



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE SOCIOECONOMÍA, ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

COMPUTO APLICADO

BASES DE DATOS GEO-ESPACIALES PARA INVESTIGACIÓN EN AGRICULTURA Y RECURSOS NATURALES: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

HILDA IRENE CAMACHO VÁZQUEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis titulada: **Bases de Datos Geo-Espaciales para Investigación en Agricultura y Recursos Naturales: Especificaciones Técnicas de Diseño e Implementación**, realizada por la alumna: Hilda Irene Camacho Vázquez bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
SICIOECONOMIA ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA

CÓMPUTO APLICADO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA




Dra. Yolanda Margarita Fernández Ordoñez

ASESOR



Dr. Jesús Soria Ruiz

ASESOR



Dr. Miguel Jorge Escalona Maurice

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Abril de 2013

**BASES DE DATOS GEO-ESPACIALES PARA INVESTIGACIÓN EN
AGRICULTURA Y RECURSOS NATURALES: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN**

Hilda Irene Camacho Vázquez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

RESUMEN

La realización de operaciones con Sistemas de Información Geográfica y de análisis de imágenes de Percepción Remota produce resultados que se insertan y manejan en bases de datos, que se convierten en la médula de cualquier aplicación relacionada con la investigación en agricultura y recursos naturales. Cada uno de esos sistemas cuenta con un modelo de datos propio y con funciones de manejo de sus bases de datos. Al no existir un modelo de datos ni funciones estándar para esas bases de datos, el intercambiar y compartir resultados de diversas aplicaciones es un proceso que generalmente requiere intervención manual del usuario y resulta tedioso o confuso para muchos usuarios. Aunque estos sistemas ofrecen funciones de exportación/importación de capas, dejan aspectos importantes para verificación por parte del usuario, en lo que respecta a compatibilidad, por ejemplo, en formatos de archivos, escala geográfica y proyecciones cartográficas. Por otro lado, en muchas ocasiones los productores de información geográfica omiten datos descriptivos relevantes (metadatos) correspondientes a la información geográfica de sus trabajos. Esta tesis aborda un enfoque metodológico para la construcción de la “GeoBase L9”, una base de datos geoespacial, que facilita el intercambio de productos geográficos entre usuarios, basándose en un esquema de metadatos propio y en la construcción de un sistema de visualización de los productos vía web. La GeoBase L9 sirve a una comunidad de investigadores en agricultura y recursos naturales interesados en una misma área geográfica. El contenido de la GeoBase L9, lo aportan los investigadores para compartirlo y a su vez utilizar los productos de otros investigadores en sus propios estudios. Se construyó un prototipo como validación del enfoque metodológico y para la visualización del contenido, como medios de retroalimentación de los usuarios para una siguiente versión de la GeoBase L9.

Palabras clave: base de datos geoespaciales, metadatos, GeoBase L9, productos geográficos.

**GEOESPATIAL DATABASE FOR RESEARCH IN AGRICULTURE AND NATURAL
RESOURCES: TECHNICAL SPECIFICATION OF DESIGN AND
IMPLEMENTATION**

Hilda Irene Camacho Vázquez, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2013

ABSTRACT

Performing operations with Geographic Information Systems and Remote Sensing image analysis systems generates results which are inserted and managed in a database, thus becoming the core of any application related with research in agriculture and natural resources. Each of these systems has a proprietary data model and its own database management functions. Since there exists no standard for these data models or for the database functions, exchanging and sharing of results among a variety of applications is a cumbersome and tedious process for many users, requiring direct manual intervention from the user. Even though these systems offer export/import functions, they leave important aspects concerning compatibility for users to verify, such as file formats, geographic scale and cartographic projections. On the other hand, in many occasions geographic information producers omit relevant descriptive data (metadata) concerning the geographic information of their work. This thesis concerns a methodological approach towards the construction of “GeoBase L9”, a geospatial database which facilitates the exchange and sharing of geographic products among users, based on an own metadata schema and on a visualization system of the products via web. GeoBase L9 serves a community of users in agriculture and natural resources interested on a common geographic area. The contents of GeoBase L9 are provided by the researchers in order for it to be shared and at the same time to use the products of other researchers in their own studies. A prototype system was built as validation of the methodological approach and for visualization of the contents as means to obtain user feedback for a further version GeoBase L9.

Key words: geospatial databases, metadata, GeoBase L9, geographic products.

AGRADECIMIENTOS

Me lo contaron y lo olvidé;
lo vi y lo entendí;
lo hice y lo aprendí.
Confucio.

Al Colegio de Postgraduados por brindarme la oportunidad de seguir forjando mí camino profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico durante este periodo de transición.

A la Dra. Yolanda M. Fernández Ordoñez por darme la oportunidad de robarle un poco de lo mucho que conforma su sabiduría y por su apoyo para la realización de este trabajo.

A los Drs. Jesús Soria Ruiz, Miguel Escalona Maurice y Antonia Macedo Cruz por la paciencia y las aportaciones hechas para el mejoramiento del presente trabajo.

A todos los Profesores del Postgrado de Cómputo Aplicado por todas las enseñanzas, aportando un cambio completo en la forma de mi pensamiento.

Al personal administrativo Isabel, Carmen y Héctor del área de Estadística y Cómputo, por las facilidades, confianza y amistad brindados durante mi periodo de estudiante.

A mi esposo David por su paciencia, motivación y apoyo para superar las adversidades escolares y profesionales.

A mis compañeros y amigos Areli e Israel, por la convivencia y aventuras disfrutadas. Obed Judith, Marco y Edna por los consejos aportados en el inicio de este camino.

A la familia García Cíntora, Olivia y Don Fay por la preocupación, motivación y apoyo brindados.

DEDICATORIA

A mi madre Ilda Irene Vásquez Huitrón, pues con su ejemplo de lucha y amor, ha forjado y hecho de mi la persona que soy ahora.

A mis hermanos Frida y Jorge, espero este logro sea de **inspiración** para su superación profesional.

A mis tíos Betty, Conchis, Tavo, Memo, Xochitl y Mario, pues me enseñaron que la mejor manera de superación es el estudio y la preparación.

A mis padrinos Baltasar e Irasema, pues son el más grande ejemplo de humildad, honestidad y trabajo continuo.

A mis primos Memo, Aleida, Alejandra, Carlos e Ivanna, es una muestra de lo mucho que se puede lograr en esta vida y de la satisfacción que es cumplir las metas que nos proponemos.

A mis suegros Juanita y Cecilio, pues me han brindado un gran cariño.

A mis padrinos Manuel Cíntora y Rosa Rivera, pues son un ejemplo de lucha constante personal y profesionalmente.

A mi abuela † Ma. Asunción Huitrón López, la mayor fuente de inspiración, **donde quiera que estés.**

A mi esposo David García, pues se cumple una de las metas que nos hemos propuesto en nuestro camino familiar y profesional. *Por un viaje de grandes aventuras.*

Sinceramente Hilda Irene.

CONTENIDO

RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
AGRADECIMIENTOS	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ESTADO DEL ARTE DE LAS BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS	4
2.1. ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS	4
2.2. MODELACIÓN DE BASES DE DATOS RELACIONALES Y POR OBJETOS.....	5
2.2.1. <i>Bases de Datos Relacionales</i>	6
2.2.2. <i>Bases de Datos Orientadas a Objetos</i>	8
2.3. MODELACIÓN DE BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS.....	9
2.3.1. <i>Herramientas de Estructuración</i>	10
2.3.2. <i>Modelo Entidad/Relación Extendido</i>	11
2.3.3. <i>Modelado de Aplicaciones de Datos (MADS)</i>	11
2.3.4. <i>Lenguaje Unificado de Modelado (UML)</i>	12
2.3.5. <i>Descripción de los Datos Geográficos (METADATOS)</i>	13
2.4. SOFTWARE PARA ACCESO, MANEJO Y VISUALIZACIÓN	14
2.4.1. <i>PostgreSQL y PostGIS</i>	15
2.4.2. <i>Procesador de Hipertexto (PHP)</i>	17
2.4.3. <i>Servidor Web APACHE</i>	18
2.4.4. <i>Lenguaje de Consultas SQL</i>	19
2.4.5. <i>Lenguajes de Etiquetas HTML Y CSS</i>	21
2.4.6. <i>Infraestructura Digital CODEIGNITER</i>	22
2.4.7. <i>Servidores de Mapas</i>	23
2.4.7.1. Mapserver	23
2.4.7.2. Geoserver	27
III. OBJETIVOS	32
3.1. OBJETIVO GENERAL:	33
3.2. OBJETIVOS PARTICULARES:.....	33

IV. MATERIALES Y MÉTODOS	34
4.1. LA GEOBASE L9	34
4.1.1. Contexto de Uso.....	34
4.1.2. La Cuenca Como Unidad de Estudio	35
4.1.3. Contenido y Manejo.....	36
4.1.4. Usuarios y Políticas de Uso	37
4.2. PRINCIPALES ACTIVIDADES PARA CUBRIR LOS REQUISITOS	38
4.3. MODELACIÓN DE LA GEOBASE L9.....	40
4.3.1. Modelo de Metadatos L9.....	40
4.3.2. Modelo Conceptual de la GeoBase L9	42
4.3.3. Modelo Lógico de la GeoBase L9	44
4.3.4. Modelo Físico de la GeoBase L9.....	44
4.4. ARQUITECTURA E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	45
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
5.1. EL SISTEMA	53
5.2. BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS	58
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES	61
VIII. REFERENCIAS.....	62
IX. APÉNDICE	66
9.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA	66
Introducción	66
Programación general de la página web.	66
Programación de la plantilla para registro de usuarios.....	67
Programación de la plantilla para la elección de la actividad que desea realizar el usuario.....	67
Programación de la plantilla de edición de metadatos y carga de imagen nuevos.....	68
Programación de la plantilla de búsquedas de datos geográficos	69
Programación de la plantilla de edición/modificación de metadatos.	70

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Tabla 1: Modelación Conceptual, Lógica y Física de una base de datos (ejemplo: relacional)</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2: Comparación entre clases UML y MADS.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 3: Usuarios, roles y privilegios en la GeoBase-L9</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4: Metadatos incluidos en la GeoBase L9.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 5: Caso de Uso: Registro de Usuarios.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 6: Caso de Uso: Guardar imagen nueva y metadatos.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 7: Caso de Uso: Consulta de Datos</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 8: Caso de Uso: Impresión de metadatos</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 9: Caso de Uso: Visualización de mapa</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 10: Caso de Uso: Edición de metadatos</i>	<i>51</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Pasos para el planteamiento de Requisitos de un sistema</i>	5
<i>Figura 2: Esquema conceptual MADS</i>	12
<i>Figura 3: Interfaz gráfica de PostgreSQL y plugin para cargar archivos shape</i>	16
<i>Figura 4: Sintaxis de PHP</i>	18
<i>Figura 5: Prueba de funcionamiento de Apache dentro de localhost</i>	19
<i>Figura 6: Consultas SQL en la interfaz de PostgreSQL y dentro de la sintaxis PHP</i>	20
<i>Figura 7: Sintaxis CSS y HTML</i>	22
<i>Figura 8: Mapserver en funcionamiento</i>	24
<i>Figura 9: Ejemplo de estructuración de un archivo Mapfile</i>	25
<i>Figura 10: ejemplo de elemento visualizado desde la aplicación web de la GeoBase; ruta http://localhost/cgi-bin/mapserv.exe?mode=map&map=C:/ms4w/Apache/htdocs/cin_2/visual/d1403e.map&SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=GetMap&LAYERS=d1403e_wgs84.shp&STYLES=&SRS=EPS</i>	26
<i>Figura 11: Interfaz de inicio de Geoserver</i>	27
<i>Figura 12: Generación de un espacio de trabajo en geoserver</i>	28
<i>Figura 13: Generación de un almacén de datos en geoserver</i>	29
<i>Figura 14: Carga y publicación de imágenes vectoriales (shapefile) y raster (geotiff) en geoserver</i>	30
<i>Figura 15: Imagen tipo raster (geotiff) publicada por geoserver</i>	31
<i>Figura 16: Imagen tipo vector (shapefile) publicada por geoserver</i>	31
<i>Figura 17: Modelo Conceptual GeoBase L9</i>	43
<i>Figura 18: Clase: dato geográfico</i>	43
<i>Figura 19: Modelo lógico de la GeoBase L9</i>	44
<i>Figura 20: Modelo Físico de la GeoBase en PostgreSQL</i>	45
<i>Figura 21: Arquitectura de la GeoBase L9</i>	46
<i>Figura 22: Arquitectura de sistema con UML</i>	47
<i>Figura 23: Diagrama de casos de uso de la GeoBase (notación UML)</i>	48
<i>Figura 24: Interfaz de acceso a la GeoBase L9</i>	54
<i>Figura 25: Plantilla de selección de actividad dentro de la Geobase L9.</i>	54
<i>Figura 26: Plantilla de búsqueda de información geográfica digital dentro de la GeoBase L9.</i>	55
<i>Figura 27: Listado de los títulos de la información geográfica que cumple con ciertos criterios de búsqueda.</i> ...	56
<i>Figura 28: Consulta de metadatos en formato PDF expuesto por el sistema.</i>	56
<i>Figura 29: Vista de la información geográfica a) raster, b) vectorial, en la GeoBase L9 mediante geoserver.</i> ...	57

I. INTRODUCCIÓN

La realización de operaciones con Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sistemas de análisis de imágenes de Percepción Remota (PR) produce resultados que se insertan y manejan en bases de datos, conocidas como bases de datos geográficas o bases de datos geoespaciales. En la investigación en agricultura y recursos naturales las bases de datos geoespaciales se convierten en la médula de las aplicaciones y proyectos en este ámbito.

Como en cualquier tipo de base de datos (relacional, orientada a objetos u otra), el modelo de datos es un elemento esencial para el software de manejo así como para que los usuarios comprendan de manera lógica el contenido, organización y capacidades de dicha base de datos. En las bases geoespaciales, el módulo que realiza las funciones de un Sistema Manejador de Bases de Datos (SMBD) generalmente está integrado, pero puede producir formatos tabulares o *relacionales* para exportación a manejadores estándar como son los SMBD relacionales. Éstos y las bases de datos que con ellos se construyen, son las más usuales y prevalentes en muchos ámbitos de las aplicaciones informáticas, sobre todo de tipo administrativo. La tecnología de estas bases se fundamenta en el *modelo relacional de datos*, estructura formal propuesta por E.F. Codd desde los años 70 (Codd, 1970) (Codd, 1990). El enfoque relacional y sobre todo el lenguaje de consulta SQL que se convirtió en estándar en la industria, han dado lugar a una gran variedad de SMBD relacionales, tales como MySQL®, Postgres® y Oracle® entre otros (Silberschatz et al, 2012). Las bases de datos relacionales funcionan en cierta forma de manera independiente gracias al SMBD, es decir; no requieren de otro sistema para su administración, a diferencia de las bases geoespaciales en muchos sistemas que están insertas en el software de análisis espacial. Las aplicaciones en las bases relacionales, se desarrollan de manera que interactúan directamente con el SMBD y forman parte de los sistemas de información de algunas organizaciones.

Para las bases de datos geográficas generadas por los SIG y los sistemas de PR, no se cuenta con modelos de datos estándar, ya que cada sistema organiza conceptual y físicamente el manejo de datos geográficos de acuerdo a decisiones propias de los

fabricantes de ese software (Shekhar et al., 1999). Se maneja el término lógico de “capa” de información geográfica, pero cada sistema implementa sus “capas” de manera propia, el cual se refleja en las extensiones de los archivos. Cada sistema que maneja información geográfica usa su modelo de datos para materializar la localización de entes u objetos en el espacio geográfico. Para comunicarse con el usuario, el modelo de datos sirve para delimitar los términos y características que hacen referencia a los entes utilizados en los distintos procesos de análisis. El modelo de datos más entendido y que cada sistema materializa es el mapa. Éste es un modelo a escala de la realidad construido de acuerdo a convenciones internacionales sobre su representación en el espacio geográfico (proyección cartográfica, simbología, escala, etc.). La noción de capa puede equipararse a la representación de un mapa en formato digital que puede manipularse por computadora (Zeiler, 2010).

Hay una tendencia relativamente reciente hacia la estandarización, promovida para los sistemas abiertos y para facilitar la interoperabilidad, pero los sistemas propietarios no necesariamente siguen todas esas propuestas (OGC, 2004). Sin embargo, la mayoría de los sistemas admiten que los datos no geográficos se presenten en formato relacional o tabular, permiten su importación/exportación, y la simbiosis con sus datos geográficos la resuelven de manera ad hoc.

Como consecuencia de lo anterior, al no existir un modelo de datos ni funciones estándar para bases de datos geográficas, el intercambiar y compartir resultados de diversas aplicaciones, es un proceso generalmente manual y tedioso e incluso confuso para muchos usuarios. La mayoría de los sistemas sólo ofrecen funciones de exportación/importación de datos (capas u otros ítems), dejando al usuario la verificación, corrección o modificación de aspectos significativos en el tratamiento y aplicación de funciones. Tal es el caso de la verificación de compatibilidad de formatos y proyecciones que pueden dar como resultado, errores constantes en la transformación de datos entre sistemas.

En esta tesis se propone un diseño y especificaciones que permitan construir bases de datos geoespaciales accesibles vía web, orientadas a apoyar la investigación en agricultura y

recursos naturales, independientemente del sistema con el cual originalmente hubieran sido producidas. El resto del documento está organizado de la manera siguiente: en la sección II se presenta el estado del arte de las bases de datos geográficas, resaltando los requisitos para integrarlas, y el software disponible que permite la visualización vía web. En la sección III se presentan los objetivos del trabajo, en la sección IV los materiales y métodos empleados en la conceptualización y en la implementación del sistema de visualización. En la sección V se detallan y discuten los resultados obtenidos. En la sección VI se presentan las conclusiones de esta investigación, y finalmente en la sección VII se incluyen algunas recomendaciones para la continuación futura de este trabajo.

II. ESTADO DEL ARTE DE LAS BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS

El área de las bases de datos geográficas abarca diversos aspectos que son comunes con las bases de datos no geográficas como son la modelación conceptual, lógica y física que repercuten en la especificación e implementación del tipo de organización que se dará a los datos, en las condiciones y mecanismos mediante los cuales serán compartidos entre distintos usuarios y sobre todo la integración de datos provenientes de múltiples fuentes y su consulta. En esta sección se revisan someramente aspectos que conciernen a la definición de los requisitos resultantes del proceso de modelación y se presenta el software que permite la visualización vía web de una base de datos geográfica. Se describe brevemente el enfoque relacional y el orientado a objetos ya que conciernen directamente a este trabajo.

2.1. Especificación de Requisitos

Para el correcto diseño de un sistema, es indispensable llevar a cabo un proceso que permita definir *qué se realiza*, por *quién*, en *qué tiempo* y de *qué forma*, en el ámbito donde operará el sistema; es decir, una modelación general de su funcionamiento de acuerdo a los objetivos fijados e involucrando a los diferentes actores. Establecer estas definiciones de manera formal es lo que se denomina en computación Ingeniería de Requisitos (*Requirements Engineering*). En este proceso, se debe realizar una interpretación, análisis, modelación y validación del conocimiento del ámbito del sistema y de los usuarios para el completo entendimiento del funcionamiento del sistema. De esta manera se hacen explícitos los objetivos y las interacciones entre los actores (usuarios y administradores) para definir cómo se realizarían las funcionalidades del sistema. La especificación de requisitos puede ser hecha de manera simple usando lenguaje natural o mediante mecanismos más formales. La figura 1 resume los pasos a seguir de acuerdo a la ingeniería de requisitos (Nuseibeh & Easterbrook, 2000).

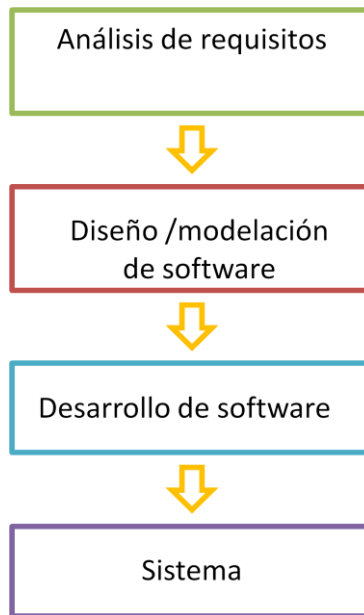


Figura 1: Pasos para el planteamiento de Requisitos de un sistema

Uno de los requisitos de un sistema en general y en particular de una base de datos, es satisfacer las necesidades de los usuarios, ya sea en la construcción de distintos elementos informáticos como la base de datos en particular. Las etapas clave como la identificación, análisis y especificación clara de los requisitos, son los procesos indispensables en el desarrollo, que deben documentarse, validarse y aplicarse durante todo el ciclo de vida del sistema (Pressman, 2005).

2.2. Modelación de Bases de Datos Relacionales y por Objetos

Existen diversas formas mediante las cuales es posible almacenar, estructurar y ordenar las grandes cantidades de datos obtenidas en distintos campos y ámbitos del mundo real (Stuller *et al.*, 2000). Las tecnologías desarrolladas para bases de datos permiten crear dichos acervos electrónicos y manipularlos mediante mecanismos y lenguajes para inserción, modificación, eliminación y restauración de datos (Silberschatz, et al., 2002), (Paredaens & Kuijpers, 1998).

Un SDBD permite crear y organizar las bases de datos utilizando modelos. Los modelos a utilizar dependen del dominio de la aplicación que se desea desarrollar y del uso que se dará a las bases de datos. En nuestro caso interesan las bases de datos que almacenan informaciones tabulares y que conciernen y se asocian con entes del espacio geográfico (Parent et al, 1999).

Para delimitar y plantear las principales características de una base de datos, es necesario realizar una modelación, es decir, se realiza una abstracción de los objetos/entes del mundo real y sus propiedades para ser representados en sistemas computacionales; la modelación se hace en diferentes etapas: *Modelación conceptual, lógica y física* (Connolly & Begg, 2005; Yeung & Hall, 2007), ver la Tabla 1.

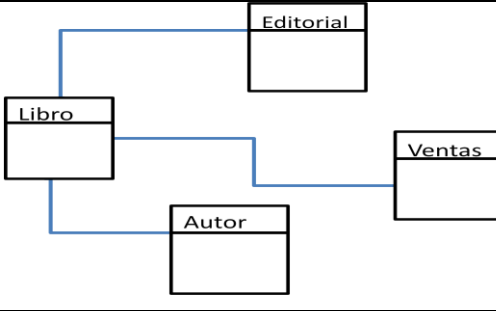
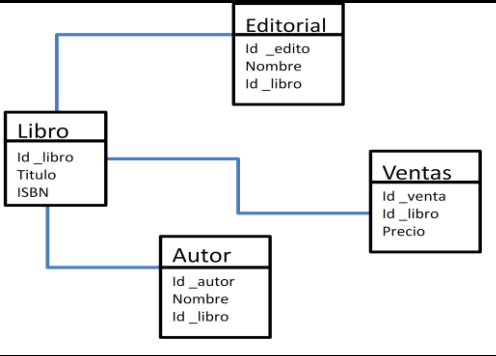
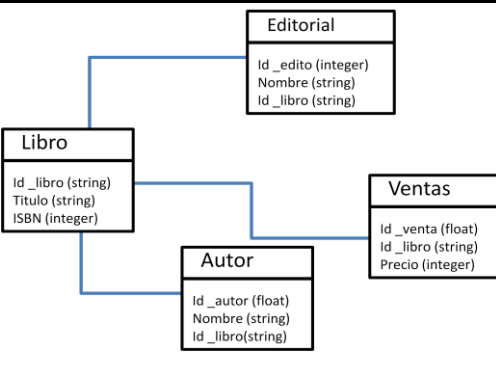
2.2.1. Bases de Datos Relacionales

Como se refirió en la Introducción, una base de datos relacional es aquella cuyos principios de organización y manejo informático se fundamentan en el *modelo relacional de datos* donde las relaciones son asociaciones entre conjuntos de valores. El modelo relacional fue definido en términos matemáticos de manera formal, pero en la práctica y desde una perspectiva lógica sencilla puede entenderse una base como un conjunto de tablas (las relaciones) que se vinculan entre sí por al menos un campo en común, donde las cabeceras de dichas tablas son atributos de los entes contenidos en una tabla. Los atributos pueden ser simples, compuestos, multivaluados o derivados. Entendido de esta manera el modelo relacional, que se ubica en el nivel lógico descrito en la Tabla 1, resulta relativamente simple y facilita el acceso a los datos mediante *consultas*. Éstas se especifican en el lenguaje de consultas SQL (*Structured Query Language*), que tiene un núcleo estándar para todos los sistemas relacionales.

La modelación de bases de datos relacionales generalmente parte de un ejercicio de modelación conceptual, para definir los datos que se requiere incorporar a la base de datos. Se usa la herramienta conocida como *modelo entidad/relación (E-R)* para capturar la

estructura estática de una base de datos y para representar una parte importante de la semántica de los mismos (Silberschatz, et al., 2002).

Tabla 1: Modelación Conceptual, Lógica y Física de una base de datos (ejemplo: relacional)

Modelo	Definición	
Modelo conceptual	Este modelo permite la delimitación de entidades/objetos que representan a las cosas de la realidad en el nivel más alto de abstracción, como resultado del análisis de los problemas planteados, es el nivel más abstracto del diseño general.	
Modelo lógico	El objetivo principal es llevar el modelo conceptual a un SMDB, adaptándolo de acuerdo con los tipos de datos que permite este sistema, estableciendo los identificadores propios de cada entidad/objeto y las relaciones con sus respectivas llaves primarias y foráneas	
Modelo físico	El objetivo principal es el llevar el modelo lógico al propio SMDB, donde se establecen los atributos y dominios de cada entidad/objeto, es decir, se generan las tablas donde las columnas son los atributos de dicho objetos, especificando, el tipo de dato, longitud, restricciones, valores predefinidos, claves primarias, foráneas y las relaciones.	

Las bases de datos relacionales fueron concebidas para satisfacer la comprensión lógica de los contenidos almacenados y de su manipulación (altas, bajas, cambios). Aunque es posible plantear la estructuración de una base de datos relacional para contener datos geográficos se presentan dificultades. Se harían necesarias muchas tablas para almacenar conjuntos de puntos, segmentos y polígonos, y para conceptualizar y manejar regiones. El modelo relacional no es el más adecuado para datos de entes geográficos pues no contiene

elementos para manejar tipos de datos espaciales (puntos, segmentos, etc.) ni sus relaciones topológicas (Posada & Sol, 1999). De aquí surge la necesidad de una perspectiva *por objetos*.

2.2.2. Bases de Datos Orientadas a Objetos

Este tipo de bases, están fundamentadas en el patrón de la programación orientada a objetos, conceptualizadas en la definición de clases que corresponden a entes de un ámbito; estas clases son conjuntos de “objetos” con características similares. El modelo relacional no conceptualiza objetos constituidos de otros, es decir, objetos complejos que corresponden más desde una perspectiva lógica al ámbito geoespacial. Se recurre entonces a modelos orientados a objetos, cuyas propuestas fundamentales para bases de datos fueron expresadas desde hace muchos años (Atkinson et al, 1989).

El modelo por objetos contempla la herencia, identidad y el encapsulamiento; es decir, las clases contienen atributos de datos complejos, pero son “invisibles” por lo que se considera que están *encapsuladas*; es así que se puede establecer un *método* para dicha clase que permita conocer alguno de sus atributos. La *herencia* se refiere a la forma en la que una clase tiene anexas una o varias subclases, y estas últimas a su vez una o varias subclases, convirtiendo a la primera en una súper clase; compartiendo todas estas algunos atributos, pero cada una con varios atributos propios (Yeung & Hall, 2007).

Es posible delimitar diferentes clases que incluyan los tipos de datos geográficos (punto, línea, polígono) clasificándolos o sub clasificándolos de acuerdo a esos tipos de datos o a los formatos en los cuales esté integrado un objeto geográfico; el resultado, la estructuración de una súper clase, para la integración de una base de datos desde la interfaz de un sistema de información geográfica (Posada & Sol, 1999).

2.3. Modelación de Bases de Datos Geográficas

El INEGI plantea que una base de datos geográfica es una colección de datos geográficos organizados, estructurados y almacenados bajo un modelo de datos que represente a la realidad geográfica, que permita establecer las relaciones sobre la información contenida de una forma conceptual (INEGI, 2003).

Una base de datos geográfica puede ser descrita desde distintas perspectivas. Un sistema de información geográfica puede considerar una base de datos geográfica desde una estructura propia, como un contenedor de atributos y datos espaciales, principalmente de los diversos formatos soportados como tablas, archivos *shape*, datos CAD¹ e información raster.

Desde la interfaz propia del sistema se accede a estos datos mediante el empleo de herramientas de exportación/importación (ESRI, 2008); la diferencia con una base de datos informática estándar (relacional) radica principalmente en el uso de tipos de datos específicos (puntos, líneas y polígonos). Sin embargo es posible utilizar una base de datos estándar para almacenar y manejar los datos no geográficos, por ejemplo, censos de población, datos socioeconómicos, entre otros (Gamarosca, 2004; Ronald & Pavlos, 2004).

El compartir información geográfica entre diversas aplicaciones, puede generar problemas por la heterogeneidad de estructuración y enfoques de manejo de las bases de datos geográficas descritas arriba. Pueden resultar incompatibilidades de diferentes tipos al realizar una conversión de formatos, y se corre el riesgo de perder información o de registrar información errónea. Podemos decir que la importancia de contar con bases de datos geográficas compatibilizadas, radica en la reunión de dicha información, orientándose a descripciones comunes o a la habilidad de *intercambio de datos o interoperabilidad*, en tanto no exista una estandarización para estas bases de datos (Fileto, 2001).

¹ Los datos CAD (siglas de Computer Aided Design) son elaborados por un sistema utilizado para diseñar y documentar objetos del mundo real, pueden representar dependiendo de la escala, información de un lugar como un edificio, o un mapa catastral a nivel regional, fuente: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//0010000000100000> consultado el 26 de marzo del 2013.

A continuación, se describen algunas herramientas conceptuales para describir datos geográficos y construir esquemas para bases de datos geográficas, así como los materiales de descripción de datos geográficos.

2.3.1. Herramientas de Estructuración

La estructuración de las bases de datos geográficas es compleja debido al tipo de datos que se emplean, que conllevan una parte relacionada con la ubicación en el espacio geográfico y otra con datos propios de los entes de interés contenidos en ese espacio. En este sentido, es necesario aclarar cuáles son los procesos principales que se llevan a cabo en las transformaciones de los datos para obtener información y que es necesario modelar: (Paredaens & Kuijpers, 1998).

- *El procesamiento* está a cargo del sistema que realiza el análisis geoespacial: compaginación de imágenes, transformación de escalas, entre otros; y que produce otros objetos geográficos (capas, imágenes, modelo de elevación digital) y no geográficos (estadísticas, cómputo de áreas, otros).
- *La organización* de la base de datos asociados a los componentes espaciales de los objetos, o visualización de los componentes espaciales en forma de tabla; por ejemplo, como lo realiza el SMD Postgres, que permite almacenar y realizar análisis espacial con enfoque de consultas en SQL.
- *La modelación* formal de los objetos, consiste en estructurar en un sentido teórico-matemático la información espacial –modelo topológico, polinomial, raster, espagueti, entre otros-.

Los siguientes apartados plantean la utilización de modelos de bases de datos y de lenguajes para la conformación de sistemas computacionales que manejen las bases de datos geográficas.

2.3.2. Modelo Entidad/Relación Extendido

El modelo entidad-relación extendido, contiene todas las características del modelo E-R, con la adición de los conceptos de superclase y sub clase; esto con la finalidad de poder tener una mayor conceptualización sobre una entidad; es decir, en un sistema computacional geográfico podemos conceptualizar la superclase “imagen geográfica” donde incluye las subclases “imagen vector”, “imagen raster” o “imagen digital”.

Estas subclases son más concretas que solo la superclase en sí, y al mismo tiempo, todas ellas comparten ciertas características de dicha superclase pero cuentan con sus características propias; permitiendo contar con las relaciones del modelo E-R tradicional. Al mismo tiempo, el modelo E-R Extendido, permite incorporar nuevos conceptos como: especialización, generalización y restricción, nuevamente vinculadas a los tipos de clases y subclases definidos en un inicio (Saiedian, 1997).

2.3.3. Modelado de Aplicaciones de Datos (MADS)

El Modelado de Aplicaciones de Datos con características espacio-temporales (MADS), es un modelo de conceptualización que pretende dar a los usuarios un panorama general sobre la modelación de Bases de datos espacio-temporales; incluye las características de geometría y topología, así como también el conjunto de tipos de dato espaciales dentro del mismo diagrama conceptual, respetando las jerarquías de los objetos geográficos; se basa en los principios de los modelos entidad-relación y orientado a objetos, convirtiéndose en la herramienta de modelación geográfica más utilizada. (Parent, *et al.*, 1999).

Este tipo de modelación cuenta con un conjunto de conceptos tales como (Parent, *et al.*, 1999):

- Objeto: representa un elemento del mundo real.
- Relación: conexión entre dos o más objetos.

- Atributo: representa una característica del mundo real (incluye distintos tipos parecidos al del modelo relacional).
- Método: acción realizada por un objeto.
- Generalización: expresa que dos objetos representan una misma entidad del mundo real pero en dos niveles de abstracción.
- Agregación: es una conexión que expresa objetos compuestos, representa agregados de otros tipos de objetos, o componentes de objetos.

En la figura 2 se muestra un ejemplo del esquema conceptual de este modelo.

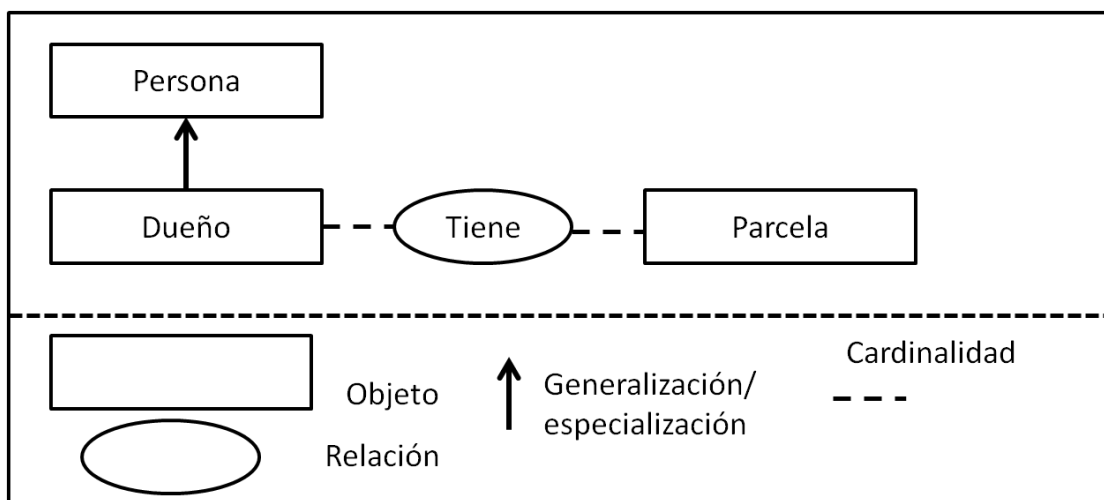


Figura 2: Esquema conceptual MADS

El MADS conceptualiza aquellos objetos que ocurren en un espacio y tiempo específico, de forma que es posible idealizar, por ejemplo, un evento climatológico como un “objeto” propio de una base de datos, tantas veces como éste suceda en el ambiente.

2.3.4. Lenguaje Unificado de Modelado (UML)

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) permite, mediante sus diferentes tipos de diagramas, como el caso de los diagramas de casos de uso y de clases, identificar a los actores y establecer los procesos que se llevarán a cabo con el funcionamiento del sistema (Almendros & Iribarne, 2009). Este lenguaje permite la conceptualización del sistema en general; por ejemplo, la entrada y/o salida de elementos o imágenes geográficas que

integran una base de datos, entendidos como objetos “documentos” o “archivos” con sus respectivos atributos. En la Tabla 2 se muestra una clase conceptualizada desde MADS y UML:

Tabla 2: Comparación entre clases UML y MADS

CLASE UML	EJEMPLOS	CLASE MADS	EJEMPLOS
<u>Imagen Geográfica</u> <ul style="list-style-type: none"> • Identificador • Características • Tiempo • Referencia espacial • Proyección 	Ortofoto Digital 1: 1000000 Estado de México Vegetación de la cuenca de Meztitlán (mapa vectorial) Mapa Digital zona UTM 14N	<u>Ítem geográfico</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ubicación • Tiempo • Duración • Frecuencia 	Terremotos Incendios Forestales Daños en cosechas Maremotos Inundaciones

2.3.5. Descripción de los Datos Geográficos (METADATOS)

Un aspecto importante en las bases de datos geográficas, es conocer las propiedades de los objetos que las conforman de manera integral; por ejemplo, para un mapa, no solamente registrar la imagen, sino también especificar otros atributos relevantes. Los metadatos representan las características de un objeto geográfico; es decir, información sobre la información, de forma que es posible estructurar, clasificar, ordenar y distribuir los objetos geográficos. En un panorama más amplio, los metadatos son una colección de información que pretenden registrar y resolver los siguientes cuestionamientos: ¿de dónde son originarios los objetos geográficos?, ¿quién los produjo?, ¿cuándo y cómo fueron producidos/modificados?, ¿cuál fue el propósito de su creación?, entre otros. Por lo tanto, este conjunto de características sobre la información geográfica, permite delimitar y describir en una forma más completa cómo puede ser utilizada dicha información (Yeung & Hall, 2007).

2.4. SOFTWARE PARA ACCESO, MANEJO Y VISUALIZACIÓN

El contar con aplicaciones o programas que permitan a los usuarios realizar tareas repetitivas dentro de su entorno de trabajo, se vuelve más accesible y sencillo de actualizar cuando esas aplicaciones se encuentran en una red. De esta forma, los datos estarían almacenados y ordenados dentro de una base de datos y las páginas web serían los medios que permitirían leer y mostrar esos datos, cuya ventaja principal radica en que si se modifica o actualiza cierta información dentro de la base de datos, la página web simplemente lee y muestra esa información en la pantalla; caso contrario al hecho de generar todos los contenidos dentro de los scripts de programación de forma manual (Beati, 2011).

El proceso inverso también es posible, puesto que si el usuario o varios de ellos desean modificar cierta información desde la página web al mismo tiempo, la información sería almacenada directamente dentro de la base, lo que permite tener una y solo una versión del sistema. Esto permite generar aplicaciones para consulta de datos, formularios con contenido de catálogos e información dinámica, generando con ello un CMS (Sistema de Administración de Contenidos) estableciendo la información visible a los usuarios o *Front-end* y la sección de administración o *Back-end* (Beati, 2011).

Para tener acceso a la información geográfica incluida en una base de datos, es necesario contemplar tanto la modelación como los elementos propios de programación que permitirán desarrollar una aplicación, por lo que es importante la investigación sobre el software que mejor se adapte a esas necesidades.

La parte medular para la visualización, implementación y pruebas le corresponde al software, el cual permitirá desarrollar de una mejor manera la interacción entre el usuario y la base de datos. A continuación se describen componentes importantes para la generación tanto de una base de datos geográfica dentro de un SMD, como aquéllos utilizados para la creación de una página web.

Estos componentes se pueden instalar, configurar y organizar tanto en la plataforma Windows como Linux, para aplicaciones cliente-servidor², recalando que no son los únicos componentes que pueden emplearse para la estructuración física de una base de datos, pero que en su conjunto cumplen con el propósito práctico para tener acceso a la base de datos por medio de una conexión a internet, colocando la dirección URL³ correspondiente.

2.4.1. PostgreSQL y PostGIS

PostgreSQL⁴ es un SMBD de licencia libre que permite la estructuración de una Base de datos objeto-relacional, que mantiene una interacción entre los componentes complejos del propio SMBD y la aplicación del cliente a través de los protocolos del TCP/IP o puertos locales. PostgreSQL necesita de una serie de elementos para su posterior interacción, tal es el caso de la dirección *IP root* o *localhost* (127.0.0.1) por medio del puerto 5432, elementos configurados desde el momento de la instalación. De forma gráfica, es posible interactuar con PostgreSQL a través de su herramienta pgAdminIII⁵.

De igual forma, PostgreSQL cuenta con diversas extensiones que permiten agregar al SMBD diversas funcionalidades extras como la extensión geográfica PostGIS⁶; en este caso, al instalarla es posible almacenar información geográfica a Postgres por medio de un *plugin* o consola *PSQL* (lenguaje SQL con su componente para establecer comunicación con Postgres), de forma que se puede visualizar una imagen tipo vector (*shapefile*) a manera de tabla dentro de la interfaz propia de Postgres; los componentes principales de PostGIS llevan una combinación de tablas que incorporan a una base de datos convencional el grado de base de datos geográfica; es decir, una tabla *spatial_ref_sys* que contiene una

² Arquitectura cliente-servidor: es un modelo de aplicación en la que las tareas son administradas/repartidas por los proveedores (servidores) y los demandantes (clientes) mediante peticiones de los segundos hacia los primeros; esta separación es del tipo lógica y es muy utilizada por las aplicaciones web. Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cliente-servidor> consultado 8/4/13.

³ Uniform Resource Locator (localizador de recursos uniforme), corresponde a la dirección única de un archivo en internet, permitiendo usar este tipo de recursos como páginas web. Fuente: <http://office.microsoft.com/es-mx/training/hipervinculos-i-nociones-basicas-RZ006086600.aspx?section=5> consultado 8/4/13.

⁴ License Creative Commons. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.es>

⁵ Portal informativo PostgreSQL <http://www.postgresql.org/> consultado el 18/10/12

⁶ Licencia: GNU Public License <http://opensource.org/licenses/gpl-2.0.php>

descripción textual del sistema de coordenadas y una tabla *gometry_columns* que contiene entre otras las descripciones referentes al tipo de datos geométrico⁷.

En la figura 3 se muestra la interfaz gráfica de PostgreSQL por medio de pgAdminIII, donde se muestra el esquema general jerárquico para las bases de datos, las tablas o componentes geográficos y el *plugin* para importar archivos *shapefile* y *dbf*.

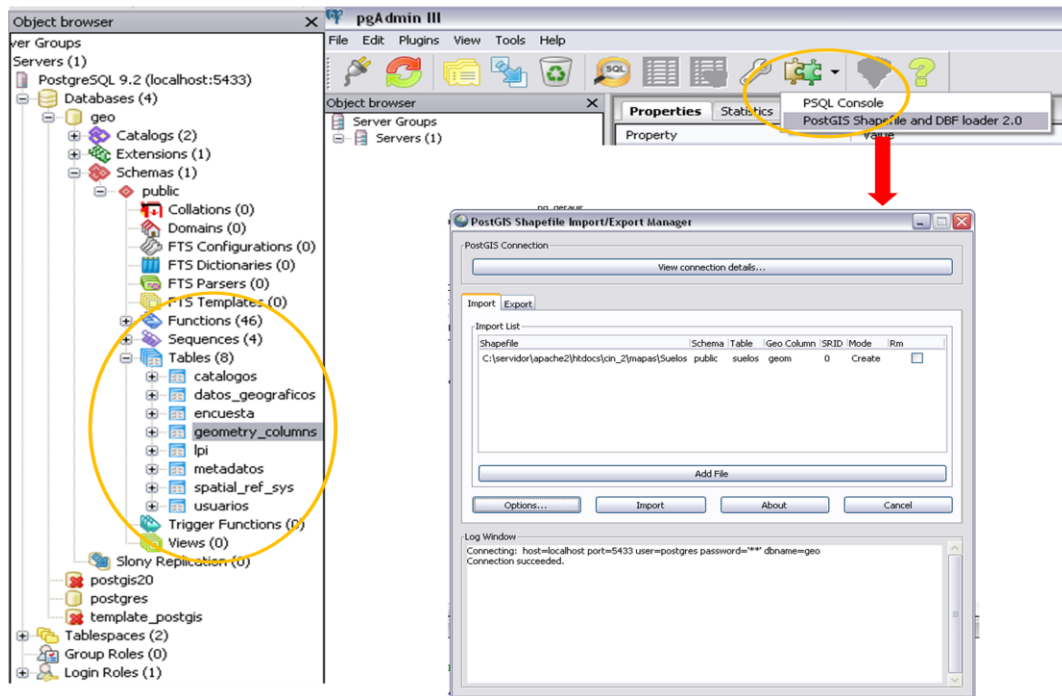


Figura 3: Interfaz gráfica de PostgreSQL y plugin para cargar archivos *shape*

Al contar con una base de datos geográfica, es posible considerar dos opciones al guardar las imágenes:

- Podemos guardar dicha información dentro del propio PostgreSQL, lo que permite realizar una conexión a la base de datos por medio de algún SIG (ejemplo: QGIS, OpenJump, Gvsig, entre otros) y tener acceso a dichas imágenes.
- Se puede guardar toda la información relacionada a los datos geográficos dentro de Postgres de acuerdo a los requisitos propios de la base de datos y posteriormente

⁷ Portal informativo PostGIS <http://postgis.refractory.net/> consultado el 18/10/12

guardar las imágenes en el disco duro del servidor; lo que permite, contar con una mayor cantidad de información de diferentes formatos, como lo es el caso de las imágenes raster; mientras que las extensiones o *plugins* de Postgres correspondientes a este tipo de imágenes son incluidas en el SMDB.

2.4.2. Procesador de Hipertexto (PHP)

El Procesador de Hipertexto (PHP)⁸ es un lenguaje de programación que permite el desarrollo de aplicaciones web del lado del servidor; es decir, se ejecuta en el servidor web para posteriormente enviar la página ya construida al cliente, por lo que se vuelve invisible ante este último. PHP, tiene la capacidad para establecer una conexión con PostgreSQL, es de licencia libre, es posible establecer las estructuras de la programación orientada a objetos, permite al programador declarar variables sin necesidad de especificar el tipo de dato de ellas y sobre todo, concede incrustar o combinar este lenguaje con lenguaje HTML (Beati, 2011).

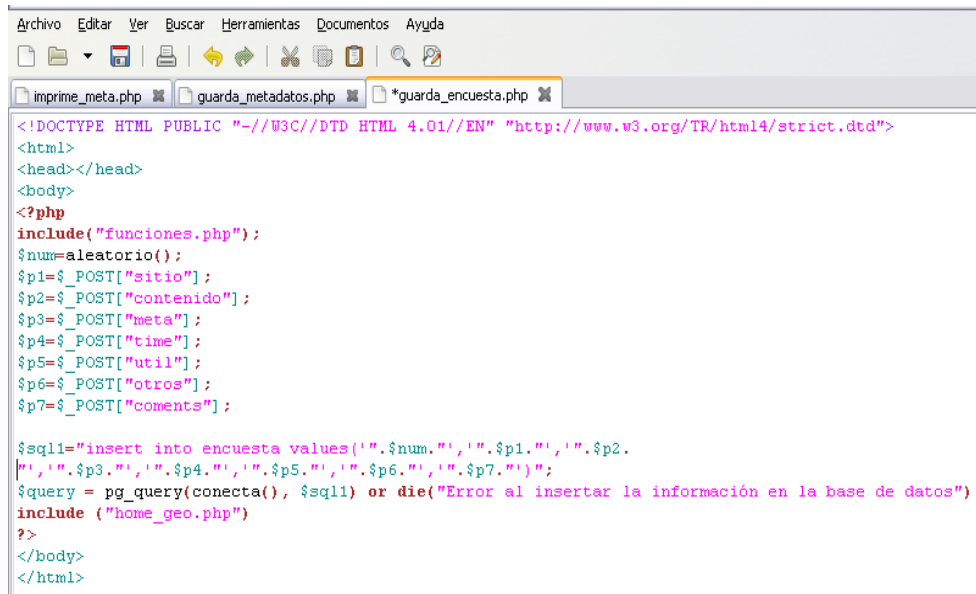
Este lenguaje se estructura o desarrolla en programas de texto plano como gedit⁹ o notepad¹⁰, en los cuales se admite la sintaxis propia y resalta en la pantalla las sentencias de acuerdo al lenguaje elegido. Por medio de este lenguaje, es posible también generar consultas SQL que permitan la interacción con PostgreSQL¹¹. La figura 4 muestra un ejemplo de la sintaxis de este lenguaje.

⁸ Licencias de uso de los componentes de php <http://mx.php.net/license/>

⁹ GNU license <http://projects.gnome.org/gedit/>

¹⁰ Licencias: <http://notepad-plus-plus.org/news/notepad-6.1.1-gpl-enhancement.html>

¹¹ Manual PHP en línea <http://php.net/manual/es/index.php>



```
Archivo  Editar  Ver  Buscar  Herramientas  Documentos  Ayuda
imprime_meta.php  guarda_metadatos.php  *guarda_encuesta.php
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN" "http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<html>
<head></head>
<body>
<?php
include("funciones.php");
$num=aleatorio();
$p1=$_POST["sitio"];
$p2=$_POST["contenido"];
$p3=$_POST["meta"];
$p4=$_POST["time"];
$p5=$_POST["util"];
$p6=$_POST["otros"];
$p7=$_POST["coments"];

$sql1="insert into encuesta values('".$num."','".$p1."','".$p2.
."','".$p3."','".$p4."','".$p5."','".$p6."','".$p7."')";
$query = pg_query(conecta(), $sql1) or die("Error al insertar la información en la base de datos");
include ("home_geo.php")
?>
</body>
</html>
```

Figura 4: Sintaxis de PHP

2.4.3. Servidor Web APACHE

Para poder visualizar una página estática/dinámica en el ciberespacio, es necesario la utilización de un servidor web como lo es el caso de Apache¹²; servidor basado en el protocolo HTTP (protocolo de transferencia de hipertexto), de código abierto y multiplataforma; este servidor nos permite una sinergia con lenguajes de programación como PHP y SMDB como MySQL o PostgreSQL¹³, por lo que es posible instalarlo mediante una paquetería que incluye todos estos componentes como el caso de WAPP “para Windows + Apache + PostgreSQL + PHP”¹⁴, o es posible instalarlo de forma individual como lo es el caso de Linux.

En este sentido, para el caso de los desarrolladores/programadores de las páginas web, la utilización de Apache permite la pre visualización de cada componente que se va programando antes de subirlo definitivamente a Internet, esto es posible a través del

¹² Licencia servidor apache: <http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0.html>

¹³ Apache HTTP Server Project en línea <http://httpd.apache.org/> consultado el 20/10/12

¹⁴ Documentación BitNami <http://bitnami.org/> consultado el 19/10/12

denominado *localhost* o la dirección *127.0.0.1* como dominio dentro de cualquier buscador¹⁵ (Beati, 2011).

La figura 5 muestra que el servidor Apache está funcionando en el *localhost*, mandando una vista que contiene de la página de inicio, en este caso la página de presentación de la paquetería instalada WAPP de BitNami.

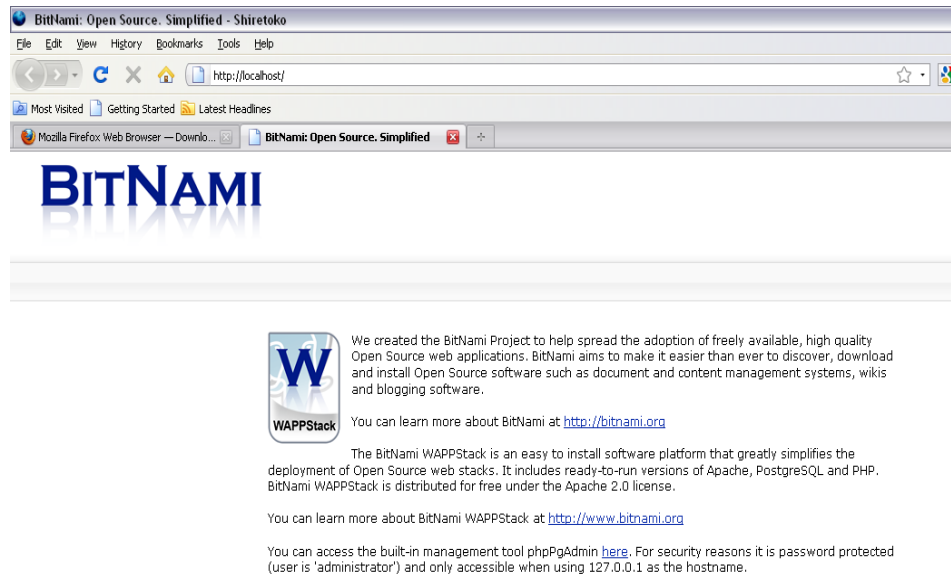


Figura 5: Prueba de funcionamiento de Apache dentro de localhost

2.4.4. Lenguaje de Consultas SQL

El lenguaje de consultas estructurado o SQL (*structured query language*) es un lenguaje complejo de procedimiento que permite el acceso a bases de datos para con ello recuperar información de interés; el SQL fue estandarizado principalmente por la ANSI (Instituto Americano de Normalización) y la ISO (Organización Internacional de Estandarización), lo que permitió su alta adopción y generalización dentro de la mayoría de los SDBD. Esto permite que el acceso a la información se lleve de una forma eficaz y ordenada, mediante sus componentes: (Silberschatz, *et al.*, 2002)

¹⁵ Documentación Apache Server <http://apache2.es/2.0.58/> consultado el 17/10/12

- Lenguaje de definición de datos.- mediante el cual es posible estructurar los objetos de las bases de datos; es decir, es posible definirlos con el tipo de dato, sus claves y relaciones.
- Lenguaje de manipulación de datos.- mediante comandos es posible insertar, borrar, modificar las tuplas de la base de datos y se basa en el álgebra relacional y cálculo relacional.

Este lenguaje se puede utilizar dentro de las funciones, módulos y scripts generales de los lenguajes de programación debido a su estandarización, por lo que PHP utiliza las sentencias correspondientes para comunicarse con PostgreSQL; igualmente, este último cuenta con un plugin que permite directamente en la interfaz gráfica realizar las consultas que el administrador desee. En la figura 6 se ejemplifica el uso de las sentencias SQL para consultas tanto en PHP como en PostgreSQL.

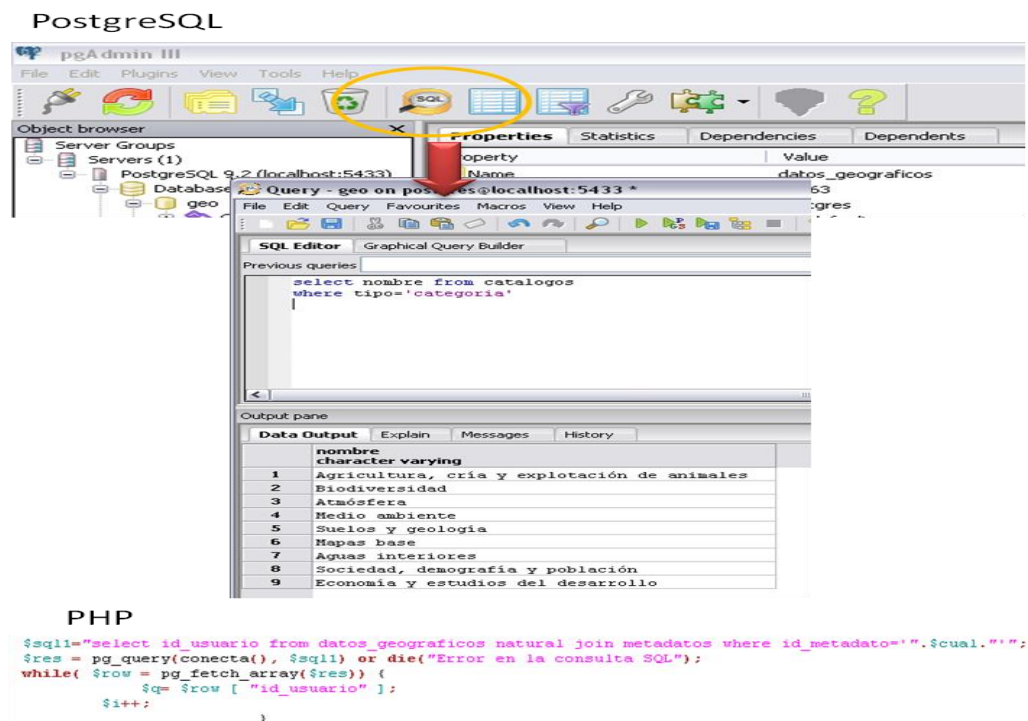


Figura 6: Consultas SQL en la interfaz de PostgreSQL y dentro de la sintaxis PHP

2.4.5. Lenguajes de Etiquetas HTML Y CSS

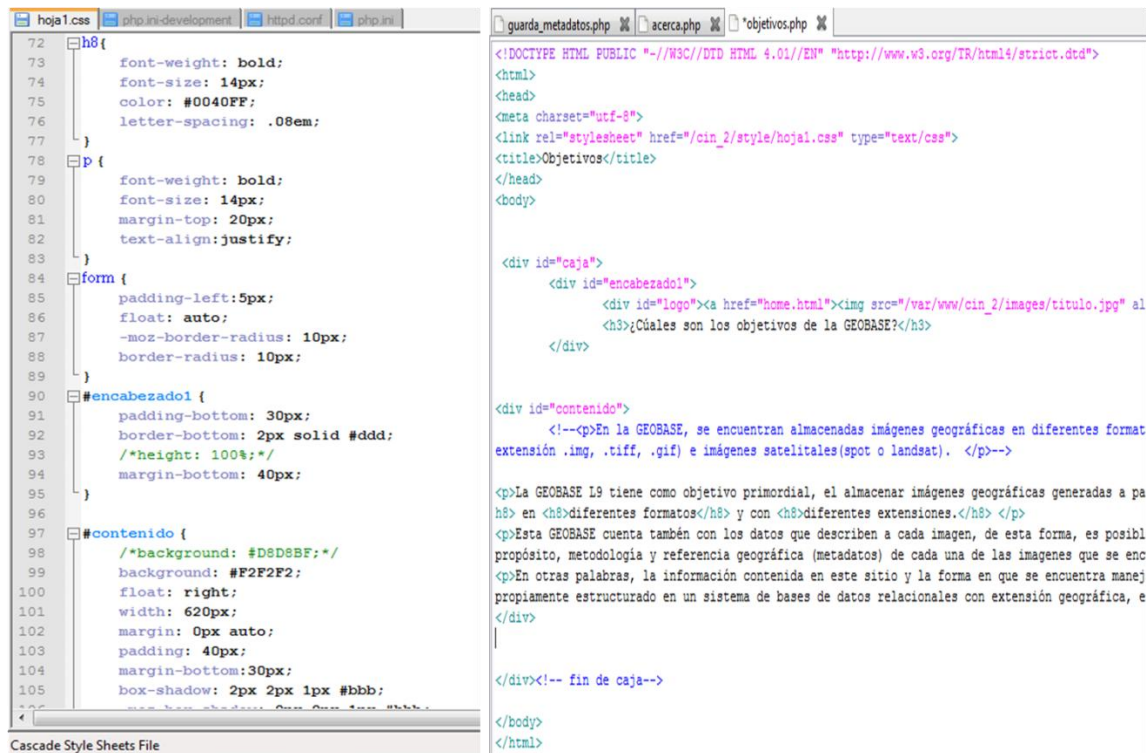
El lenguaje de marcado de etiquetas o HTML¹⁶ (HyperText Markup Language)¹⁷ es un lenguaje para la elaboración de páginas web que se ejecuta del lado del cliente y es normalizado bajo el consorcio W3C (World Wide Web Consortium); es decir, el buscador realiza una petición al servidor para posteriormente ejecutar los scripts y convertirlos en páginas de fácil visualización en el navegador. De esta forma, un script en HTML indica al navegador la **posición** de los textos, imágenes, encabezados y contenidos en general de la página solicitada.

Así pues, HTML utiliza a su vez un lenguaje que permite definir la presentación del documento mostrado en el buscador, este lenguaje es el CSS¹⁸ (Cascading Style Sheet) u hoja de estilo en cascada. Es un mecanismo por el cual es posible agregar estilo a los documentos web como colores, fuentes, espaciados y configuración general de los elementos que integran la página web; lo que permite la separación de la estructura del documento del estilo del mismo, de manera tal que es posible en un documento HTML hacer referencia a este lenguaje mediante la etiqueta `<style>`. La figura 7 muestra un ejemplo de ambos lenguajes.

¹⁶ Documentación HTML <http://www.w3.org/MarkUp/> consultado el 17/10/12

¹⁷ Documentación de licencias [http://www.w3.org/2010/Talks/doclicense-20100323/#\(1\)](http://www.w3.org/2010/Talks/doclicense-20100323/#(1))

¹⁸ Documentación css <http://www.w3.org/Style/CSS/> consultado el 17/10/12

The image shows a code editor with two panes. The left pane displays CSS code for a 'hoja1.css' file, defining styles for 'h8', 'p', 'form', '#encabezadol', and '#contenido'. The right pane shows HTML code for 'guarda_metadatos.php', including a DOCTYPE declaration, head section with meta and link tags, and body content with several

elements containing text and image tags. The CSS code includes properties like font-weight, font-size, color, margin-top, padding-left, float, border-radius, and background-color. The HTML code uses tags like <h8>, <p>, , and <h3>.

Figura 7: Sintaxis CSS y HTML

2.4.6. Infraestructura Digital CODEIGNITER

Codeigniter es un *framework* o infraestructura digital que permite desarrollar y organizar el trabajo de un proyecto en la generación de software; este *framework* se basa en el modelo-vista-controlador, y permite la estructuración de la página web bajo lenguaje PHP, que permite la separación de la interfaz, los datos y el modelo lógico; de forma tal, que el controlador es quien realiza la interacción entre la visualización y el manejo de los datos. Todo esto provee una plataforma sencilla y de código abierto para la estructuración de la aplicación web completa¹⁹. Este *framework*²⁰ es independiente del lenguaje de programación, del servidor de pruebas y de las librerías que se estén utilizando dentro del desarrollo del sistema.

¹⁹ Portal Informativo Codeigniter <http://codeigniter.com/> consultado el 18/10/12

²⁰ Licencia: <http://ellislab.com/codeigniter/user-guide/license.html>

22

2.4.7. Servidores de Mapas

Los servidores de mapas son herramientas *estandarizadas* por la Open Geospatial Consortium²¹ (OGC), que permiten el acceso a la información espacial en distintos formatos, tanto para información vectorial como raster, facilitando la interacción del usuario con la información geográfica. Estos servidores de mapas permiten incluir en una página web el mapa o imagen que se encuentre alojado tanto en una base de datos como en un servicio de mapas.

A continuación se describen dos de los servidores de mapas más ampliamente utilizados para realizar la publicación de la información geográfica digital.

2.4.7.1. Mapserver

Mapserver, es un servidor de mapas de código abierto y se corre bajo cualquier plataforma (Windows, Linux y Mac OS X), con el objetivo principal de proporcionar una vista sobre información espacial mediante librerías *php_mapscript* y elementos o archivos *mapfile* (.map)²².

Es posible instalarlo mediante una paquetería MS4W “Map Server para Windows” (plataforma Windows) en el cual se incluyen los elementos como Apache y las librerías para la interacción con PHP y Postgres. De otra manera, es posible su instalación y configuración de forma manual como lo es el caso de la plataforma Linux.

Para saber si se ha instalado y configurado correctamente Mapserver, es posible introducir en la barra de direcciones de cualquier buscador lo siguiente: <http://localhost/cgi-bin/mapserv.exe> para plataforma Windows y <http://localhost/cgi-bin/mapserver> para plataforma Linux; esto nos permitirá, paso a paso corroborar el funcionamiento correcto de nuestro elemento a visualizar. En la figura 8 se muestra este elemento:

²¹ Portal informativo de Open Geospatial Consortium <http://www.opengeospatial.org/> consultado el 1/04/2013

²² Portal informativo Mapserver <http://mapserver.org/> consultado el 22/2/13

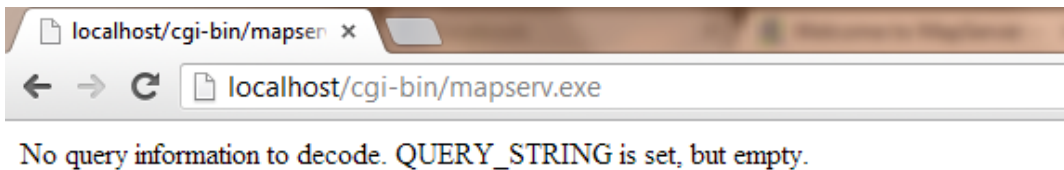


Figura 8: Mapserver en funcionamiento.

Ya que es un servidor estandarizado, los elementos que se deseen incluir deben contar con la proyección “*epsg: 4326*” la cual a su vez puede ser modificada mediante líneas de comandos; la base para poder visualizar un mapa es mediante el archivo *.map* correspondiente, el cuál es procesado por el servidor de mapas. Este archivo, contiene la información correspondiente a la localización al elemento (eje.: ubicación de un archivo *shapefile*), coordenadas, proyección, formato de salida (*jpeg/png*), estilo, información referente al procesamiento web de la imagen, entre otros.

En la figura 9 se muestra un ejemplo de la composición del *mapfile* que incluye un archivo *shapefile* denominado "*d1403e_wgs84.shp*".

```

36 END
37 WEB
38 METADATA
39 "wms_enable_request" "*"
40 "wms_encoding" "UTF-8"
41 "wms_title" "Mapserver WMS"
42 "wms_abstract" ""
43 "wms_srs" " EPSG:4326"
44 "wms_onlineresource" "http://localhost/cin_2/visual/d1403e.map?map=C:/ms4w/Apache/htdocs/cin_2/visual/d1403e.map"
45 END
46 END
47 PROJECTION
48 "init=epsg:4326"
49 END
50 OUTPUTFORMAT
51 NAME "png"
52 DRIVER "AGG/PNG"
53 MIMETYPE "image/png"
54 IMAGEMODE RGB
55 EXTENSION "png"
56 FORMATOPTION "GAMMA=0.75"
57 END
58 LAYER
59 NAME "d1403e_wgs84.shp"
60 STATUS ON
61 TYPE POLYGON
62 DATA "C:\datos_geo\capas\d1403e_wgs84.shp"
63 MAXSCALE -1.0
64 MINSSCALE -1.0
65 TRANSPARENCY 100
66 CLASSITEM "NOM_SUE1"
67 PROJECTION
68 "init=epsg:4326"
69 END
70 CLASS

```

Figura 9: Ejemplo de estructuración de un archivo Mapfile

Este archivo, es el que nos permitirá visualizar el archivo “d1403e_wgs84.shp” dentro de la página web. Cabe señalar, que esta acción requiere de diversas características, las cuales se incluyen en la barra de direcciones y que puede ser invocada mediante HTML de forma dinámica; dichas características se enumeran a continuación:

- http://localhost/cgi-bin/mapserv.exe?mode=map: inicialización del servidor de mapas.
- &map=C:/ms4w/Apache/htdocs/cin_2/visual/d1403e.map: ubicación de archivo mapfile.
- &SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=GetMap: solicitud del tipo de servicio, versión.
- &LAYERS=d1403e.shp: solicitud de capa a visualizar, ya que un archivo .map puede contener varias capas.

- &SRS=EPSG: 4326&BBOX= -97.99999114914057,14.999079721721415,-95.99997266246724,15.999030506700118: especificación de la proyección y coordenadas límite del elemento a visualizar.
- &WIDTH=400&HEIGHT=400&FORMAT=image/png: tamaño y formato del elemento a visualizar dentro de la aplicación web.

En la figura 10 se muestra un ejemplo del funcionamiento de un *mapfile* invocado por el servidor de mapas, donde se utilizan los elementos mencionados anteriormente:

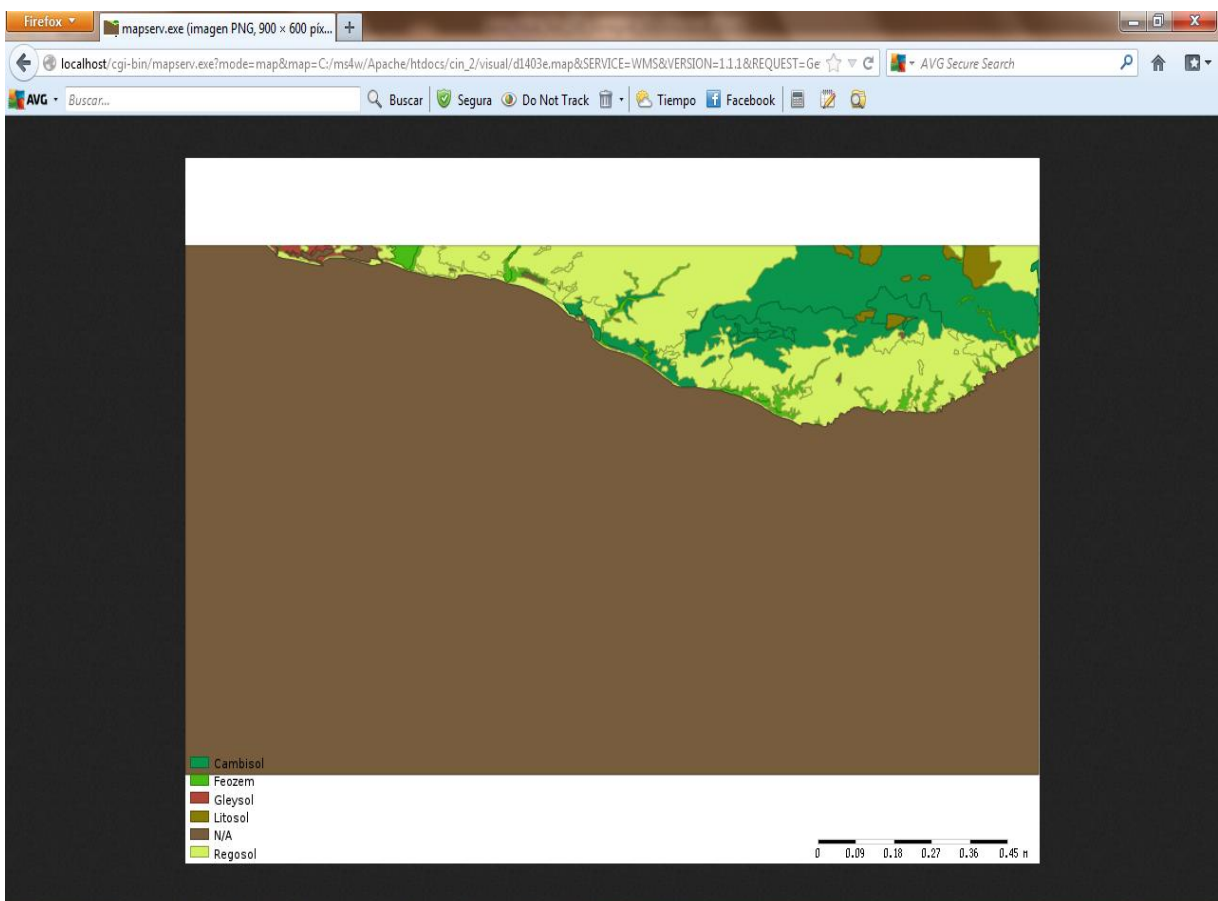


Figura 10: ejemplo de elemento visualizado desde la aplicación web de la GeoBase; ruta http://localhost/cgi-bin/mapserv.exe?mode=map&map=C:/ms4w/Apache/htdocs/cin_2/visual/d1403e.map&SERVICE=WMS&VERSION=1.1.1&REQUEST=GetMap&LAYERS=d1403e_wgs84.shp&STYLES=&SRS=EPSG:4326&BBOX=-97.99999114914057,14.999079721721415,-95.99997266246724,15.999030506700118&WIDTH=400&HEIGHT=400&FORMAT=image/png

2.4.7.2. Geoserver

Geoserver es un servidor de mapas libre estructurado en java²³ y estandarizado por la OGC, que permite la publicación web de información espacial, multiplataforma (instalación en Windows, Linux y Mac OS X); soporta información de tipo vector y raster, utiliza las librerías de Openlayers para la visualización de imágenes y establece conexiones a bases de datos como PostgreSQL.

Para la instalación de este servidor, se descargan los archivos correspondientes al tipo de plataforma desde la página oficial²⁴; se puede tener acceso a los componentes por medio de localhost en el puerto 8080, estableciendo los criterios por defecto como son usuario ('admin') y contraseña ('geoserver'). En la figura 11 se muestra la interfaz de inicio de geoserver.



Figura 11: Interfaz de inicio de Geoserver

²³ Documentación de geoserver: http://live.osgeo.org/es/overview/geoserver_overview.html consultado el 2/04/2013

²⁴ Instalación geoserver: http://live.osgeo.org/es/overview/geoserver_overview.html consultado 1/04/2013

Para la publicación de información vectorial digital, es de suma importancia que dicha información contenga la proyección **wgs84** debido a la estandarización del servidor; posteriormente, se procede a la generación de un espacio de trabajo el cual contendrá un nombre de identificación y URL que será leído por el servidor. En la figura 12 se muestra este procedimiento.

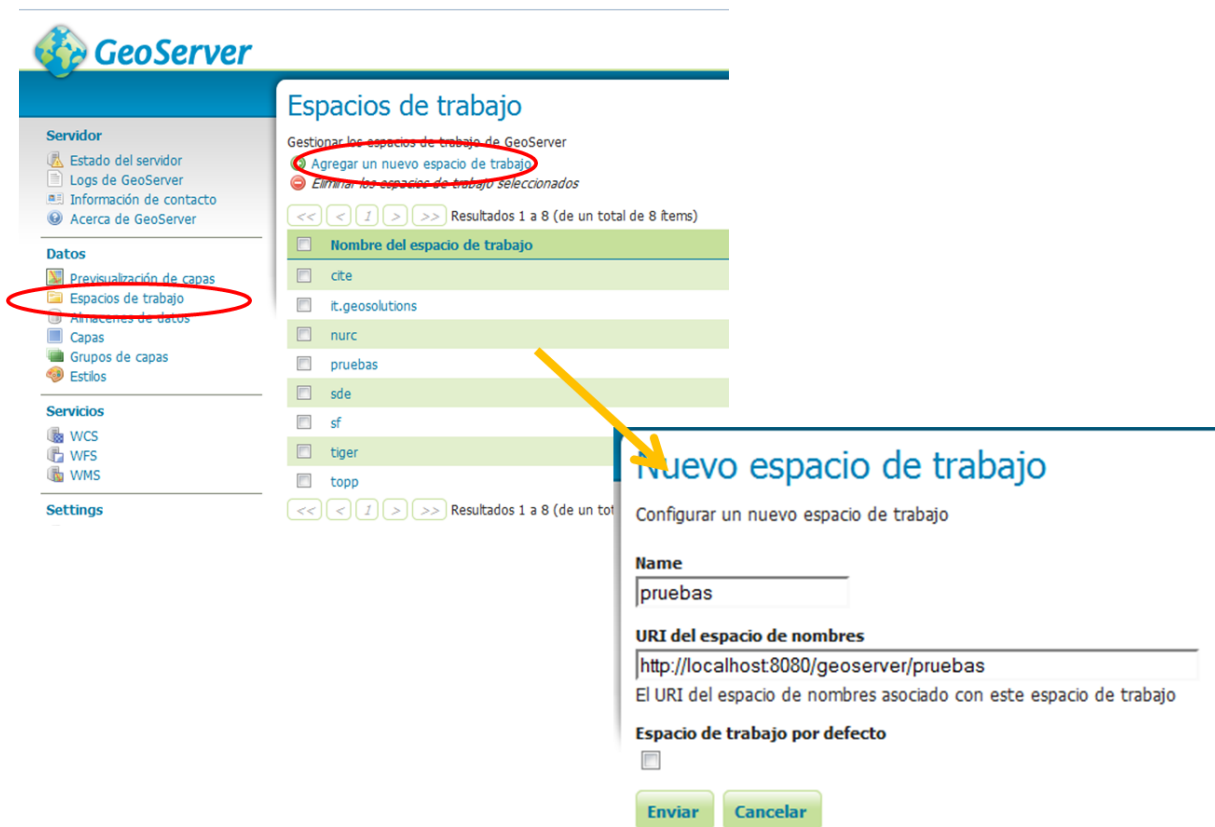


Figura 12: Generación de un espacio de trabajo en geoserver

Posteriormente, es necesario generar un almacén de datos, que es la sección donde se guardará la información espacial, el cual permite la selección del origen de datos, ya sea de tipo vector o raster. En la figura 13 se describe gráficamente este procedimiento.

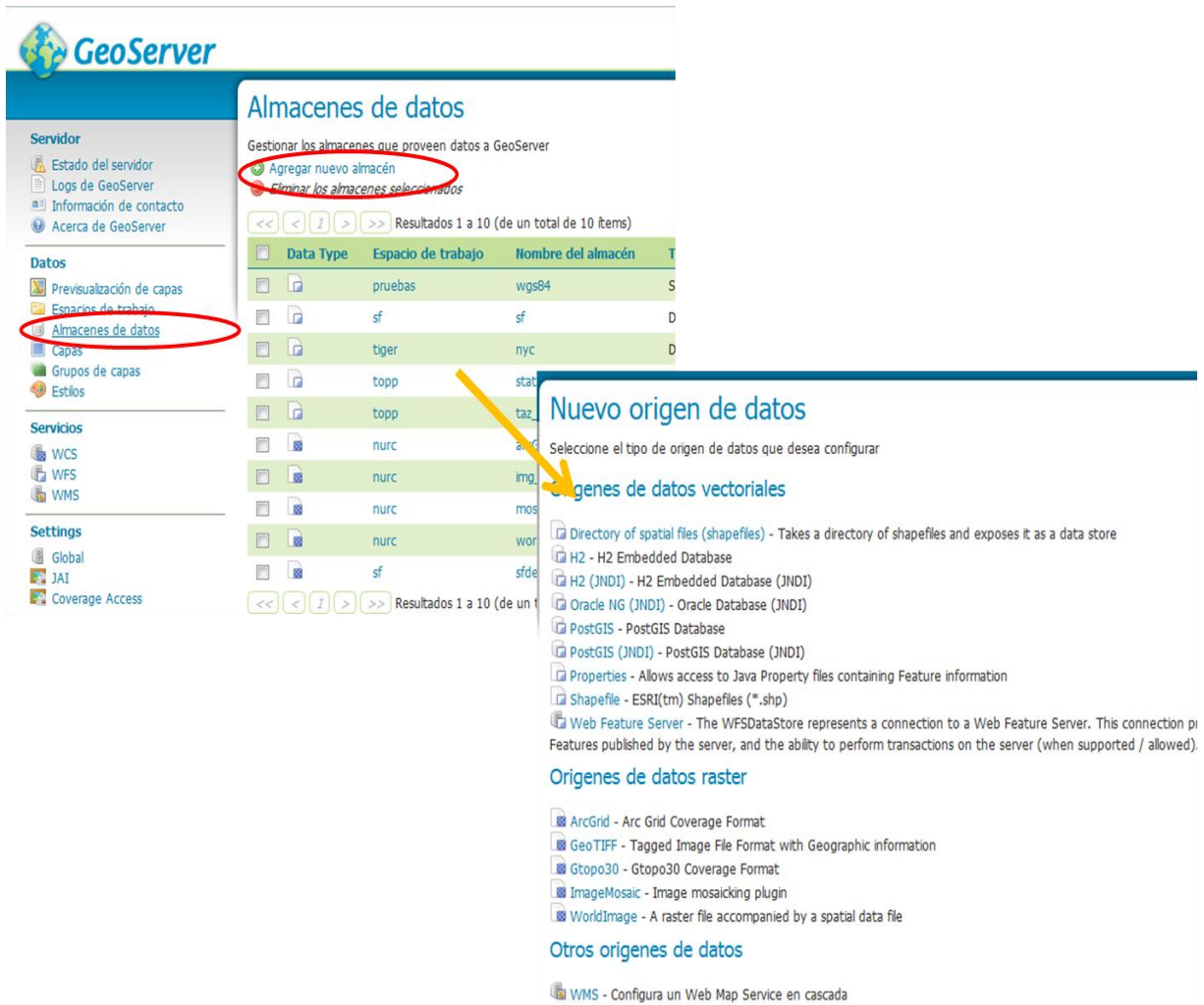


Figura 13: Generación de un almacén de datos en geoserver

Una vez seleccionado el origen de datos, es posible cargar la información desde el directorio “/geoserver/dir_data/data/...” para culminar el proceso con la definición de los atributos de cada dato geográfico; donde se destacan por su importancia el sistema de referencia de coordenadas y los encuadres de la publicación, que para el caso de datos vectoriales se especifican de forma manual y para los datos raster son generados de forma automática por parte de geoserver. En la figura 14 se ejemplifica este procedimiento para los distintos tipos de datos.

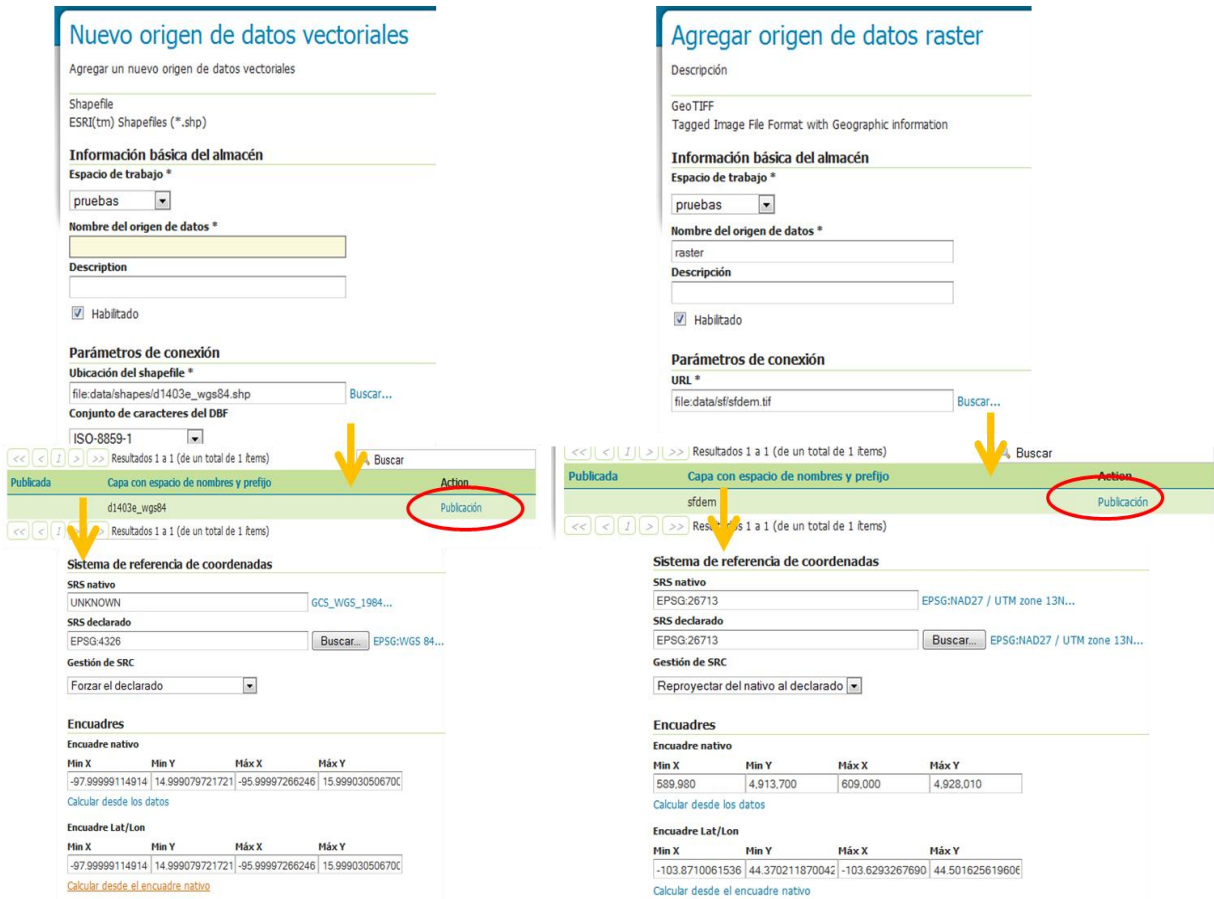


Figura 14: Carga y publicación de imágenes vectoriales (*shapefile*) y raster (*geotiff*) en geoserver

Finalmente, geoserver carga la información geográfica digital en formatos raster y vector por medio de la librería openlayers a través de la dirección URL generada por este servidor, en el cual se incluyen las características de una forma parecida al servidor mapserver, descritas en la sección anterior. Las figuras 15 y 16 muestran un ejemplo de los dos tipos de datos geográficos por el servidor de mapas geoserver.

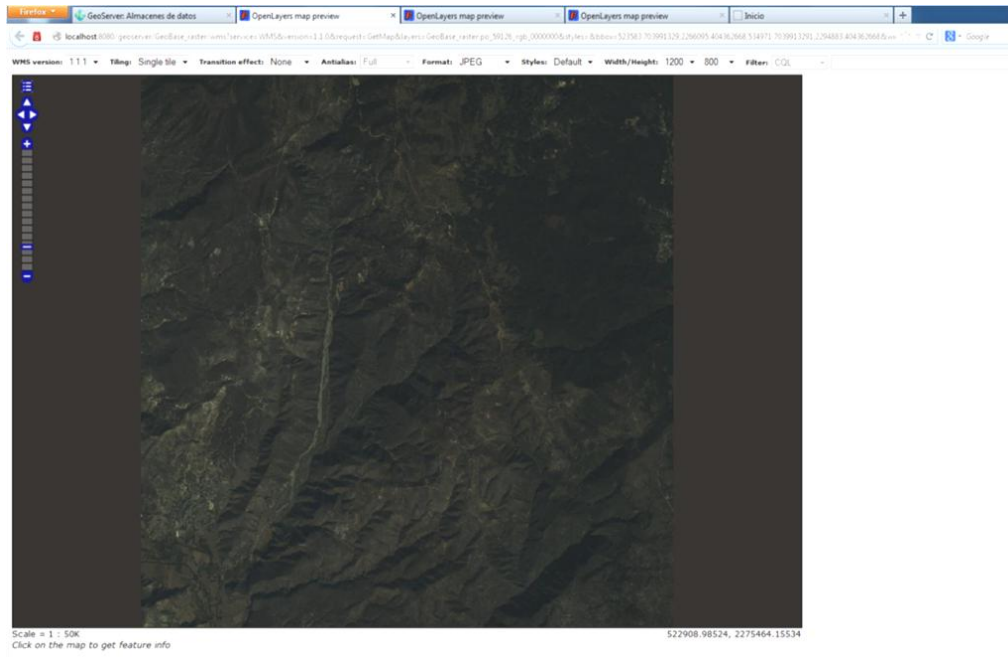


Figura 15: Imagen tipo raster (geotiff) publicada por geoserver

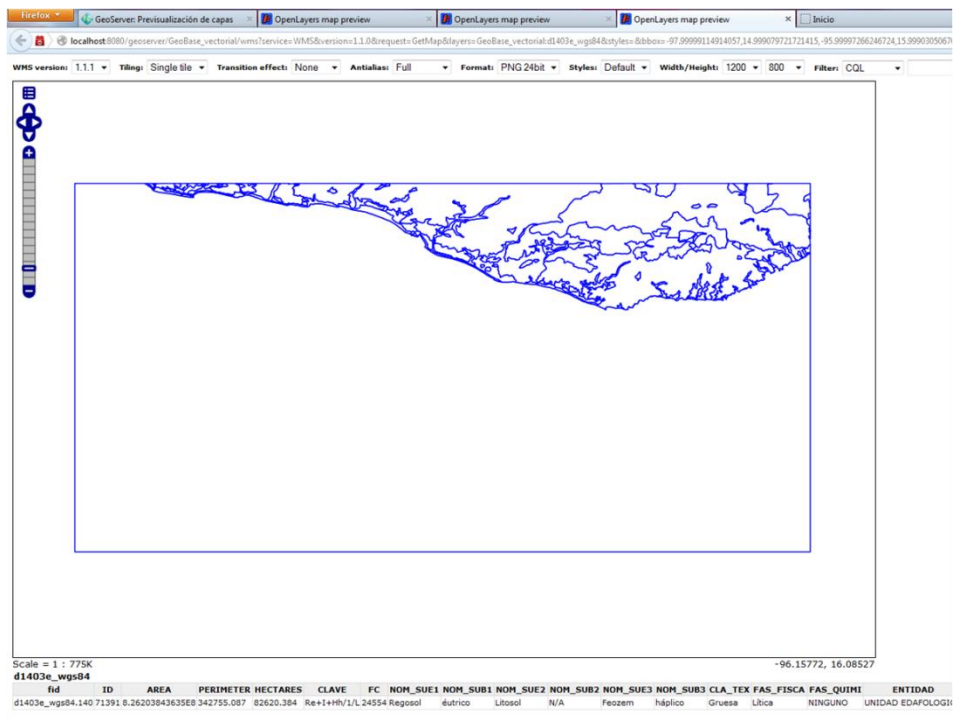


Figura 16: Imagen tipo vector (*shapefile*) publicada por geoserver

III. OBJETIVOS

En muchas instituciones principalmente académicas, se realiza investigación sobre Geomática, disciplina de reciente reconocimiento conocida también como ciencias de la información geográfica. En el Colegio de Postgraduados a partir de 2006 la investigación se reorienta hacia un enfoque multi e inter-disciplinario. Para ello se crean las Líneas Prioritarias de Investigación (LPI). La LPI No.9: “Geomática Aplicada al Estudio y Manejo de Recursos Naturales y Sistemas Agropecuarios”²⁵, plantea como objetivo general obtener y generar conocimiento e información espacio temporal, atendiendo a la problemática en cuencas y ecosistemas terrestres, con el fin de contribuir a la toma de decisiones para la gestión de los recursos naturales. La LPI 9 ha definido dos áreas de estudio para el periodo 2012-2014: la cuenca del río Mezquitlán en el Estado de Hidalgo y municipio de Texcoco, Estado de México. Para este grupo de investigadores es necesario contar con un acervo que apoye las investigaciones evitando redundancia en recabar los mismos datos geográficos y permitiendo el compartir las informaciones de origen y las generadas por los proyectos. De esta manera se ha planteado el proyecto de construcción en el mediano plazo de una base de datos geográfica, denominada “GeoBase L9”, para servir a esta comunidad de investigadores de la LPI 9. En este trabajo se exploran alternativas para la especificación de un diseño que permita construir la GeoBase L9 y un sistema de software asociado que la manejará y pondrá a disposición de los investigadores vía web. En este contexto, el presente trabajo plantea una metodología general para el diseño y creación de una base de datos geográfica y la aplica para crear una versión funcional de la GeoBase L9, sentando las bases para desarrollos y análisis posteriores orientados hacia producir versiones más completas y otras funcionalidades para esta base.

Los objetivos del proyecto de diseño y creación de la GeoBase L9, enmarcados en un enfoque metodológico que permita intercambiar y compartir información y productos geográficos resultantes de la investigación en agricultura y recursos naturales se enuncian a continuación.

²⁵ <http://www.colpos.mx/web11/index.php/investigacion/lineas-prioritarias-de-investigacion/lpi-9>

3.1. Objetivo General:

Contar con una base de datos geográfica que apoye a la investigación en agricultura y recursos naturales haciéndola disponible vía web.

3.2. Objetivos Particulares:

- Analizar los requisitos para la elaboración de una base de datos geográfica para la Línea Prioritaria de Investigación No. 9.
- Proponer una metodología basada en herramientas conceptuales apropiadas para el diseño y la creación de bases de datos geográficas.

Producir una versión funcional de la GeoBase L9 y software asociado para la inserción, consulta, visualización y retroalimentación de los usuarios de estos datos geográficos vía web

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. La GeoBase L9

Para mejor comprensión de los materiales y métodos empleados para especificar y diseñar la GeoBase L9, en esta sección IV se plantea primeramente el contexto de uso de esta base de datos geográficos como elemento primordial para establecer los requisitos, y proceder en seguida a presentar los distintos elementos que se analizaron para desarrollar el presente trabajo y alcanzar los objetivos planteados.

4.1.1. Contexto de Uso

El contexto o ámbito de uso de cualquier artefacto de software define a grandes rasgos el propósito, el ambiente, el contenido, los usuarios, las políticas de uso y las funciones que dicho artefacto debe realizar. La noción de artefacto se utiliza en computación para referirse a enfoques de desarrollo de software basados en modelos o MDD (siglas en inglés de Model Driven Development) (Atkinson & Kühne, 2003) y a los productos resultantes. En este caso, el artefacto es el repositorio de datos y el o los módulos de software para su manejo. Si los módulos están integrados se trata entonces de un sistema. Una vez que se conoce el propósito y se define el nivel de alcance de una base de datos geográfica, es importante desglosar los componentes y características del repositorio y del software de manejo. El contexto del uso de la GeoBase L9 lo constituye el ámbito de la investigación de la Línea Prioritaria 9 que realizan los investigadores pertenecientes al grupo de trabajo denominado ETI-9²⁶.

La investigación de la Línea 9 se enmarca en un macro proyecto de investigación, conocido como Proyecto de Investigación Integrador (PII), el cual se lleva a cabo en un periodo de varios años. El PII a su vez involucra distintos subproyectos, acciones y responsables que comprometen la entrega de productos a la coordinación del grupo a cargo del proyecto. En este contexto, la LPI 9 ha puesto especial interés en la generación de productos de

²⁶ Equipo de Trabajo Interdisciplinario de la Línea No. 9

información espacial geo-referenciada con pertinencia científica; para con ello permitir a la comunidad de la LPI el uso coordinado de técnicas y sistemas para teledetección, cartografía y sistemas de información geográficos, así como la aplicación de procesos informáticos, matemáticos y estadísticos necesarios para los estudios del territorio bajo un enfoque científico (CP, 2012). El PII tiene como objetivo principal el analizar los componentes biofísicos y ambientales de las zonas de estudio, la elaboración de modelos cartográficos como herramientas básicas para interpretar la situación actual de una región, y con ellos fundamentar y elaborar planes de ordenamiento territorial y ecológico. Como se explicó en la sección III, en su edición actual el PII considera como zonas de estudio las cuencas del río Mezquitlán en el Estado de Hidalgo y el municipio de Texcoco, Estado de México.

Para alcanzar el objetivo se plantea la necesidad de recabar y ordenar la información geográfica tanto la *de origen* (por ejemplo, datos geográficos y mapas oficiales) como *la generada* por las investigaciones en un repositorio común, de manera que puedan ser compartidos y reutilizados por el grupo de investigadores. Esto permitirá mejorar la coordinación de las investigaciones.

Dicho repositorio debe incluir, por una parte, los insumos documentales de origen (mapas, datos, encuestas, etc.) para las investigaciones; y por otra parte, los productos generados y su información descriptiva (mapas, imágenes satelitales pre-procesadas o analizadas, etc.). El repositorio planteado es precisamente la GeoBase L9.

4.1.2. La Cuenca Como Unidad de Estudio

La cuenca se entiende como una unidad del territorio delimitada por un parteaguas, que determina hacia dónde escurra el agua, hacia el mar, o hacia cuerpos interiores a través de una red de cauces. Una cuenca es un ente conceptualmente y físicamente complejo consistente del territorio delimitado por un parteaguas donde existe una diversidad topográfica, y cohabitan recursos como agua, suelo, flora, fauna, entre otros recursos

relacionados a éstos y al medio ambiente, e incluso las poblaciones que allí habitan (DOF, 1992).

En términos de planeación, la cuenca hidrográfica se emplea frecuentemente como unidad básica para describir el territorio cuya característica primordial es que el agua que se acumula en la cuenca desemboca hacia un cauce común (Sánchez, *et al.*, 2003); y por tanto puede incluir, como en el caso de México, divisiones del territorio como las divisiones políticas (estados, municipios o localidades) u otras divisiones definidas por diversas metodologías y para distintos propósitos como son los Municipios de Atención Prioritaria o MAPS (ASERCA, 2005). En el PII se plantea la cuenca hidrográfica como unidad básica de estudio.

4.1.3. Contenido y Manejo

Como se mencionó en los párrafos anteriores, las investigaciones del PII se relacionan con la conservación de los recursos naturales y problemas del sector agrícola, ganadero, forestal y pesquero. Los insumos para las investigaciones (datos e información geográfica *de origen*) y los resultados de las mismas (productos que cumplan estándares de calidad) constituyen el contenido de la GeoBase L9. Llamaremos a estos elementos de manera genérica Recursos de Información (RI) para la GeoBase L9. Como estrategia general para construir esta base se considera la incorporación de RI por etapas (Fernández Ordóñez *et al.*, 2013). En la etapa que concierne a este trabajo se incorporan mapas de las cuencas de Meztitlán en el Estado de Hidalgo y del municipio de Texcoco en el Estado de México. Debido a que no todos los investigadores utilizan las mismas metodologías o los mismos sistemas computarizados de análisis de la información geográfica, los RI que debe contener la GeoBase L9 son heterogéneos.

En la etapa inicial donde se ubica este trabajo, no se pretende proporcionar funcionalidades generales que pertenecen a herramientas especializadas; como serían, manejo de modelos geoespaciales específicos, como los de clima, ni una liga directa con otros sistemas externos, como analizadores de imágenes o herramientas SIG. Los modelos geoespaciales

y otros procesos computacionales externos continuarán siendo a cargo de los investigadores con las herramientas de su elección. Es importante resaltar este punto para dejar establecido que en esta etapa la GeoBase-L9 no se orienta a crear un *sistema manejador de bases geoespaciales heterogéneas* (Fileto, 2001), sino a reunir RI heterogéneos de manera que se permita su visualización y acceso mediante un sistema de consulta en línea (vía web). Este sistema se pretende que constituya una interfaz útil a la comunidad de la LPI 9 para decidir si un elemento en la GeoBase-L9 es o no de su interés para extraerlo (exportarlo) o si un producto generado se hace disponible a la comunidad a través de insertarlo en la base (importarlo).

4.1.4. Usuarios y Políticas de Uso

En la interacción con el sistema de la GeoBase L9, se consideran usuarios en tres categorías: (i) los miembros de la comunidad de investigadores activos en la LPI 9; (ii) miembros del Colegio de Postgraduados que trabajan con información geoespacial y se interesan por el contenido de la GeoBase L9; (iii) usuarios externos. Se asignan distintos privilegios a los usuarios según su tipo, mismos que se describen en la Tabla 3. A partir de esto se precisan los requisitos y la implementación en el software de las políticas de uso para la base de datos. Los niveles 0 y 1 se refieren al grado de terminación que guardan los metadatos aportados, es decir, si están completos o incompletos. Los metadatos se describen en la sección 4.3.1.

Tabla 3: Usuarios, roles y privilegios en la GeoBase-L9

TIPO DE USUARIO	ROL²⁷	PRIVILEGIO
Administrador	1	Operaciones de inserción, eliminación y modificación al nivel 1
Productor	2	Operaciones de inserción y modificación al nivel 0
Lector	3	Operaciones de lectura (consulta)
Usuario externo	4	Operaciones especificadas en convenio

²⁷ Usualmente se emplea una numeración para definir la clasificación donde se establecen los distintos privilegios dentro del sistema.

En cuanto a las políticas de uso, éstas se refieren a las normas de inserción, eliminación, actualización, verificación de la calidad, entre otras, que se establecen en el seno de la comunidad de usuarios.

Registro de objetos. Definición de normas y documentos necesarios para el cumplimiento del registro. La primera norma considerada en este trabajo es que los RI (ítems u objetos) a introducir en la GeoBase-L9 contengan los metadatos mínimos. Los RI considerados aquí son: mapas, imágenes satelitales, ortofotos y fotografías.

Depuración de contenido. Involucra verificar el cumplimiento de las normas de calidad establecidas para la GeoBase-L9 y las convenciones para versiones y formatos de archivos admitidos.

De distribución. Delimita la verificación del cumplimiento de las condiciones propias de cada ítem geográfico (RI) que permita compartirlo de manera confiable.

4.2. Principales Actividades para Cubrir los Requisitos

El sistema debe satisfacer requisitos funcionales y no funcionales establecidos en el análisis. El modelo de requisitos permite facilitar por un lado la toma de decisiones sobre la arquitectura del sistema (Hurtado, 2003) que permita cumplir con los objetivos. Este tipo de modelos permiten delimitar las actividades a cumplir y resaltan en primer término determinar aquellos elementos que fijan las características finales solicitadas por el cliente o usuarios finales (requisitos funcionales). En segundo término especifican aquellas características más restrictivas pero no menos importantes (requisitos no funcionales) que se refieren a la calidad requerida del sistema. Estos requisitos son por lo general más difíciles de especificar con unidades medibles o actividades tangibles, prefiriéndose muchas veces refinarlos con los usuarios a través de la utilización y evaluación de versiones piloto del sistema (Nuseibeh & Easterbrook, 2000). Este es el enfoque que se ha seguido en este trabajo, ya que al no contar los usuarios de la GeoBase L9 con experiencias previas en lo

que pueden ofrecer este tipo de artefactos de software, se ha optado por recabar información directa una vez el sistema en uso (retroalimentación).

Los requisitos funcionales y no funcionales para la GeoBase L9 se enumeran a continuación:

Requisitos Funcionales:

- El usuario podrá registrarse dentro del propio sistema de una manera sencilla.
- El usuario podrá consultar cualquier ítem geográfico RI con su conjunto de metadatos, y podrá descargar una copia dentro de su computadora.
- Los metadatos correspondientes a cualquier ítem geográfico, podrán ser consultados y descargados en un archivo con extensión PDF.
- Será posible realizar correcciones al conjunto de metadatos.
- El sistema registrará cuál usuario ha guardado qué información y en qué fecha.

Requisitos No Funcionales

- La versión piloto del sistema permitirá el guardar información de hasta 1000 MB.
- El conjunto de metadatos que se integran en el sistema, se basan en un estándar propio y están limitados, puesto que no se podrá modificar o anexar algún otro metadato.
- Los RI - imágenes a insertar en la GeoBase, deberán estar en un formato comprimido. Este requisito es consecuencia de que el repositorio acepta ítems generados por distintos software.
- Puede eliminarse totalmente un RI del repositorio, la acción es estrictamente controlada y le corresponde solamente a usuarios con privilegios de administración del sistema.

4.3. Modelación de la GeoBase L9

La modelación de bases de datos es un proceso que permite no solo analizar y precisar los requisitos de RI para su inserción en bases de datos de manera que sirvan a los propósitos definidos para el contexto de uso de la base (usuarios, funcionalidades, restricciones), sino que sean también una guía para la implementación y la eventual incorporación de mejoras en el contenido, en las funcionalidades del sistema de manejo o en el desempeño operacional de la base. Hay distintos niveles en los que procede una modelación y pueden usarse distintos tipos de herramientas para especificar los modelos. Las herramientas también son llamadas “modelos” que se asocian a etapas del diseño y realización de las bases de datos, lo cual puede a veces ser confuso para los no especialistas en informática (Whitten et al, 2004). Para la GeoBase L9 consideramos las especificaciones y los medios de especificación de los datos como modelos. En las secciones siguientes se presentan: el modelo de metadatos, el modelo conceptual, el lógico y el físico de la GeoBase L9. Estos modelos de manera conjunta se usan para guiar la implementación del componente de software de esta tesis.

4.3.1. Modelo de Metadatos L9

A nivel nacional e internacional existen diversas organizaciones que se encargan del estudio y desarrollo de normas y estándares que permitan la homogenización de los metadatos que se incluyen en los datos geográficos generados a lo largo del globo. Estas normas proporcionan un conjunto común de terminología, definiciones y procedimientos propios de los metadatos. Existen diversos programas (software) e incluso dentro de los propios SIG donde se puede complementar esta información basados en estas normas (Yeung & Hall, 2007; Velásquez, *et. al*, 2012).

Para la integración de metadatos dentro de un modelo de base de datos geográficos, se parte de la premisa que la mayoría de los ítems geográficos distribuidos, suele no contener información clara, concreta y estandarizada que facilite su identificación y/o distribución. Para la GeoBase L9 se tomo en cuenta un modelo de metadatos propio basado en el

estándar ISO 19115, lo que permite simplificar el conjunto de atributos que describen a cada dato geográfico, es decir, permite contar con una descripción concreta sobre el origen, propósitos, sistema de referencia, tiempos y metodologías asociadas a los ítems geográficos incorporados a esta base de datos (Velásquez, *et. al.*, 2012).

En la Tabla 4 se muestra el conjunto de metadatos propio para la GeoBase L9, además de que se resaltan aquellos que son los mínimos requeridos para la descripción de la información geográfica contenida en la base de datos.

Tabla 4: Metadatos incluidos en la GeoBase L9.

NOMBRE DEL CONJUNTO DE METADATOS	METADATOS	EJEMPLO
Identificación	Titulo	Curvas de nivel
	Propósito	
	Resumen descriptivo	
	Idioma original	Español
	Clasificación temática	Mapas base
	Palabras clave	
	Formato de presentación	Vector
	Mantenimiento de los datos	Anualmente
	Restricciones	Por patentar
Fechas de creación y validez	Fecha de creación de dato	
	Fecha de creación del metadato	
	Fecha de inicio de validez	
	Fecha de fin de validez	
Parte responsable del conjunto de datos	Nombre	
	Nombre de la organización	
	Dirección de correo electrónico	
Localización geográfica del conjunto de datos	Representación Espacial: Extensión Vertical, Extensión temporal, Extensión espacial	
Sistema de referencia	Coordenadas Geográficas	

	Proyección cartográfica	UTM
	Nombre del Datum horizontal, Nombre del elipsoide, Semieje mayor, Factor de denominador de achatamiento	WGS84
	Extensión Vertical	
Calidad de los datos	Información de la Calidad (informes)	Precisión posicional, Precisión temporal, Precisión temática, Compleitud, Consistencia lógica
	Información de los orígenes (linaje)	Información de las fuentes, Información del proceso
Distribución	Protocolo de petición estandarizado: tasas, tiempo estimado de entrega, instrucciones para la petición	
	Especificación, Técnica de descompresión	
	Opciones para la transferencia digital, distribuidor	
	Formato de distribución: Formato, Nombre y versión	

4.3.2. Modelo Conceptual de la GeoBase L9

La modelación que se plantea, se basa principalmente en un modelo objeto-relacional, puesto que los “objetos” de nuestro estudio son las imágenes geográficas (ortofotos, imágenes vectoriales –tipo *shapefile*, CAD-, imágenes digitales, etc.). En la figura 17 se muestra el modelo de alto nivel y la clase “dato geográfico” está representada en la figura 18.

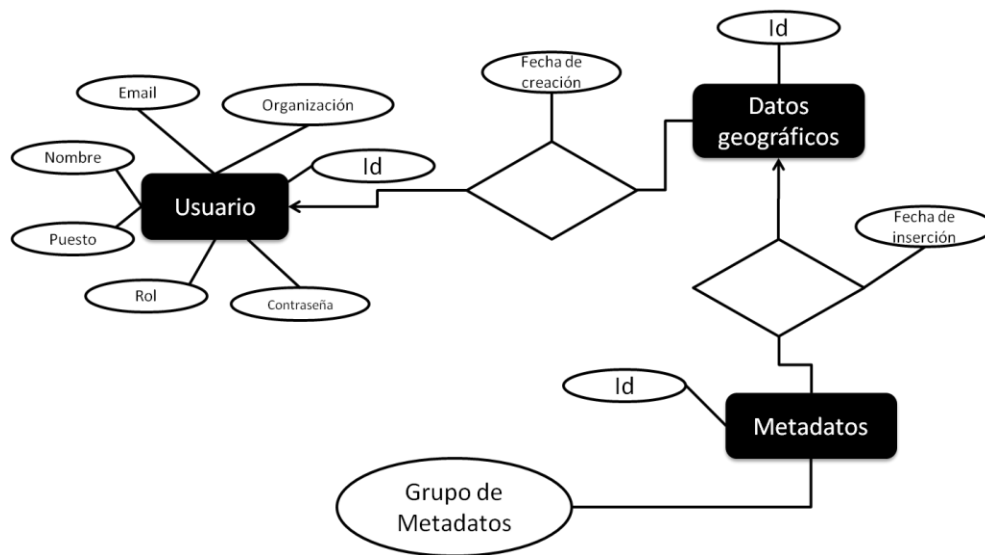


Figura 17: Modelo Conceptual GeoBase L9.

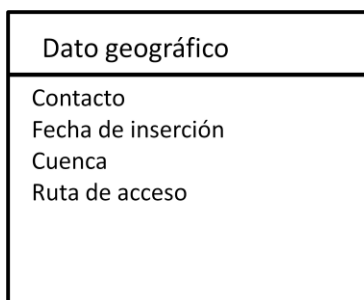


Figura 18: Clase: dato geográfico

Cabe señalar, que en este caso la clase “dato geográfico” se plantea de forma general puesto que se parte del supuesto que las características de cada uno son descritas a partir de los metadatos, es decir, los metadatos solicitan las características propias de cada dato geográfico, sin importar las propiedades individuales de cada uno (ejemplo: las particularidades que diferencian los datos vectoriales de los raster), permitiendo generar una clase más sencilla.

4.3.3. Modelo Lógico de la GeoBase L9

En la figura 19 se muestra el modelo lógico de la GeoBase, donde se ejemplifican algunos de los atributos contenidos en la tabla metadatos que corresponden a un dato geográfico, así como las relaciones de acuerdo al modelo conceptual antes mencionado.

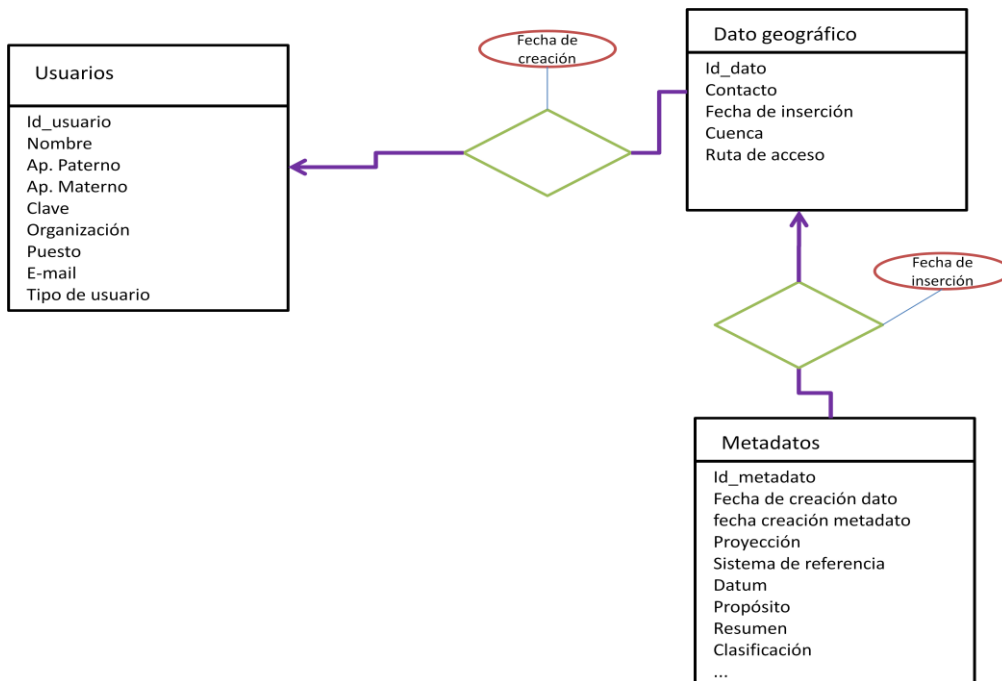


Figura 19: Modelo lógico de la GeoBase L9

4.3.4. Modelo Físico de la GeoBase L9

Como ya se mencionó, el modelo físico considera al SMBD en el cual se va a llevar a cabo la instalación de la GeoBase, y cada uno de los atributos del diseño lógico es integrado en el modelo físico a partir de los tipos de datos que maneja dicho SMBD; en este caso, la mayoría de los atributos se delimitan a los siguientes tipos de datos: *date*, *character varying* e *integer*. En la figura 20 se muestra la estructura de las tablas dentro de PostgreSQL, así como las relaciones y los catálogos que la integran.

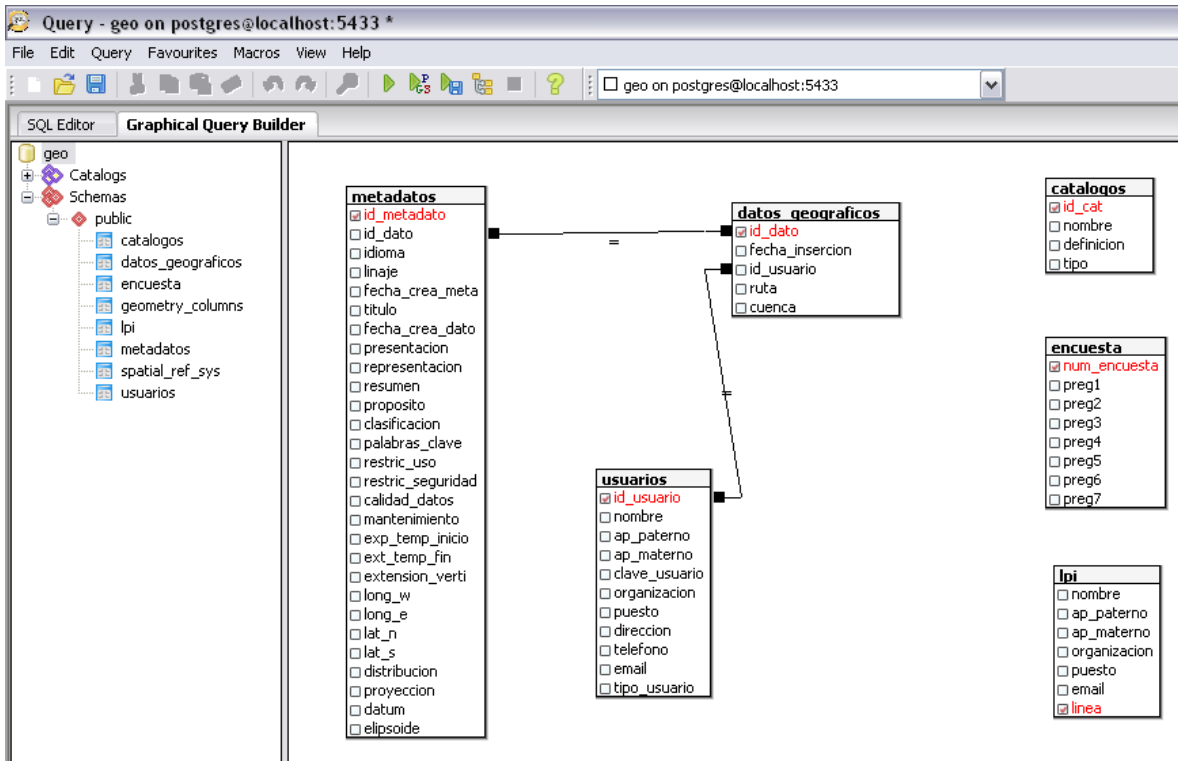


Figura 20: Modelo Físico de la GeoBase en PostgreSQL

En la imagen anterior se muestran las relaciones con sus respectivos atributos, en rojo se remarcan las llaves primarias, y en la relación “catálogos” se encuentran las características que contienen parámetros de los metadatos; la relación “lpi” es un catálogo sobre los integrantes de la Línea 9, puesto que esto permitirá omitir solicitar cierta información a nivel de programación cuando el usuario sea miembro de la línea. Finalmente, la relación “encuesta”, almacenará la información solicitada por medio de la página web sobre una serie de preguntas que ayudaran en la evaluación del sistema.

4.4. Arquitectura e Implementación del Sistema

La arquitectura del sistema representa de forma gráfica como se encuentra estructurado desde su concepción más práctica el sistema; para este caso, el flujo de información comienza a partir del lado del usuario, el cual por medio de métodos y aplicaciones SIG de escritorio puede construir imágenes geográficas que a su vez desea compartir. Esto último

lo hace por medio de la aplicación web mostrada en el buscador de su preferencia, de modo que almacena todos los atributos correspondientes a las imágenes dentro de la GeoBase.

Por el lado del servidor, se cuenta con todos los recursos para la programación de una página web, así como también la configuración de los elementos que lo componen. En este sentido, el servidor de la GeoBase cuenta con la base de datos en PostgreSQL, en la cual también será posible almacenar los metadatos de los RI, o en su defecto, los propios RI mediante el plugin del que se hizo mención en la sección 2.4.1. En la primer versión de la GeoBase, se tomó la decisión de almacenar los RI en una sección del disco duro, puesto que permitirá a los administradores generar los archivos mapfile para representar los datos en el buscador; y a los usuarios, descargar de una forma sencilla, el dato geográfico deseado en un formato comprimido.

En la figura 21 se muestra la arquitectura del sistema de la GeoBase de datos L9.

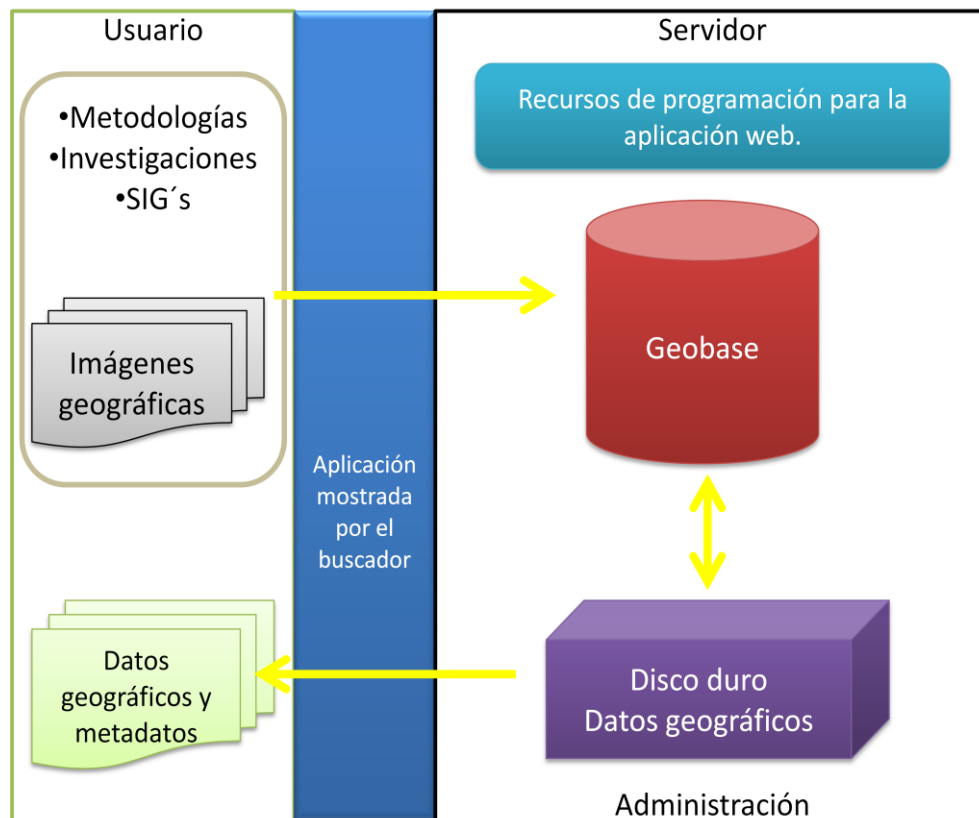


Figura 21: Arquitectura de la GeoBase L9

Este sistema brinda la oportunidad de realizar consulta, inserción y edición de la información geográfica de RI y de sus metadatos. En la figura 22 se muestra la arquitectura del sistema de acuerdo a los requisitos establecidos, utilizándose la notación UML (Hurtado, 2003).

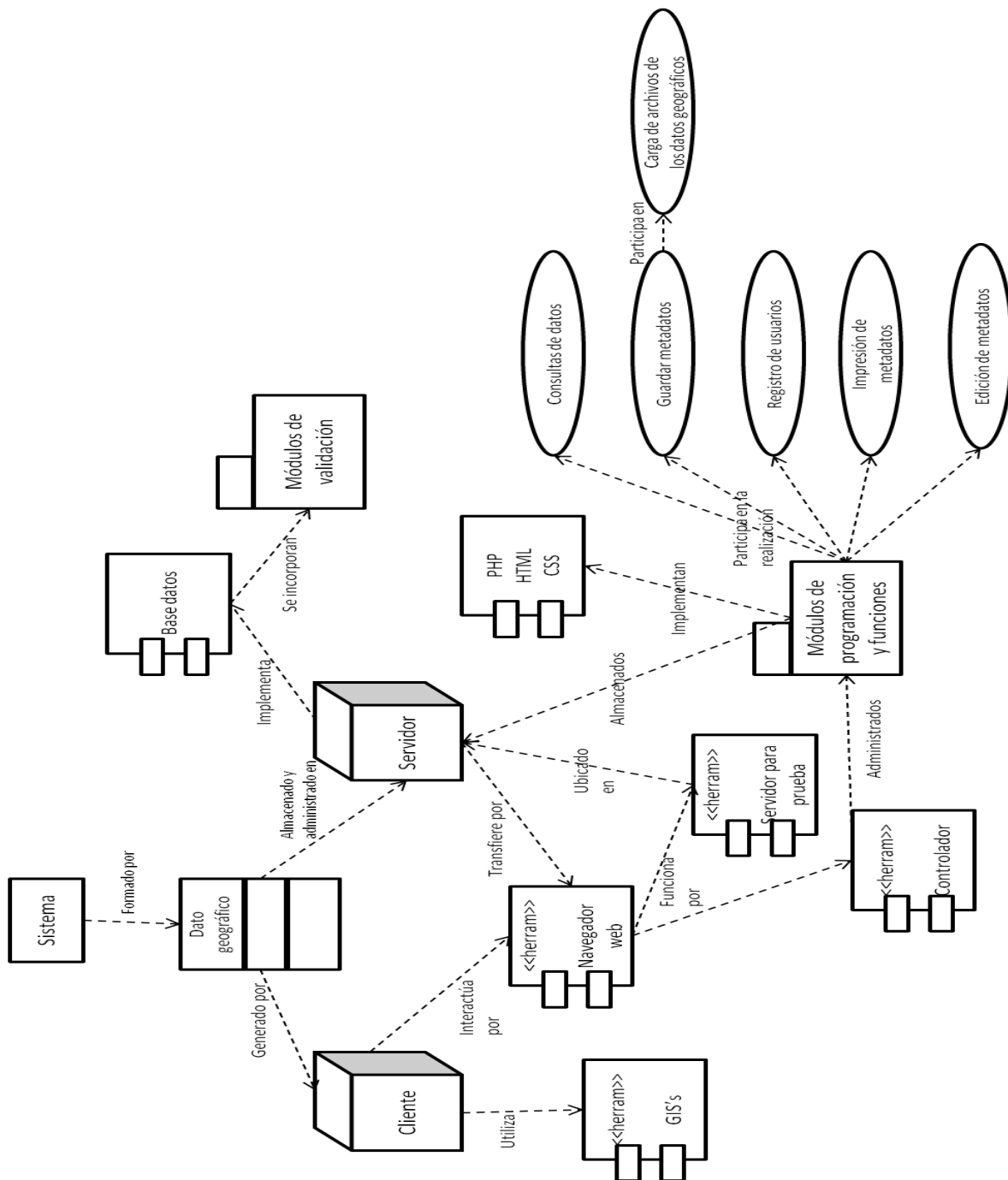


Figura 22: Arquitectura de sistema con UML

De igual forma, el sistema cuenta con diversas funcionalidades para la navegación estructuradas en “casos de uso”, los cuales están representados por la figura 23 y descritos a manera de tablas, donde se especifican los pasos a seguir para cada caso de uso en las tablas 5 a 10 las cuales explican la interacción usuario-sistema-usuario, donde se incluye un actor en forma de ejemplo.

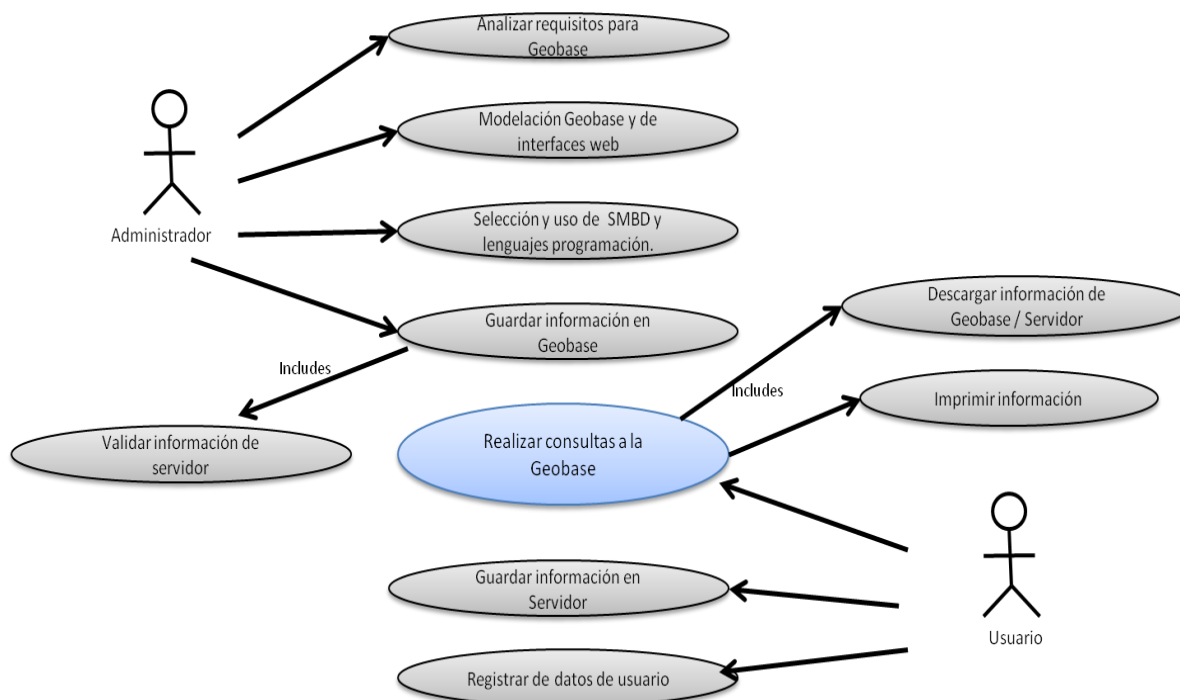


Figura 23: Diagrama de casos de uso de la GeoBase (notación UML)

Tabla 5: Caso de Uso: Registro de Usuarios

NOMBRE	REGISTRO DE USUARIOS
Autor	Integrante de la LPI-9
Descripción	El usuario que desee tener acceso a la GeoBase, deberá ingresar sus datos de identificación, dependiendo del tipo de actividades que desea realizar se le asigna un rol. Los integrantes de la LPI-9 solo ingresan un nombre de usuario y la contraseña.
Precondiciones	Ninguna
Flujo normal	1. Selección de actividades a realizar

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Llenado de campos de identificación del usuario (nombre, email, etc.) 3. Se guarda la información de en la Base de Datos
Flujo alterno	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de actividades a realizar 2. ¿Pertenece a la LPI 9? 3. Llenado de campos de identificación del usuario (nombre, email, etc.) 4. Se guarda la información de en la Base de Datos
Postcondiciones	Solo podrá realizar ciertas actividades (eje: consulta)

Tabla 6: Caso de Uso: Guardar imagen nueva y metadatos

NOMBRE	GUARDAR IMAGEN NUEVA Y METADATOS
Autor	Integrante de la LPI-9
Descripción	El usuario que desee guardar información, podrá ingresar los metadatos que se le soliciten y posteriormente cargar un archivo comprimido que contenga el dato geográfico al cual será asignado el metadato llenado.
Precondiciones	El usuario deberá estar registrado y haber seleccionado la opción correspondiente que le permitirá realizar esta acción (búsqueda, carga y descarga de información)
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de opción “Guardar imagen nueva y metadatos”. 2. Ingresar como usuario registrado (<i>login</i> – “loguearse”). 3. Llenar campos correspondientes a los metadatos. 4. Guardar información capturada en la plantilla. 5. Buscar dato geográfico a cargar en formato comprimido. 6. Guardar dato geográfico.
Flujo alterno	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de opción “Guardar imagen nueva y metadatos”. 2. Registrarse como usuario nuevo. 3. Llenar campos correspondientes a los metadatos. 4. Guardar información capturada en la plantilla. 5. Buscar dato geográfico a cargar en formato comprimido. 6. Guardar dato geográfico.
Postcondiciones	Ninguna

Tabla 7: Caso de Uso: Consulta de Datos

NOMBRE	CONSULTA DE DATOS
Autor	Integrante de la LPI-9
Descripción	El usuario visualizará los metadatos correspondientes a algún dato geográfico.
Precondiciones	Ninguna
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de opción “consultar información” 2. Selección de criterios de búsqueda. 3. Selección de dato geográfico por “Titulo”
Flujo alterno	Ninguno
Postcondiciones	Ninguna

Tabla 8: Caso de Uso: Impresión de metadatos

NOMBRE	IMPRESIÓN DE METADATOS
Autor	Integrante de la LPI-9
Descripción	El usuario podrá imprimir los metadatos en un archivo PDF.
Precondiciones	Haber consultado algún dato.
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de opción que permite ver los metadatos en un archivo PDF dentro del buscador. 2. Guardar el archivo generado en el ordenador del usuario.
Flujo alterno	Ninguno
Postcondiciones	Ninguna

Tabla 9: Caso de Uso: Visualización de mapa

NOMBRE	VISUALIZACIÓN DE MAPA
Autor	Integrante de la LPI-9
Descripción	El usuario podrá imprimir los metadatos en un archivo PDF.
Precondiciones	Haber consultado algún dato.
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de opción que permite ver el mapa por medio de geoserver en el buscador. 2. Selección de opción para descarga de información en formato comprimido.
Flujo alterno	Consultar otro dato.

Postcondiciones	Ninguna
------------------------	---------

Tabla 10: Caso de Uso: Edición de metadatos

NOMBRE	EDICIÓN DE METADATOS
Autor	Integrante de la LPI-9
Descripción	El usuario que desee podrá realizar cambios a los metadatos de algún dato geográfico que haya guardado.
Precondiciones	El usuario deberá estar registrado y haber seleccionado la opción correspondiente que le permitirá realizar esta acción (búsqueda, carga y descarga de información), ser quien haya subido el dato al cual desea modificar los metadatos.
Flujo normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección de opción “Editar información ya incluida en la GEOBASE”. 2. Ingresar como usuario registrado (<i>login</i> – “loguearse”). 3. Selección por título del dato geográfico que se desea modificar. 4. Guardar información capturada en la plantilla.
Flujo alterno	Ninguno
Postcondiciones	Ninguno

Una vez que se han delimitado los metadatos necesarios, el tipo de interacciones entre el usuario y la GeoBase, el contenido, las políticas de uso y el manejo, se procede a la instalación de los elementos de software descritos en la sección 2.5, tomando en cuenta el sistema operativo del servidor; y para el caso de Windows, el tipo de procesador (32 o 64 bits) para aquel software que necesita de estas especificaciones. Con lo anterior, el área de trabajo para el desarrollo de la GeoBase queda delimitada y lista para la inicialización.

Posteriormente, se procede a la organización y programación del contenido de la página web dentro del framework, pues esto permite tener un mayor control entre lo que se muestra ante la pantalla del usuario y los elementos que se delimitan como URL, por medio del lenguaje PHP sea posible la estructuración, combinación de los distintos lenguajes de etiquetas mencionados con anterioridad y la conexión con la base de datos localizada en Postgres.

Es importante señalar que los servidores de pruebas trabajan bajo sus propios elementos, de forma que para el caso del presente trabajo, se procedió a trabajar en la interfaz de estos servidores de manera separada en relación al resto del contenido de la pagina web, lo que permitió generar los elementos URL correspondientes para la visualización de los distintos tipos de imágenes para ser almacenados dentro de la GeoBase y ejecutados a manera de link por medio de PHP y HTML.

Lo mencionado en esta sección, se llevó a cabo en un equipo de cómputo (servidor) dentro del Laboratorio de Geomática del Colegio de Postgraduados, con la iniciativa de poder contener en el servidor la información geográfica de interés y realizar las pruebas correspondientes.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. El Sistema

Se realizó una versión piloto de la GeoBase de Datos L9, implementada en PostgreSQL con extensión de PostGIS. A continuación se explica como se almacena la información:

Almacenamiento en el disco duro del servidor: todas las imágenes se localizan físicamente en el disco duro del servidor (en formato comprimido), guardando dentro de la base de datos la ruta de acceso de los archivos.

Almacenamiento en el SMBD²⁸: La información referente a los usuarios, metadatos de las imágenes y catálogos es almacenada dentro del propio Postgres basándose en el modelo lógico del cual se hace mención en la sección 4.3.2.

En la figura 24 se muestra la interfaz de inicio de acceso de la GeoBase L9, por medio de una dirección URL (ejemplo: 10.0.4.17/cin_2/index.php/GeoBase/).

²⁸ Es posible también que las imágenes en formato *shapefile* se guardan en el SMBD por medio del *plugin* descrito en la sección 2.5.1. Esto es, la visualización de una imagen como tabla (relación), es decir, Postgres convierte toda la información gráfica en información tabular, permitiendo realizar consultas SQL para el análisis geoespacial; lo que permite (de una segunda manera) tener acceso a la información almacenada en Postgres desde un SIG (ejemplo: qgis) por medio de una conexión, proceso parecido al que se realiza con los web map services (wms).



Figura 24: Interfaz de acceso a la GeoBase L9

En la GeoBase es posible incluir información del usuario por medio del registro previo de sus datos, donde el sistema asigna un número de rol o tipo de usuario, que facilita la administración de la base de datos. De esta forma, el usuario puede consultar, guardar y editar RI y metadatos. La figura 25 muestra una plantilla para la selección de las actividades a realizar dentro de la GeoBase por medio de la interfaz de la página web.

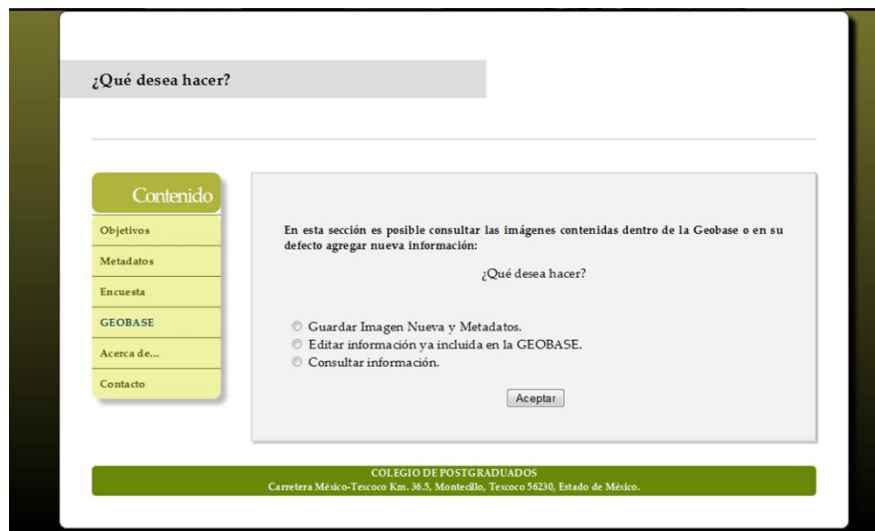


Figura 25: Plantilla de selección de actividad dentro de la Geobase L9.

La información contenida en esta GeoBase, pertenece a la cuenca de Meztlán estado de Hidalgo; la cual está constituida principalmente por imágenes vectoriales, raster, y procedentes de otras fuentes. Cada una de ellas cuenta con un grupo de metadatos en el que se incluye la información de la persona que lo comparte. En la figura 26 se muestra una plantilla de búsqueda con cuatro de los metadatos más descriptivos y de fácil selección por parte del usuario.




Figura 26: Plantilla de búsqueda de información geográfica digital dentro de la GeoBase L9.

Una vez realizada la consulta, los RI que cumplen con los criterios seleccionados son desplegados a manera de lista a partir del título que los identifica. Posteriormente permite al usuario visualizar el mapa, consultar los metadatos en formato PDF o descargar la información en formato comprimido. En la figura 27 se muestra una plantilla con el listado de los RI resultantes de la inclusión de algunos criterios; la figura 28 muestra la forma en la que el sistema exhibe los metadatos consultados. Finalmente la figura 29 muestra como se visualiza un mapa tipo vector y otro raster mediante *geoserver*.



Figura 27: Listado de los títulos de la información geográfica que cumple con ciertos criterios de búsqueda.

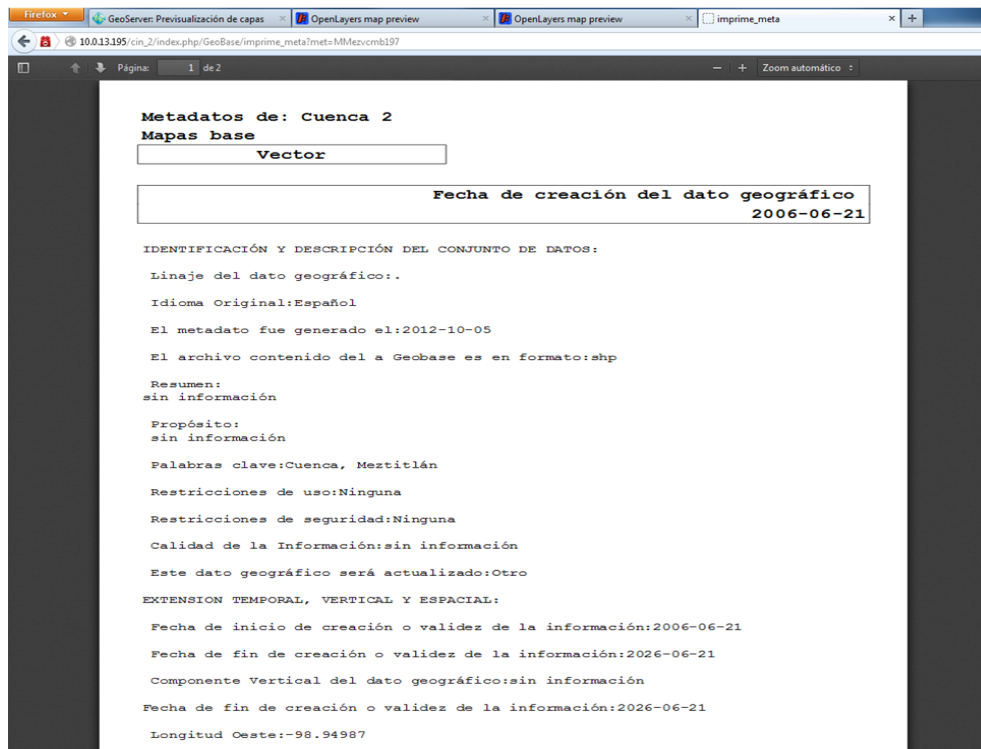


Figura 28: Consulta de metadatos en formato PDF expuesto por el sistema.

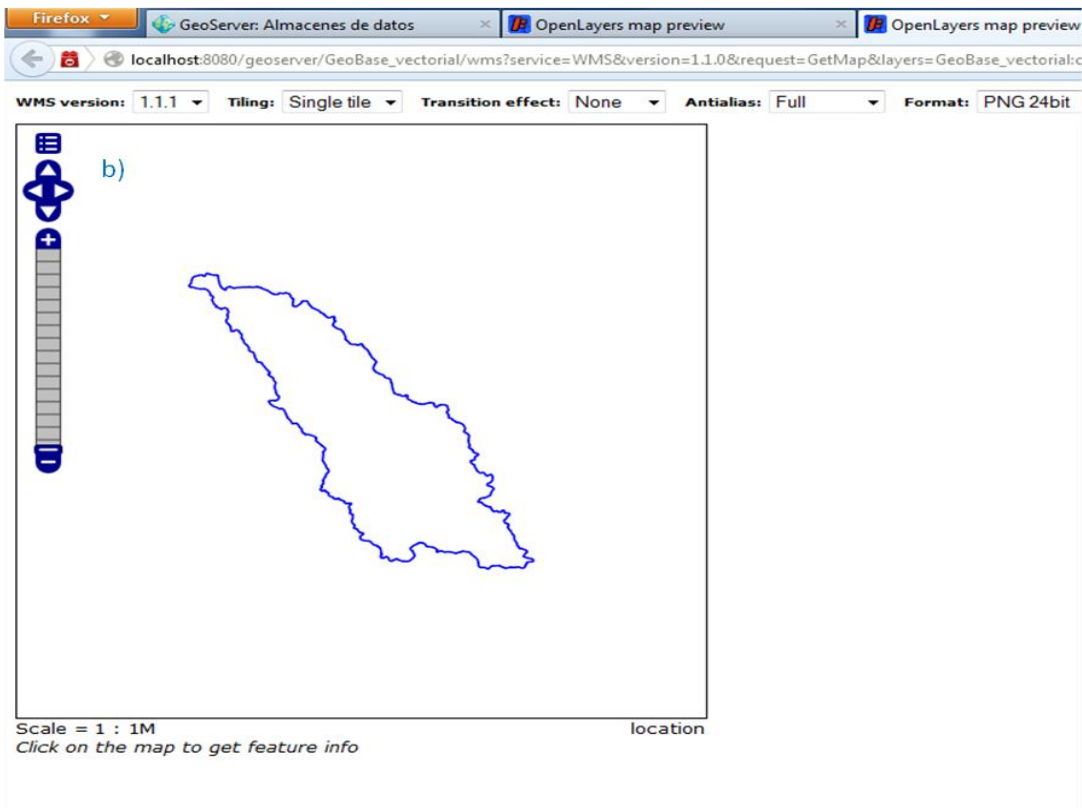
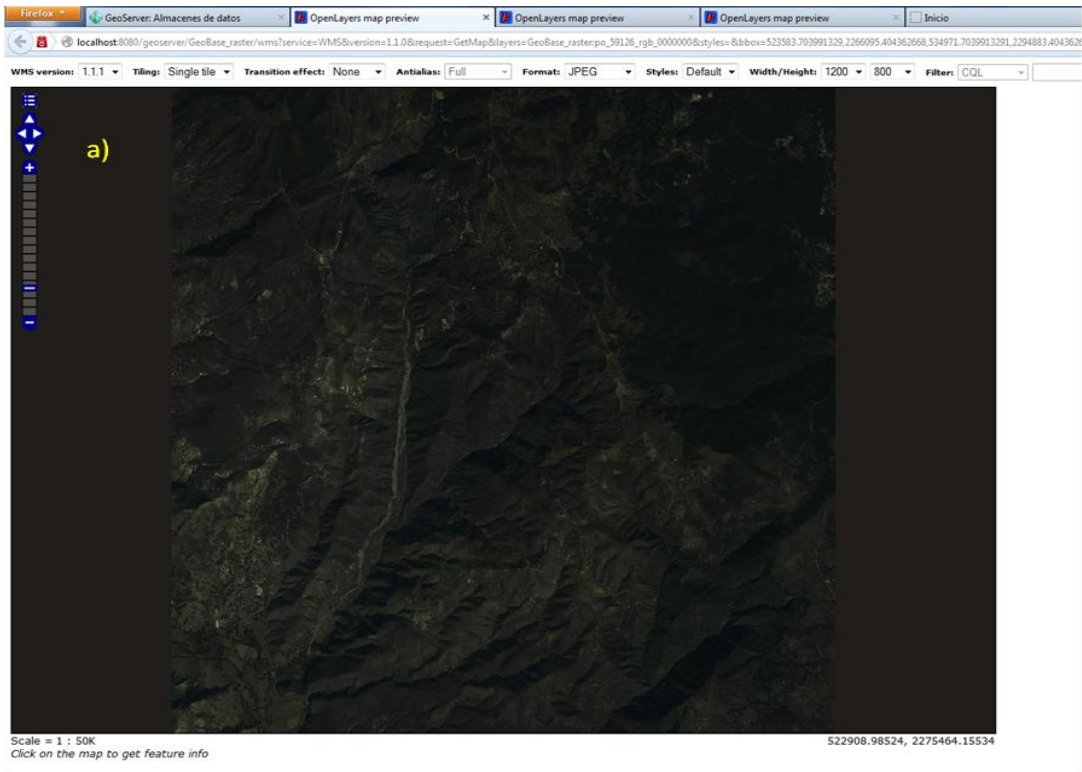


Figura 29: Vista de la información geográfica a) raster, b) vectorial, en la GeoBase L9 mediante geoserver.

5.2. Bases de Datos Geográficas

Las bases de datos geográficas se estructuran en un sentido simple dentro de un SMBD, donde se incluyan los elementos geográficos que pueden vincularse con información de estudios/evaluaciones anexa a esos RI. Esto constituye una base geográfica con una sola temática, área de estudio o enfoque; permitiendo una gama de posibilidades para la incursión de diversas herramientas de almacenamiento. En esta tesis se ha ilustrado una manera de lograr el almacenamiento de los RI.

Los elementos de programación que se emplearon para la organización de los componentes de visualización del contenido (página web), pueden adaptarse de acuerdo a necesidades específicas de ciertas aplicaciones. En este caso se contemplaron aspectos de consulta gráfica de los ítems geográficos con servidores de mapas.

La visualización de un mapa por medio de *mapserver* depende de la conformación del *mapfile*; este elemento está diseñado desde un SIG particular con una extensión de publicación; es de suma importancia el delimitar las características de proyección y coordenadas de acuerdo a lo mencionado en la sección 2.4.7. Es decir, que para poder incluir las imágenes en este servidor de mapas en particular es importante reproyectarlas al sistema de coordenadas **WGS84**; de no ser considerada esta restricción sobre los elementos, pueden presentarse dificultades para que sean cargados por el *mapserver*. Esto resalta la necesidad de revisar la configuración individual de la información.

En contraste con estos inconvenientes, la interacción con el servidor de mapas *geoserver* es más sencilla, pues plantea una interfaz más amigable, además de que para el caso de RI de tipo raster, el servidor toma de forma automática el sistema de coordenadas del ítem para posteriormente visualizar una imagen. Es importante resaltar que la dificultad para esta acción puede radicar en la selección del tipo de origen de datos, pues puede no existir dentro del listado del servidor, el origen de alguna información que se desee utilizar. Para el caso de la información vectorial, y como se mencionó con anterioridad, para que

geoserver pueda cargar y visualizar de una forma correcta la información, se debe reproyectar dicha información al sistema de coordenadas **WGS84**.

Anexo al presente documento, se encuentra un CD para la instalación/administración de los elementos que componen la GeoBase en un equipo provisional o definitivo por parte de la LPI 9.

VI. CONCLUSIONES

1. Las bases de datos geográficas son un repositorio no convencional ni apegado a estándares, en el cual se almacena información geográfica que puede ser heterogénea por su origen. La GeoBase L9 permite el acopio, ordenamiento y difusión de ítems geográficos o RI que incluyen mapas o imágenes resultantes del análisis en diversos formatos y producidos por diversos sistemas de software.
2. En lo que respecta al aspecto metodológico, el modelo objeto-relacional (ó ERE) de la GeoBase cumple y cubre los requisitos establecidos para el contenido y el sistema de manejo asociado, permitiendo en etapas subsecuentes del desarrollo de esta base de datos ampliar y/o modificar el modelo, haciendo posible considerar un enfoque a modelos orientados a objetos como MADS, revisado en la sección 2.3.3.
3. El desarrollo de la GeoBase L9 se probó de distintas maneras, tanto en la plataforma Windows como Linux, observándose altas probabilidades de éxito usando un sistema operativo alternativo (Mac), debido a lo práctico de la instalación y recalando que el lenguaje de programación php es versátil.
4. La GeoBase L9 *no es* un sistema de información geográfica mediante el cual se pueda realizar el análisis y procesamiento general de datos geográficos; el principio básico que la rige es el del almacenamiento de recursos de información (RI) o ítems geográficos, usando metadatos propios de este proyecto y orientados específicamente hacia la investigación en agricultura y recursos naturales.
5. La GeoBase L9 forma parte de un proyecto a largo plazo, que permita contar con una gran cantidad información geográfica, garantizando el fácil acceso a los insumos y productos bajo criterios de calidad de la información para una comunidad de investigadores en agricultura y recursos naturales.
6. La GeoBase L9 en su versión piloto está lista para su uso y cumplir, aunque de manera parcial, con el objetivo. Para cumplir de manera total se requiere sobre todo retroalimentación de los usuarios y la exploración de otras herramientas de modelación e implementación. Como en todo proyecto complejo, no es posible lograr el objetivo totalmente ya que se deberá proceder por etapas para alcanzarlo.

VII. RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones inmediatas para una siguiente versión de la GeoBase L9 son las siguientes:

- Incorporar un contador de visitas, restricciones de descarga y elementos de ayuda y retroalimentación en línea, que permitan conocer la aceptabilidad por parte del usuario, restringir la descarga de archivos de acuerdo a los criterios de distribución y generar un manual del usuario que facilite la navegación y la modificación del esquema y del contenido de la GeoBase.
- La retroalimentación contribuirá a delimitar y priorizar áreas de mejora tanto en el sistema como los metadatos, que deberán materializarse en la interfaz, el contenido y la disponibilidad de la información.

VIII. REFERENCIAS

- Almendros, J., & Iribarne, L. (2009). UML Modeling of user and Database interaction. En The Computer Journal, Oxford University. Vol. 52. No. 3 pp. 348 – 367.
- ASERCA- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. (2005) Municipios de Atención Prioritaria.
http://www.aserca.gob.mx/artman/uploads/Municipios_de_atencion_prioritaria.pdf
- Atkinson, M., Bancilhon, F., DeWitt, D., Dittrich, K., Maier, D., & Zdonik, S. (1989). The object-oriented database system manifesto.
- Atkinson C. & Kuhne, T., (2003). Model-driven development: a metamodeling foundation, Software, IEEE , vol.20, no.5, pp.36,41, Sept.-Oct.
- Beati, H. (2011). PHP Creación de páginas Web dinámicas. Primera edición. Buenos Aires.
- Codd, E.F. (1970). "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks". Communications of the ACM 13 (6): 377–387.
- Codd, E.F. (1990). The Relational Model for Database Management Version 2 ed. Addison Wesley Publishing Company. ISBN 0-201-14192-2.
- Connolly, T., & Begg, C. (2005). Database Systems: A practical approach to Design Implementation and Management. Fourth Edition.
- CP-COLEGIO DE POSTGRADUADOS (2012). CP-Colegio de Postgraduados (2011). Plan Estratégico de la Línea Prioritaria de Investigación No. 9 “Geomática Aplicada al Estudio y Manejo de los Recursos Naturales y Sistemas Agropecuarios”.
<http://www.colpos.mx/web11/pdf/Investigacion/lpi/lpi-9/LPI-9-PE-2009-2011.pdf>

DOF-Diario Oficial de la Federación- Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación, México, Distrito Federal, 1° de diciembre de 1992.

ESRI. (2008). Migration to the Geodatabase. Podcasts en audio y formato PDF: <http://www.esri.com/news/podcasts/audio/instructional/migratingtothegeodatabase.mp3>
<http://www.esri.com/~media/Files/Pdfs/news/podcasts/transcripts/migratingtothegeodatabase.pdf> consultados 15 de noviembre de 2012

Fernández Ordóñez, Y., Escalona Maurice M., Soria Ruiz J. (2013). La Base de Datos Geográfica GeoBase L9: Estrategia de Investigación y Desarrollo. Colegio de Postgraduados. México. *En proceso editorial.*

Fileto, R., & C.B Madeiros. (2001) Issues on Interoperability of Heterogeneous and Geographical Data. In: Workshop Brasileiro de Geoinformática (GEOINFO), 2001, Rio de Janeiro. Workshop Brasileiro de Geoinformática (GEOINFO), 2001. <http://www.geoinfo.info/portuguese/geoinfo2001/papers/127fileto.pdf> consultado el 5 de diciembre de 2012

Gamarosca, M. (2004). Basics of geomatics. Italia. ISBN: 978-1-4020-9013-4.

García Mora, N. (2009). Diseño e implementación de un Servidor de Mapas Web para una Red Bioclimática en Montaña Caso de Estudio: Parque Nacional Sierra Nevada de Mérida, vertiente norte del Pico Bolívar. Universidad de los Andes, Venezuela.

Hurtado, S. (2003). Representación de la arquitectura de software usando UML. Sistemas & Telemática ISSN: 1692-5238 ed: Universidad Icesi v.1 fasc. p.63 – 75.

IIRBAVH - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. "Los Sistemas de Información Geográfica". Geoenseñanza, núm. Enero-Junio, pp. 107-116. 2006

- INEGI. (2003). Convención Nacional de Geografía. Memoria digital. <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/cartcat/convencion/menu/519.pdf> consultado el 25 de enero de 2013
- Nuseibeh, B., & Easterbrook, S. (2000). Requirements Engineering: A Roadmap. <http://kaiya.cs.shinshu-u.ac.jp/re/lab/p35-nuseibeh.pdf> consultado el 18 de noviembre de 2012
- Open GIS Consortium, Inc., <http://www.opengis.org>, 2004.
- Paredaens, J., & Kuijpers B. (1998). Data models and query languages for spatial databases. En Data & Knowledge Engineering. Vol. 25, pp 29-53.
- Parent, C., Spaccapietra, S., Zimanyi, E. (1999). Modeling Spatial Data in the MADS Conceptual Model. Vancouver, Canada.
- Parent, C., Spaccapietra, S., Zimányi, E. (2006). Conceptual Modeling for Traditional and Spatio-Temporal Applications. The MADS Approach. Springer.
- Posada, N., & Sol, D. (1999). Modelado de Datos Orientado a Objetos para un Sistema de Información Geográfica. Universidad de las Américas-Puebla.
- Pressman, R. Ingeniería del Software, Un Enfoque Práctico, 6^a Edición. (2005). McGraw-Hill ISBN: 970105473
- Radilla-López F. (2008). Modelado de datos para Bases de datos espaciales. Caso de estudio: Sistemas de Información Geográfica. Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- Ronald, N., & Pavlos, S. (2004). On design and implementation of an object-relational spatial database for activity/travel behavior research. En Journal of Geographical Information Systems. Págs. 237-262.

- Saiedian, H., (1997). Una modelación del modelo entidad relación extendido. *Information and Software Technology*. Vol. 39. *Traducción por Eduardo Jara*.
- Sánchez, A., García, R., Palma, A. (2003). La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. SEMARNAT.
- Shekhar; S., Chawla, S.; Ravada, S.; Fetterer, A.; Xuan Liu; Chang-Tien Lu, "Spatial databases-accomplishments and research needs," *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on* , vol.11, no.1, pp.45,55, Jan/Feb 1999.
- Silberschatz, A., H. F. Korth, S. Sudarshan. (2012). *Database System Concepts*. 6th Ed. McGraw-Hill.
- Silberschatz, A., Korth, H., Sudarshan S. (2002). *Fundamentos de Bases de Datos*. Cuarta edición.
- Stuller, J., Pokorny, J., Thalheim, B., Masunaga, Y. (eds) (2000). *Current Issues in databases and information systems*. Lecture Notes in Computer Science No. 1884. Springer, Berlin Heidelberg.
- Velásquez, V., Fernández, Y., Escalona, J., Camacho, H. (2012). *Metadatos para la GeoBase-L9 V 1.0- Reporte Técnico, Línea Prioritaria de Investigación No. 9*. Colegio de Postgraduados.
- Whitten, J. L., Bentley, L.D., Dittman, K.C., (2004) *Systems analysis and design methods*, 6th edition Irwin/McGraw-Hill Companies, Inc.
- Yeung, A., & Hall, G. (2007). *Spatial Database Systems: Design, Implementation and Project Management*. In *GeoJournal*.
- Zeiler , M., (2010). *Modeling Our World: The Esri Guide to Geodatabase Design*. ESRI Press.
- Zhao, L., & Roberts, S.A. (1988). *An Object-Oriented Data Model for Database Modeling, Implementation and Access*. En *The Computer Journal*. Vol. 31. No.2

IX. APÉNDICE

9.1. Especificaciones Técnicas del Sistema

Introducción

El sistema brinda el servicio de consulta, inserción y edición de información geográfica y metadatos, para lo cual se lleva a cabo un registro de los usuarios dependiendo de las actividades que desean realizar, de esta forma, a continuación se enumeran y posteriormente se describen cada uno de los componentes técnicos que lo integran.

- La base de datos estructurada en PostgreSQL con extensión a PostGIS (componentes explicados en el cap. 2)
- Programación general de la página web.
- Programación de la plantilla para registro de usuarios.
- Programación de la plantilla para la elección de la actividad que desea realizar el usuario
- Programación de la plantilla de edición de metadatos y carga de imagen nuevos.
- Programación de la plantilla de búsquedas de datos geográficos.
- Programación de la plantilla de edición/modificación de metadatos.

Programación general de la página web.

Para poder tener acceso a la GeoBase, fue necesario desarrollar una página web con los componentes correspondientes a PHP, HTML y las hojas de estilo CSS, de forma que para su visualización dentro de cualquier buscador, fue necesario en un primer momento la instalación de todos los componentes de los cuales se hizo mención en la sección 2.4., ya sea a modo de paquetería o en forma individual, pues dependerá del sistema operativo elegido para el servidor. Destacando la instalación y configuración de mapserver como servidor de mapas.

Mediante un editor de texto (gedit, notepad++) se realizaron las especificaciones de la pagina en cuanto a color, inserción de menús, títulos, estructuración de encabezado, cuerpo, pie y logo del diseño básico de la pagina de acuerdo a la sintaxis de CSS y respetando a su vez la sintaxis HTML; mediante la cual el usuario podrá navegar a través de los distintos componentes del sitio, donde se especifica los objetivos de la GeoBase, una explicación breve sobre los metadatos y su propuesta para el caso de la LPI9, así como el contacto y la sección de búsquedas como el módulo principal.

Programación de la plantilla para registro de usuarios.

El programa que integra la plantilla para registro de los usuarios, realiza la conexión a la base de datos en PostgreSQL donde en un primer momento, registra los datos generales para aquellos que quieren realizar carga, descarga de información y edición de metadatos, de los cuales por medio de un catalogo es posible saber si son integrantes de la LPI9, y en un segundo momento, solicita la información de los usuarios que quieren realizar solo descarga de información, puesto que esta selección de actividades, permite determinar un rol de usuario dentro de la GeoBase, es decir, por medio de este rol, se pueden generar a nivel de programa ciertas restricciones para evitar la modificación accidental de información por parte de aquellos usuarios que no tienen permitido hacerlo.

Una vez que el usuario ha ingresado sus datos dentro de la plantilla, el programa (sintaxis PHP) realiza la consulta SQL correspondiente y guarda la información dentro de la tabla de usuarios de la base de datos.

Programación de la plantilla para la elección de la actividad que desea realizar el usuario.

Este programa se dispara a partir de la selección en el menú del ítem “GEOBASE” donde se lleva a cabo la distribución del flujo de programas de acuerdo a las actividades, incluye una combinación entre lenguaje PHP y HTML y permite las opciones entre consulta de información, edición de información ya existente y guardado de información nueva.

Programación de la plantilla de edición de metadatos y carga de imagen nuevos.

El programa que contiene la plantilla de edición de metadatos nuevos, incluye una combinación entre lenguaje PHP y HTML, con la finalidad de visualizar al estilo HTML los objetos que permitan la inserción de datos por medio de la pagina web y al mismo tiempo integrar aquellos componentes que contienen datos o elementos propios de los catálogos de la base de datos mediante PHP.

Para poder tener acceso a esta sección, el usuario que haya elegido el guardar información desde el momento de su registro, podrá seleccionar la opción “Guardar Imagen Nueva y Metadatos” se deberá ingresar su nombre de usuario y contraseña, donde el programa registra si los datos corresponden con los contenidos en la base, permitiendo visualizar la plantilla correspondiente al llenado de metadatos.

Una vez completada la información, el programa permite guardarlos a través de la consulta SQL correspondiente, y en caso de que *no* existan errores de conexión o que falte información, el programa permite ver la sección donde es posible cargar la imagen geográfica en un archivo comprimido con un límite de carga de 1000 MB. La información almacenada y asignada a ese dato geográfico servirá para la posterior selección en cuanto al establecimiento de criterios que permitan la identificación precisa para su consulta en la plantilla correspondiente.

El programa genera un identificador único por medio de una función, mediante la cual se asigna una serie de caracteres descriptivos (ejemplo: “M” de metadato, “Mez” correspondiente al nombre de la cuenca, “vc” que especifica que es un elemento de tipo vector, “mb” que indica que es un mapa base, y un numero aleatorio de hasta 3 dígitos), para el conjunto de metadatos guardados como registro dentro de la tabla metadatos; también se genera un identificador para el dato (estructurado de la misma función antes mencionada con la diferencia de que incluye al inicio “DG” de dato geográfico), que es asignado por medio del programa como nombre del archivo Zip subido y guardado como

registro dentro de la tabla datos_geográficos con relación al metadato que corresponde a ese dato geográfico.

Programación de la plantilla de búsquedas de datos geográficos

Este programa incluye una serie de elementos que permiten realizar la consulta SQL correspondiente a la GeoBase, en la cual se especifique sean cumplidos los criterios seleccionados por el usuario, es decir, los elementos permitirán buscar las coincidencias a partir de la presentación, representación, cuenca y clasificación de todos los ítems geográficos almacenados, dando como resultado un listado a partir del título de dichos datos, que incluye a su vez el identificador de metadato.

De esta manera el usuario podrá tener acceso a esta sección a partir de la plantilla de elección de actividad desde el ítem de la página web “GEOBASE”, sin previo requisito sobre el ingreso de usuario o contraseña. Una vez seleccionando el elemento deseado de la lista resultante de la búsqueda, el programa permitirá el acceso a una vista en la cual se incluyen a manera de link los siguientes elementos:

- **Ver mapa:** este link permite la visualización del elemento seleccionado con anterioridad por medio de una URL la cual contiene la información correspondiente a es ítem geográfico y es ejecutado por el servidor de mapas mapserver, desplegando en la pantalla del buscador la aplicación openlayers. Todo esto con la finalidad de facilitar la navegación y retroceder a la sección anterior y realizar otras acciones si es que el usuario así lo desea.
- **Imprimir metadatos:** este link permite la consulta SQL correspondiente sobre los metadatos del elemento seleccionado con anterioridad para estructurar un archivo en formato PDF incluido en el navegador para la consulta de forma rápida del contenido de los metadatos., mediante la clase fpdf; para posteriormente permitir que se guarde o imprima según lo desee el usuario.
- **Descargar archivos:** este link permite la descarga sin ningún tipo de restricción de un archivo comprimido que contiene todos los elementos propios del archivo en

cuestión, al hacer clic sobre él, se despliega el elemento del buscador que permitirá realizar la descarga al ordenador del usuario.

Programación de la plantilla de edición/modificación de metadatos.

Para tener acceso a esta sección, el programa se dispara a partir de la plantilla de selección de actividad, eligiendo la opción “Editar información ya incluida en la GEOBASE”. A continuación permitirá el ingreso del nombre de usuario y contraseña, lo cual admite hacer la consulta SQL correspondiente para la selección de los datos geográficos almacenados por *ese* usuario en un listado a partir del título de los datos, haciendo posible que solo el usuario que haya guardado dicha información con anterioridad sea el único con la capacidad de realizar las modificaciones, con el objetivo de que otros usuarios no realicen cambios de forma accidental.

Una vez se ha seleccionado el título deseado, se envía el identificador del metadato observado en ese momento, que permite tener una vista de llenado de metadatos a partir de las consultas SQL convenientes que permiten tener el modo de edición, donde la información mostrada es la contenida en la GeoBase sobre el metadato a modificar y sobre los catálogos que facilitan los cambios en campos determinados.