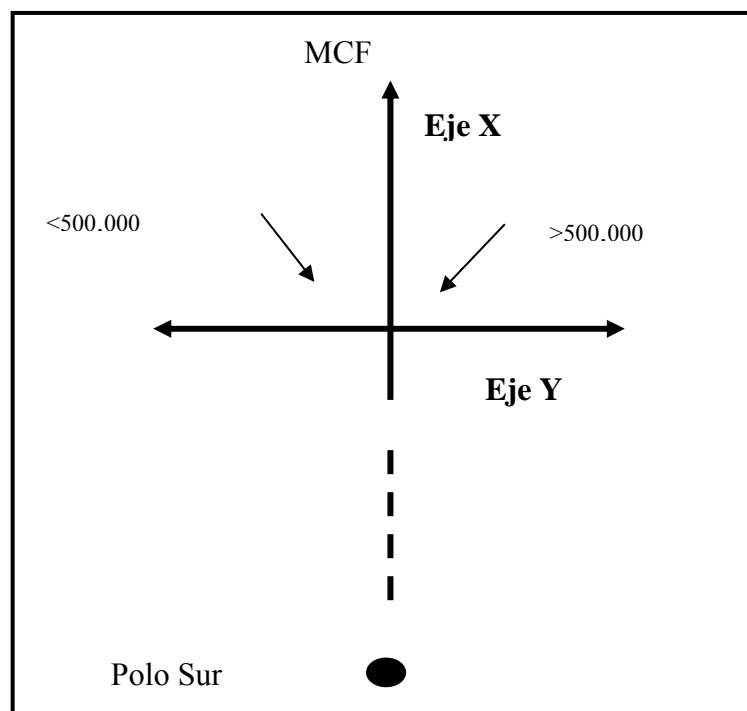


Figura N°6: Ejemplo de Meridiano Central de cada Faja y los valores en el eje Y.
Fuente: Barbieri, R. (2013)

Esta información fue revisada, estandarizada y editada de acuerdo a los objetivos del presente trabajo y procesada con el software ArcGis 9.3, a través de sus aplicaciones. Por lo tanto, el sistema de coordenadas se definió como se detalla a continuación:

- Sistema de Coordenadas: Transverse Mercator
- Proyección: Transverse_Mercator
- Falso Este: 2500000,000000
- Falso Norte: 10002283,300000
- Meridiano Central: -69,000000
- Factor de Escala: 1,000000
- Latitud de Origen: 0,000000
- Unidades Lineales: Meter
- GCS_Campo_Inchauspe
- Datum: D_Campo_Inchauspe

Esta estandarización garantiza la uniformidad de la información y la coherencia de los datos, lo que permite el control completo sobre el proceso del análisis.

3.4. Diseño y Gestión

Se implementó el diseño de una geodatabase personal a la que se denominó “Área Piloto 25 de Mayo”. La misma contiene los distintos Features Datasets que almacenan toda la información recuperada, necesaria para la posterior gestión en el SIG.

3.5. Incorporación de Datasets

A partir de este procedimiento, se comenzó con el diseño de la GDB, mediante la creación de los Features Datasets los que se correspondieron con diferentes representaciones gráficas, tales como, puntos, líneas y polígonos. De acuerdo a la información recopilada, se agruparon como se presentan a continuación.

Capa Catastro con los siguientes Features Class poligonales:

- Manzanas, feature class que representa todas las manzanas del departamento 25 de Mayo;
- Parcelario, feature class que representa todo el parcelario del departamento 25 de Mayo.

A través de la utilización de ArcTool, y de la herramienta “Clip”, se delimitaron las manzanas y el parcelario al área de estudio generando, de esta manera, nuevos Features Classes, a saber:

- Parcelario catastral, en donde pueden identificarse las distintas propiedades con su nomenclatura catastral;
- Manzanas y Parcelario, que contiene el recorte del área de estudio con el catastro (Figura N°7).

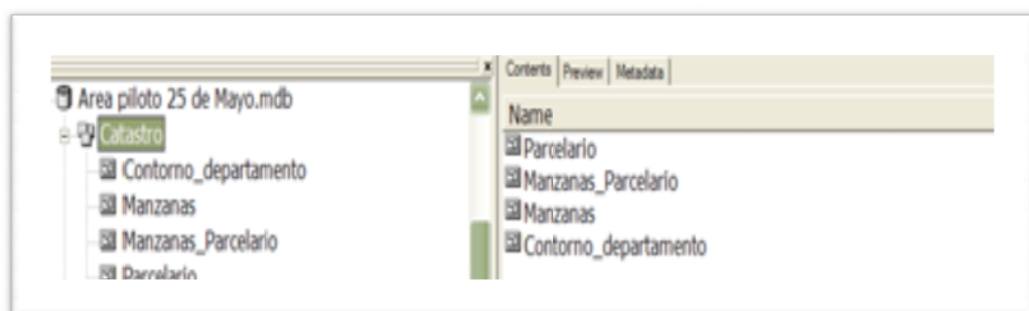


Figura N°7. GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Catastro.

Capa Freatímetros con los siguientes Features Class de puntos:

- Compuertas, contiene la información relacionada a la distribución del agua de riego para las parcelas del área de estudio.

A través de la utilización de ArcTool, y de la herramienta “Clip”, se delimitaron las manzanas y la distribución de freáticos al área de estudio generando, de esta manera, nuevos Features Classes:

- Freatímetros, localización y características de niveles del agua (atributos) de los distintos freáticos para las lecturas de diciembre 2008; marzo, octubre y diciembre 2009; abril, julio y noviembre 2010; marzo y julio 2011 (Figura N° 8).

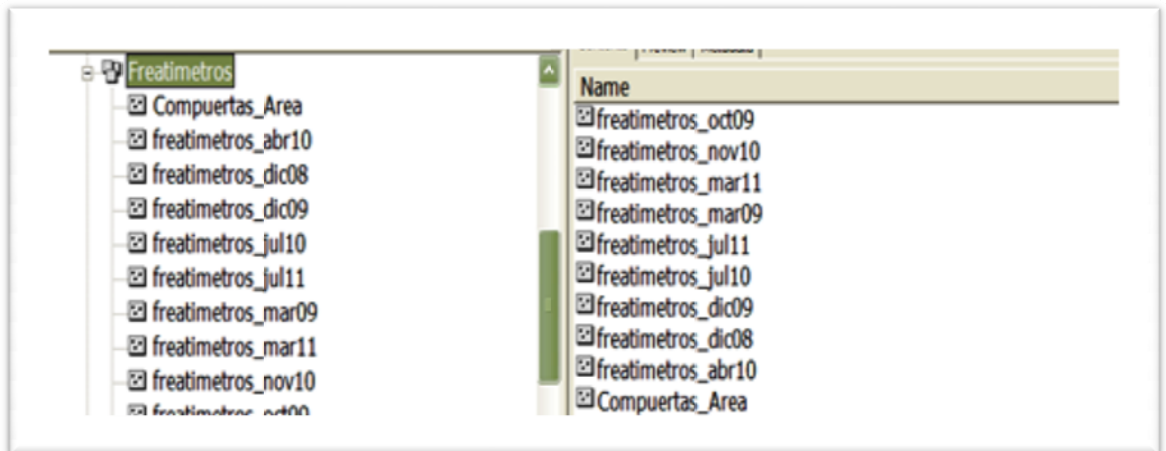


Figura N°8. GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Freatímetros.

Capa Isobatas con los siguientes Features Class lineales que, a través de la utilización de ArcTool y de la herramienta “Clip”, se delimitaron las manzanas y la representación espacial de las curvas de profundidad al área de estudio generando, de esta manera, los nuevos Features Classes:

- Freatimetría, representación espacial de las curvas de igual profundidad para las lecturas de diciembre 2008; marzo, octubre y diciembre 2009; abril, julio y noviembre 2010; marzo y julio 2011 (Figura N° 9).

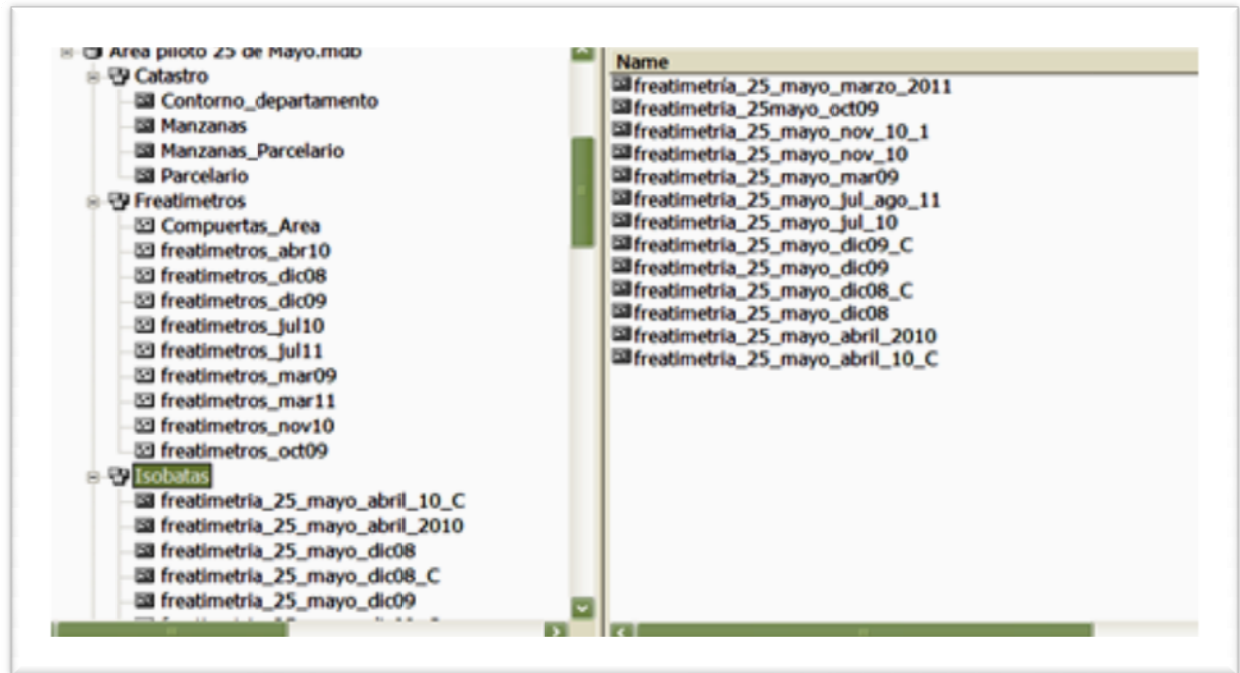


Figura N°9. GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Isobatas.

Capa Redes con los siguientes Features Class lineales:

- Red Vial, contiene las rutas y caminos del departamento 25 de Mayo;
- Red de Riego principal, contiene todos los canales principales de riego del departamento 25 de Mayo;
- Red de Riego secundaria, contiene canales secundarios y desagües del departamento (Figura N°10).

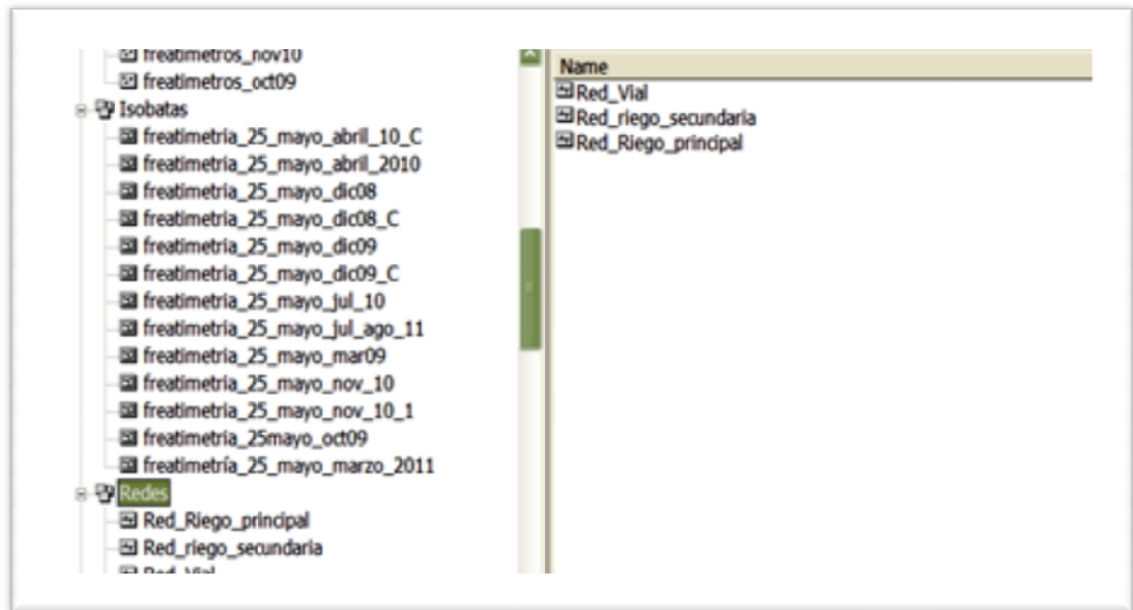


Figura N° 10: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Redes.

Capa Suelos con los siguientes Features Class poligonales:

- Suelos 25 de Mayo, contiene los polígonos correspondientes a cada serie de suelo;

A través de la utilización de ArcTool y de la herramienta “Clip”, se delimitaron las manzanas y la representación espacial de las series de suelos generando, de esta manera, un nuevo Features Classes:

- Manzanas y Suelos, que contiene la delimitación de las series de suelos al área de estudio (Figura N° 11).

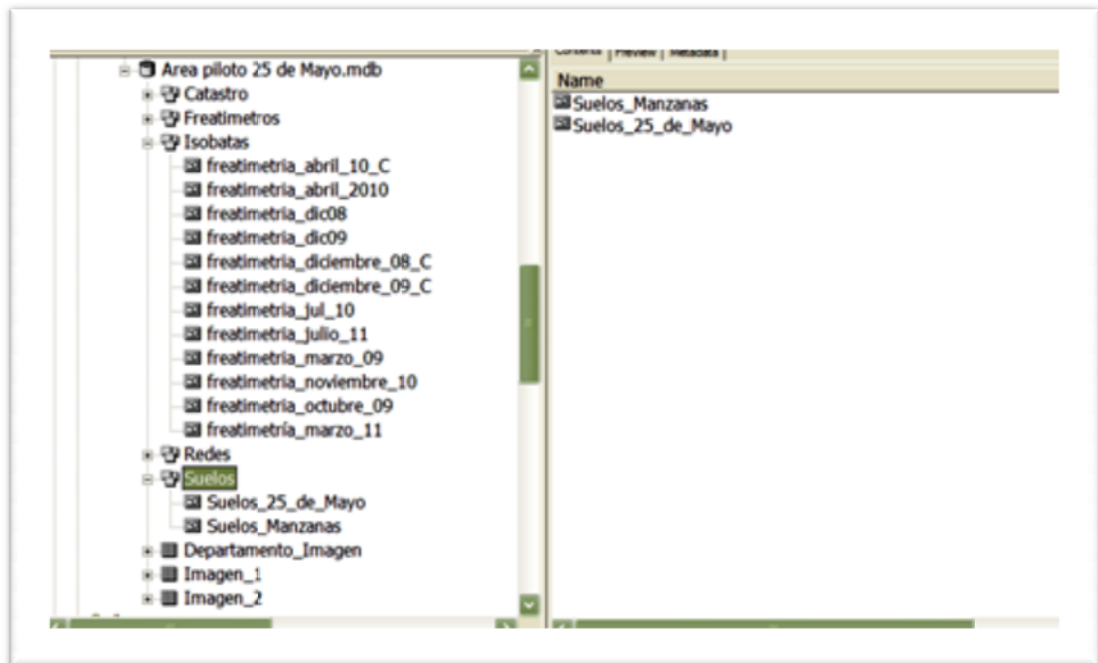


Figura N° 11: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Capa Suelos

De la misma manera, se importó una imagen satelital Landsat del departamento 25 de Mayo, como soporte para las representaciones gráficas, que se muestra, a continuación, a través del “preview” de la GDB (Figura N°12).



Figura N° 12: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Imagen satelital Landsat

Para ejemplificar las tres opciones en que pueden visualizarse los contenidos de un feature class en una GDB se presenta el primero, que corresponde al modo “Contents” (Contenidos) en el que se detallan los nombres de los features class, sus elementos gráficos asociados y la pertenencia a la GDB Personal (Figura N°13).

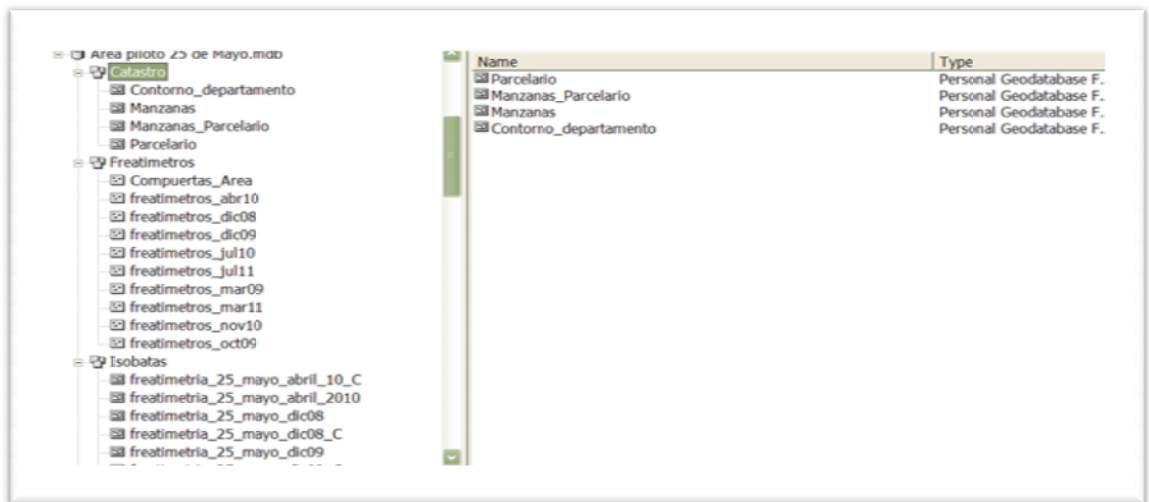


Figura N° 13: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Contenidos del Feature Class

De la misma manera, se pueden visualizar los features class a través de las opciones de “Preview” (Vista Previa) la cual genera una representación gráfica del feature en la modalidad “Geography” (Figura N°11) y una representación de los atributos a través de la modalidad “Table” (Figura N°14).

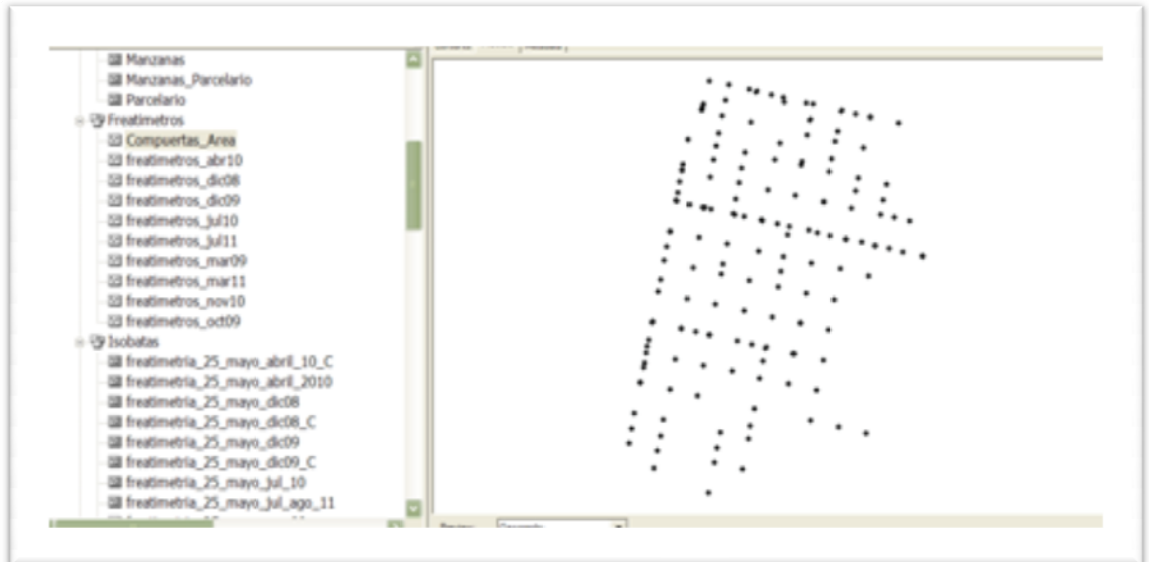


Figura N° 14: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Preview del Feature Class Compuertas, modalidad Geography.

OBJECTID	Shape	X	Y	MRG	BAMB	O. CA	TIPO
1	Point	2565089	6493305	0			
2	Point	2566420	6493053	0			
3	Point	2564481	6477897	0			Compuerta N° 24
4	Point	2559071	6480011	0			
5	Point	2502954	6478174	0			
6	Point	2560540	6477748	0			
7	Point	2563211	6477975	0			
8	Point	2559401	6478749	0			
9	Point	2559401	6478749	0			
10	Point	2564481	6477898	0			Compuerta N° 25
11	Point	2560994	6478480	0			
12	Point	2568874	6480552	0			Compuerta N° 1
13	Point	2563331	6478572	0			
14	Point	2559405	6478749	0			
15	Point	2569981	6479179	0			Fin de ramo
16	Point	2564720	6478864	0			Compuerta N° 22
17	Point	2568763	6479458	0			Partidor
18	Point	2567490	6478798	0			Partidor
19	Point	2560219	6478608	0			
20	Point	2559540	6479309	0			
21	Point	2564821	6479498	0			Compuerta N° 21
22	Point	2563836	6492584	0			Compuerta N° 1
23	Point	2567498	6478727	0			Partidor
24	Point	2505958	6478147	0			
25	Point	2567323	6482881	0			Compuerta N° 1
26	Point	2570870	6489487	0			Compuerta N°
27	Point	2559929	6481289	0			
28	Point	2564964	6480222	0			Compuerta N° 20
29	Point	2563489	6478225	0			
30	Point	2559937	6481296	0			
31	Point	2562474	6480748	0			

Figura N° 15: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Preview del Feature Class Compuertas, modalidad Table.

A través de la solapa “Metadata” (Metadatos), la que presenta la metainformación que contiene cada una de los features class de la GDB en las distintas modalidades de “Description” (Descripción), “Spatial” (Espacial) y “Attributes” (Atributos), los que se detallan en las figuras siguientes (Figuras N° 16, 17 y 18).



Figura N° 16: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Descripción de la Metadata del Feature Class

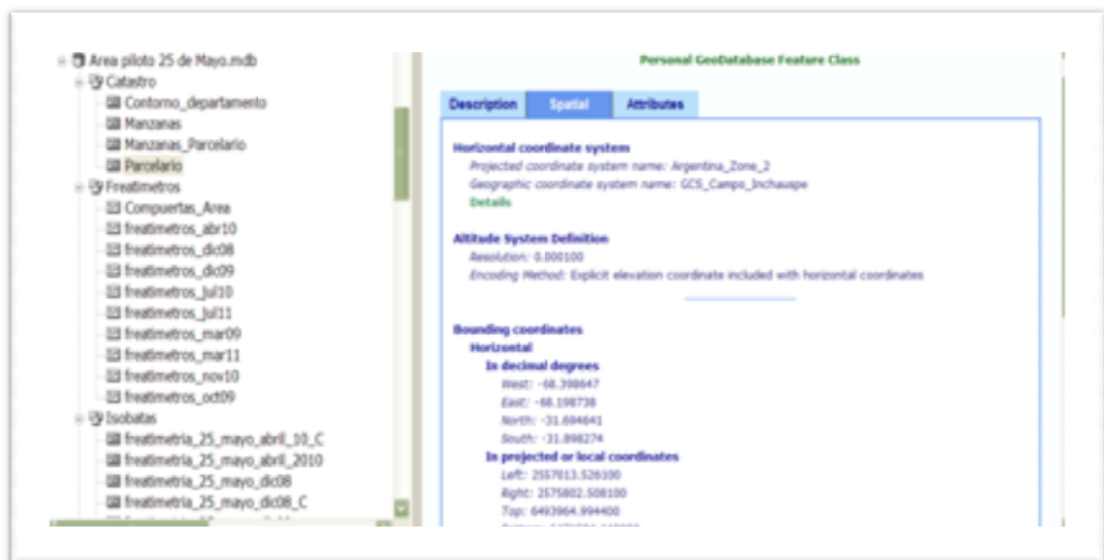


Figura N° 17: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Spatial de la Metadata del Feature Class

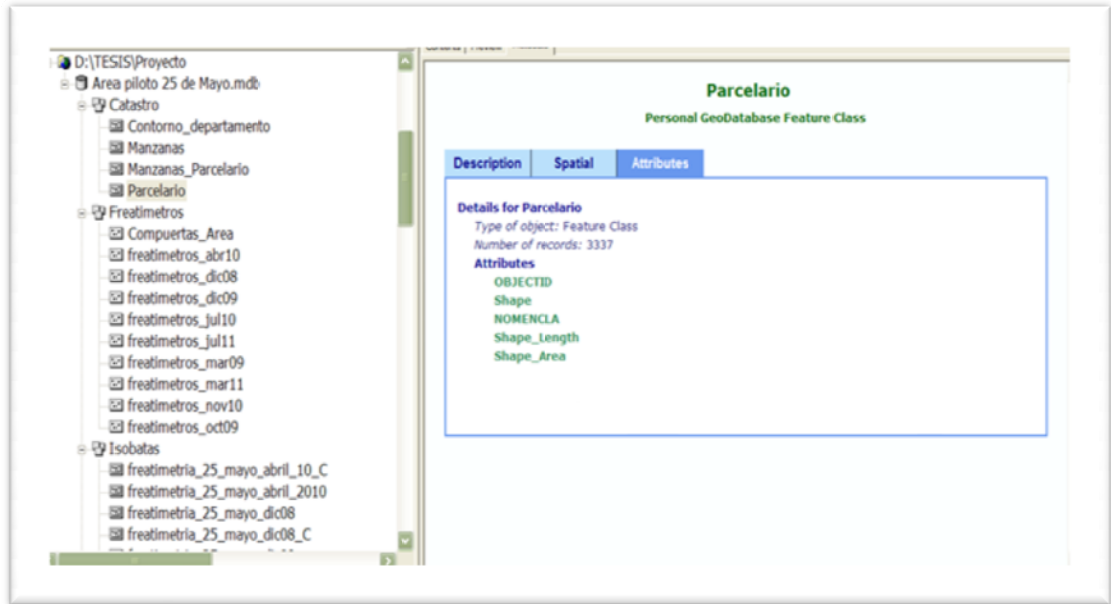


Figura N° 18: GDB Área Piloto 25 de Mayo. Attribute de la Metadata del Feature Class

Una vez finalizado el diseño, la creación y la recopilación de la información en la GBD se procedió a la organización y gestión en el SIG ya que “...un SIG tiene la finalidad de establecer la estructura [...] y en concordancia con ello implementar aplicaciones que sustenten la toma de decisiones “ (Turbau E., 2007). La plataforma seleccionada fue ArcGIS 9.3. a través de la aplicación ArcMap.

A partir de la GDB denominada “Área Piloto 25 de Mayo” se creó un proyecto (.mxd). En el SIG con idéntica denominación, se presenta la información y la creación de las correspondientes capas con las representaciones cartográficas.

3.6. Gestión en el SIG: Creación de shapefiles

“De acuerdo a la definición de Burrough (1998), entiende a los SIG como una poderosa “caja de herramientas” para la recolección, almacenaje, recuperación, transformación y visualización de datos del mundo real” ” (Turbau E., 2007)

El método es de una base de datos relacional, que es aquel en el cual “[...] el centro de todo son los datos, y las aplicaciones trabajan sobre una base de datos central compartida, construida cuidadosamente y gestionada a conciencia” (Compte, 2007).

Como una manera de exponer la información en el SIG se presentan las capas de información espacial (shapefiles) en formato digital, en las cuales se representan diversas variables (vectoriales y raster), es decir, representaciones concretas de objetos del mundo real, con sus atributos y tipos de geometrías. En el SIG se pueden integrar los datos cartográficos y lo alfanuméricos.

Como un paso posterior al diseño de la GDB, en el SIG se plantearon diversas capas para representar y dar salida gráfica mediante mapas temáticos.

En primer lugar, se procedió a la representación de las siguientes capas:

- Contorno del límite administrativo del departamento;
- Imagen satelital del departamento
- Red vial;
- Parcelario catastral;
- Red principal de riego;

- Red secundaria de riego;
- Cantidad de compuertas;
- Distribución de los freatómetros por lectura;
- Isobatas o curvas de igual profundidad del nivel freático;
- Clasificación de suelos;
- Mapa departamental de la provincia de San Juan;

A través de las distintas herramientas que provee la aplicación ArcTool, se lograron otras capas de información, por ejemplo, las que se generaron mediante las opciones de “Clip”. En tanto que, para otras salidas se utilizaron las opciones de selección por atributos y por localización. Las mismas corresponden a;

- Delimitación del área de estudio;
- Recorte del parcelario (acotado al área de estudio);
- Recorte de la distribución de freatómetros;
- Recorte de las isobatas o curvas de igual profundidad del nivel freático;
- Recorte de la clasificación de suelos;
- Selección por localización del departamento 25 de Mayo;

Cada una de estas capas y recortes conserva la tabla de atributos asociada. A modo de ejemplo, se exponen las siguientes capas de información (Figuras N°19 y 20).

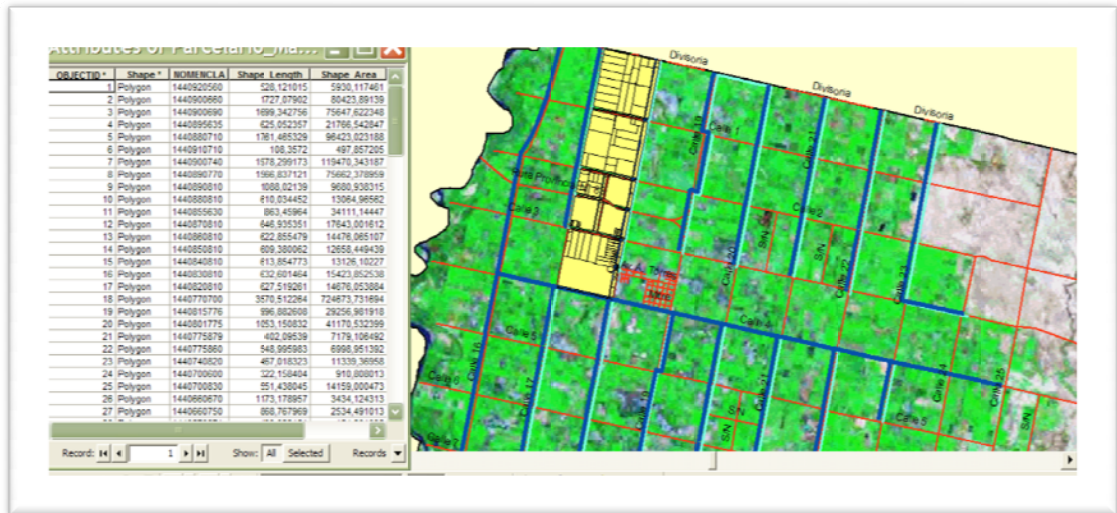


Figura N° 19. Representación y superposición de distintas capas de información y tabla de atributos asociada.

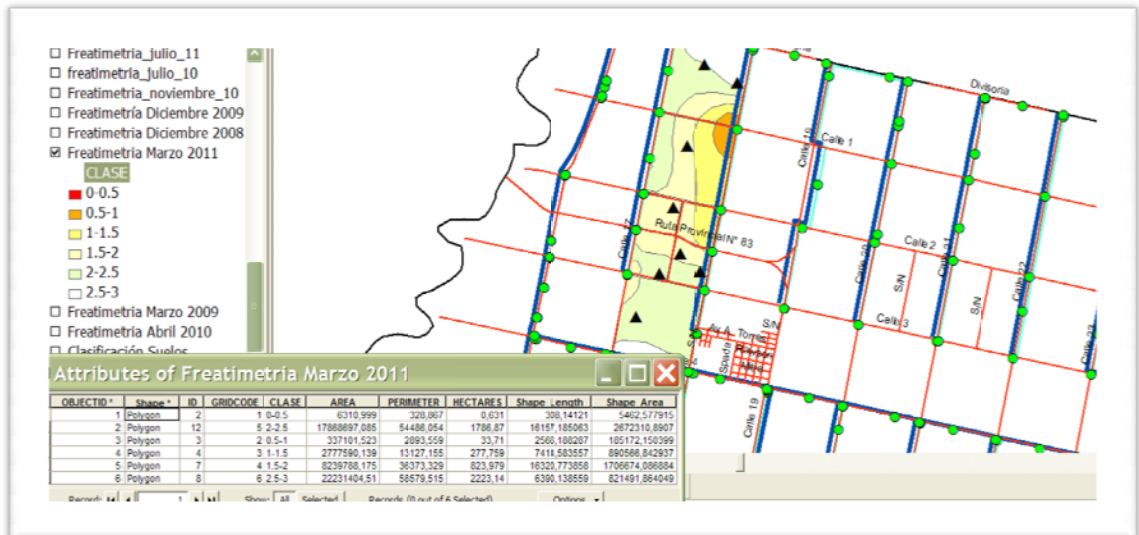


Figura N° 20. Representación y superposición de distintas capas de información y tabla de atributos asociada.

3.7. Cartografía temática

Esta etapa se relaciona al tratamiento de la cartografía temática, entendiéndose como mapa temático, a “aquel que, sobre una base cartográfica simplificada, representa fenómenos geográficos, tanto cualitativos como cuantitativos. Un mapa temático es en buena medida el final del proceso

investigado. De esta forma, el mapa será la suma de las fuentes y de la propia aportación o interpretación personal del investigador” (Dominguez Bravo, 2000)

Estos mapas temáticos son el resultado de la integración de distintas variables y representan aspectos cuantitativos de distribución de fenómenos en el espacio en un momento determinado, tales como las curvas de nivel de igual nivel de profundidad de agua freática, para distintas lecturas (isobatas).

En esta la última etapa, del proceso metodológico, se gestionó mediante el SIG. la producción de las salidas gráficas o cartografía temática, con el objetivo de comunicar información geográfica que sea soporte para la resolución de problemas. A partir de la opción de “Layout view” se generaron plantillas para la confección de los distintos mapas temáticos. Los mismos se mencionan a continuación y se presentan en el capítulo de resultados de este trabajo (Mapas N°2 al N°9):

- Delimitación y localización del área de estudio.
- Área de estudio: clasificación de suelos y red de riego (principal y secundaria)
- Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de diciembre de 2008 y distribución de freáticos.
- Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de marzo de 2009 y distribución de freáticos.
- Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de diciembre de 2009 y distribución de freáticos.
- Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de abril de 2010 y distribución de freáticos.

- Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de noviembre de 2010 y distribución de freaímetros.
- Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de marzo de 2011 y distribución de freaímetros.

4. RESULTADOS

En el capítulo anterior se establecieron los pasos metodológicos para implementar una geodatabase (GDB) y su gestión en un SIG. En tanto que, en este capítulo, se presentarán los resultados obtenidos a partir del uso del software y sus aplicaciones.

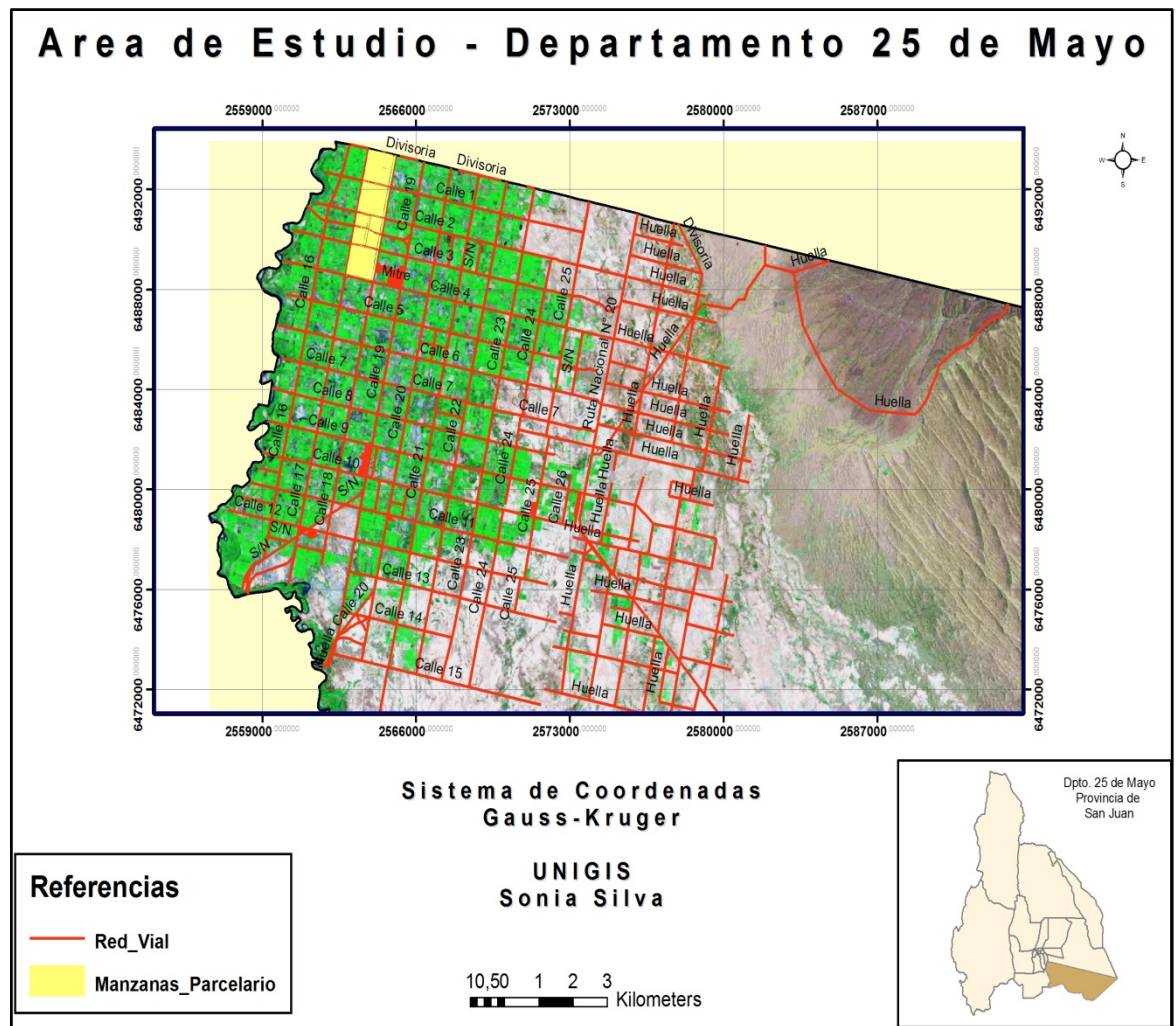
Los mapas están generados con la siguiente información de referencia:

- Sistema de Coordenadas: Transverse Mercator
- Proyección: Transverse_Mercator
- Falso Este: 2500000,000000
- Falso Norte: 10002283,300000
- Meridiano Central: -69,000000
- Factor de Escala: 1,000000
- Latitud de Origen: 0,000000
- Unidades Lineales: Meter
- GCS_Campo_Inchauspe
- Datum: D_Campo_Inchauspe
- Gauss-Kruger Faja 2

4.1. Delimitación y localización del área de estudio

Con la información obtenida del Atlas Socioeconómico de San Juan, se confeccionó el mapa de la delimitación del área de estudio, que contiene:

- Recorte de la imagen satelital Landsat,
- Red vial,
- Manzanas-Parcelario,
- Contorno del departamento.

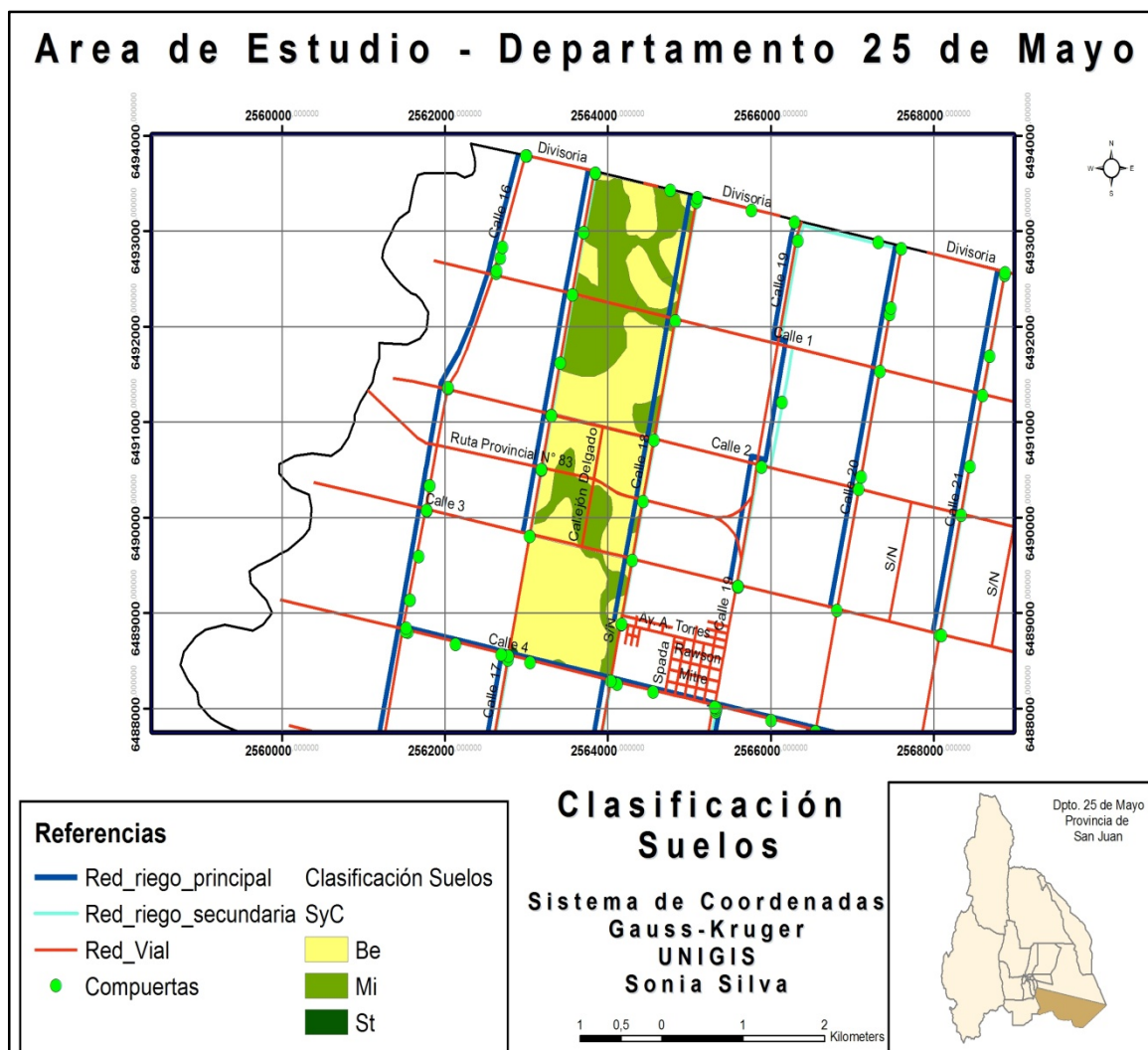


Mapa N°2: Delimitación del área de estudio. Dpto. 25 de Mayo, provincia de San Juan.

4.2. Clasificación de suelos y red de riego (principal y secundaria).

Con la información de base contenida en el mapa de delimitación de área, y la información generada a través del PROFEDER, relacionada a la gestión integrada del agua de riego, se confeccionó el mapa de la clasificación de suelos, que contiene:

- Localización de compuertas,
- Red de riego principal ,
- Red de riego secundaria,
- Red vial,
- Clasificación de suelos,
- Contorno departamental.



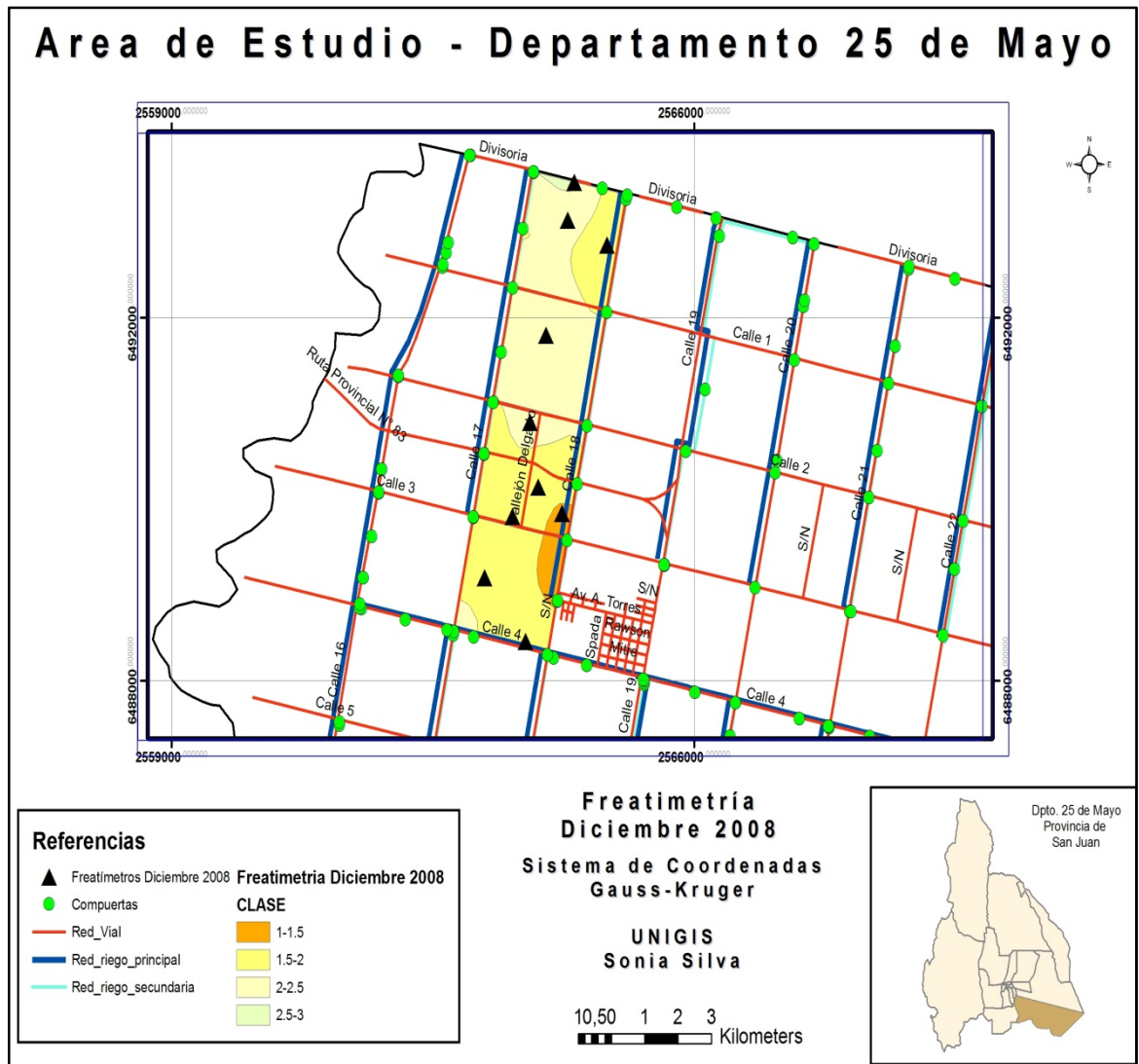
Mapa N°3: Área de estudio: clasificación de suelos y red de riego (principal y secundaria).

4.3. Isobatas correspondientes a la lectura de diciembre de 2008 y distribución de freáticos.

Se recuperaron mapas con curvas de nivel de igual profundidad del nivel freático (isobatas) y se determinaron las superficies afectadas a diferentes rangos de profundidad: hasta 1,00m; de 1,00 a 1,50m; de 1,50 a 2,00m; de 2,00 a 2,50m; de 2,50 a 3,00m y de más de 3,00m. para diferentes fechas de lecturas (mes/año). Se representaron a través de la simbología con la categoría “valores únicos” .Estos mapas contienen:

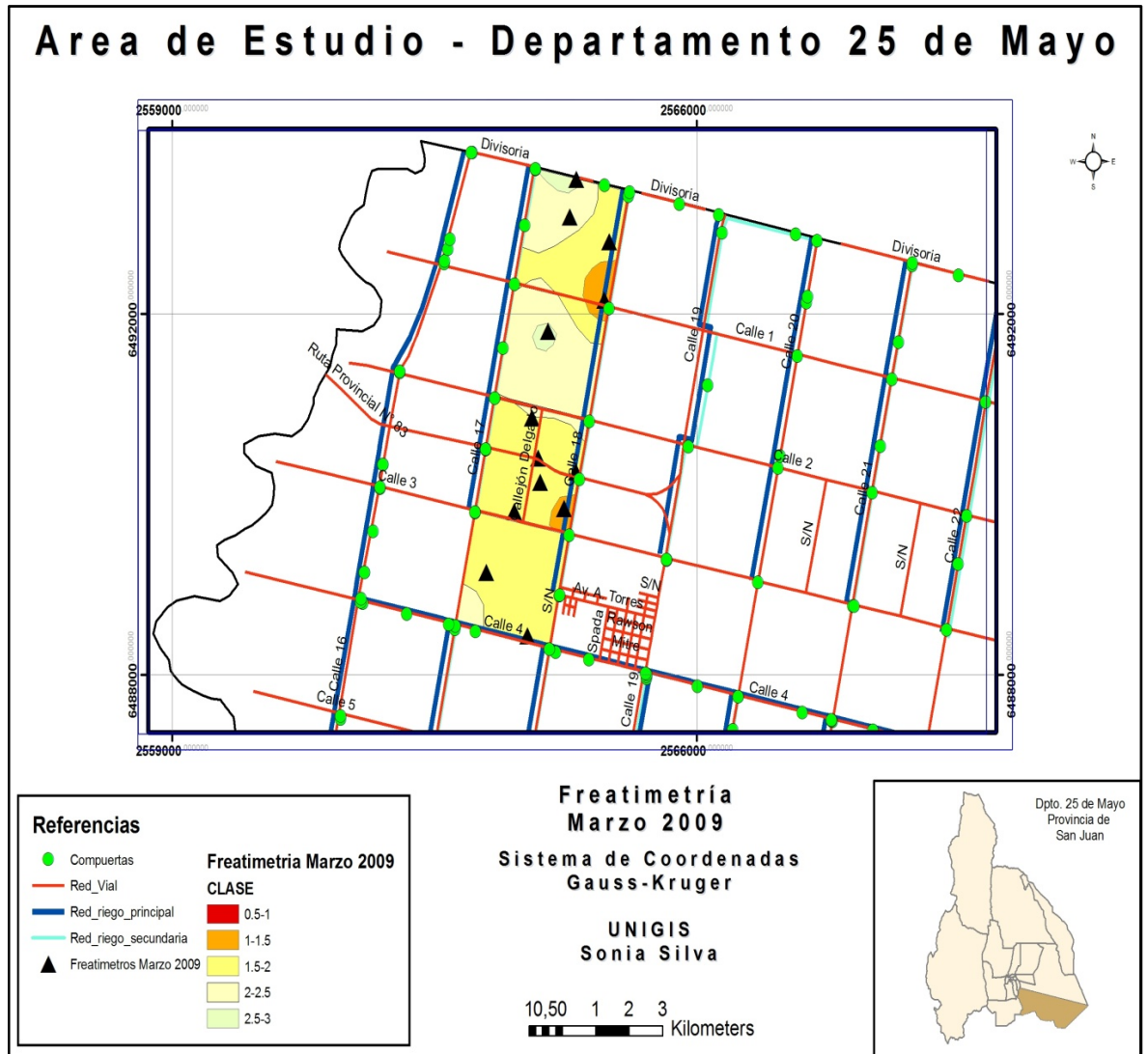
- Red vial,
- Red de riego principal,
- Red de riego secundaria,
- Localización de compuertas,
- Localización de freaímetros,
- Contorno departamental.

Algunas capas de información se repiten para los siguientes mapas, con la variación de los meses y años de lecturas de niveles freáticos, en los que varían también las isobatas y la localización de los freaímetros. (Mapas N°4 al N°9).



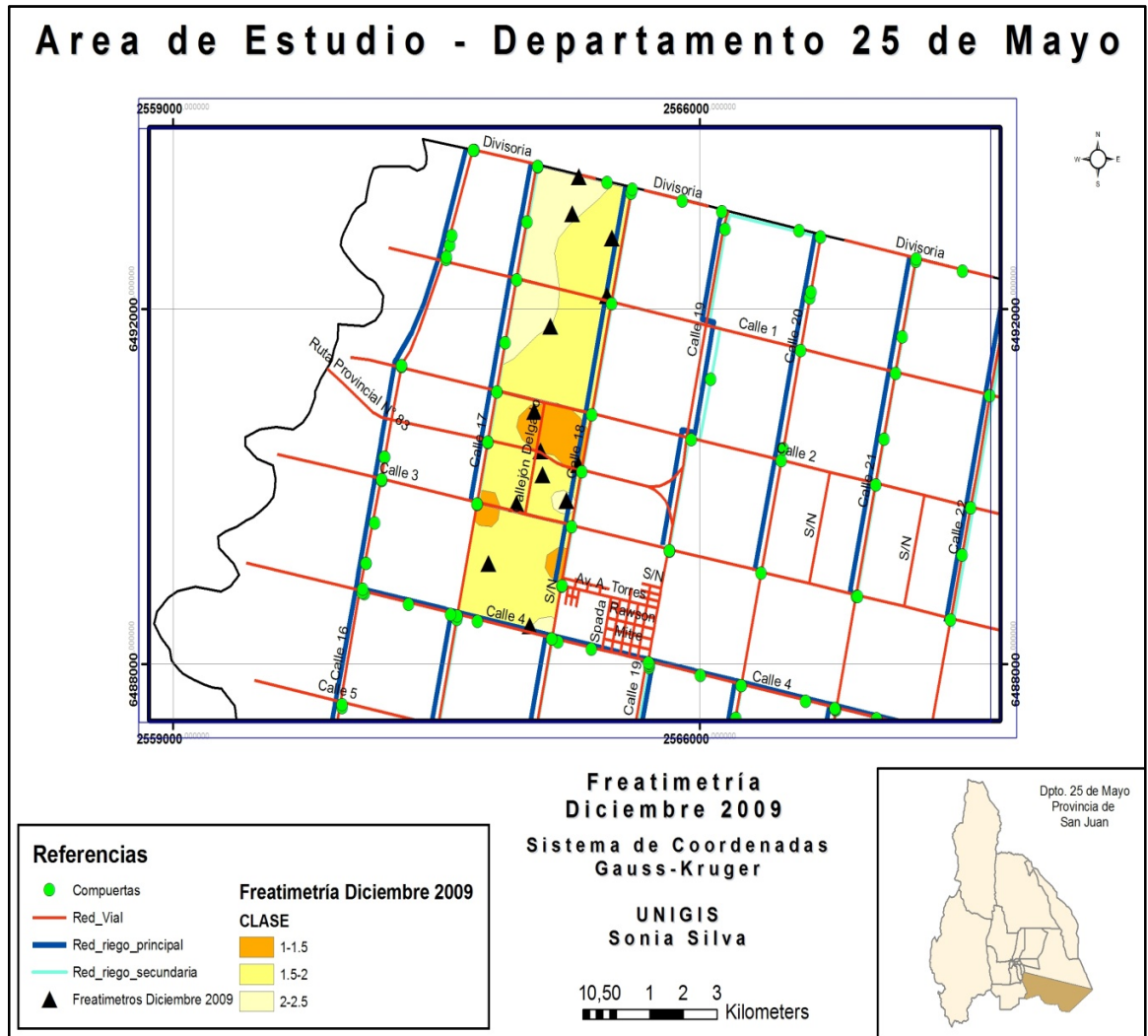
Mapa N° 4: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de marzo 2009 y la distribución de freaticmetros.

4.4. Isobatas correspondientes a la lectura de marzo de 2009 y distribución de freaímetros.



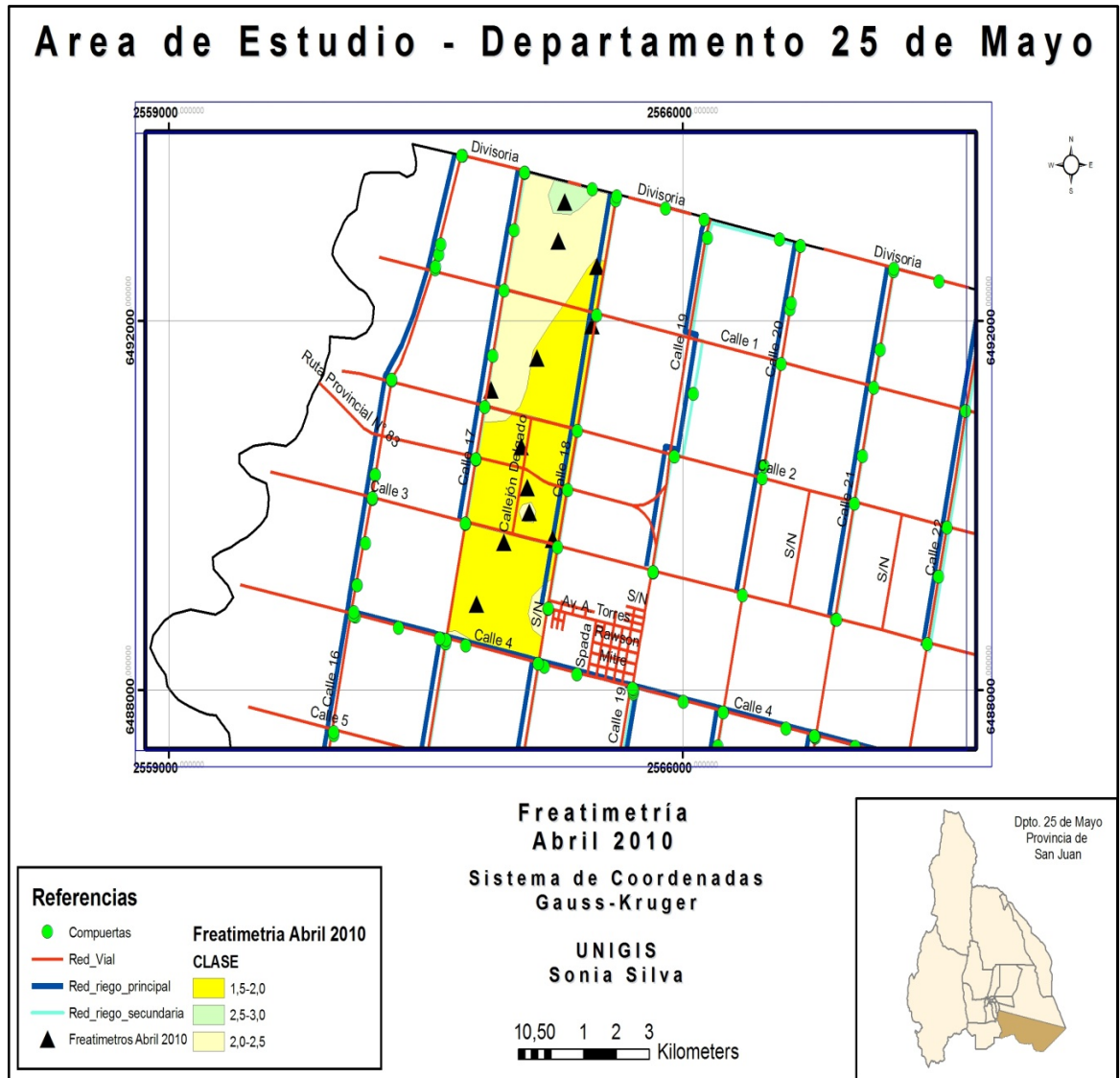
Mapa N° 5: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de marzo 2009 y la distribución de freaímetros.

4.5. Isobatas correspondientes a la lectura de diciembre de 2009 y distribución de freatímetros.



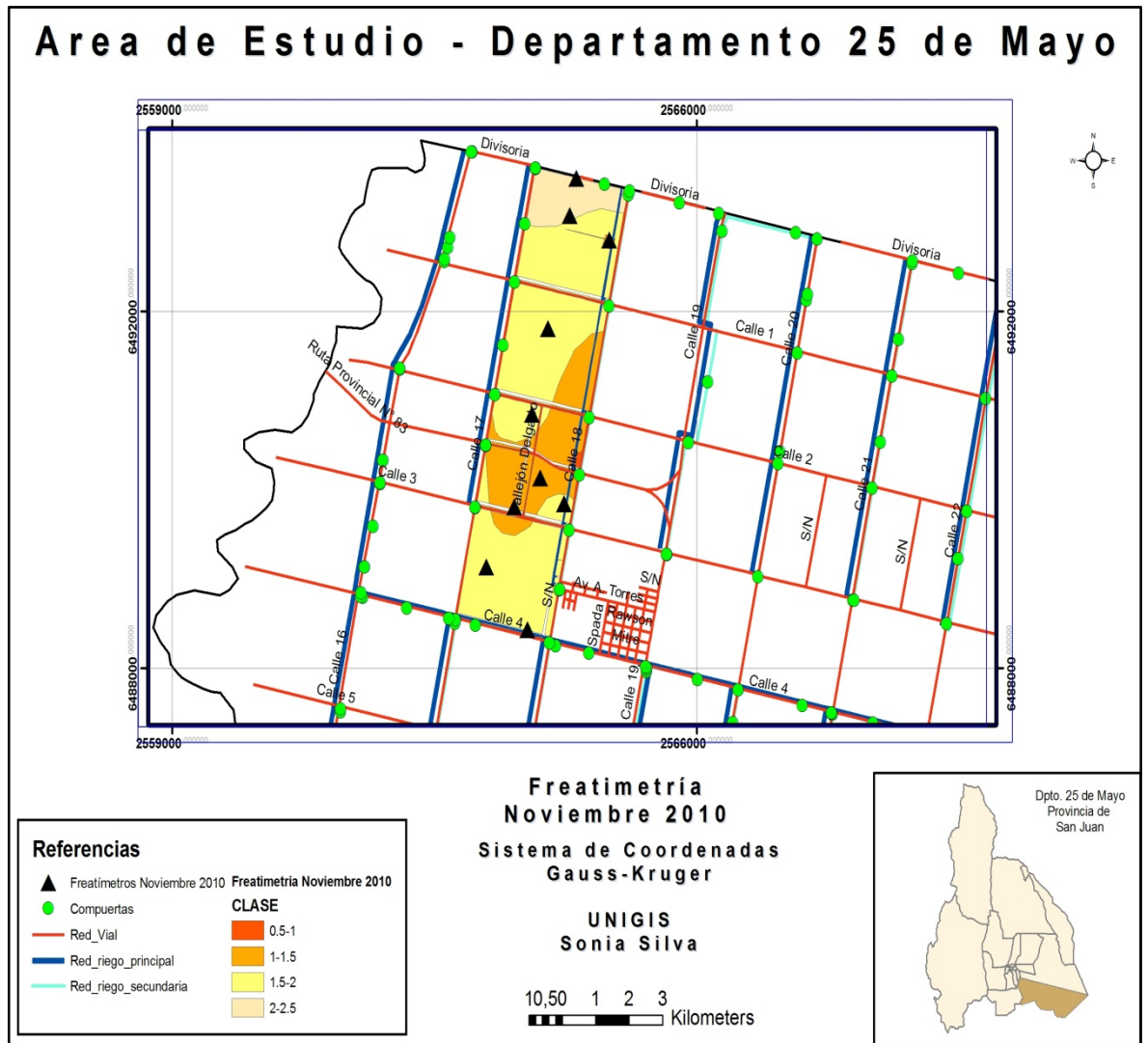
Mapa N° 6: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de diciembre 2009 y la distribución de freatímetros.

4.6. Isobatas correspondientes a la lectura de abril de 2010 y distribución de freatímetros.



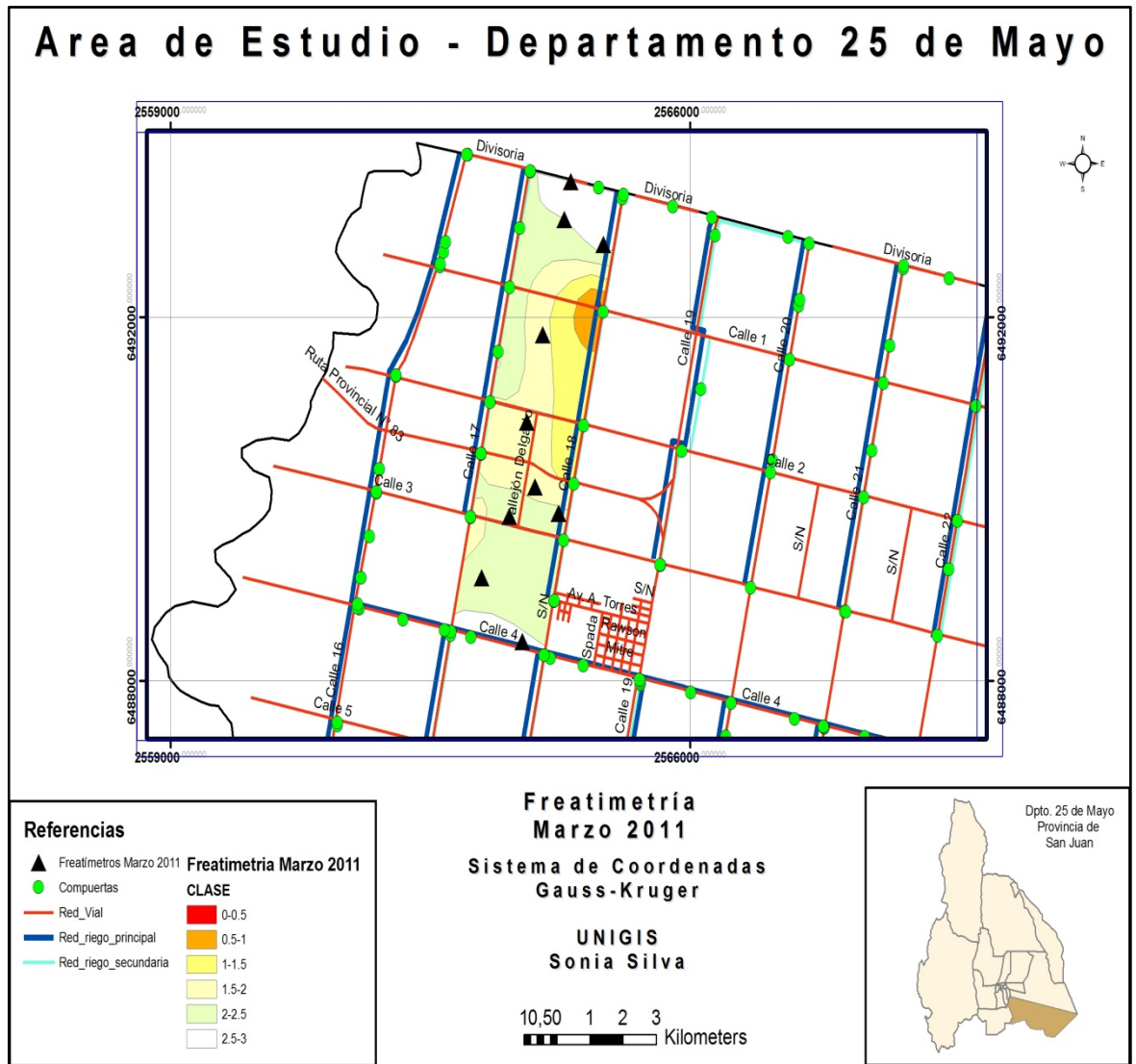
Mapa N° 7: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de abril de 2010 y la distribución de freatímetros.

4.7. Isobatas correspondientes a la lectura de noviembre de 2010 y distribución de freáticos.



Mapa N° 8: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de noviembre 2010 y la distribución de freáticos.

4.8. Isobatas correspondientes a la lectura de marzo de 2011 y distribución de freáticos.



Mapa N° 9: Representación de las isobatas correspondientes a la lectura de marzo 2011 y la distribución de freáticos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se logró recuperar toda la información existente en formatos digital y no digital de lo que resultó una geodatabase (GDB) que efectivamente pudo ser gestionada en un sistema de información geográfica (SIG) lo que permite, en la medida en que se genere información, su constante actualización.

Se estandarizó la información en un mismo sistema de coordenadas, logrando su integración en el sistema y, al mismo tiempo, la integración de los procesos, permitiendo el fácil acceso a la información.

Durante el proceso de diseño de la GDB y la gestión en el SIG, el software ArcGIS, permitió adaptarse de manera cómoda a sus aplicaciones.

Se cumplieron los objetivos propuestos, efectivizando la sistematización de la información, utilizando el soporte SIG, desarrollando todos los procesos hasta obtener, como producto final, la cartografía temática que se transforme en una herramienta para la toma de decisiones.

Finalmente, la GDB para el Área Piloto de 25 de Mayo, provincia de San Juan, se convirtió en el primer antecedente de estas características, que recupere, recopile, administre información proveniente de distintos formatos que, hasta el inicio de este trabajo, se encontraba dispersa y sin prestar servicio a quien lo requiriera.

5.2. Recomendaciones

El presente trabajo tiene por finalidad mejorar la GDB implementada, mediante su permanente actualización, pero además pretende que sea de utilidad para implementarla en investigaciones similares, ya que mediante ésta se logra realizar un manejo eficiente, efectivo y seguro de la información.

Se espera sirva como antecedente para que toda la información que se genere en distintos ámbitos relacionados a la agricultura y a los recursos naturales, recopilen la información, implementen una GDB y la gestionen a través de un SIG.

Este proceso conlleva muchas ventajas, entre ellas:

- Organiza los datos geográficos en jerarquías de objetos de datos,
- Establece relaciones entre objetos, además, tienen propiedades y comportamientos,
- Evita la redundancia de datos, ya que se almacenan una única vez, implementa una base de datos unificada,
- Evita inconsistencias dada la integridad de los datos,
- Es precisa en el ingreso y la edición de los datos,
- Los usuarios pueden trabajar con objetos en forma intuitiva,
- Posibilidad de mejorar la cartografía,
- Almacena tipos de relaciones topológicas,
- Integra atributos geográfico y alfanúmericos,
- Puede representar datos geográficos de cuatro modos diferentes: objetos discretos mediante vectores, fenómenos continuos mediante

raster, superficies mediante TINs y referencias a lugares mediante localizadores y direcciones,

- Es un formato de datos nativo para todas las aplicaciones en ArcGIS,
- Se puede implementar a través de dos modalidades: personal y multiusuario,
- Es un almacenamiento físico de información geográfica dentro de un sistema de manejo de bases de datos (DBMS).

En menor número pueden señalarse algunas desventajas de la GDB, a saber:

- La gran desventaja es que sin la plataforma ArcGIS, es imposible implementarla, y su adquisición resulta onerosa,
- Dependiendo de las características del hardware, el SIG integrado demuestra lentitud en las operaciones,
- En algunos casos, un usuario es insuficiente para manejar gran cúmulo de información junto a los procesos relacionados,

Por último, insistir en la necesidad de almacenar y archivar toda la información, que se genere en un proyecto de investigación, en el formato digital adecuado, para evitar inconsistencias en las fuentes y en los datos, resguardar su integridad y facilitar la implementación de la base de datos y su gestión.

BIBLIOGRAFÍA

- Barbieri, R. (2013). Sistema Gauss-Krüger. Rio Negro, Argentina.
- CEFOCCA. (2010). Atlas socioeconómico de la Provincia de San Juan. San Juan, San Juan, Argentina: Centro de Fotogrametría, Cartografía y Catastro. .
- Chaglla Rodriguez, L. (2011). *Diseño e implementación de una aplicación SIG para administración del sistema hídrico en la unidad Plan de Ordenamiento Rural de la Municipalidad de Cuenca, utilizando ArcGIS Desktop y ArcGIS Server Enterprise*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana.
- Ciampagna, J. M. (2010 йил 12-Новiembre). *El blog del Profesor José*. Retrieved 2013 from <http://elprofejose.com/2010/11/12/%C2%BFpor-que-usar-una-geodatabase/>
- Compte, M. S. (2007). Módulo N°4: Bases de datos espaciales. 2. UNIGIS para América Latina.
- Dominguez Bravo, J. (2000). *Breve introducción a la Cartografía y a los sistemas de información geográfica (SIG)*. Ministerio de Ciencia y Tecnología , Departamento de Informática. Madrid: CIEMAT.
- ESRI. (n.d.).
- ESRI. (2003). *www.esri.com*.
- ESRI. (2009). Generalidades de los SIG.
- Estes, S. y. (1990). Qué son los sistemas de información geográfica. (P. A. Geográfica, Ed.) UNIGIS para América Latina.
- García Ruiz, L. y. (2009 йил 19-Marzo). *Diseño de un modelo de datos geográficos que soporte la gestión en organizaciones ambientales*. Medellín, Colombia: Facultad de Ingeniería. Posgrados en Ambiental. Universidad de Antioquía.
- I.G.N. (2012 йил Noviembre). *Sitio web del Instituto Geográfico Nacional*. From Sitio web del Instituto Geográfico Nacional: <http://ign.gob.ar>

- INTA. (1976). *Estudio de suelos y drenaje del valle de Tulum*. Informe técnico, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Area Suelo y Riego, San Juan.
- Jimenez Bello, M. M. (2004). Modelización de una comunidad de regantes de riego localizado a presión en un entorno SIG para su gestión agronómica e hidráulica. *XXII Congreso Nacional de Riesgos*. Logroño, España.
- Labrandero, J. y. (1995). Evaluación de tierras y sistemas de información geográfica en la planificación de los montes de Toledo. *Boletín de la A.G.E.*(20), 135-146.
- Lo, C. y. (2002). *Concepts and techniques of geographic information systems*. (Segunda Edición ed.). New Delhi: Prentice-Hall.
- Mena, C. O. (2007). Desarrollo de un sistema de información geográfica para mejorar la gestión del agua de riego del embalse Convento Viejo, Chile. *Agricultura Técnica*, 67(1).
- Narváez Rodríguez, B. (2009 йил 16-Marzo). *Estudio comparativo de geodatabase aplicado al levantamiento de la línea de base en las comunidades de la Cocihc, Fundación Marco*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y Electrónica. Escuela de Ingeniería en Sistemas, Riobamba, Ecuador.
- Negrete López, G. y. (2004). *Arquitectura híbrida de acceso y visualización de datos*. Tesis de grado, Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales, Puebla, México.
- Peña Martínez, M. y. (2009 йил 15-Febrero). Elaboración de áreas de drenaje como unidades de agregación de información e implementación de álgebra de mapas como herramientas para la planificación ambiental en el departamento Cauca. Cauca, Colombia.
- PROFEDER-INTA. (2009). *Gestión integrada del agua de riego en el sector agrícola del departamento de 25 de Mayo*. Informe técnico de suelo y riego por Mario Liotta, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, San Juan.
- PROSAP-INTA, C. (2009). *Desarrollo agrícola y gestión del área bajo riego del Canal de Norte-25 de Mayo*. Informa técnico, San Juan.
- Turbau E., S. J. (2007). Módulo 1: Introducción a los sistemas de información geográfica. *I. UNIGIS para América Latina*.

Turbau E., S. J. (2007). Módulo 1: Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. *1. IUNIGIS para América Latina.*