

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA Y  
GEOMÁTICA «ING. JORGE L. TAMAYO», A.C.  
CentroGeo**

**Centro Público de Investigación CONACYT**

**INTEGRACIÓN DE UN MODELO DE CONOCIMIENTO ONTOLÓGICO EN  
UNA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES: CASO DE ESTUDIO  
CENTROGEO.**

**TESIS**

Que para obtener el grado de Maestro en Geomática

**Presenta**

**Tania Elizabeth Calle Jiménez**

Supervisor Principal:  
***Dra. Silvana Levi Levi***

Supervisor Secundario:  
***MSc. Amilcar Morales Gamas***

Comité Supervisor:  
***Dr. Fernando López Caloca***

México. D.F., febrero, 2012.

©CentroGeo. Derechos Reservados. El autor otorga al CentroGeo el permiso de reproducir y distribuir copias de esta Tesis en su totalidad o en partes.

## Resumen:

El tema principal de esta tesis es: ***“Integración de un modelo de conocimiento ontológico en una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE): Caso de estudio Centro-GEO”***.

Para diseñar el modelo ontológico se investigó algunos conceptos relevantes al tema como son las ontologías y su estado de arte, a partir del concepto de ontología se integraron las relaciones existentes entre el marco de trabajo de este estudio y la vinculación con la Geomática, con lo cual, se obtuvo el marco teórico.

El marco teórico y pilar fundamental de este trabajo son los conceptos de: Análisis Espacial, la Cibernética y las Ontologías, esto, dio pie al desarrollo del modelo de conocimiento ontológico, el cual fue diseñado bajo una visión sistémica y, por tanto, se presenta como una solución geomática.

El modelo de conocimiento ontológico propuesto para la IDE de CentroGeo lleva consigo tres bloques fundamentales: Investigadores, Proyectos Geomáticos y Paisaje Geográfico, que se encuentran articulados entre si y por ende comprenden relaciones entre ellos, esto dio lugar a implementar la búsqueda de la información geográfica que está representada por los metadatos, en este caso el bloque que se encuentran insertos estos conceptos es el del Paisaje Geográfico.

Se diseñó, desarrolló e implementó en una base de datos ontológica como un modelo orientado a objetos, y se comprobó su funcionamiento a través de una interfaz de búsqueda dirigida a diferentes usuarios. Con lo que se concluye que el concepto ontológico ayuda a esquematizar modelos de conocimiento de la información geográfica. Al final se encuentran los resultados obtenidos y sus conclusiones respectivas.

## **Dedicatoria:**

*A la memoria de mi madre Ángela Jiménez Armijos,  
quien con su sencillez, humildad y amor me  
demostró que las metas se pueden cumplir con  
ahincó y sacrificio. Gracias mamita.*

## **Reconocimientos.**

A Dios por permitirme realizar otra de mis metas propuestas.

A la memoria de mi madre por su comprensión, amor y sacrificio.

A mi padre y hermana por estar a mi lado siempre apoyándome cuando más necesito.

A mis hijos y esposo por ser mi razón de vivir.

A la Dra. Silvana Levi, Dr. Fernando López, MSc. Amilcar Morales quienes invirtieron su tiempo guiándome en el desarrollo del estudio de investigación.

A mis Maestros de CentroGeo que me compartieron sus sabios conocimientos en el campo de la Geomática.

A Alberto López, Andrés Almazán, Yezmín Calvillo quienes me apoyaron, brindaron su amistad y aportaron sus conocimientos.

A CONACYT por el apoyo económico brindado.

A la Escuela Politécnica Nacional por su apoyo profesional brindado.

# Tabla de Contenido

Resumen: .....	ii
Dedicatoria: .....	iii
Reconocimientos. ....	iv
Tabla de Contenido .....	v
Lista de Figuras: .....	vii
Capítulo I. ....	1
1. Introducción. ....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema. ....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Marco Institucional.....	4
1.4.1. Gestión Institucional .....	5
1.4.2. Entrevistas y Actores.....	6
1.5. Información Geográfica y Semántica. ....	6
1.5.1. Semántica .....	6
1.5.2. Interoperabilidad.....	7
1.5.3. Un Acercamiento a la Información Geográfica.....	8
1.5.4. Relación entre la Información Geográfica y las Ontologías.....	9
1.6. Infraestructura de datos Espaciales (IDE).....	13
Capítulo II. ....	16
2. Marco teórico y Estado de Arte.....	16
2.1. Análisis Espacial.....	16
2.2. Cibernética. ....	21
2.3. Ontologías. ....	23
2.4. Estado de arte de las Ontologías.....	26
2.4.1. Ontología basada en búsqueda y recuperación de información geográfica en la Infraestructura de Datos Espaciales. (Bernard, L., Einspanier, U., Haubrock, S., et al., 2004) 26	
2.4.2. Ontologías basadas en la fusión de bases de datos espaciales. ....	28
(Kavouras, M. & Kokla, M., 2000) .....	28
2.4.3. Integración Ontológica de Datos, Metadatos y Conocimiento en Sistemas de Información Geográfica como Herramienta para la Interpretación Semántica de la Información Espacial. (Oliva R., Garea E., Costales C: 2007).....	29

2.4.4. Ontología Geoespacial en el dominio forestal.....	30
(Alonso, Renato 2008).....	30
2.5. Relaciones entre el Análisis Espacial, Cibernética, Ontologías.....	31
Capítulo III.....	38
3. Modelo de Conocimiento Ontológico de la Infraestructura de la Datos Espaciales. ....	38
3.1. Investigadores .....	40
3.2. Proyectos de Investigación en Geomática.....	42
3.3. Paisaje Geográfico.....	44
Capítulo IV.....	48
4. Modelo de Conocimiento Ontológico para un Paisaje Geográfico.....	48
4.1. Prueba de la Base de Datos Ontológica .....	54
4.1.1. Búsqueda Simple.....	55
4.2. Búsqueda por Identificador .....	58
4.2.1. Búsqueda por Palabras de Referencia.....	59
4.3. Ejemplo para búsqueda de proyectos: .....	63
Capítulo V.....	65
5. Conclusiones y Recomendaciones .....	65
5.1. Conclusiones.....	65
5.2. Recomendaciones.....	69
Apéndice A.1. Proyectos de acuerdo a las diferentes áreas de investigación: .....	70
Apéndice A.2. Imagen del modelo de conocimiento ontológico propuesto para la búsqueda de la información en la IDE de CentroGeo.....	73
Bibliografía:.....	74

## Lista de Figuras:

Figura 1.1. Imagen de la Gestión Institucional (CentroGeo:Pagina Web).....	5
Figura 2. 1. Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Ontologías y Cibernética. Paso 1. .....	32
Figura 2. 2. Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernética y Ontologías. Paso 2 .....	33
Figura 2. 3. Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernética y Ontologías. Paso 3 .....	34
Figura 2. 4. Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernética y Ontologías. Paso 4 .....	35
Figura 2. 5. Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernética y Ontologías. Paso 5 .....	36
Figura 2. 6. Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernética y Ontologías como solución Geomática. ....	37
Figura 3. 1. Esquema del Modelo de Conocimiento Ontológico resumido propuesto para la búsqueda de la información en la IDE. ....	38
Figura 3. 2. Imagen de los bloques principales del modelo de conocimiento ontológico propuesto para búsqueda de la información geográfica para la IDE de CentroGeo. ....	39
Figura 3. 3. Imagen del bloque de Investigadores del modelo de conocimiento ontológico propuesto para la búsqueda de la información geográfica para la IDE de CentroGeo. ....	42
Figura 3. 4. Imagen de los Productos principales de CentroGeo (CentroGeo: Pagina Web)	43
Figura 3. 5. Imagen del Bloque de Proyectos de Investigación del modelo de conocimiento ontológico propuesto para la búsqueda de la información geográfica para la IDE de CentroGeo.....	44
Figura 3. 6. Imagen del Bloque del Paisaje Geográfico del modelo de conocimiento ontológico propuesto para la búsqueda de la información geográfica para la IDE de CentroGeo.....	46
Figura 4. 1. Esquema de pasos propuesto para desarrollo del modelo.....	49
Figura 4. 2. Imagen de Clases y Atributos. ....	52
Figura 4. 3. Imagen del Modelo de base de Datos Ontológica.....	53
Figura 4. 4. Imagen de Filtros de Búsqueda. ....	55

Figura 4. 5. Imagen de un ejemplo búsqueda por filtros.....	56
Figura 4. 6. Imagen del resultado de búsqueda por filtros.....	57
Figura 4. 7. Imagen del resultado de la búsqueda por filtros.....	57
Figura 4. 8. Imagen de búsqueda por identificador. ....	58
Figura 4. 9. Imagen del resultado de búsqueda con identificador. ....	59
Figura 4. 10. Imagen de búsqueda por palabras de referencia. ....	60
Figura 4. 11. Imagen de resultados de la búsqueda por palabra de referencia .....	61
Figura 4. 12. Imagen de búsqueda de palabra de referencia .....	61
Figura 4. 13. Imagen de los resultados de la búsqueda por Palabra de Referencia.....	62



# Capítulo I.

## 1. Introducción.

### 1.1. Antecedentes.

Uno de los elementos con mayor dinámica evolutiva en los últimos tiempos es la disponibilidad de los datos geográficos para su empleo en la Geomática. Esta evolución “reciente” consiste principalmente en la potenciación del acceso de los usuarios a la información disponible por parte de las diferentes entidades públicas o privadas que poseen información geográfica de interés para la gestión en las diferentes áreas, así como la posibilidad de incorporar diferentes fuentes de información a través de Internet.

La navegación a través del Internet para la búsqueda de una determinada información geográfica útil o necesaria requiere una cantidad de tiempo importante, lo habitual es que no se aprecie como transcurre el paso del tiempo. El coste en tiempo de cualquier información conseguida en la red, es uno de sus principales inconvenientes, a pesar de la potencia y sagacidad crecientes de los buscadores actuales disponibles.

Sin embargo, son indiscutibles las ventajas que nos ofrece el Internet para la búsqueda y recopilación de cualquier tipo de información en general y geográfica en particular. Gracias a la red de redes se puede acceder a una innumerable cantidad de documentos de cualquier tipo, sobre cualquier tema y en cualquier formato.

En este sentido la obtención de información geoespacial a través de una interfaz, es una de las actividades claves para el desarrollo de proyectos de investigación y por ende lleva implícita una serie de procesos, procedimientos y recursos que le dan la validez necesaria a la información espacial, para garantizar la calidad en los productos finales y en tiempos de respuesta aceptables.

## **1.2. Planteamiento del problema.**

Los cambios significativos que se han dado en las últimas décadas con respecto a la producción de datos espaciales, han originado que el Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A.C. CentroGeo, tenga un acervo importante de información geográfica, misma que no se encuentra en los canales de distribución adecuados para el acceso a los datos del personal vinculado o el público interesado en este tipo de información.

En este sentido se vislumbran dos problemáticas con respecto a la búsqueda de información: la primera es que los datos que se encuentran almacenados no son debidamente organizados y por tanto el acceso no es óptimo y la segunda es que CentroGeo no cuenta con un repositorio de datos espaciales, que contenga procedimientos de búsqueda de la información para que sus tiempos de respuesta sean eficientes.

Con respecto a la distribución de los datos geográficos, que se encuentran dispersos en diferentes equipos del personal de investigación o de los estudiantes y por ende son difíciles de encontrar; además los demandantes de información geoespacial no conocen cual es la información espacial existente, hay dificultades para contactar con los productores de los datos, inclusive, el productor es posible que no los tenga bien documentados o desconoce detalles de los datos que posee, pudiendo estar incoherentes o incompletos, lo cual involucra que la búsqueda de información no sea la mejor y el tiempo empleado sea tedioso o muy largo.

Con respecto al almacenamiento de información en un repositorio de datos, CentroGeo se encuentra desarrollando una Infraestructura de Datos Espaciales para almacenar la información debidamente y presentar a los usuarios de una manera confiable.

En consecuencia, se puede decir que existe redundancia de información cargada en diferentes ordenadores de la organización, una importante producción no suficientemente difundida y por lo tanto recursos poco optimizados (económicos, tecnológicos y de personal), por lo que es necesario buscar una solución para que la información espacial se encuentre distribuida y sea interoperable de manera que el

personal conozca la que existe, pueda buscar y usarla libremente y con tiempos de respuesta eficientes.

### **1.3. Justificación**

En los últimos años, han cobrado gran importancia las técnicas de organización y búsqueda de la información geográfica debido en gran medida al gran cúmulo de datos que se generan diariamente y que es una necesidad primordial el ser procesado para poder extraer toda la información útil que sea posible. A pesar de la gran cantidad de datos geográficos disponibles no existe todavía un formato estándar de almacenamiento capaz de ser utilizado por todo tipo de sistemas geográficos con éxito, dificultando así su integración y uso.

Los datos geográficos poseen características específicas que dificultan su manipulación, esas características van generalmente enfocadas en el sentido de que presentan gran heterogeneidad y volumen de almacenamiento, la referencia espacial, o la localización sobre la superficie de la tierra referida a un sistema de coordenadas, la temporalidad y las relaciones espaciales con otros objetos o datos, a esto se suman los principales problemas presentados por los usuarios que buscan información geográfica debido a que los datos pueden estar incompletos o ser insuficientes así como también pueden contener errores que hayan sido introducidos durante su recolección.

Por esta razón existe una creciente necesidad de encontrar una solución que permita la integración de datos geográficos de una manera mucho más adecuada en la que el conocimiento juegue un rol esencial, en la que se explote con mayor efectividad la información semántica existente que se encuentra embebida en los datos almacenados.

En relación a la problemática antes descrita, se considera de vital importancia buscar una solución, esta respuesta puede estar enmarcada dentro de un contexto de un modelo de conocimiento ontológico que resuelva las dos problemáticas con respecto a la búsqueda de información geográfica en el CentroGeo.

Lo que se pretende hacer es, maximizar la utilidad y minimizar tiempos de respuesta de búsqueda de la información geoespacial en el IDE del CentroGeo de

forma correcta, funcional y eficiente, tal y cómo se manejan los demás recursos existentes. La información espacial debe estar organizada de tal manera que haga eficiente el proceso de acceso a los usuarios con un enfoque de distribución y funcionalidad de la información.

En síntesis, lo que se desarrollará en este estudio, es un modelo de conocimiento ontológico para las problemáticas que enfrenta el CentroGeo con respecto al manejo de información geoespacial y su representación de una forma funcional y flexible en la IDE que CentroGeo se encuentra desarrollando, el cual se mostrará en un esquema ontológico que es un sistema integrador que modele los procesos que involucran al desarrollar proyectos geomáticos.

Para esto es necesario presentar un marco teórico que sea la base del estudio de y que involucre la información geográfica, ontologías, estado de arte.

#### **1.4. Marco Institucional**

CentroGeo es un centro público de investigación de México apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y se dedica a la investigación, la educación y la innovación tecnológica de la Geomática. Desde 1999, el CentroGeo ha realizado un trabajo científico relevante en un corto período de tiempo y, como resultado de la investigación empírica, ha tenido un impacto en múltiples políticas públicas. Los procesos estratégicos y tácticos, que incluyen los artefactos geotecnológicos en diversos entornos organizacionales, institucionales y de la comunidad nacional e internacional son desarrollados por el trabajo de equipos transdisciplinarios. (Reyes C., Paras M, 2009:2).

La visión estratégica del CentroGeo es: "Ser una institución en investigación y educación con reconocimiento nacional e internacional; que desarrolle una escuela científica en Geomática y avance en Geografía Contemporánea para expandir las fronteras de estas ciencias y contribuir a la solución de problemáticas de la sociedad". (CentroGeo: Pagina Web).

El CentroGeo ha instrumentado desde su creación un modelo de gestión científica, a través del cual ha desarrollado y potenciado su capacidad, productividad, creatividad y efectividad en la generación de conocimientos

especializados en Geomática, en el desarrollo tecnológico y en su difusión para apoyar la solución de problemas complejos planteados por distintos actores sociales. Todo ello con el compromiso de adaptar a sus necesidades las mejores prácticas vigentes, en búsqueda de las formas óptimas de impulsar la efectividad en el uso de los recursos financieros y materiales disponibles. (CentroGeo: Pagina Web).

En este sentido el CentroGeo cuenta con una gran cantidad de datos geográficos provenientes de diferentes instituciones y producto de los distintos proyectos que se han desarrollado dentro de la institución.

#### 1.4.1. Gestión Institucional

El CentroGeo es una institución pequeña y joven cuya operación sustantiva, desde su refundación se ha sustentado en estructuras muy horizontales, en las cuales se privilegian formas de interacción informal y participativa, en un marco general de colaboración entre sus miembros.

En este marco se ha optado por estructuras en red, cuya cualidad permite flexibilizar y coordinar las actividades de sus miembros en un tejido organizativo, compartir e intercambiar conocimientos, soportar procesos participativos y lograr una efectividad estratégica.



Figura 1.1. Imagen de la Gestión Institucional (CentroGeo: Pagina Web)

En el CentroGeo los procesos de gestión científica y tecnológica, su organización, la cultura de trabajo en la interdisciplina y la colaboración de sus investigadores, van acordes con la orientación de la actual política pública de Ciencia y Tecnología del país, que busca el fomento del trabajo de investigación y desarrollo tecnológico en

redes que enlazan diversas disciplinas y sectores de la economía y sociedad, como una forma para lograr integrar masas críticas en diversas áreas de conocimiento, acelerar los procesos de innovación y dar una respuesta a las problemáticas que en diversos sectores y regiones enfrenta el país.

Es así que los proyectos de investigación en el CentroGeo emergen de una orientación estratégica en estrecha vinculación con la sociedad, se dirigen a la solución de problemas y se estructuran en grupos interdisciplinarios y heterárquicos. (CentroGeo: Pagina Web)

#### **1.4.2. Entrevistas y Actores**

El actor local es el CentroGeo, las entrevistas se las realizó a los Maestros Amilcar Morales y Mario Ledesma quienes forman parte del grupo de investigadores que se encuentran desarrollando la Infraestructura de Datos Espaciales del CentroGeo y dieron la pauta a los problemas y necesidades que tiene con respecto a la información geográfica que administran.

### **1.5. Información Geográfica y Semántica.**

#### **1.5.1. Semántica**

La semántica significa el estudio del significado. Sin embargo, no hay acuerdo sobre cómo se aplica este término a la Web Semántica. (Uschold, 2001) propone la idea de representar la semántica del mundo real como una forma de captar la esencia del principal uso de la palabra "semántica" en el campo de la Web Semántica. Esta idea fue definir la semántica como un "item", lo que podría ser un término, un sinónimo, o tal vez una expresión compleja en algunos idiomas. (Taniar D., Wenny J., 2006:70).

Tomando como referencia la propuesta de (Uschold, 2001) la forma de representar la semántica en la Web es a través de la interpretación de los datos de las personas de acuerdo con su comprensión del mundo y a sus propias necesidades por lo que cualquier usuario o aplicación tiene su propia semántica (o forma de la interpretación de la representación informática del mundo real).

Un ejemplo de representar la realidad es un mapa en presentado en alguna herramienta, sin embargo, trabajar con la semántica de la información geográfica es

compleja y más aun cuando se tienen cantidades grandes de datos distribuidos en diferentes formas. Por lo que se pretende usar el concepto ontológico, que es una manera de representar semánticamente la información geográfica.

### **1.5.2. Interoperabilidad**

Un obstáculo importante para el intercambio de información geográfica digital ha sido la interoperabilidad entre sistemas. En los años de formación de los sistemas automatizados Cartografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG), el proceso de desarrollo de la tecnología dio lugar a sistemas con estructuras de propiedad, operaciones analíticas e interfaces de usuario donde los datos almacenados se encuentran en diferentes plataformas o sistemas operativos y no podían ser compartidos.

Por esta razón, la información y funcionalidad no puede fácilmente ser compartidas entre los sistemas producidos por diferentes fabricantes lo que dió lugar hacia el desarrollo de formatos de intercambio de datos que se inició hace décadas, como son los dxf, shp, entre otros. Sin embargo, debido al costo y el esfuerzo implicados en la traducción de los datos, estos esfuerzos han hecho poco para aliviar los problemas de interoperabilidad.

En respuesta a esto, se han formado organizaciones como el Open Geospatial Consortium (OGC), la cual es una organización sin fines de lucro de la Asociación Internacional de Comercio la cual es líder en el desarrollo del geo-procesamiento de la interoperabilidad de la informática. El OGC está colaborando estrechamente con la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Normalización del Comité Técnico 211 (TC211) para establecer normas para la información geográfica y geomática. (ISO 19119, 2002).

Existen tres áreas principales de investigación y desarrollo relacionados con el objetivo de lograr la interoperabilidad: la sintaxis, el esquema y la semántica. (Taylor F., 2005:155).

La sintaxis se refiere a la forma básica de que las entidades geográficas están representadas en términos de la geometría o el modelo de representación. El esquema se refiere a las estrategias, reglas y relaciones establecidas para organizar y estructurar los datos espaciales dentro de una computadora en una base de datos.

Los esquemas son las formalizaciones de sistemas de clasificación utilizados para comunicar el significado y por lo tanto, estrechamente relacionada con la semántica. (Taylor F., 2005:155).

La semántica abarca a los datos geoespaciales por lo general a través del uso de la lengua, basada en representaciones almacenadas en sistemas de información que están relacionadas con las entidades y los conceptos en el mundo real. (Taylor F., 2005:155).

La interoperabilidad semántica se relaciona fundamentalmente con el concepto general de interoperabilidad en que la transferencia de datos puros no tiene sentido si los miembros de la comunidad de usuarios interpretan los datos de manera diferente. Hay una serie de razones para la diferencia semántica de la información geográfica como son las diferencias en el esquema de clasificación, la diferencia en las reglas y, las diferencias en representación geométrica. (Taylor F., 2005:155).

### **1.5.3. Un Acercamiento a la Información Geográfica.**

Acceder a la información geográfica (IG) adecuada en entornos de búsqueda de información en cualquier herramienta tecnológica como pueden ser Infraestructura de Datos Espaciales, Base de Datos Espaciales, Sistemas de Información Geográfica, entre otras, es una tarea crítica, existen algunas herramientas como catálogos que ofrecen repositorios de búsqueda de la información, pero los mecanismos para la recuperación de la información en tiempos de respuesta aceptables siguen siendo insuficientes, ya que el problema de la heterogeneidad semántica de la información es causado por la riqueza del lenguaje natural, y puede surgir durante la búsqueda basada en palabras clave en los catálogos y los resultados no son necesariamente los adecuados.

En este estudio se modela un esquema conceptual ontológico que presenta la IDE de CentroGeo en cuanto a la información geográfica que maneja y se muestran ejemplos con respecto a la información espacial que cuenta la institución. Trabajando con la semántica de esta información y conceptualizando los objetos geográficos, para obtener procesos de búsqueda óptimos y que cubran las necesidades del usuario para esto se investiga conceptos como: semántica, ontologías, web semántica.



#### **1.5.4. Relación entre la Información Geográfica y las Ontologías.**

La demanda de la IG se está convirtiendo en una necesidad de primer orden, ya que los datos geográficos sirven como instrumentos potenciales para facilitar la toma de decisiones y la gestión de recursos en diversas áreas como catastro, recursos naturales, inventarios forestales, entre otras. Por la pobre estructuración y heterogeneidad de los lenguajes existentes, hay muchos problemas para obtener búsquedas y recuperaciones de información exitosa. (Vilches Blázquez et al., 2008:196).

La estructuración semántica de la IG, como los nombres, códigos y atributos asociados a la geometría, es todavía, en cierta medida, pobre y rudimentaria en la mayoría de los sistemas informáticos que la gestionan, ya sean Sistemas de Información Geográfica (SIG) , Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) o Bases de Datos Espaciales y las nuevas posibilidades tecnológicas, dentro de las llamadas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's), como Web Semántica, Ingeniería Ontológica, Ingeniería del Conocimiento, gestión de taxonomías, modelado orientado a objetos, etc., no han sido todavía suficientemente aplicadas al campo de la IG.

Por esta razón existe un especial interés en la utilización de ontologías, como técnica para conseguir sistemas de análisis más inteligentes, de mayor potencia y eficacia, basados en modelos que recogen no sólo objetos, atributos y relaciones, sino además reglas de comportamiento, mecanismos de herencia, procedimientos y funciones que permiten la gestión de la información desde un nivel de significado mayor (Vilches Blázquez et al., 2008:197). Por todo esto, en el mundo de la IG, y en cuanto a la gestión de la semántica, se presentan como la evolución natural en los catálogos de fenómenos, listas de códigos y tesauros utilizados hasta ahora. Por consecuencia, la IG es gestionada y capturada con diferentes niveles de granularidad, calidad y estructuración por diferentes productores cartográficos.

En la práctica, esto provoca la construcción de múltiples conjuntos de bases de datos espaciales con una gran heterogeneidad de catálogos de fenómenos y modelos de datos. Esto refleja la coexistencia actual de una gran variedad de fuentes con diferente información, estructura y semántica sin un marco general

unificado. Esta heterogeneidad, combinada con la necesidad de compartir y superponer información de diferentes fuentes por parte de un conjunto de usuarios, provoca variados e importantes problemas cuando se tratan fenómenos geográficos similares a la hora de buscar, recuperar y explotar datos geo-espaciales (Vilches Blázquez et al., 2008:198).

A continuación se describen algunos de los problemas en cuando a la búsqueda de información espacial causada por la heterogeneidad de los datos.

#### **1.5.4.1. Heterogeneidad de bases de datos**

Uno de los problemas comunes en el acceso a las bases de datos geográficas y búsqueda de información se encuentran relacionados con los modelos de implementación que existen hoy en día y que no satisfacen las necesidades del usuario. Por ejemplo algunas bases de datos espaciales tienen sólo una única tabla donde toda la información es almacenada, mientras que otras son organizadas en diferentes tablas con, sin o escasas relaciones entre ellas, esto hace que la búsqueda y acceso a los datos o información sea ineficiente (Vilches-Blázquez et al., 2008:196).

La heterogeneidad de los datos es causada por una serie de aspectos diferentes especialmente cuando se trabaja con datos geográficos. Como:

*Conflictos de nombres* (semántica) se producen cuando las clases o tipos de atributos con una semántica distinta se dan el mismo nombre (homónimos) o cuando las clases o tipos de atributos que son semánticamente el mismo se denominan de manera diferente (sinónimos).

*Conflictos de escala* se producen cuando los valores de atributos tienen diferentes unidades de medida o que están representados en las diferentes escalas de medida, por ejemplo, nominal, ordinal o de relación.

*Conflictos de precisión o la resolución* se producen cuando los valores de atributos tienen diferentes resoluciones y precisiones, por ejemplo, si dos medidas

similares se hacen con los sensores con diferentes precisiones. (Scarponcini P. et al., 2008:5).

#### **1.5.4.2. Multilinguaje**

Los aspectos multilingües se refieren a toda la gama de la traducción de las normas para la interpretación de los esquemas y el contenido de los datos geoespaciales y los metadatos. Esto puede complicar la búsqueda y acceso a los datos, por ejemplo, si un solicitante utiliza los términos de búsqueda (palabras clave) en un idioma diferente de la utilizada en los metadatos creados por el proveedor de datos. Problemas similares pueden ocurrir durante el acceso a los datos cuando los términos utilizados en una expresión de consulta utilizan un lenguaje diferente de la utilizada en los datos. Multilingüismo también puede complicar la armonización e integración de datos. (Scarponcini P. et al., 2008:7).

#### **1.5.4.3. Representación Múltiple**

Un objeto geográfico puede ser definido de manera diferente en función del su universo y es en el esquema conceptual resultante, es decir, la representación de un objeto depende de la aplicación. Un ejemplo puede ser las carreteras, que en un mapa topográfico se definen como la superficie, mientras que en un sistema de planificación de rutas, se definen como centrales para constituir una red. Esto complica la armonización, porque esto requiere de modelos bien definidos para describir las relaciones entre las múltiples representaciones de una única entidad del mundo real. Además, se complica el acceso y la visualización ya que un usuario tendrá que especificar que, dada la representación y visualización que quiere acceder. Múltiples representaciones también puede ser destinadas a proporcionar soluciones en situaciones donde los objetos son necesarios en diferentes escalas (de ahí el término de bases de datos multi-escala). (Scarponcini P. et al., 2008:8).

#### **1.5.4.4. Factor escala**

El factor escala actúa como filtro en la representación cartográfica, así como en catálogos y diccionarios de información geo-espacial. Por esta razón, la consideración de información a diferentes escalas como local, regional y nacional, por parte de diferentes entidades que se dedican a producir cartografía, hace que la

granularidad de la información varíe dependiendo de la fuente y su escala de referencia. Esto afecta a la resolución geométrica y semántica, o lo que es lo mismo, afecta a la comprensión de la realidad geográfica. Además, la existencia de diferentes fenómenos a diferentes escalas es un problema añadido en la generalización cartográfica, debido a las dificultades encontradas en los procesos de superposición tanto gráfica como conceptual entre diferentes catálogos (Vilches-Blázquez et al., 2008;196).

#### **1.5.4.5. Formas de estructuración de la información geográfica.**

Las formas más comunes de estructuración de la información geográfica conllevan una rudimentaria modelización de la información, es decir, la estructuración de los nombres, conceptos, códigos, atributos y otras características asociadas a la geometría. Las definiciones más usadas se presentan a continuación:

1. Un catálogo de información define los tipos de elementos sus operaciones, atributos y asociaciones representadas en los datos geográficos. Estos son indispensables para convertir datos en información utilizable (ISO, 2005). En la práctica este tipo de catálogos poseen importantes limitaciones, tales como la ausencia de cualquier tipo de estructuración y la de relación entre elementos de manera explícita. Lo único que puede encontrarse, en ocasiones, es una jerarquía entre clases de fenómenos, determinada por los códigos asociados a las mismas. (Vilches Blázquez et al., 2008:197).

Para la representación en catálogos de la información geográfica, en algunos casos se usan los metadatos, que son datos de los datos y que se encuentran desarrollados bajo ciertos estándares.

Los metadatos describen el contenido, calidad, condición y otras características de los datos; además ayudan a localizar y entender los datos. (Federal Geographic Data Committee, 1995:1).

Los estándares de los metadatos están organizados en una serie de elementos que definen el contenido de la información de un conjunto de documentos que contienen datos geográficos. (Federal Geographic Data Committee, 1995:10).

Estos problemas de heterogeneidad, escala, y estructuración reflejan las dificultades para alcanzar la interoperabilidad semántica en el contexto de la IG, y en consecuencia, las limitaciones que tienen los sistemas en cuanto a las tareas de búsqueda, recuperación, explotación, actualización y visualización de la información geo-espacial.

Los problemas con respecto a la heterogeneidad de datos geográficos se van resolviendo en el transcurso del capítulo 4 en el desarrollo del modelo de conocimiento ontológico del paisaje geográfico.

## **1.6. Infraestructura de datos Espaciales (IDE)**

Se suele usar el término "Infraestructura de Datos Espaciales" (IDE) para indicar la conjunto de tecnologías, normas y políticas institucionales que facilitan la disponibilidad y el acceso a datos espaciales. La IDE provee una base para el descubrimiento de datos espaciales, con evaluación y aplicación para usuarios y proveedores a todos los niveles gubernamentales, para el sector comercial, instituciones no lucrativas, sector académico y público en general. (Nebert D., 2001:8).

Las primeras Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) surgen a principios de los 90 y durante una década fueron caracterizadas por un modelo de desarrollo basado en producto y más bien centradas en los datos, pudiéndose enmarcar este período en lo que se ha denominado la primera generación de las IDEs (Rajabifard, 2006). Una segunda generación que comienza en los años 2000, se ha ido orientando cada vez más hacia un modelo de desarrollo basado en procesos y se habla de IDEs orientadas a usuarios o haladas por la demanda.

Sin embargo, aún no se puede afirmar que su uso esté en correspondencia con sus reales potencialidades. Una de las causas que parece estar incidiendo en esta sub-utilización de las IDEs, es que no están suficientemente adecuadas o

personalizadas a los vocabularios y entornos naturales de las comunidades de usuarios a los que están dirigidas.

Existen algunas entidades que apoyan al desarrollo de IDE's como por ejemplo: el proyecto, denominado "Evaluación y potenciación del papel de las Infraestructuras de Datos Espaciales para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe", IDEDES, que auspicia el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), pretende reducir la brecha entre productores y proveedores de IDEs y los usuarios, planteándose como hipótesis que es posible hacerlo mediante la inclusión de ontologías de dominio y servicios semánticos.(Delgado T, 2008:3).

A la altura de dos años de trabajo, los investigadores de ocho países del Proyecto IDEDES han avanzado en la creación de ontologías de dominios relacionados a la dimensión ambiental de desarrollo sostenible como suelo y agua; así como también, se encuentran desarrollando ontologías en dominios de políticas de respuesta ante los impactos que producen las fuerzas motrices y las presiones que se ejercen estas sobre el estado del medioambiente. Entre algunos de estos ejemplos de políticas, que están siendo estructuradas semánticamente por medio de ontologías, están Ordenamiento Forestal, Manejo de Riesgos ante Desastres y Ordenamiento Territorial.

A la fecha existen más de 150 países con iniciativas nacionales de Infraestructuras de Datos Espaciales, las más exitosas cuentan con un modelo conceptual que permite una visión holística y facilita su implementación.

En México se ha desarrollado un modelo que contempla las mejores prácticas en el nivel internacional así como su alineación a lo establecido en la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

La Infraestructuras de Datos Espaciales de México (IDEMex) es el conjunto de recursos, normas, tecnologías, políticas, marcos legal, administrativo y organizacional, necesarios para la efectiva creación, recopilación, manejo, acceso, distribución, compartición y uso de datos espaciales. La IDEMEX es altamente inclusiva y la sustenta un espíritu de compartir los datos y la información en todos los ámbitos y en todos los niveles. (IDEMEX, 2009:2).

La IDEMEX constituye una instancia que responde a la necesidad de administrar la información geoespacial, en respuesta a un conjunto de circunstancias como el

fenómeno de la globalización y la necesaria atención que requiere la sustentabilidad del desarrollo económico y social en el contexto mundial y específico nacional. (Hansen, 2011:29). En la actualidad la IDEMex cambio su nombre y ahora es SNIEG Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica.

Como se puede observar, existe planificación e implementación de distintas IDEs en varios países como es el caso de México, todo esto con el objetivo de administrar la información espacial bajo diferentes normas y especificación para que el usuario tenga un mejor acceso a dicha información.

Hay que tomar en cuenta que, la Infraestructura de datos Espaciales no solo se la puede implementar a nivel de entidades gubernamentales, sino también, en instituciones que cuenten con información geográfica que se encuentre estandarizada y que aporte a la sociedad como es el caso de CentroGeo.

Por lo que este trabajo propone un modelo de conocimiento ontológico que ayuda a mejorar la búsqueda de la información geográfica con la que cuenta CentroGeo y que en futuro se implementara para toda la Infraestructura de Datos Espaciales que se está desarrollando.

## Capítulo II.

### 2. Marco teórico y Estado de Arte

En este capítulo, se presenta el marco teórico, que es fundamental para el desarrollo de la investigación y el cual es la columna vertebral de este trabajo.

C. Reyes afirma en el “*método reyes*” que en la construcción de modelos de conocimiento es necesario la comunicación entre todos, es decir los especialistas y clientes, la cual debe establecerse a nivel conceptual y no técnico (Reyes C., 2005:69) por tal razón, se establecen en este capítulo, los conceptos de Análisis Espacial, Cibernética y Ontología con el motivo de articularlas entre sí y obtener el eje conductor con el cual se pueda esquematizar el modelo de conocimiento ontológico para la IDE de CentroGeo y además represente una solución geomática, a continuación una breve síntesis de cada uno de los conceptos mencionados.

#### 2.1. Análisis Espacial.

C. Reyes dice: “*El Análisis Espacial es la línea de pensamiento geográfico que enmarca la Geomática y se define como el conjunto de conocimientos, metodologías y procedimientos que se utilizan en el estudio y la investigación geográfica con un enfoque científico.*” Requiere de información geográfica ordenada y sistematizada además de instrumentos que le permitan aplicar los métodos analíticos. (López F, 2011:97).

Ahora bien, dentro del Análisis Espacial existen conceptos que se abordan en este trabajo como son: conocimiento, redes, difusión espacial, regionalización, para lo cual es necesario hacer referencia a algunos investigadores con respecto a estos temas.

Las **redes** son un conjunto de nodos interconectados con líneas; los nodos representan algún significado y las líneas son las relaciones entre cada nodo de tal



forma que pueden existir relaciones con uno o varios nodos, por ejemplo, la analogía propuesta por Hofstadter:

En toda estructura semejante a una red, como lo es una telaraña, pueden observarse propiedades locales y propiedades globales... Así, la forma de una telaraña, en su conjunto, constituye una propiedad global, en tanto que la cantidad promedio de líneas que se entrecruzan en un vértice constituyen una propiedad local. (Hofstadter, 1979: 371).

Las redes se las puede encontrar en circuitos eléctricos, sistemas de computación, redes neuronales, carreteras, aeropuertos, líneas del metro, células, redes sociales, etc. en este trabajo a las redes se las desarrolla en el modelo de conocimiento ontológico, ya que cada objeto utilizado en el desarrollo son nodos y sus interacciones tienen propiedades globales y locales.

El modelo de conocimiento ontológico desarrollado en este estudio se lo diseñó bajo la estructura de redes.

La **difusión espacial** es la propagación de algo (la reproducción, las pandemias, los conocimientos, las ondas o las partículas, entre otras) en el espacio –tiempo (López F, 2011: 37). La difusión espacial se presenta también en fenómenos que se abordan en diferentes disciplinas como lo mencionan Haggett et al:

Muchos temas en muchas disciplinas han sido considerados como fenómenos de difusión. Hemos mencionado rasgos culturales, migración, crecimiento de asentamientos, innovaciones tecnológicas y enfermedades humanas y animales, que abarcan temas como geografía, historia, arqueología, teoría de la comunicación, investigación de mercado y la ciencia epidemiológica y veterinaria. (Haggett et al, 1977:23).

Para este estudio, la difusión espacial se presenta en el modelo de conocimiento ontológico, ya que en el transcurso del tiempo, las interacciones y relaciones que tiene el modelo van a ir en aumento, porque la información geográfica crece.

Por otro lado, Hilhorst propuso el concepto de **región** se basa en que “*los seres humanos necesitan espacio para llevar a cabo sus actividades; estas actividades pueden ser administrativas, económicas, políticas, recreativas, sociales, etc.*”. (Hilhorst, 1976:51).

Por su parte, (Haggett et al, 1977:451) con un enfoque cuantitativo argumentan “*La regionalización puede ser enfocada como una forma especial de clasificación...Hay tres tipos principales de regiones que son generalmente reconocidas en la geografía: uniforme, nodal y las regiones de planificación*”.

*Las regiones homogéneas* estarán dadas a partir de las mismas características y contiguas tomando en cuenta los límites de la región por ejemplo la región selvática. Las *regiones nodales*, son dadas por nodos que se unen con ciertas características funcionales y no necesariamente son contiguas, por ejemplo, aeropuertos y por último las *regiones de planeación* son básicamente regiones administrativas pueden ser áreas contiguas o no contiguas, delimitadas con un objetivo de administración o planeación por ejemplo: distritos, salud, educación, etc.

Así, Haggett, aborda el problema de la regionalización como un problema taxonómico, hace una sistematización del proceso de regionalización, pues puede haber muchas clasificaciones que se pueden vislumbrar. Queda implícita y clara la idea de que la región, bajo esta conceptualización depende o está en función del objeto u objetivo, al igual que de los alcances que tenga la investigación.

Años después, Haggett (2001:363-383), habla de las regiones del medio ambiente, culturales, etc., con un enfoque más flexible y cualitativo.

Por lo que, algunos ejemplos para poder representar los tipos de regionalización que Haggett menciona a través de la computadora es usando algoritmos heurísticos que vienen de la Inteligencia Artificial, estos algoritmos tratan de representar el sentido común del investigador, es decir, la parte más cualitativa de la regionalización.

Tomando como referencia a (Haggett et al, 1977:451) se abordó esta investigación desde la regionalización nodal ya que las ontologías se las representan en forma taxonómicas y además este estudio tiene un enfoque más cuantitativo.

Ahora bien, con respecto al conjunto de conocimientos que menciona C. Reyes, en el concepto de Análisis Espacial se describe la adquisición, representación y

aplicación del conocimiento desde el punto de vista computacional, el cual se lo aborda en el transcurso del trabajo.

(Buchanan et al, 1983) definen la **adquisición del conocimiento** como: “*La transferencia y la transformación del potencial **expertise** en la resolución de problemas de alguna fuente de conocimiento a un programa*”.

Esta transferencia se realiza normalmente por una serie de entrevistas que a menudo son largas e intensas entre un ingeniero del conocimiento, que normalmente es un especialista en informática y un experto del dominio que es capaz de articular su experiencia en algún otro campo. (Jackson P., 1990:7). Lo que significa que el experto del dominio será capaz de interpretar su experiencia adquirida al ingeniero del conocimiento a través entrevistas, y éste a su vez, pueda representarlo de alguna forma en un programa.

Según (Jackson P., 1990:7) existen varias razones por qué la productividad de la adquisición del conocimiento es generalmente muy pobre:

- Los campos de especialización tienen su propio idioma, y es a menudo difícil para los expertos comunicar sus conocimientos en un lenguaje cotidiano, ya que los conceptos no tienen una definición precisamente matemática o lógica. (Jackson P., 1990:7).
- Los hechos y principios que subyacen de muchos ámbitos de interés no puede ser caracterizados en términos de una teoría matemática o un modelo determinista, cuyas propiedades son bien conocidas. (Jackson P., 1990:7).

Por lo que le es difícil al ingeniero del conocimiento representar todos estos hechos de una forma exacta, por tal razón se ayuda de un experto en el dominio. Por ejemplo, los modelos estadísticos permiten generalizar un resultado con base en una interpolación, es decir, predicciones a largo plazo, pero los resultados pueden resultar erróneos para un corto plazo.

Los expertos necesitan saber más, que solo las características principales de un dominio específico con el fin de resolver los problemas. Por ejemplo, suelen saber qué tipo de información es relevante y para qué tipo de problema, qué tan confiables son las fuentes de información, y cómo hacer más fácil los problemas difíciles, es decir, dividirlo en subproblemas, que puede ser resuelto más o menos independiente. (Jackson P., 1990:8).

**La representación del conocimiento** tiene que ver con la forma en que la información puede ser almacenada en el cerebro humano y las formas (posiblemente análogas) en los que pueden ser representados en un lenguaje o anotación que tiene una sintaxis bien definida que rigen la forma de expresiones en el lenguaje, y una semántica bien definida, que revela el significado de tales expresiones, en virtud de su forma. (Jackson P., 1990:8).

Por ejemplo: los cálculos no numéricos en los que los símbolos y sus estructuras puede ser interpretada por varios conceptos y relaciones entre ellos. Investigadores de la IA se han dedicado a la construcción de lenguajes de representación, es decir, los lenguajes de programación orientados a la organización de las descripciones de los objetos y las ideas, en lugar de indicar las secuencias de instrucciones o el almacenamiento de elementos de datos simples. (Jackson P., 1990:9).

**Aplicación del conocimiento** se refiere a las cuestiones de planificación y control (retroalimentación) en el campo de resolución de problemas. Expertos en diseño de sistemas consiste en prestar atención a los detalles de cómo el conocimiento se accede y se aplican durante la búsqueda de una solución. Saber lo que uno sabe, y saber cuándo y cómo usarlo, parece ser una parte importante de la experiencia, lo que generalmente se llama meta-conocimiento, es decir, el conocimiento sobre el conocimiento. (Jackson P., 1990:10).

Las estrategias para llevar conocimientos específicos tienen efectos marcados sobre las características de rendimiento de los programas. Ellos determinan la manera en que un programa busca una solución en un espacio de varias alternativas. (Jackson P., 1990:10).

En este sentido, al relacionar este estudio con el Análisis Espacial es tratar de darle un enfoque sistémico y transparente al usuario, por otra parte la adquisición, representación y aplicación del conocimiento en sentido de Análisis Espacial se la incorpora en el modelo diseñado en los dos siguientes capítulos.

## **2.2. Cibernética.**

Norbert Wiener explica que solo puede entenderse la sociedad mediante el estudio de los mensajes y las facilidades de comunicación disponibles, y además que en un futuro, desarrollaran en un papel cada vez más preponderante los mensajes cursados entre hombres y máquinas, máquinas y hombres y entre máquinas y máquinas; con esto, la teoría de la regulación en ingeniería sea humana, animal o mecánica esta dentro de la teoría de los mensajes. (Wiener N., 1969:9)

Por lo que, el propósito de la cibernética según Wiener es desarrollar una lengua y unas técnicas que permitan, enfrentar los problemas de la comunicación y establecer un conjunto adecuado de ideas y métodos para clasificar sus manifestaciones particulares por conceptos. (Wiener, 1969:9)

Por lo anterior, se describe que la cibernética se centra en cómo los sistemas usan modelos, información y control para dirigir y mantener sus objetivos. El razonamiento transdisciplinario cibernético puede ser aplicado para entender, el modelo y el diseño los sistemas de todo tipo: físicos, tecnológicos, biológicos, psicológicos, ecológicos, sociales, o cualquier combinación de estos.

Existen tres conceptos claves en la cibernética los cuales son información, control, y comunicación.

El **control** se presenta a través de la retroalimentación, el cual es común al funcionamiento físico de seres vivos y a la operación de algunas máquinas, por lo que, en ambos, tienen que tener algún receptor sensorial para entender el mensaje, los receptores no toman de forma literal el mensaje sino que dan una interpretación que les permitan usarlas en su desempeño, para poder lograr su objetivo, esto involucra la retroalimentación que es como un aparato de regulación.

Wiener dice:

Se llama retroalimentación a la propiedad de ser capaz de ajustar la conducta futura por su desempeño anterior. La retroalimentación puede ser tan simple como un reflejo común, o puede ser una relación de orden superior, en la que se utiliza la experiencia pasada, no solo para regular movimientos específicos, sino también, como un todo, las políticas del comportamiento. (Wiener, 1954:33).

Por otra parte, la **información** es el nombre de lo que intercambia el sistema con el medio ambiente para adaptarse, mientras el observador se ajusta al sistema y hace que el sistema sienta el ajuste. El proceso de recibir y usar información es el proceso de ajuste a las contingencias del medio ambiente exterior y de vivir efectivamente en ese medio ambiente.

La información puede poner orden en los sistemas, cuando esta información está en una relación de retroalimentación con el sistema. La información contenida en un conjunto de mensajes es una medida de la organización.

Wiener, (1980:40) dice: *“vivir efectivamente es vivir con información adecuada, entonces la comunicación y el control pertenecen a la esencia de la vida interna del ser humano, a pesar que sistema y observador pertenecen a su vida de sociedad”*.

Por último, los **mensajes** son una forma de organización o un patrón, lo que hace que se organicen una serie de símbolos es el lenguaje, ya que son patrones que quieren decir algo.

La **comunicación** tiene varios significados y se usan como noción para denotar:

- Una relación entre dos o más individuos a través del lenguaje.
- Una mediación social de la información. Ejemplo un noticiero.
- Una interacción o intercambio de mensajes. Ejemplo los mails, teléfono.
- Publicidad o propaganda. Ejemplo anuncios de ventas.

Para este estudio la Cibernética se encuentra en el mensaje que el observador representa en modelo de conocimiento ontológico, y por medio del control tiene el modelo con el objetivo de retroalimentar al usuario en el proceso de búsqueda de la información geográfica.

### 2.3. Ontologías.

El término Ontología proviene del mundo de la filosofía, según el Diccionario de la Real Academia Española, *es la parte de la metafísica que trata del ser en general y de sus propiedades transcendentales (RAE, 2011)*, o propiedades que traspasan los límites de lo experimental.

Este concepto ha sido adoptado por la informática, específicamente en el dominio de la Inteligencia Artificial, adaptándolo a sus necesidades, y utilizando una metáfora según la cual lo experimental, físico, tangible, objetivo y registrable serían los datos y lo metafísico, incomprensible, subjetivo sería la información. De modo más riguroso, esta adopción metafórica ha dado origen a una gran variedad de definiciones de este “nuevo” concepto, producto de los puntos de vista de diversos autores y, fundamentalmente, de las diferentes formas de construir y utilizar las ontologías como sistemas informáticos (Vilches Blázquez et al., 2008:548).

Gruber, (1993a: 199) define una ontología de la siguiente manera: *“An ontology is an explicit specification of a conceptualization”*.

Esta definición es la más citada en la literatura de la ontología, donde la "especificación explícita" es de un objeto concreto, que pueden ser un símbolo del objeto y una “conceptualización” es básicamente la idea del mundo que una persona o un grupo de personas puede tener sobre ese objeto. (Taniar et al, 2006:71).

Existe otro grupo de definiciones basadas en el proceso de construir la ontología. Estas definiciones también incluyen relaciones entre ontologías y bases de conocimiento. Por ejemplo, la definición propuesta por Bernaras et al, (1996:298) en el proyecto KACTUS es: *“It [an ontology] provides the means for describing explicitly the conceptualization behind the knowledge represented in a knowledge base”*.

Esta definición propone "extraer" la ontología de una base de conocimiento, que refleja el enfoque que los autores utilizan para construir ontologías. En este enfoque, la ontología se construye, siguiendo una estrategia de abajo hacia arriba, sobre la base de un aplicación de conocimientos por medio de un proceso de abstracción. A

medida que más aplicaciones se construyen, la ontología se hace más general, y, por tanto, se mueve más lejos de lo que sería una base de conocimientos (Gómez-Pérez et al., 2004:7).

Otra estrategia para la construcción de ontologías es la reutilización de ontologías de gran tamaño, como Sensus (Swartout et al., 1997:138), con más de 70,000 nodos, para crear ontologías de dominio específico y bases de conocimiento: “*An ontology is a hierarchically structured set of terms for describing a domain that can be used as a skeletal foundation for a knowledge base.*”

De acuerdo con esta definición, la misma ontología puede ser utilizada para la construcción de varias bases de conocimiento, que comparten la misma estructura o taxonomía. Si los sistemas se construyen con la misma ontología, que comparten una estructura común subyacente, la fusión, el compartir sus bases de conocimiento y los mecanismos de inferencia serán más fáciles (Gómez-Pérez et al., 2004:6).

Dado que las ontologías son ampliamente utilizadas para diferentes propósitos como gestión del conocimiento, comercio electrónico, la integración inteligente de información, la Web Semántica, metadatos, bases de datos espaciales e ingeniería de software, etc., (Uschold y Jasper, 1999:11-20) proporcionó una nueva definición de la palabra ontología para popularizar en otras disciplinas como:

An ontology may take a variety of forms, but it will necessarily include a vocabulary of terms and some specification of their meaning. This includes definitions and an indication of how concepts are inter-related which collectively impose a structure on the domain and constrain the possible interpretations of terms. (Uschold y Jasper, 1999: 11-20).

Para aclarar el significado de ontología, a continuación se describe un ejemplo acerca de una posible ontología de viajes propuesta por (Gómez-Pérez et al., 2003). Dentro de viajes estarían todos los conceptos relacionados al tema: viaje, vuelo, cliente, alojamiento, carretera, salida, llegada, tarifa, etc.

En esta ontología todo partiría del concepto clave, viaje. Del mismo, se definirían los distintos tipos de viajes que una persona puede realizar (vuelo, en tren, en autobús, en barco, etc.). A esto se le añadiría el hecho de que todo viaje tiene una



única fecha, hora y lugar de salida y de llegada, una compañía y una tarifa, conceptos todos que formarían parte de la ontología.

Una vez definidos todos los conceptos básicos se comenzarían a establecer las relaciones entre ellos, por ejemplo, un viaje de un tipo determinado con un lugar de salida y otro de llegada le corresponde una duración determinada. Otra posible relación estaría formada por los conceptos lugar de salida, lugar de llegada e itinerario por carretera, ya que una secuencia de carreteras determinada conecta dos lugares diferentes.

La complejidad y variedad en las relaciones puede llegar a ser tanta como se pueda imaginar, ya que la multiplicidad de las relaciones puede lograr un sistema mucho más potente y eficaz. Así, una ciudad de origen puede tener asignados como puntos de salidas una determinada estación de autobuses, una estación de tren y/o un aeropuerto.

Diversos puntos de salidas que estarán en función del destino elegido o de otras cuestiones como horarios o cuantías económicas, entre otras. Con esta complejidad de criterios sólo gracias a la inteligencia implementada en el sistema éste sabrá guiar hacia la estación o aeropuerto más adecuado, en un determinado horario y con los transbordos pertinentes. De esta manera, se consigue aportar eficacia al proceso de gestión de cualquier viaje, facilitando enormemente todo el proceso. Otro elemento importante que forma parte de las ontologías son los axiomas (expresiones lógicas), que sirven para definir restricciones significativas del tipo: “no es posible viajar de EEUU a Europa en tren” o “no es posible viajar en barco de Madrid a Barcelona”. (Gómez-Pérez et al., 2003).

Esta pequeña ontología se podría implementar sobre una Base de Datos Espacial, contribuyendo a gestionar toda esta información de una manera más eficiente e íntegra, debido a que podrá permitir al usuario saber qué tipo de transporte le lleva de una ciudad a otra, días y horarios de salida y llegada, tarifas, duraciones, alojamientos, etc. todo de una forma inteligente y automatizada. Sin olvidar que la información a obtener puede ser tanto o más compleja conforme se vaya aportando mayor complejidad y riqueza a la ontología.

Hoy en día, el concepto de ontología es ampliamente utilizado en Ingeniería del Conocimiento, Inteligencia Artificial y Ciencias de la Computación, en aplicaciones relacionadas con la gestión de conocimientos, procesamiento del lenguaje natural, el comercio electrónico, integración de la información inteligente, la información recuperación de base de datos de diseño e integración, bioinformática, la educación, y en los nuevos los campos emergentes como la Web Semántica, Geomática, Teledetección, entre otras.

## **2.4. Estado de arte de las Ontologías.**

Entre las definiciones más conocidas y utilizadas de ontología es la aportación de Thomas R. Gruber, afirma que una ontología constituya una especificación explícita y formal de abstracciones mentales, las cuales se conforman mediante un acuerdo de la comunidad experta en un dominio y en un diseño para un propósito específico (Gruber, 1993a: 199).

La labor de construir ontologías no solo está dirigida al diseño específico de algoritmos y estructuras de datos que permitan la implementación y codificación de la información geoespacial y sus procesos; sino además apunta a construir técnicas robustas y adecuadas para la representación e integración de datos geoespaciales; así como aspectos conceptuales del dominio geográfico, búsqueda, administración y heterogeneidad semántica. Sobre estas bases se buscan obtener representaciones apropiadas para fenómenos geoespaciales, las cuales permitan coincidir con la realidad fundamental y especialmente cómo esta realidad sale del ser humano (Torres Ruiz, M, 2007:34).

A continuación se presentan varios trabajos relacionados con los tópicos de investigación en el ámbito geográfico, se realiza una síntesis de las principales características de estos estudios.

### **2.4.1. Ontología basada en búsqueda y recuperación de información geográfica en la Infraestructura de Datos Espaciales. (Bernard, L., Einspanier, U., Haubrock, S., et al., 2004)**

Este artículo describe una arquitectura basada en una ontología para descubrir y recuperar información geográfica, la cual consiste en extender las capacidades de consulta que ofrecen actualmente los catálogos de la OGC (Open Geospatial

Consortium<sup>1</sup>), con razonamiento terminológico sobre los metadatos proporcionados por un componente de razonamiento basado en ontologías. Además, se muestra cómo esta técnica puede contribuir a solucionar problemas de heterogeneidad semántica durante búsquedas de texto libre en catálogos, y cómo soporta el acceso a información intuitiva de un recurso.

La búsqueda se realiza automáticamente mapeando entre la consulta de conceptos y los conceptos de ontologías de aplicación diferentes dentro del mismo dominio. Esto se hace posible aplicando un razonador terminológico como RACER (Reasoner for A-Boxes and Concept Expressions Renamed<sup>2</sup>), el cual trabaja con conceptos presentados de una descripción lógica. Este razonador permite la clasificación de los datos en otro contexto por igualdad o inclusión.

La técnica engloba las siguientes consideraciones: primero es necesario proporcionar ontologías, para cada esquema de aplicación existe una ontología de aplicación que está descrita por un vocabulario compartido correspondiente a su dominio. Estas ontologías proporcionan la descripción formal del esquema de aplicación de la fuente de datos. Por lo tanto, éstas son referenciadas desde el catálogo de descripción de los metadatos, correspondientes a la especificación ISO 19115. Estos metadatos describen el contenido de información de la fuente de datos (por ejemplo, una lista de los nombres de los tipos de elementos disponibles). Para proporcionar acceso a las ontologías se definen dos interfaces: la de servicio de definición de conceptos que permite acceder a los conceptos del vocabulario compartido y las ontologías de aplicación; y la de servicio de consultas de conceptos que permite razonar acerca de posibles concordancias con una búsqueda simple y definida de conceptos. El segundo componente es un servicio de catálogo en cascada que proporciona acceso a través de la interfaz de servicio de catálogo de la OGC. Éste extiende su funcionalidad analizando y manipulando los filtros de las consultas de metadatos. El último componente es una interfaz de usuario que hace uso del servicio de definición de conceptos para permitir al usuario formular consultas refinadas para metadatos y geodatos.

---

<sup>1</sup>El Open Geospatial Consortium (OGC) es un consorcio internacional de 443 empresas, agencias gubernamentales y universidades que participan en un proceso de consenso para desarrollar los estándares de interfaz de acceso público. Las normas OGC apoyan las soluciones interoperables de los servicios de la Web y servicios de localización e incorporación de Tecnologías de la Información.

<sup>2</sup> Servidor robusto para el razonamiento de ontológico.

Las consultas de metadatos para fuentes de datos con información específica de un esquema de aplicación, permiten la construcción de una consulta de conceptos. Los conceptos de ontologías de aplicación soportan la formulación de consultas WFS (Web Feature Service) para esquemas desconocidos y para la interpretación de los resultados Bernard, L., Einspanier, U., Haubrock, S., et al., 2004:15-29).

#### **2.4.2. Ontologías basadas en la fusión de bases de datos espaciales. (Kavouras, M. & Kokla, M., 2000)**

Este trabajo propone una metodología para la organización de la información y la integración semántica, la cual pueda proporcionar el reuso de datos entre sistemas de información geográfica heterogéneos. Se argumenta que el compartir datos geoespaciales no es una tarea superficial, debido a los distintos esquemas conceptuales y a la semántica; por lo cual interpretaciones diversas de datos geoespaciales codificados en diferentes bases de datos causan heterogeneidades entre las mismas.

La metodología de este trabajo se enfoca en la formalización de conceptos y relaciones geoespaciales, utilizando el análisis formal de conceptos y la integración de categorizaciones geográficas múltiples, las cuales exhiben diferencias en el contexto de aplicaciones y resolución temática. Estos objetivos facilitan la información geográfica entre diversas organizaciones y propósitos. El proceso de integración de múltiples categorizaciones está dividido en dos fases: Factorización Semántica y Lattices de Conceptos.

La factorización semántica es el proceso de analizar y descomponer las categorías de las categorizaciones originales en conjuntos de categorías fundamentales. En este paso, es necesario resolver posibles conflictos de nombres (homónimos o sinónimos) y especificar equivalencias y traslapes entre las clases y atributos. El caso de traslape entre las categorías es resuelto por divisiones dentro de las clases disjuntas. De esta forma, este proceso de factorización descompone conceptos complejos en conceptos más simples fuera de los cuales ellos están contruidos.

El lattice de concepto integrado, no es estrictamente una estructura de árbol, puesto que ciertas clases pueden tener más de una superclase. Esta flexibilidad permite su uso en diferentes aplicaciones, lo cual significa que las jerarquías son utilizadas como una herramienta conceptual y no como una restricción de la metodología. Además la metodología puede aplicarse independientemente de la resolución espacial y temática representada por el esquema de clasificación de entrada. Por lo tanto, es posible asociar clasificaciones creadas para propósitos similares negociando con muchos traslapes entre las clases o para integrar esquemas de clasificación de diferentes resoluciones temáticas. Sumando a lo anterior, el método ayuda a identificar y resolver heterogeneidades entre categorizaciones originales, éstas se refieren a heterogeneidades esquemáticas debido a estructuras diferentes de las jerarquías de generalización original, o debido a la definición de clases similares en diferentes niveles de detalle y a heterogeneidades semánticas causadas por traslapes en las definiciones de clases similares.

Finalmente, el proceso de integración convierte la clasificación del esquema de entrada a un esquema único, correspondiente a uno integrado, y además de la concepción entera del espacio. En este sentido las clases y atributos originales no son alterados, pero semánticamente están relacionados a cada esquema para formar el esquema jerárquico final. Por lo tanto, el proceso de integración identifica similitudes y reconcilia diferencias sin prevenir la independencia y el uso autónomo del esquema original (Kavouras, M. & Kokla, M., 2000:1-7).

#### **2.4.3. Integración Ontológica de Datos, Metadatos y Conocimiento en Sistemas de Información Geográfica como Herramienta para la Interpretación Semántica de la Información Espacial. (Oliva R., Garea E., Costales C: 2007)**

Los autores, presentan una primera aproximación a una nueva estructura ontológica que pretende alcanzar una verdadera integración entre los datos geoespaciales, sus correspondientes metadatos y el conocimiento relacionado con ambos y las relaciones entre ellos. Su principal contribución se centra en la presentación de una nueva concepción de las geo-ontologías como estructuras integradoras del conocimiento, datos y metadatos con ejemplos de su aplicación en el marco de la

Infraestructura de Datos Espaciales de Cuba para el manejo de información espacial integrada a un GIS en las temáticas de manejo de suelos y recursos forestales. (Oliva R., Garea E., Costales C: 2007:1-7)

#### **2.4.4. Ontología Geoespacial en el dominio forestal. (Alonso, Renato 2008)**

Este trabajo se hace referencia a los resultados que se han obtenido en el primer año de ejecución de las principales tareas destinadas a la construcción de una ontología geoespacial en el dominio de la información forestal, orientadas hacia el diseño y creación de una metodología basada en ontologías para el perfeccionamiento del Sistema de Información Geográfica Nacional Forestal de Cuba, mediante el uso de descripciones semánticas geoespaciales dentro del dominio de la información forestal. En este caso, las ontologías juegan un importante rol en la construcción de los SIG, debido a que permite el establecimiento de correspondencias e interrelaciones entre diferentes dominios de las entidades espaciales.

La creación de una ontología en el dominio forestal está fundamentado por la necesidad que existe de establecer un lenguaje común para la compartición y recuperación de los datos a partir de la descripción de los conceptos y términos que intervienen en los procesos de gestión forestal; de forma tal, que pueda ser entendible entre los distintos usuarios de la información, con independencia de las fuentes que generen los datos.

La fuente fundamental de información para la ejecución del trabajo lo constituyen; por un lado las entidades geográficas que intervienen en el proceso de ordenamiento y manejo sostenible de los bosques; que a su vez, tienen una importante influencia en los procesos y actividades vinculados a las principales dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social, político-institucional y ambiental; y por otro lado los principales proveedores de datos heterogéneos, y que están asociados a la actividad forestal.

Una solución a estos problemas puede ser la constitución de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE); pero incluso, una IDE solo aportaría estándares de datos

y geoprocésamiento; por lo tanto, será necesario además la estandarización semántica en el dominio de información forestal, con el objetivo de lograr un enlace del conocimiento forestal de los expertos e integrar los datos geográficos heterogéneos, para proveerlos y compartirlos de manera que sea entendible por todos.

De esta forma, se puede presumir que, describiendo la semántica geoespacial de la actividad forestal mediante Ontologías, será posible perfeccionar el Sistema de Información Geográfica (SIG) Nacional Forestal desde un carácter genérico, que permitirá resolver la heterogeneidad semántica de la información forestal, existente en el contexto nacional. (Delgado T, 2008:4).

El estado de arte mencionado, da la pauta para el desarrollo del este estudio ya que se muestra varios trabajos acerca de las ontologías en el dominio de la información geográfica, las cuales nos da una visión amplia para poder trabajar con la semántica de la información espacial a través de ontologías incluso en el campo de las IDE's.

## **2.5. Relaciones entre el Análisis Espacial, Cibernética, Ontologías.**

En esta sección se desarrolla un esquema que muestra las relaciones e interacciones entre los conceptos definidos anteriormente, con el fin de obtener el marco teórico de esta investigación.

Las relaciones e interacciones del esquema son abstracciones que representa un segmento de la realidad tomando en consideración únicamente aquellos aspectos que sean relevantes para el problema planteado y su solución, con el fin de obtener un resultado satisfactorio en función de su marco teórico.

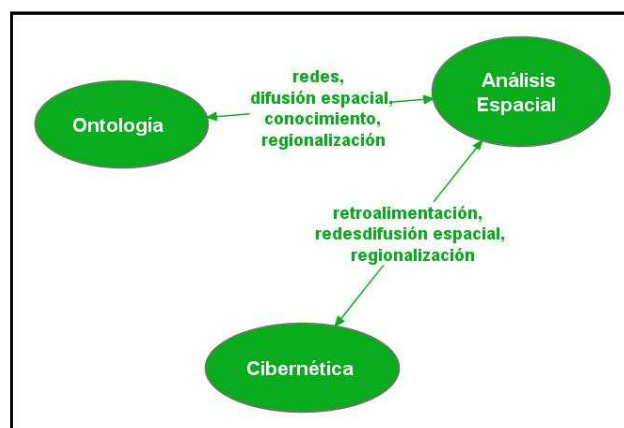
Para desarrollar el modelo se eligieron los conceptos más generales que estuvieron relacionados con el enfoque espacial, técnico y sistémico que enmarca este estudio. Los nodos principales fueron: Ontologías, Análisis Espacial, Cibernética y los nodos secundarios sociedad, información geográfica y la IDE CentroGeo. De estos se desprenden conceptos específicos que guardan relación

con los principales conceptos y que es importante considerarlos para la solución del modelo de conocimiento.

Referenciando a Reyes C. con relación al Análisis Espacial, a Haggett con redes y regionalización, a López F. con difusión espacial, a Swartout, Gruber, Schreiber con los conceptos de Ontología y a Wiener con Cibernética se presentan las siguientes relaciones:

El Análisis Espacial se encuentra relacionado con las Ontologías con conceptos como redes, difusión espacial, regionalización, y conocimiento ya que ambos abarcan estas definiciones, por ejemplo las Ontologías son representadas a través de nodos principales (objetos) que conectan a otros, es decir, se representan en forma de redes y que además se dispersan de acuerdo al dominio de conocimiento (información geográfica), esto significa que, existe una difusión espacial de acuerdo al crecimiento de la información y con esto se delimita el espacio, lo que significa que existe una regionalización, por lo tanto las Ontologías se articulan con el Análisis Espacial.

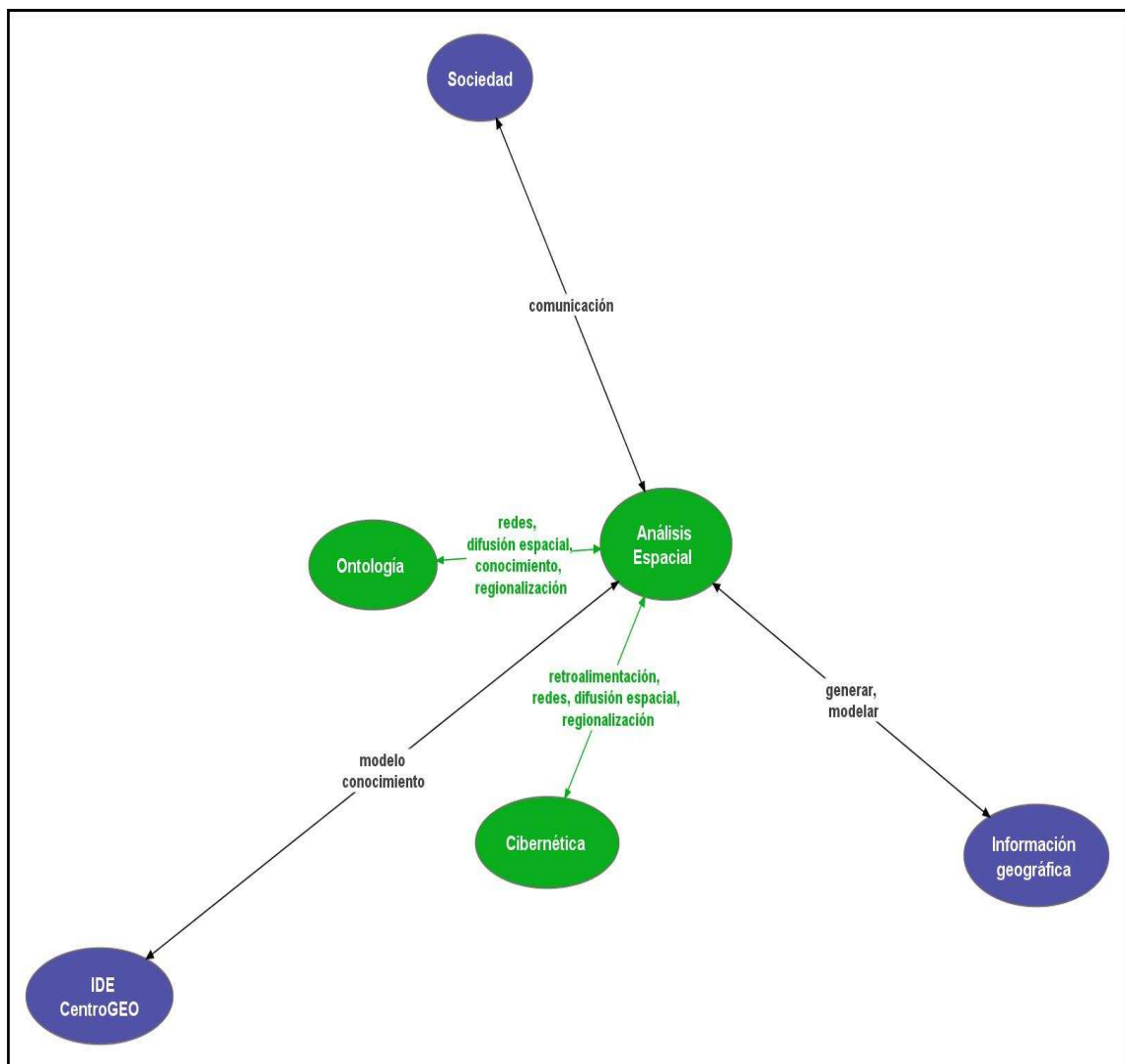
Por otro lado, la Cibernética está ligada al Análisis Espacial por medio de la retroalimentación que es una forma de controlar al sistema, además, la Cibernética se interesa en la naturaleza del conocimiento, el lenguaje, la cognición y la comunicación, lo que relaciona también con el Análisis Espacial, esto se presenta en la figura 2.1.



**Figura 2. 1.** Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Ontologías y Cibernética. Paso 1.



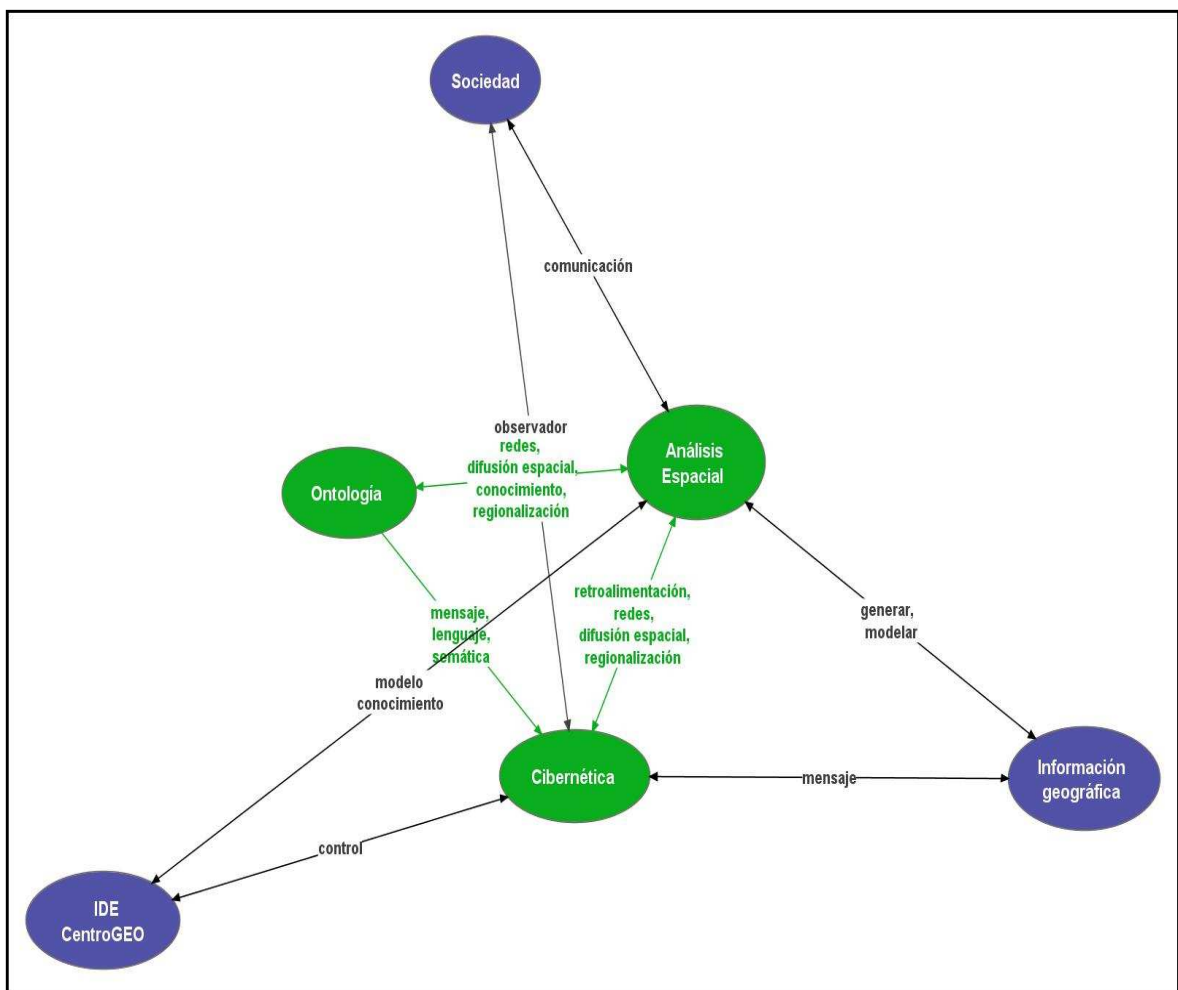
La figura 2.2. muestra que el Análisis Espacial también se encuentra relacionado con la sociedad a través de la comunicación que es la clave para abstraer el conocimiento y poder representarlo, además de vincularse con la información geográfica ya que el Análisis Espacial requiere de esto para poder generar y modelar la información y poder presentar el conocimiento; por último se encuentra en una relación con la IDE de CentroGeo con modelos de conocimiento, que es el Análisis Espacial es una de las guías para el desarrollo del modelo en la IDE de CentroGeo.



**Figura 2. 2.** Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernetica y Ontologías. Paso 2

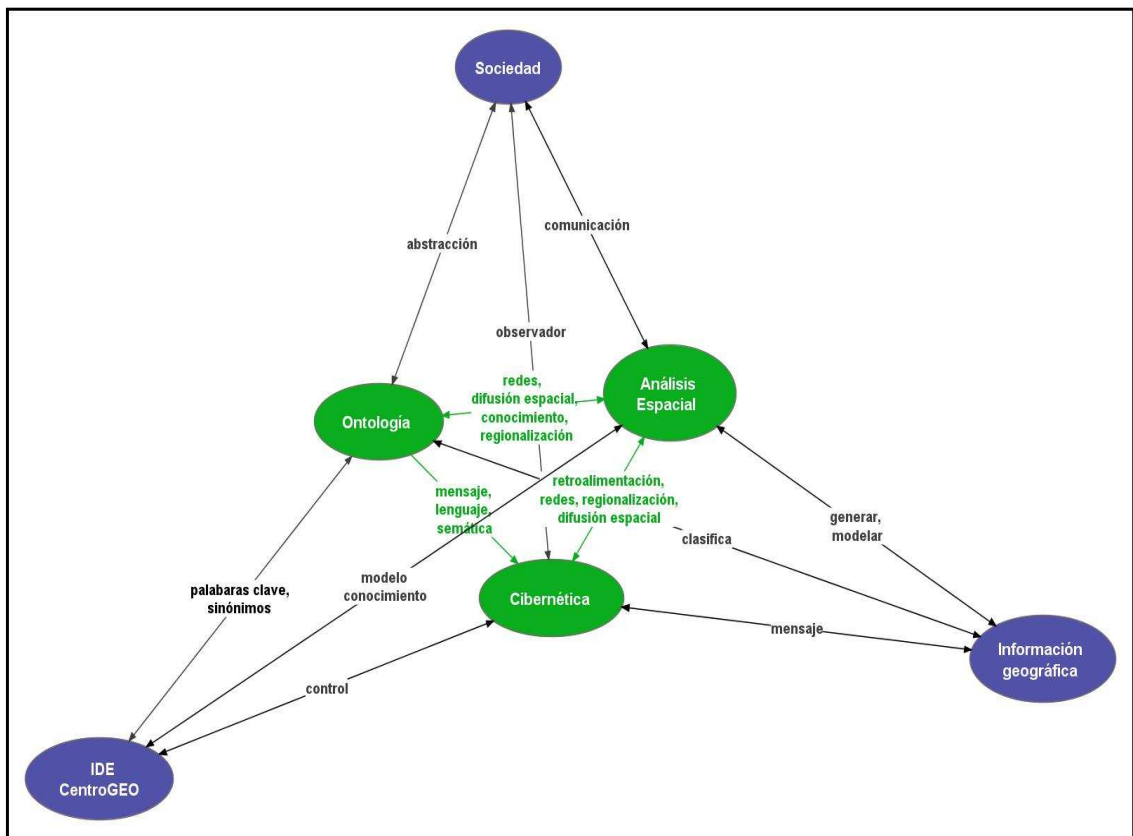
La relación entre la Cibernetica y la Ontología es través de mensajes, lenguajes, semántica, lo que Wiener describe para los sistemas, además, los conceptos de Ontología tratan de representar en un lenguaje, palabras, etc., un significado y con ello llevar un mensaje.

La Cibernética se encuentra relacionada con la información espacial por medio del mensaje que ya la información espacial presenta un mensaje si se la organiza de manera correcta, también la Cibernética se encuentra articulada con la sociedad por medio del observador, ya que en la Cibernética de segundo orden presenta al observador del sistema quien es el que pone el control en el sistema y que además forma parte de la sociedad, y por último la Cibernética está relacionada con la IDE de CentroGeo a través de los actores y usuarios los cuales son los que usan el sistema, esto se presenta en la figura 2.3.



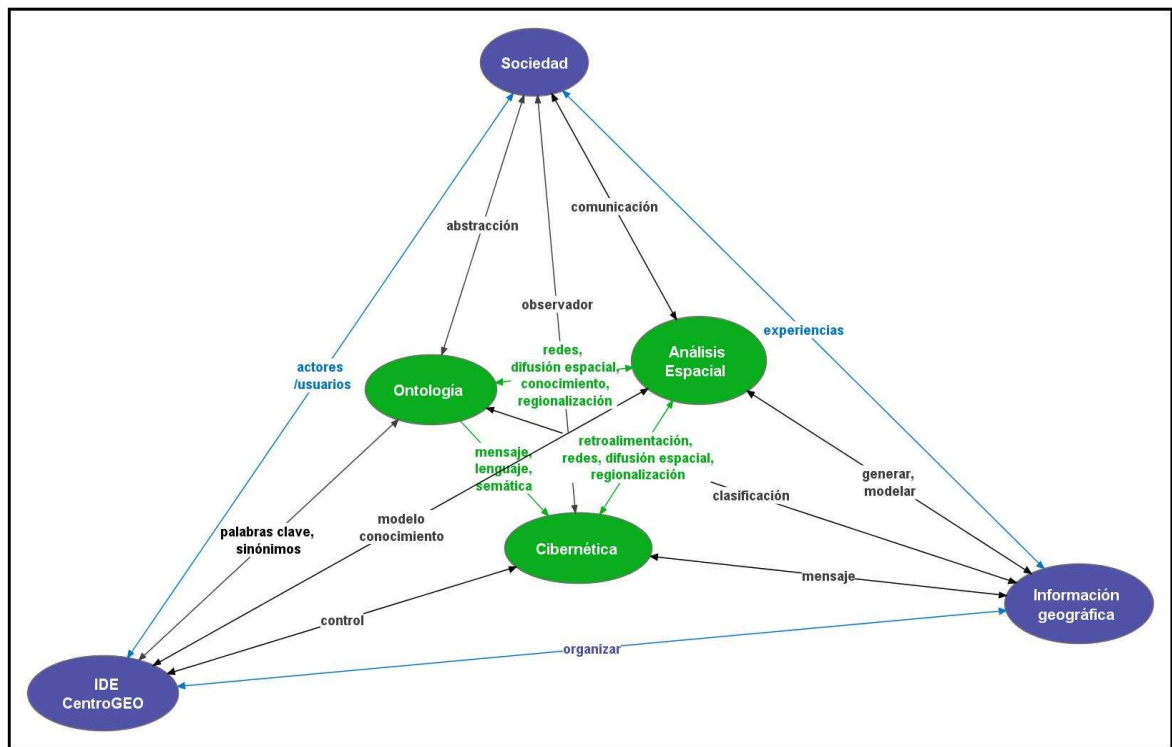
**Figura 2. 3.** Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernética y Ontologías. Paso 3

Por otra parte la Figura 2.4. Ontología también se encuentra vinculada con la sociedad ya que trata de abstraer el conocimiento y representarlo a través de conceptos en la IDE de CentroGeo además como se habla del dominio de la información geográfica esto lo representa en forma de clases y subclases.



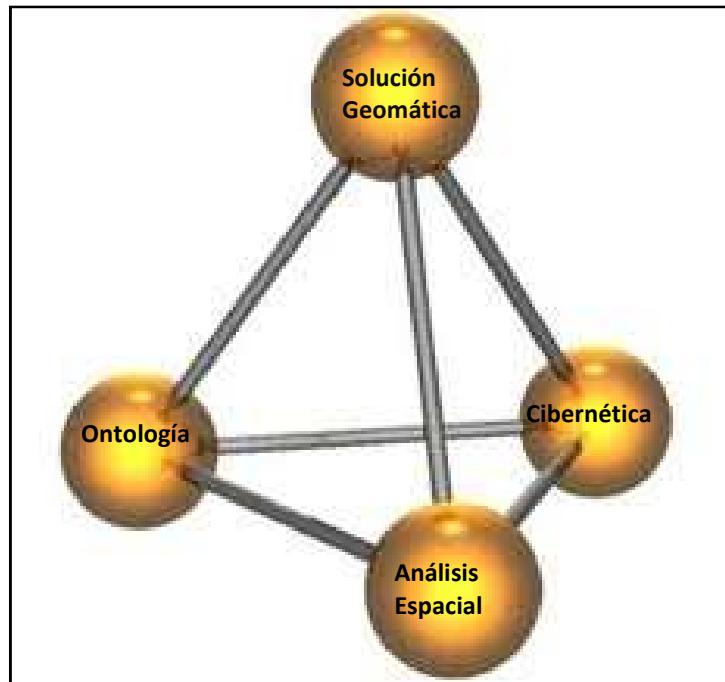
**Figura 2. 4.** Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernética y Ontologías. Paso 4

Ahora bien, se tiene que describir la relación entre la sociedad y la información geográfica, la sociedad que son los actores y usuarios que a través de sus experiencias han desarrollado una serie de información geográfica que es la que observa al sistema, y también se la puede usar.



**Figura 2. 5.** Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernetica y Ontologías. Paso 5

Como conclusión: Las relaciones descritas anteriormente se fundamentan conceptualmente, como lo dice C. Reyes y en resumen: el Análisis Espacial es una disciplina que estudia conjuntos de conocimientos, para este caso definiciones como redes, difusión espacial, regionalización, lo que ha llevado a relacionar con la Cibernetica en la retroalimentación de estos conocimientos, por lo que existe una vinculación directa, ahora bien, las Ontologías abarcan los conceptos de redes, difusión espacial en su representación, es por esto que también se articula directamente con el Análisis Espacial, y por último, la Cibernetica informa los procesos de comunicación, retroalimentación y control a través de los mensajes(información) lo que las Ontologías tienen como objetivos representar el conceptualmente el conocimiento a través de la semántica de la información geográfica(mensajes), por lo que esto conlleva a una propuesta de una solución Geomática.



**Figura 2. 6.** Imagen de la Relación entre Análisis Espacial, Cibernética y Ontologías como solución Geomática.

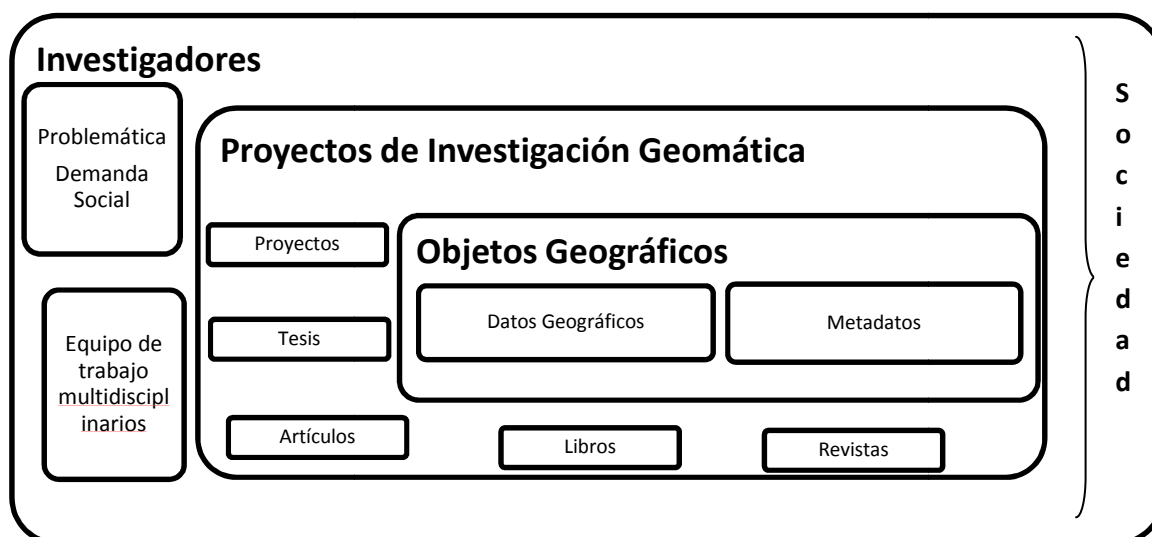
En el siguiente capítulo se esquematiza el modelo de conocimiento ontológico, de acuerdo a las bases teóricas presentadas en este capítulo.

## Capítulo III.

### 3. Modelo de Conocimiento Ontológico de la Infraestructura de la Datos Espaciales.

Este capítulo presenta el desarrollo de un modelo de conocimiento ontológico, el cual se encuentra diseñado bajo el marco teórico descrito en el capítulo 2, en este esquema se pretende visualizar los procesos que se realizan en CentroGeo para llegar a la utilidad de la información geoespacial a través de la IDE. Para lograr esto, el conocimiento de la organización en este caso CentroGeo (investigadores) fue el punto de partida y el eje central es el marco teórico.

Sin dejar de lado el conocimiento de la organización, el modelo fue diseñado bajo la visión Ontológica, del Análisis Espacial y de Cibernética (descrito en el capítulo dos), creando bloques de construcción que permiten reagrupar diferentes partes de sus componentes y relacionarlas entre sí, como lo hacen las redes permitiendo de esta manera que el conocimiento se refleje en las temáticas que se manejan en CentroGeo, con lo que, se propone un esquema que permite identificar los componentes de la información geográfica que se presentara en la IDE y que está a su vez, muestre la utilidad de la información geoespacial retroalimentando a los usuarios.

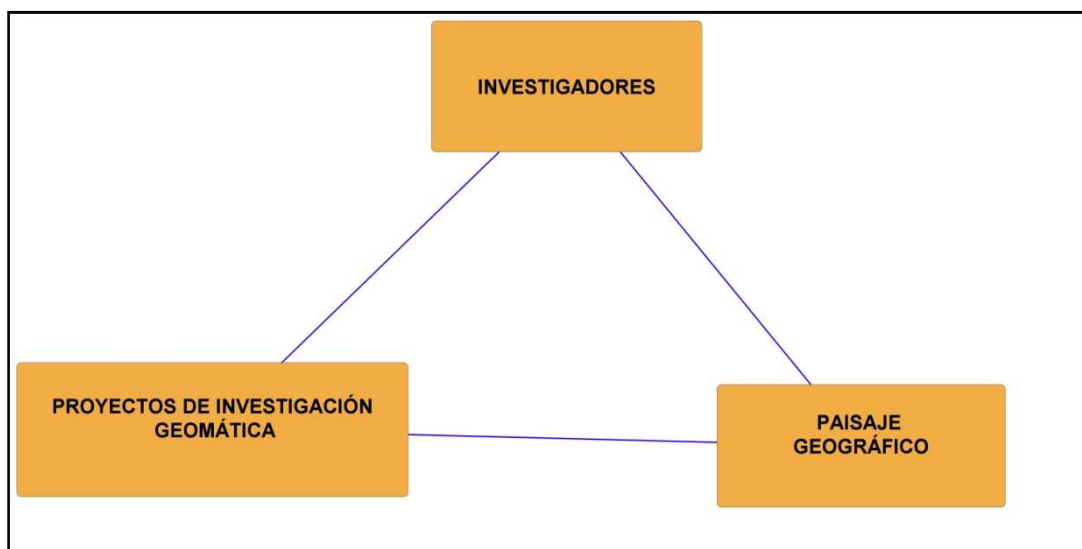


**Figura 3. 1.** Esquema del Modelo de Conocimiento Ontológico resumido propuesto para la búsqueda de la información en la IDE.

Como se muestra en la figura 3.1. el modelo de conocimiento define las características básicas que lleva consigo la información geográfica que involucra investigadores y su relación con respecto al desarrollo de proyectos de investigación geomáticos(artículos, revistas, libros, etc.) y los objetos geográficos (datos, metadatos) a describirse y que se encuentran inmersos en las temáticas de la gestión de la información geoespacial.

La consolidación del conocimiento representado por este modelo conceptualmente puede ser utilizada para visualizar la información geográfica a través de la IDE en CentroGeo bajo estándares y normas específicas. Para diseñar el modelo de conocimiento ontológico se ha clasificado en 3 bloques que se encuentran relacionados entre sí, los cuales son:

- Investigadores.
- Proyectos de Investigación en Geomática.
- Paisaje Geográfico.



**Figura 3. 2.** Imagen de los bloques principales del modelo de conocimiento ontológico propuesto para búsqueda de la información geográfica para la IDE de CentroGeo.

Como se muestra en la figura 3.2. los tres bloques se encuentran relacionados ya que son la base para el desarrollo del modelo por ejemplo: sin investigadores no existiría información del paisaje geográfico ni proyectos, los proyectos depende de

los investigadores y necesitan del paisaje geográfico. Dentro de cada bloque existen sub-bloques, que a su vez, se encuentran relacionados unos con otros inclusive subgrupos con grupos de otros bloques como lo hacen las redes. A continuación se detalla cada uno de los bloques.

### **3.1. Investigadores**

Los investigadores son equipos multidisciplinarios que forman parte de CentroGeo, quienes generan un conocimiento partiendo de una necesidad de la sociedad, para resolver la problemática y a su vez desarrollar proyectos en desde una perspectiva de la Geomática.

La demanda o necesidad social es descrita por diferentes actores, estos pueden ser gubernamentales (INEGI, SEDESOL, SEMARNAP, etc.), sociedad civil, nacionales e internacionales.

Las propuestas y problemas presentados por estos actores en su acercamiento con CentroGeo, unido a la capacidad y años de experiencia de los investigadores han dado la pauta a una producción importante de prototipos y obras cibernéticas a través de los cuales, además de darse respuesta a la problemática planteada, se han desarrollado y aplicado conceptos de frontera desde un marco de trabajo empírico y teórico como es la Cibercartografía, las Soluciones Complejas de Geomática, Mapas Mentales Colectivos, entre otros.(Reyes C., et al, 2008:7)

Una vez explicita la demanda social, es necesaria una investigación básica la cual dependerá del problema que enfrenta la sociedad y que constituye el núcleo del proceso de generación de conocimiento en las disciplinas del campo de estudio del CentroGeo, articulando la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

La investigación básica consta del marco empírico que se obtiene a través de diversas retroalimentaciones con usuarios, tecnólogos e investigadores y la reflexión presente en el proceso de investigación dan lugar a la posibilidad de teorizar; como por ejemplo la emergencia del concepto de Cibercartografía, que da pie al marco teórico que contiene a su vez los temas de investigación referentes a las distintas disciplinas y áreas de estudio que CentroGeo maneja como son: Análisis Espacial,



Cartografía, Percepción Remota, Procesamiento de Imágenes Satelitales, entre otras.

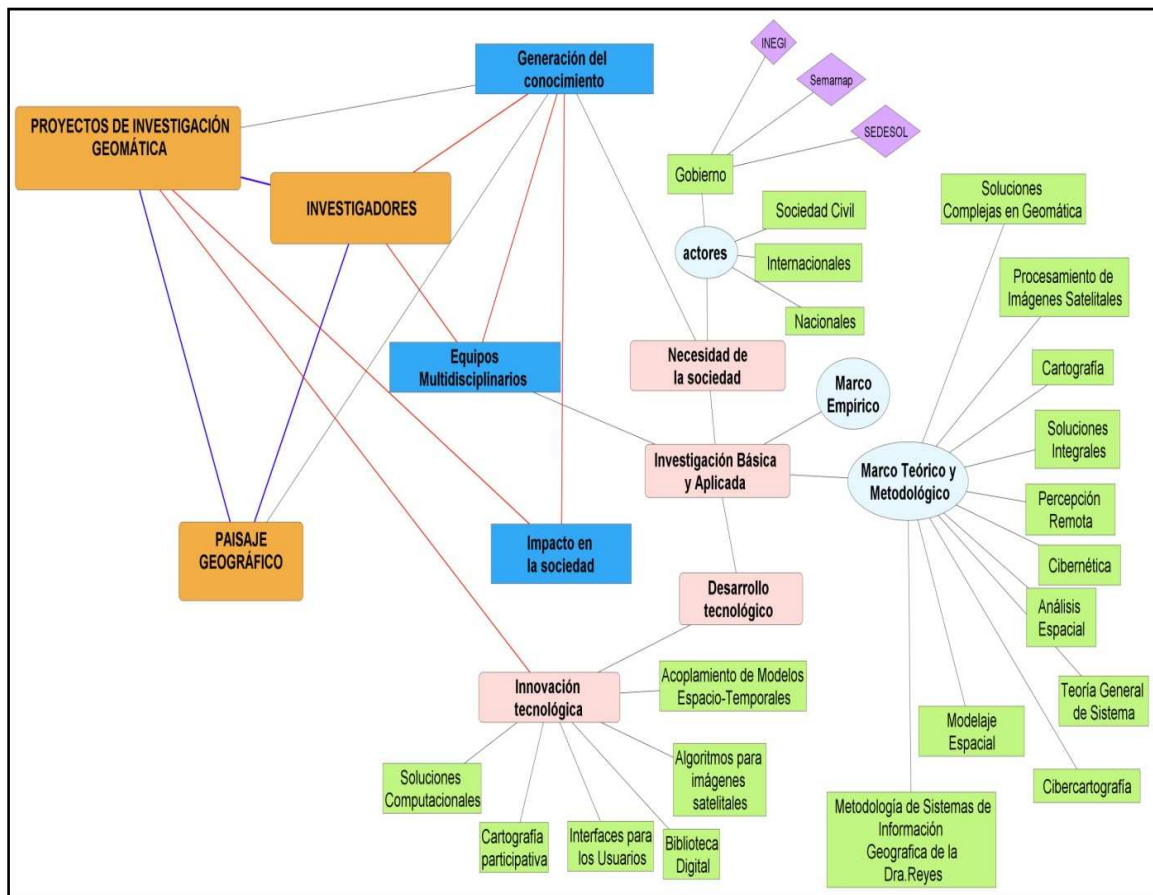
Dos líneas de investigación del CentroGeo claramente definidas e interrelacionadas que son: Cibercartografía y Soluciones Complejas en Geomática en temas relacionados con Medio Ambiente y Planeación Territorial. Para algunos proyectos desarrollados en CentroGeo se ha trabajado bajo el “*método reyes*” de la Dra. Carmen Reyes.(Reyes C, 2005: 63-97).

Una vez determinada la línea de investigación básica y aplicada da pie al desarrollo tecnológico, el cual ha sido la herramienta básica para que los investigadores de CentroGeo se comuniquen con la sociedad a través de una forma innovadora.

Tanto el conocimiento como la tecnología juegan un papel fundamental incluyendo procesos involucrados en la incorporación de la tecnología en las actividades sociales, los aspectos intrínsecos culturales del desarrollo y uso de la tecnología, y las necesidades de los usuarios.

La innovación tecnológica consta de soluciones computacionales, interfaces para los usuarios, cartografía participativa, biblioteca digital, entre otras, algunas de las cuales ya han sido publicadas como proyectos de investigación geomáticos.

Para finalizar este bloque de construcción, se presenta el impacto en la sociedad, es decir, como la solución geomática ayuda a resolver el problema y como la experiencia exitosa ayuda a resolver otros problemas sociales en diferente área como se presenta en la figura 3.3.



**Figura 3. 3.** Imagen del bloque de Investigadores del modelo de conocimiento ontológico propuesto para la búsqueda de la información geográfica para la IDE de CentroGeo.

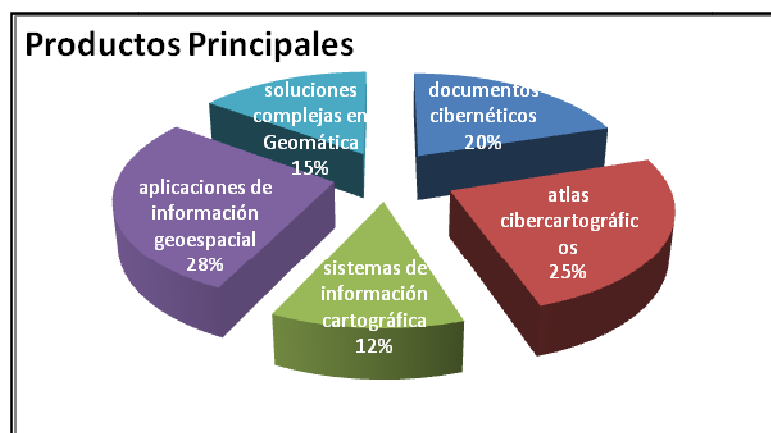
### 3.2. Proyectos de Investigación en Geomática.

El segundo bloque se refiere a todos los proyectos geomáticos que CentroGeo ha desarrollado a partir de una gestión investigativa, estos proyectos tienen una fuerte relación con la generación de conocimiento, la innovación tecnológica, con el impacto en la sociedad del bloque de investigadores, ya que a través de éstos se dan los resultados exitosos de los proyectos desarrollados.

En estos proyectos, se ha dado gran importancia a la interacción con la sociedad, ya que se mira como un eje dentro de la generación de conocimiento y como recurso para sostener la actividad del CentroGeo, por ejemplo se tiene más de un centenar proyectos, resultado de acuerdos y convenios de colaboración con universidades, centros de investigación, sector público y organismos internacionales, principalmente. (CentroGeo: Pagina Web), además de sus artículos, publicaciones en revistas, libros, y tesis.

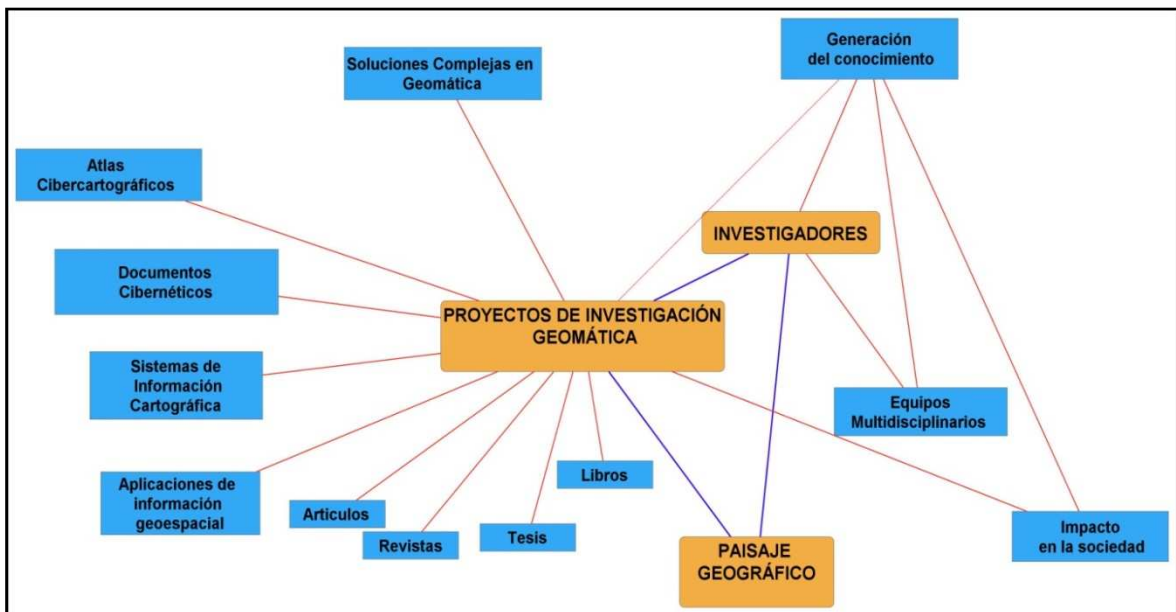
Estos resultados reflejan la participación de los investigadores, que desde los inicios de la institución se concibió como una red emergente de conocimiento con un papel fundamental para movilizar el modelo de gestión científica, de interacción social y de acceso al capital humano especializado y de alta calidad que ha colaborado en los proyectos del CentroGeo. (CentroGeo: Pagina Web).

Estos proyectos se encuentran asociados por diferentes disciplinas o áreas de investigación las cuales son: documentos cibernéticos, atlas cibercartográficos, sistemas de información cartográfica, aplicaciones de información geoespacial y soluciones complejas en Geomática, las cuales constan de sus proyectos principales como se muestra en la figura 3.4.



**Figura 3. 4.** Imagen de los Productos principales de CentroGeo (CentroGeo: Pagina Web)

Dentro de estos grupos de investigación se encuentran varios proyectos realizados, estos proyectos se encuentran en el Apéndice A.1.



**Figura 3. 5.** Imagen del Bloque de Proyectos de Investigación del modelo de conocimiento ontológico propuesto para la búsqueda de la información geográfica para la IDE de CentroGeo.

### 3.3. Paisaje Geográfico.

Con respecto al paisaje geográfico, como se presenta en la figura 3.6., cabe mencionar Reyes C.:

Históricamente y desde una perspectiva de modelado, en el primer proceso de abstracción, los dibujos y los proyectos se utilizan para representar el paisaje geográfico. Líneas, puntos y áreas han sido elementos geométricos básicos en la construcción del mapa desde la época de los griegos. (Reyes C.,2005:68).

Considerando las referencias de Reyes C., para este trabajo, el paisaje geográfico se refiere a las temáticas que maneja el CentroGeo en cuanto a representación de la información geoespacial, que a su vez están basadas en especificaciones y normas. La información geográfica pueden ser: imágenes satelitales, mapas temáticos, modelos digitales de terreno, ríos, curvas de nivel, entre otros.

Dentro del paisaje geográfico se encuentran objetos geográficos (puntos, líneas y áreas), relaciones geográficas, referencia espacial y tipo.

Los objetos geográficos es todo aquel objeto que forma parte del paisaje geográfico y se considera un elemento asociado con una localización relativa a la Tierra. Una representación del paisaje geográfico puede ser pensada como un

conjunto de objetos que están asociadas a una posición geográfica y temporal en un sistema de referencia espacial y temporal, como por ejemplo: ríos, carreteras, municipios, cuerpos de agua, entre otras. (Torres M, 2007:221).

El objeto geográfico puede ser vector (punto, línea o polígono) o raster (imágenes satelitales, fotos aéreas, etc.), para este caso se consideran objetos geográficos cada uno de los metadatos.

Las relaciones geográficas son vínculos que permiten definir el comportamiento de los objetos geográficos con respecto a otros objetos. Además, permiten describir restricciones de los objetos geográficos al ser analizados y desplegados. Las relaciones con los elementos esenciales que describen y dan significado al contexto de los objetos geográficos. (Torres M, 2007:221).

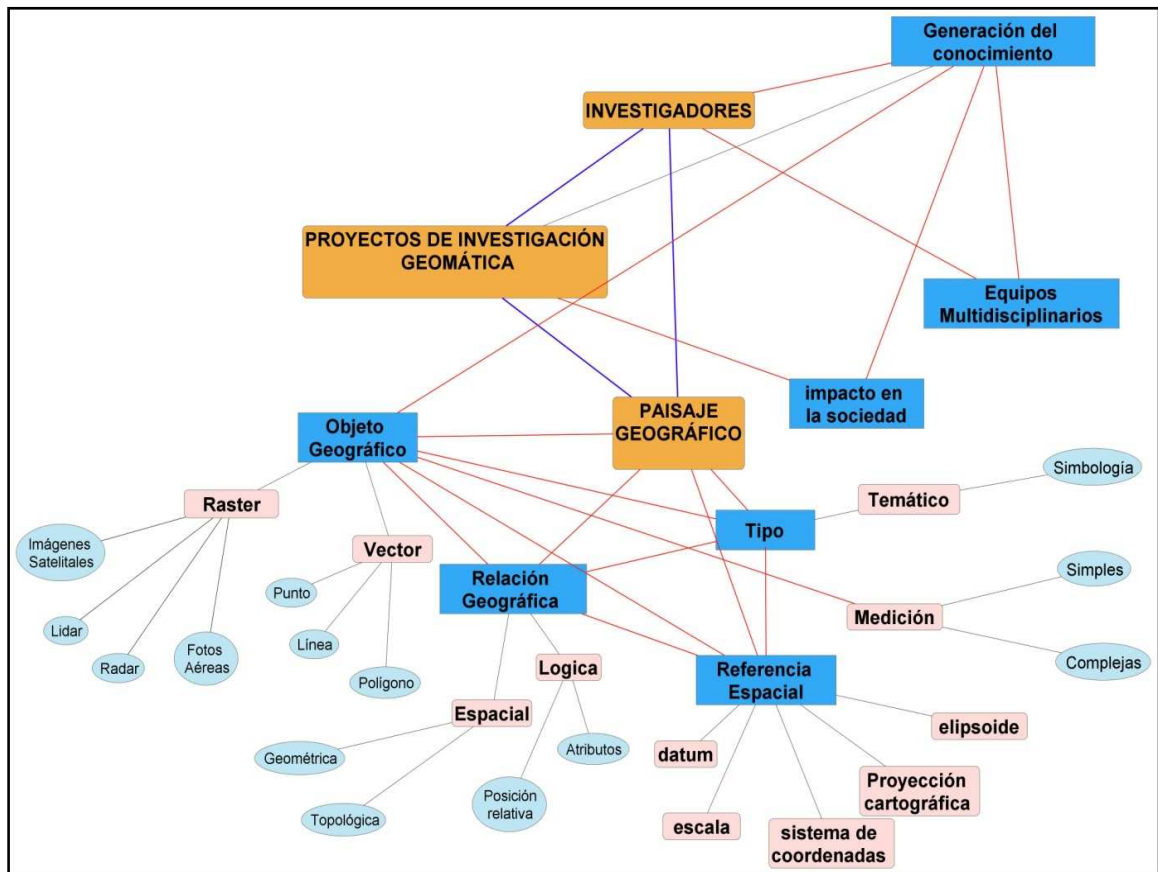
Dentro de las relaciones geográficas se encuentran las relaciones espaciales y lógicas, las espaciales se refieren a las topológicas entre objetos geográficos que son caracterizadas por ser invariantes a transformaciones geométricas del espacio, tales como traslación, rotación y escalamiento. Se utilizan para describir la conectividad de las primitivas geométricas que pueden derivarse de la geometría fundamental. (Torres M, 2007:221).

Las relaciones geométricas son aquellas que proporcionan el significado de los objetos geográficos en una descripción cuantitativa, por medio de coordenadas y funciones matemáticas de las características espaciales de los objetos, incluyendo la dimensión, posición, tamaño, forma y orientación. Las funciones utilizadas para describir la geometría de un objeto dependen del tipo de sistema de referencia utilizado para definir la posición espacial. Las relaciones geométricas cambian cuando la información es transformada de un sistema de referencia a otro.

La referencia espacial es utilizada para poder ubicar los objetos geográficos en un mapa los cuales son escala, datum, proyección cartográfica, sistema de coordenadas, esferoide. (Torres M, 2007:221).

El tipo se refiere a las características del objeto geográfico que pueden tener ya sean temáticos o temáticos contextuales; en el temático se puede encontrar

diferentes objetos geográficos con su simbología y atributos, los cuales pueden tener medidas que a su vez puede ser compleja o simple que permiten representar una operación del tipo topológico o geométrico. El temático contextual se refiere a objetos geográficos cuantitativos y cualitativos que no tengan ninguna operación.



**Figura 3. 6.** Imagen del Bloque del Paisaje Geográfico del modelo de conocimiento ontológico propuesto para la búsqueda de la información geográfica para la IDE de CentroGeo.

Como se pudo observar en el transcurso del capítulo, se desarrolla el modelo de conocimiento con un concepto ontológico del bloque ya que esto nos da una visión mucho más clara de cómo en este trabajo se presenta una propuesta para gestionar la información geográfica que CentroGeo maneja.

El Apéndice A.2 .presenta el esquema completo, este muestra descriptivamente como cada bloque tiene sus propios subgrupos y como se articulan entre si y la relación los bloques tienen como las redes, la jerarquías y la difusión espacial, y como a través del conocimiento adquirido por los investigadores se puede esquematizar un modelo presentando así una solución geomática.

El siguiente capítulo se desarrolla el bloque del paisaje geográfico desde una perspectiva de modelado de clases y atributos, con el fin de probar el modelo de conocimiento en herramientas tecnológicas, para esto CentroGeo facilitó los metadatos, representados con objetos geográficos en este estudio.

## **Capítulo IV.**

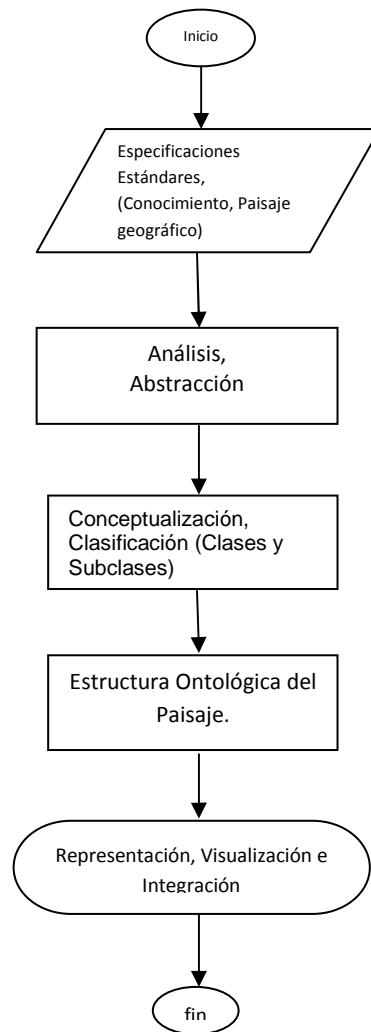
### **4. Modelo de Conocimiento Ontológico para un Paisaje Geográfico.**

En este capítulo se diseña, desarrolla e implementa el modelo de conocimiento ontológico para un paisaje geográfico en herramientas tecnológicas, que servirá de apoyo para el manejo de la información geográfica en cuanto a su integración y búsqueda, el cual, tiene como base teórica el Análisis Espacial, las Ontologías y la Cibernética mencionados en el capítulo dos.

Antes de implementar el sistema, se propone una serie de pasos para llegar a un resultado satisfactorio, mediante el desarrollo de procesos para lograr la representación y visualización de la información geográfica.

En primer lugar, se analiza la forma en la que un paisaje geográfico se llega a representar en un modelo de clasificación de objetos geográficos. Para esto se presenta una figura que muestra los pasos que se siguieron para desarrollar el modelo, utilizando los metadatos de CentroGeo como ejemplo. Como se presenta en la figura 4.1.





**Figura 4. 1.** Esquema de pasos propuesto para desarrollo del modelo.

La figura 4.1. inicia con recopilación de información geográfica basada en diferentes especificaciones, en este caso las especificaciones de los metadatos de las normativas FGDC (The Federal Geographic Data Committee<sup>3</sup>).

El objetivo de especificar es porque en esta parte se corrigen los problemas de la heterogeneidad, escala, conflictos en los nombres, entre otros, de los que se menciona en el primer capítulo.

Con base en los conceptos geográficos y las especificaciones, se hizo una conceptualización de un conjunto de entidades, como consecuencia de, esta conceptualización se llega a obtener la estructura ontológica, que permite organizar,

<sup>3</sup>Normas de facilitar el desarrollo, intercambio y uso de datos geoespaciales. El FGDC desarrolla los estándares de datos geoespaciales en consulta y cooperación con los gobiernos estatales, locales y tribales, el sector privado y la comunidad académica, y, en la medida de lo posible, la comunidad internacional.

clasificar y almacenar estos conceptos, que se realizan por medio de clases y éstas reflejan las características que tiene cada elemento geográfico y que además se modela como una red. Esto ayuda a que de cierta manera exista una retroalimentación en la información geográfica, ya que se estandariza desde el inicio con el fin de ordenar la información y obtener mejores resultados en la presentación.

Una vez conceptualizados y estandarizados los objetos geográficos, se clasifican en forma taxonómica, al establecer sus relaciones correspondientes entre diversas clases y definiendo las restricciones y reglas que restringen el contexto de los objetos geográficos como es el caso de los metadatos.

Para crear las clases del modelo de conocimiento ontológico de un paisaje geográfico se revisa la técnica de modelado orientado a objetos, la cual busca representar los objetos del paisaje geográfico a través de clases abstractas y subclasses (concepto ontológico), a continuación las características del modelado orientado a objetos citados por (Coad, P. & Yourdon, E., 1991):

**Abstracción.** Cada objeto del sistema sirve como modelo de un “agente” abstracto que puede realizar un trabajo, informar y cambiar su estado, y “comunicarse” con otros objetos en el sistema sin revelar cómo se implementan estas actividades. Los procesos, las funciones o los métodos pueden también ser abstraídos y cuando lo están, una variedad de metodologías son requeridas para ampliar una abstracción.

**Encapsulamiento.** Significa reunir a todos los elementos que pueden considerarse pertenecientes a una misma entidad, es decir, están en el mismo nivel de abstracción. Esto permite aumentar la cohesión de los componentes de los sistemas. Algunos, confunden este concepto con el principio de ocultación, principalmente porque se suelen emplear conjuntamente.

**Ocultación.** Cada objeto está aislado del exterior, es un módulo natural, y cada tipo de objeto expone una interfaz a los otros objetos donde se especifica cómo pueden interactuar con los objetos de la clase. El aislamiento protege las propiedades de un objeto por quien no esté autorizado a acceder a ellas, solamente los propios métodos internos del objeto pueden acceder a su estado. Esto asegura

que otros objetos no puedan modificar el estado interno de un objeto de manera arbitraria, provocando efectos secundarios e interacciones inesperadas.

**Polimorfismo.** Son los diferentes comportamientos, asociados a objetos distintos, los cuales, pueden compartir el mismo nombre, al ser llamados por su nombre se utilizará el comportamiento correspondiente al objeto que se esté usando. Es decir, las referencias y las colecciones de objetos pueden contener objetos de diferentes tipos, y la invocación de un comportamiento en una referencia, producirá el comportamiento correcto para el tipo real del objeto referenciado. Cuando esto ocurre en “tiempo de ejecución”, esta última característica se llama asignación tardía o asignación dinámica.

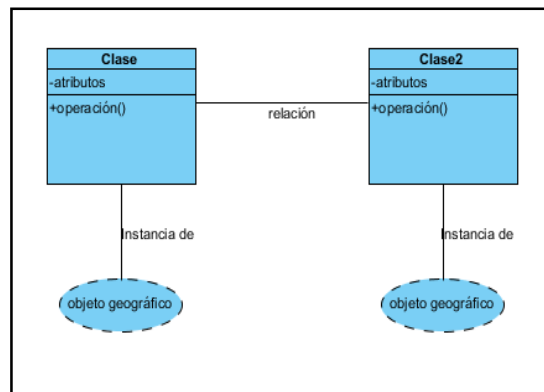
**Herencia.** Las clases no están aisladas, sino que se relacionan entre sí, formando una jerarquía de clasificación. Los objetos heredan las propiedades y el comportamiento de todas las clases a las que pertenecen. La herencia organiza y facilita el polimorfismo y el encapsulamiento permitiendo a los objetos ser definidos y creados como tipos especializados de objetos preexistentes. Estos pueden compartir (y extender) su comportamiento sin tener que rediseñarlo.

Regularmente los objetos se agrupan en clases y éstas en árboles o enrejados que reflejan un comportamiento común. Cuando un objeto hereda más de una clase se dice que hay herencia múltiple.

Tomando las características de la técnica del modelado orientado a objetos, que es un paradigma donde se pretende definir la abstracción de un paisaje geográfico en términos de “clases de objetos” (que es lo que se requiere en un paisaje geográfico en el momento del análisis de la información), en donde los objetos son entidades que combinan un estado, comportamiento (métodos) e identidad (propiedad del objeto que lo distingue del resto). (Bonfatti, F. & Monari, P.D., 1994:112).

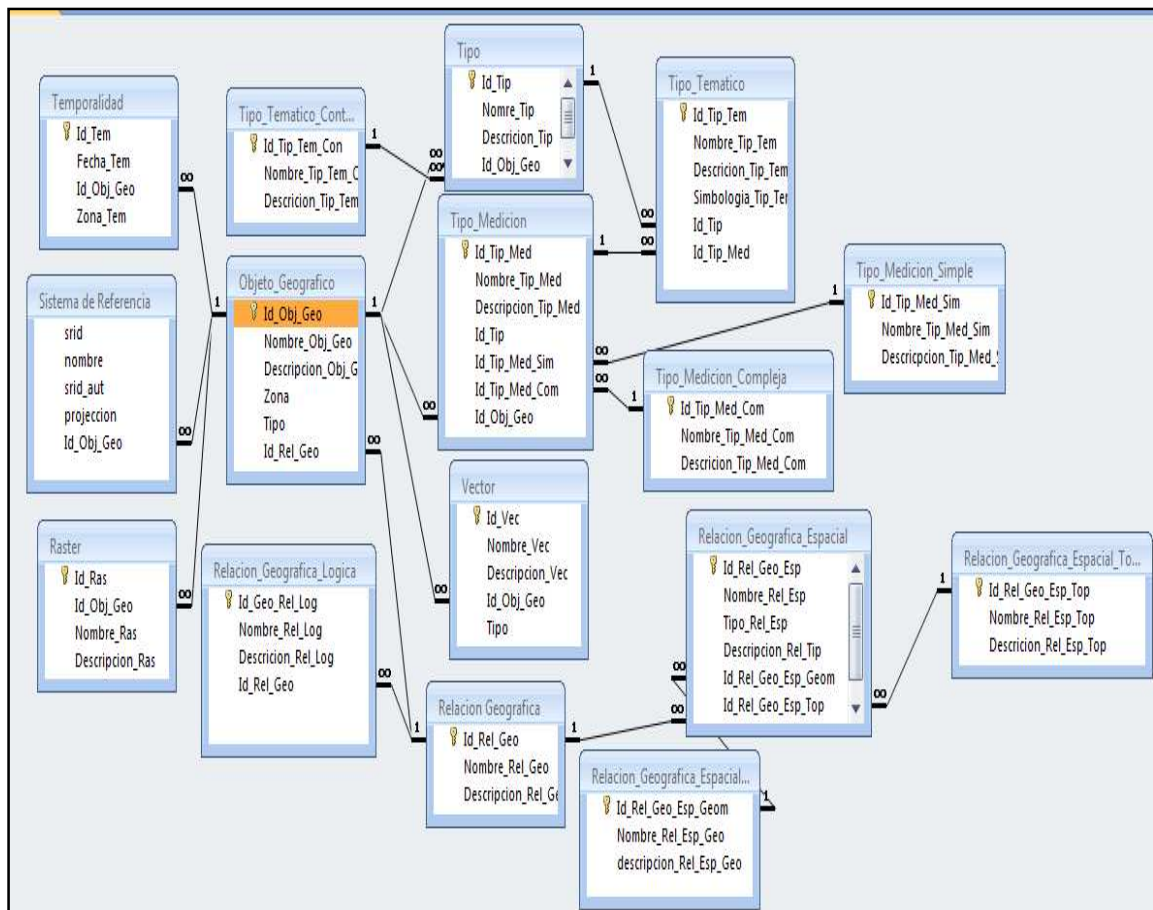
Al momento de crear un objeto en una clase, el objeto geográfico contiene toda la información (atributos), que permiten definirlo e identificarlo frente a otros objetos pertenecientes a otras clases (e incluso entre objetos de una misma clase, al poder tener valores bien diferenciados en sus atributos). A su vez, dispone de mecanismos

de interacción (métodos) que favorecen la comunicación entre objetos (de una misma clase o de distintas), y en consecuencia, el cambio de estado en los propios objetos. Esta característica lleva a tratarlos como unidades indivisibles, en las que no se separan (ni deben separarse) información (datos) y procesamiento (métodos), como se presenta en la siguiente figura:



**Figura 4. 2.** Imagen de Clases y Atributos.

En la figura 4.2. muestra cada clase que posee atributos y que puede ser instanciada de un objeto geográfico, este objeto geográfico posee todas las características de la clase y puede comunicarse con otra clase a través de algún tipo de relación que permita dirigirlo hacia un objeto de otra clase, dentro de esto, se puede observar las propiedades de las ontologías, ya que cada objeto está instanciado a sus características y de las demás.



**Figura 4. 3.** Imagen del Modelo de base de Datos Ontológica.

Este modelo representa el dominio geográfico de este ejercicio en forma de clases y subclases como lo hace el modelado orientado a objetos, en forma de redes, mediante la representación de este esquema en este dominio geográfico, se mapea las relaciones entre los objetos geográficos (puntos, líneas y polígonos), con lo que se obtiene una descripción simbólica, para poder realizar el proceso de búsqueda, este modelo de conocimiento ontológico se reviso en el capítulo 3, ahora se lo representa el diagrama de entidad relación elaborado con la herramienta de Office 2007 : Microsoft Access 2007.

Esta descripción refleja las relaciones entre conceptos de una región espacial en particular, con el objeto de mostrar el comportamiento que presentan los objetos geográficos de ese dominio en este caso los metadatos. Con base en la descripción simbólica se obtiene la descripción semántica. Esta descripción semántica da origen al modelo de conocimiento ontológico desarrollado e implementado en php y postgresSQL, el cual tiene por objetivo probar el modelo a través una interfaz de

búsqueda, que puede ser utilizada para visualizar información geoespacial entre diversos usuarios.

La técnica para obtener estos objetos geográficos, consiste en buscar a través de una palabra clave o sinónima de algún objeto geográfico, en este caso los metadatos, este modelo se diseñó a través de un atributo particular, para obtener las instancias de ese objeto geográfico en forma espacial y descriptiva y siempre considerando valores cualitativos y cuantitativos que reflejen la semántica del objeto geográfico, la base de datos ontológica fue desarrollada e implementada en PostgreSQL como base de datos y para probar su funcionalidad se usó PHP como lenguaje de programación presentada en una interfaz de búsqueda de los metadatos.

#### **4.1. Prueba de la Base de Datos Ontológica**

La base de datos ontológica se desarrolló e implementó en la herramienta de base de datos PostgreSQL, almacenando los metadatos de acuerdo al modelo ontológico mostrado anteriormente; se presenta una interfaz de búsqueda, la cual busca los metadatos de acuerdo a tres parámetros: la primera mediante **filtros** es decir presentándole al usuario diferentes formas de cómo puede obtener el resultado que requiere, la segunda forma de búsqueda es a través de un **identificador específico** del objeto geográfico, el cual puede ser automático o propuesto por el administrador y el tercero que trabaja con la **palabras de referencia** (sinónimos, palabras clave y conceptos). Se debe aclarar que se habla de conceptos clave, no de conceptos que abarcan todo un lenguaje natural, ya que representar este lenguaje es complejo y necesitaría de otros métodos de estudio.

Las tres formas de búsqueda están dirigidas para distintos tipos de usuarios, como el avanzado o administrador y el novato para así satisfacer las necesidades del usuario en caso de ser experto o inexperto en cuanto a su búsqueda.

### 4.1.1. Búsqueda Simple.

Se refiere a la primera sección de búsqueda en la interfaz que se desarrollo a través de filtros, los cuales ayudan al usuario a interpretar de mejor manera su búsqueda. En caso que requiera algo más específico y obtener un tiempo de respuesta menor, es necesario recordar que los filtros también son una forma de trabajar con el concepto ontológico ya que se encuentran relacionados con el identificador del objeto geográfico (metadatos) en el modelo de base de datos ontológica.

La figura 4.4. muestra la interfaz con tres filtros que son: cobertura, tipo (vector y raster) y temporalidad, esta búsqueda se la puede realizar usando cualquier tipo de selección ya sea una a la vez, una combinación de dos selecciones o usando también combinaciones de los tres tipos de filtro.



Figura 4. 4. Imagen de Filtros de Búsqueda.

Cobertura se refiere a la región es decir: Nacional, Metropolitana, Estatal y Zona Centro, las cuales se encuentran descritas en los metadatos. Tipo son Vector (punto, polígono y línea) y Raster (imágenes satelitales, radar, lidar, etc.) y por último la Temporalidad que se refiere al año que ha sido desarrollado.

Para mejor entendimiento se presenta un ejemplo que la figura 4.5. presenta: este ejemplo es buscar una **cobertura** Metropolitana de **tipo vector** polígono y en el **año** del 2005, la búsqueda nos presenta todos los metadatos que cumplan esas condiciones.



Figura 4. 5. Imagen de un ejemplo búsqueda por filtros.

Se puede realizar las combinaciones que se requiera dependiendo del objeto geográfico que se necesite observar y obtener resultados.



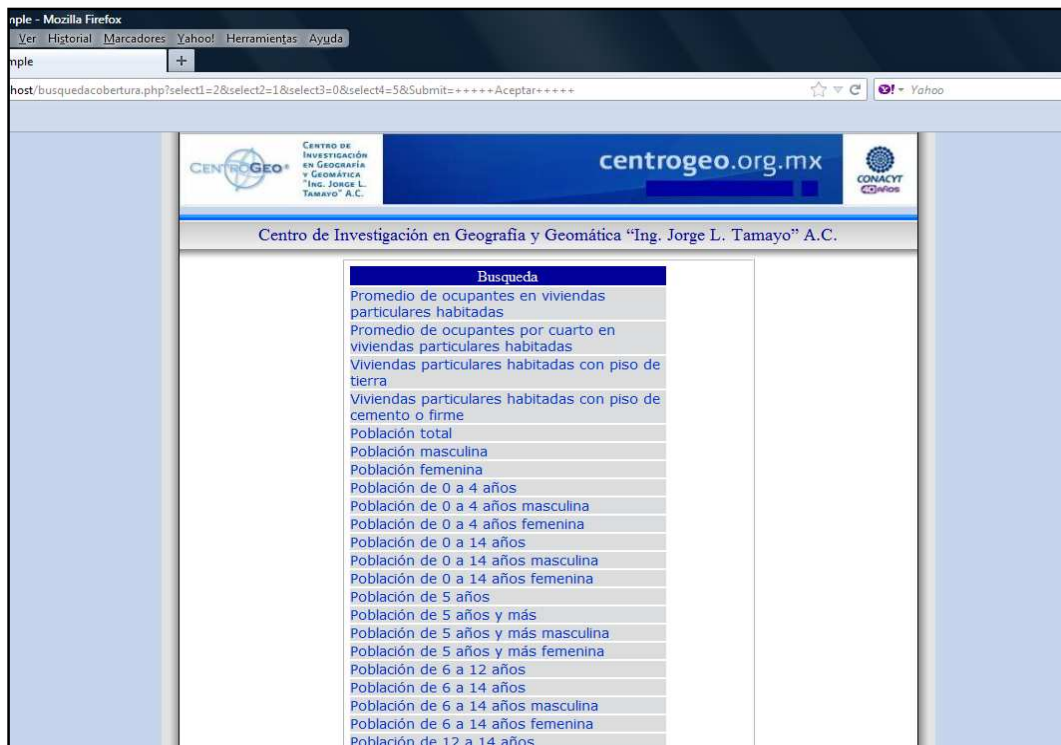


Figura 4. 6. Imagen del resultado de búsqueda por filtros.

La figura 4.6. muestra el resultado de la búsqueda que cumplen con la condiciones antes mencionadas y una vez presentado el listado de los metadatos se puede acceder a cada uno de ellos como se presenta en la figura 4.7.



Figura 4. 7. Imagen del resultado de la búsqueda por filtros.

## 4.2. Búsqueda por Identificador

Este tipo de búsqueda está dirigida al usuario administrador el cual conoce el identificador de cada metadato de acuerdo a las especificaciones que el identificador contiene. Este tipo de búsqueda también está ligado al concepto ontológico ya que con el identificador se puede buscar en cualquier tabla cualquier dato del objeto geográfico en este caso los metadatos, además, cumple con la relación que el identificador tiene con todas las tablas de los diferentes objetos geográficos.

La figura 4.8. muestra cómo trabaja este tipo de búsqueda, el usuario ingresa el código del identificador del metadato(131og) y el sistema lo busca, el cual muestra todos los componentes de ese objeto geográfico como se presenta en la figura 4.9.

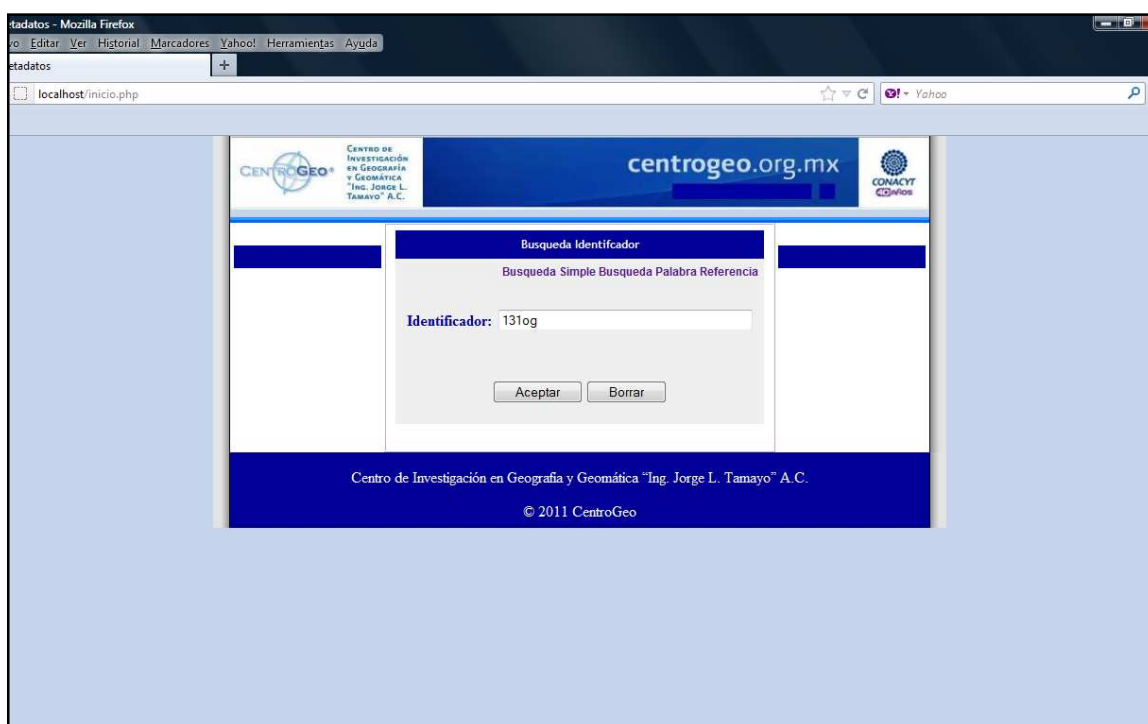
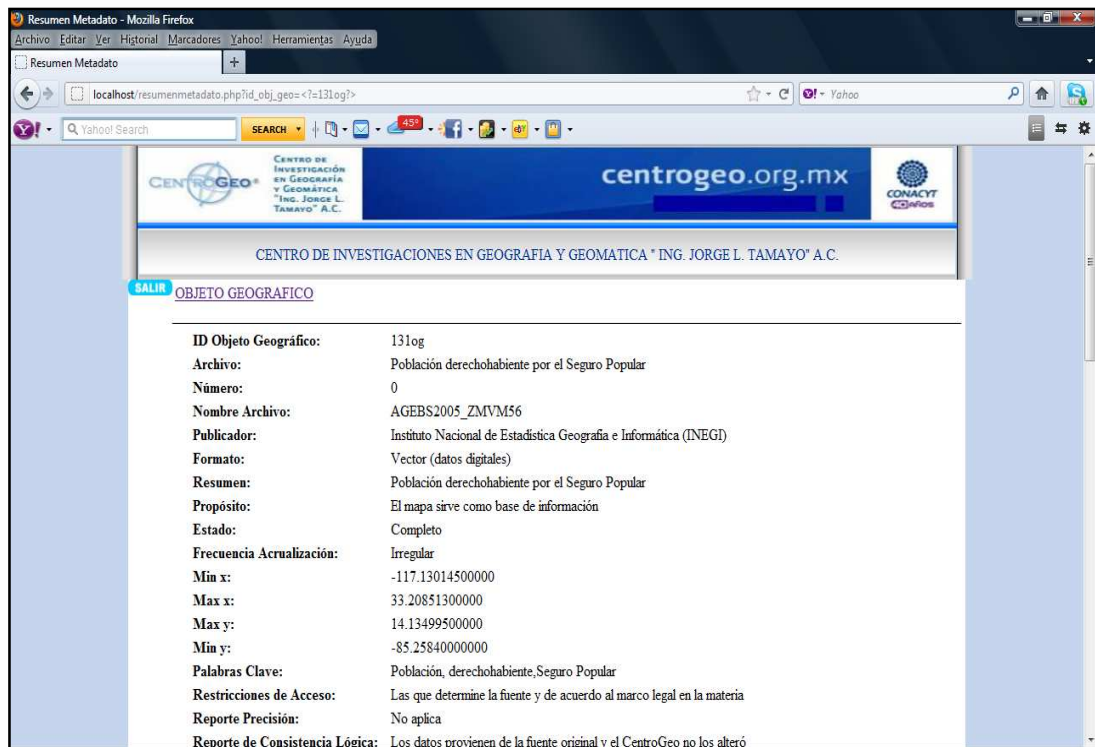


Figura 4. 8. Imagen de búsqueda por identificador.

Con este tipo de búsqueda, ya se obtiene el metadato directo ya que el identificador es único para cada metadato.

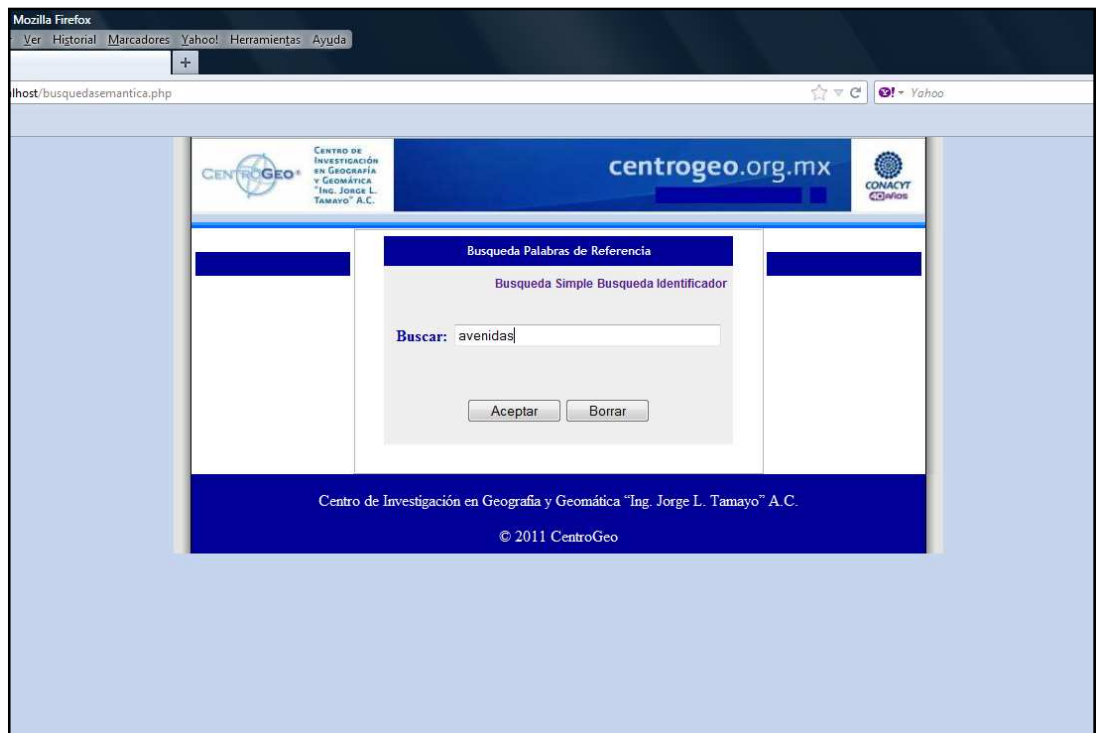


**Figura 4. 9.** Imagen del resultado de búsqueda con identificador.

#### 4.2.1. Búsqueda por Palabras de Referencia.

Esta forma de búsqueda está dirigida a los dos tipos de usuario mencionados anteriormente, trabaja con palabras claves, sinónimos, términos de referencia, en los cuales se representa la semántica que aborda el concepto ontológico. Sin embargo semántica va mucho más que eso, es decir, no hay que olvidarse que una palabra específica representa un concepto y la idea de este tipo de búsqueda es trabajar con palabras que representen conceptos bien definidos en el dominio geográfico establecido para este estudio que son los metadatos y que a su vez estén relacionadas con otras que tengan en mismo significado.

La figura 4.10. muestra un ejemplo de la búsqueda de la semántica, por ejemplo, si se requiere buscar los metadatos de las carreteras, el usuario puede interpretar de diferente manera y darle otra palabra semejante como avenidas, vías, calles, en este caso la búsqueda está diseñada de tal forma que cuando el usuario escriba en la interfaz de búsqueda cualquiera de estas palabras este asociado a los metadatos de carreteras, de calles, de vías, etc., y muestre todos los metadatos que tengan relación.



**Figura 4. 10.** Imagen de búsqueda por palabras de referencia.

La figura 4.11. muestra el resultado de todos los metadatos que tienen relación con la palabra avenidas como se puede observar, la interfaz me presenta todos los metadatos que tengan relación con la palabra carreteras como principales viabilidades de las zonas, red de calles, carreteras principales, entre otras.

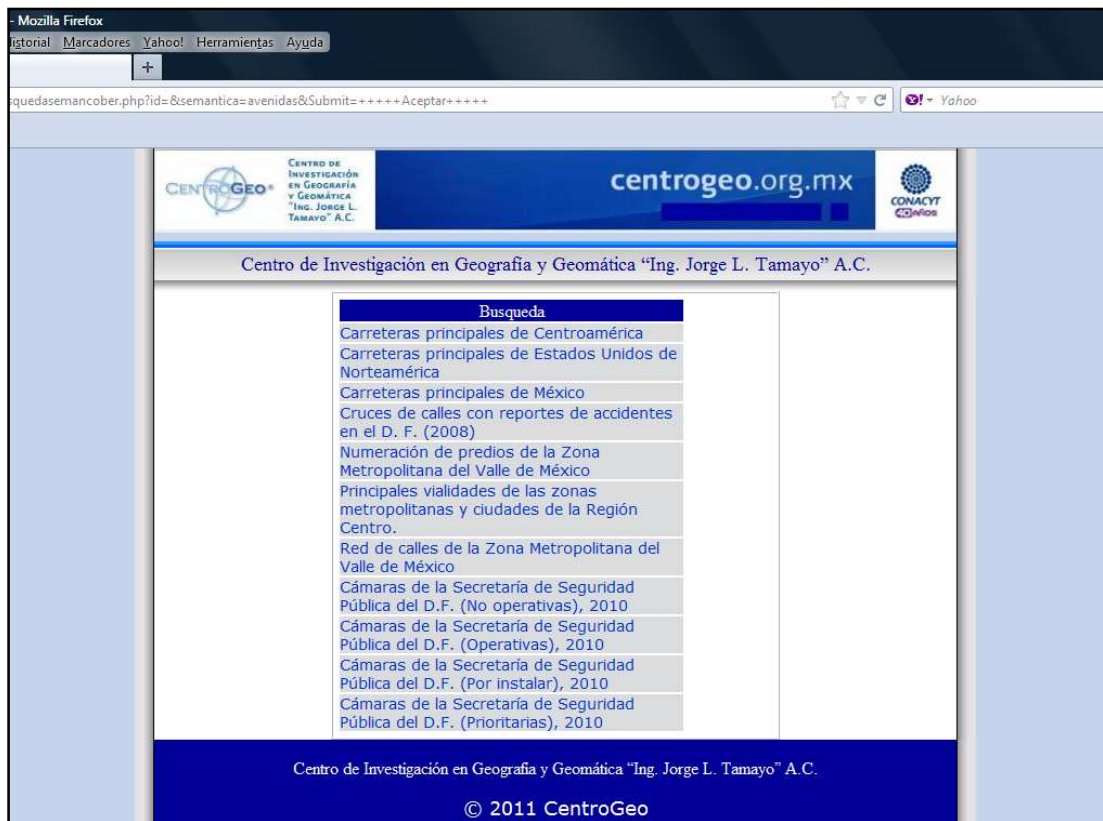
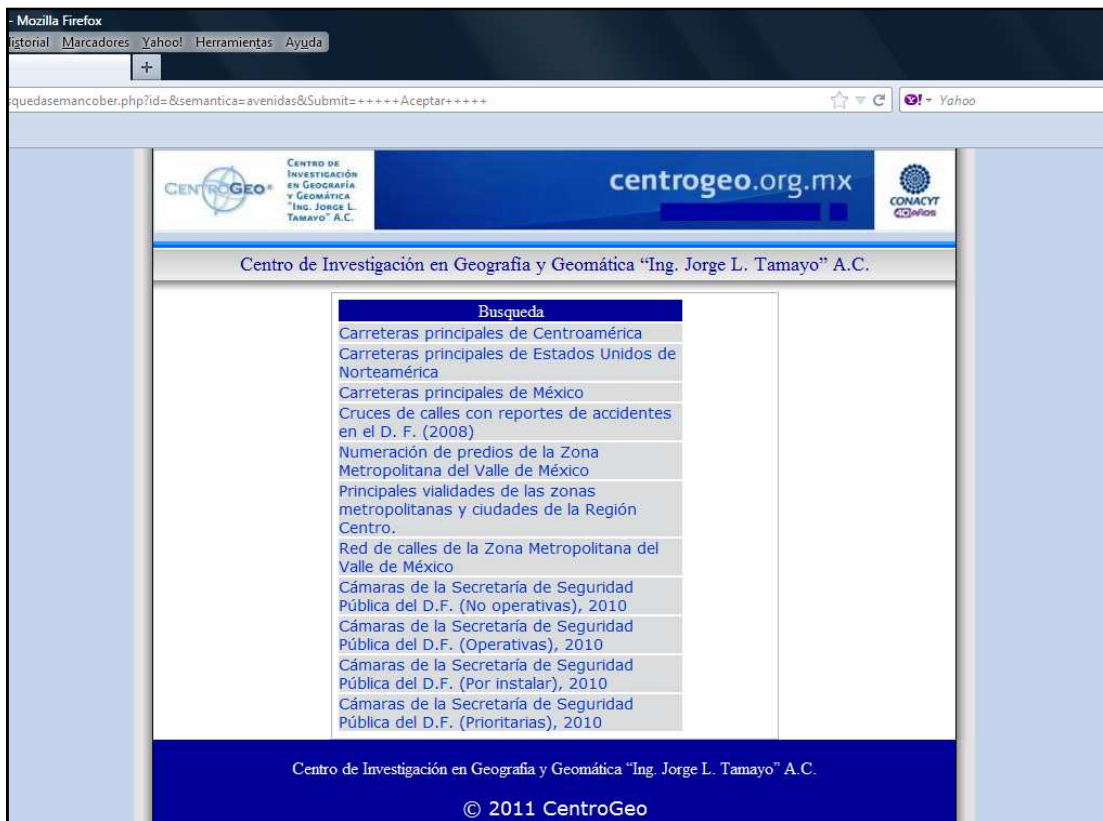


Figura 4. 11. Imagen de resultados de la búsqueda por palabra de referencia

La figura 4.12. presenta el mismo ejemplo solo que usando la palabra vías en lugar de avenidas, como se puede observar en la figura 5.13. el resultado es el mismo por la explicación anterior.



Figura 4. 12. Imagen de búsqueda de palabra de referencia



**Figura 4. 13.** Imagen de los resultados de la búsqueda por Palabra de Referencia

En este sistema se muestran tres diferentes formas de trabajar con el concepto ontológico ya que su base de datos está diseñada bajo este concepto.

Para el caso de los bloques de proyectos e investigadores el modelado de clases y atributos se pretende desarrollar en el transcurso del tiempo representar de igual forma que se hizo para el paisaje geográfico, es decir, primer paso estandarizar, segundo paso, abstraer los objetos del mundo real en conceptos, con esto ya se puede clasificar y relacionar todos los objetos de acuerdo a las características en común, de esta manera obtener los atributos, clases y relaciones del modelado orientado a objetos y por ultimo, modelar su representación en una base de datos.

Como se puede observar, el modelado orientado a objetos es parecido al modelo ontológico diseñado, la diferencia se encuentra en que el modelo ontológico representa el conocimiento y la técnica orientada a objetos no.

Se debe aclarar que este estudio no trabaja con la semántica formal de la información geográfica, lo que se pretende para siguientes estudios, es integrar

motores de inferencia los cuales tienen un nivel de abstracción considerable, con el fin de integrarlo para que pueda realizar su búsqueda en diferentes bases de datos, tenga mejores tiempos de respuesta y una buena interoperabilidad.

#### **4.3. Ejemplo para búsqueda de proyectos:**

Para explicar un poco más acerca del modelo de conocimiento ontológico y en cómo se pretende vincular la búsqueda y utilización de la información geográfica se describe un ejemplo tomado del Lago de Chapala:

Los objetos geográficos obtenidos durante el desarrollo del atlas son toda aquella información geográfica diseñada y usada por el grupo de trabajo y que muestre el atlas en su interface, la cual es resultado de la investigación cualitativa realizada, como por ejemplo: uso de suelo, vegetación, paisaje ecológico, etc.

El Atlas Cibernético de Chapala es un producto que permite responder preguntas acerca de las relaciones dadas entre los recursos naturales, el medio ambiente y la actividad humana, ofreciendo información histórica, biofísica, ambiental, demográfica y cultural sobre la zona, pero para obtener este resultado es muy interesante dar una visión general de cómo fue el proceso de desarrollo de este producto.

Como se puede observar el ejemplo del Atlas Cibercartográfico del Lago de Chapala tiene procesos complejos tras su desarrollo, que envuelven modelado, conocimiento e integra información geoespacial en forma sistémica y holista, y que además en todo el desarrollo presenta las características descritas en este modelo de conocimiento ontológico.

El sistema de búsqueda relaciona las palabras y conceptos, entonces se pensó en la mejor manera de vincular estos significados, por lo que se ideó un ejemplo para el caso del proyecto del Lago de Chapala.

Si se desearía buscar algún concepto relacionado con el Lago de Chapala existirían algunas palabras relacionados con este proyecto, por ejemplo si en la interfaz del usuario se pondría la palabra paisaje el resultado tendría que mostrarme

la lista de proyectos que tengan algo del paisaje y además mostrar el proyecto del Lago de Chapala ya que este fue desarrollado bajo el marco teórico de ecología del paisaje, y también otras disciplinas. Pero el contexto de búsqueda sigue siendo el mismo, ya que el esquema del modelo de conocimiento ontológico está diseñado bajo relaciones que caracterizan a la ontología, y que puede permitir desarrollar este tipo de trabajos.

Si bien es cierto, esta tesis representa en su modelo de clases la base de conocimiento ontológica y muestra un ejemplo sencillo de búsqueda, lo que se pretende que para trabajos a futuro es que se use esta base de conocimiento y se integren motores de inferencia<sup>4</sup> que son capaces de llegar a otro nivel de abstracción, como lo pretende hacer la Web Semántica.

También se recomienda para los trabajos a futuro que se incluya en esta base de conocimiento un lenguaje adecuado para representación de los datos y el establecer una norma apropiada para definir la ontología.

Como se puede apreciar manejar el concepto ontológico a través de la semántica para el mundo de la información geográfica es bastante amplio, y representar todo ese universo geográfico es complejo, sin embargo se lo puede realizar usando estrategias y métodos los cuales pueden ser beneficiosos y satisfactorios.

La siguiente parte presenta el modelo de conocimiento ontológico desarrollado en una herramienta tecnológica, se toma como ejemplo la parte del dominio geográfico en este caso los metadatos de CentroGeo, los demás bloques se quedan en el diseño para que en un futuro sea implementado en la IDE.

---

<sup>4</sup> El Motor de Inferencias (MI) es un programa de control cuya función es seleccionar las reglas posibles a satisfacer el problema, para ello se vale de ciertas estrategias de control sistemáticas o de estrategias heurísticas.



# Capítulo V

## 5. Conclusiones y Recomendaciones

### 5.1. Conclusiones.

Para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo, se investigó el marco teórico del cual se basa el tema propuesto. Finalmente se concluyó que Análisis Espacial y Cibernética son las disciplinas que dan viabilidad al desarrollo de este trabajo, las cuales tienen sus raíces asentadas y que además forman parte de los pilares principales de la Geomática.

El Análisis Espacial y la Cibernética se basan en la retroalimentación de conceptos como redes, regionalización, difusión espacial, entre otros, las Ontologías modelan estos conceptos a través de la semántica de la información, lo que da pie a relacionarlas y asentar el marco teórico de esta tesis.

El Análisis Espacial tiene sus raíces en las redes, regionalización y difusión espacial, conceptos que también se puede observar en otras áreas, como es el caso de la computación en el concepto ontológico, tomando en cuenta que éste tiene algunas limitaciones.

El Análisis Espacial, la Cibernética y el uso del concepto ontológico permitieron estructurar el modelo de conocimiento ontológico, el cual, presenta una síntesis del universo que involucra la información geográfica para el CentroGeo, es decir, se diseño, desde una perspectiva en que los Investigadores, los Proyectos Geomáticos y finalmente el Paisaje Geográfico lo conforman, este esquema se desarrollo basándose en la información del personal de la institución (investigadores) y de la pagina web del CentroGeo.

El modelo de conocimiento ontológico y el sistema de búsqueda se desarrollaron bajo el concepto ontológico que las ciencias de la computación adoptaron desde la perspectiva de la Inteligencia Artificial.

En el modelo de conocimiento ontológico presentado en el capítulo tres, integra paisaje geográfico, los proyectos geomáticos y los investigadores, esto permitió implementar la base de datos ontológica y probarla en el sistema de búsqueda de los metadatos correspondientes a los datos geográficos y el conocimiento descrito en el desarrollo de cada proyecto, todo esto bajo el marco teórico asentado.

El concepto de ontologías tiene sus limitaciones y su alcance, ya que se usa el concepto computacional, únicamente, dirigido a la búsqueda de información geográfica en un dominio específico (metadatos) y desde una perspectiva de modelado de base de datos, sin embargo en trabajos a futuro, se espera abordar desde un punto de vista más complejo como son los procesos sociales que involucren sistemas autónomos, emergentes, entre otros, los cuales que se encuentran dentro del cuerpo de la Geomática.

Se desarrollo el modelo ontológico bajo la visión de Análisis Espacial en el concepto de regionalización de tipo nodal según Haggett, para trabajos a futuro se espera integrar los tipos de regionalización de medio ambiente y cultural con el objetivo de involucrar procesos más cualitativos que cuantitativos.

El modelo de conocimiento ontológico se presenta como un instrumento que puede ayudar a alcanzar la integración semántica en el entorno de la IDE de CentroGeo en cuanto a la búsqueda de la información geográfica, esto se muestra en el modelo de clases y subclases diseñado, en el que el conocimiento juega un papel fundamental.

Este estudio está diseñado bajo la metodología de la Dra. Carmen Reyes, la cual considera tres horizontes conceptuales: Metasistema se presenta en el capítulo uno y dos, Sistema de Información que presenta el capítulo tres y la solución tecnológica capítulo cuatro.

Se desarrolló e implementó un sistema de búsqueda para los metadatos que CentroGeo administra, es decir, para el dominio geográfico, el cual está basado en el modelo de conocimiento ontológico desarrollado y modelado bajo la visión orientada a objetos.

El desarrollo de una ontología y una base de datos orientadas a objetos tienen su semejanza en el diseño y la forma de representación como se observó en el capítulo cuatro, sin embargo, es necesario añadir que no existen todavía sistemas automatizados que desarrollen las ontologías propias para los sistemas, todavía se necesita ayuda de la experiencia humana para modelar la base del conocimiento.

La ventaja del sistema de búsqueda es que permite revisar información de diferentes formas abarcando el concepto ontológico en cada una, esto desarrollado para los metadatos que CentroGeo maneja. Las distintas formas de búsqueda están dirigidas a diferentes tipos de usuarios, tanto administradores como usuarios inexpertos.

No se abordan temas de herramientas, metodologías y lenguajes ontológicos ya que los objetivos del estudio se quedan en el uso del concepto y poder representarlo en un modelo para la búsqueda de la información.

Para este estudio el concepto de semántica no significa que representa todo lenguaje natural de la información geográfica ya que es complejo y por el momento se encuentra en investigación, simplemente se aborda la semántica como palabras claves, sinónimos, palabras de referencia de los metadatos de CentroGeo, esto con el fin, de poder representarlos en el sistema de búsqueda y proponer un ejemplo desde la perspectiva de metadatos, sin considerar un modelo de semántica formal de los objetos geográficos.

Esta tesis representa en su modelo de clases la base de conocimiento ontológica y muestra un ejemplo sencillo de búsqueda, lo que se pretende que para trabajos a futuro es que se use esta base de conocimiento ontológico y se integren motores de inferencia y agentes autónomos que son capaces de llegar a otro nivel de abstracción, como lo pretende hacer la Web Semántica. Además es necesario incluir un lenguaje adecuado para representación de los datos y el establecer una norma adecuada para definir la ontología.

En la actualidad existen muchos trabajos referentes al manejo de la información geográfica y las ontologías en cuanto a los metadatos y las IDE's, sin embargo este estudio va un poco más allá, ya que se obtuvo un marco teórico bien fundamentado

como es el caso del Análisis Espacial y la Cibernética, lo que ha llevado a enriquecer este estudio y ser propuesto como una solución geomática.

## **5.2. Recomendaciones.**

Una de las principales recomendaciones para trabajos a futuro con respecto al manejo de la información geográfica es observarla desde la gestión como por ejemplo implementar la IDE, una base de datos espaciales, catálogos de datos o Sistemas de Información Geográfica que cumplan ciertos estándares y así mejorar los procesos, productos y servicios de la organización para el apoyo a la toma de decisiones.

En los trabajos futuros deben realizarse talleres participativos para la elaboración del modelo de gestión de conocimiento de la información geográfica de CentroGeo, ya que es importante tomar en cuenta el conocimiento implícito que se encuentra en cada uno de los investigadores, lo que significa indispensable para el desarrollo de los proyectos geomáticos.

Los dos componentes que faltan desarrollar del esquema del modelo de conocimiento son proyectos geomáticos e investigadores que se encuentra relacionados con el dominio geográfico, sin embargo, se debe desarrollarse paralelamente a la IDE de CentroGeo.

La integración semántica de la información geográfica es uno de los principales problemas hoy en día, ya que trabajar con tantos conceptos diferentes pero relacionados entre sí, es complejo, porque no solo son palabras claves, sinónimos o conceptos, es mucho más allá, por lo que se recomienda para próximos trabajos revisar marco teórico de redes semánticas, tesauros, taxonomías, herramientas, representación, entre otros temas, ya que esto ayudaría a enriquecer este tipo de trabajos.

Si se desea seguir con la investigación es necesario adoptar este modelo de conocimiento para que el siguiente paso se articule motores de inferencia para que el resultado tenga un mejor nivel de abstracción.

## **Apéndice A.1. Proyectos de acuerdo a las diferentes áreas de investigación:**

Dentro de soluciones complejas en geomática se encuentran los proyectos desarrollados como son:

- Reflexiones y soluciones en Geomática para el Ordenamiento Territorial. Ordenamiento Territorial Municipal 2002.
- Tizapán El Alto, Jalisco "Interfase Ejecutiva". Solución Integral Plan de Ordenamiento Territorial Municipal 2002.
- Diagnóstico y evaluación del impacto de las políticas públicas sobre la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda y Plan de Acción Alternativo 2002.
- Solución de Geomática y Proyecto Ejecutivo para el Manejo Integral de las Áreas Verdes Urbanas en el Distrito Federal 2003.
- Modelos y herramientas para el análisis espacial de los servicios ambientales del Suelo de Conservación del DF. 2004.
- Diseño Conceptual de una Solución de Información Geoespacial para el Desarrollo Rural Sustentable a Nivel Municipal. (CentroGeo: Pagina Web).

Dentro de documentos cibernéticos se encuentran los proyectos desarrollados como son:

- Áreas de Valor Ambiental en el Distrito Federal. Cerro Zacatépetl 2002.
- Aplicación de Modelos de Evaluación (Michoacán) como parte del Estudio para la Evaluación Ambiental del Programa de Apoyos Directos al Campo. 2003.
- GEO Ciudad de México: Una visión del sistema urbano ambiental. Publicación. PNUMA-Gobierno del Distrito Federal-CentroGeo. 2003.
- GEO Ciudad de México: una visión territorial del sistema urbano ambiental. CD-prototipo interactivo con información cartográfica. PNUMA-Gobierno del Distrito Federal-CentroGeo. 2003.
- Atlas Electrónico para el proceso GEO - México. 2004.
- Atlas Histórico de México. UNAM-CentroGeo. 2004.
- Análisis geoestadístico para definir la variabilidad espacial y dinámica temporal del desecamiento de los mantos acuíferos de la zona del Valle de Santiago. 2004. (CentroGeo: Pagina Web).

Dentro de atlas cibercartográficos se encuentran los proyectos desarrollados como son:

- Atlas Cibercartográfico del Lago de Chapala 2000.
- Atlas Cibercartográfico del Lago de Chapala. Versión Simplificada 2000.
- Atlas Cibercartográfico del Lago de Chapala. Versión Educativa 2002.
- Atlas Cibercartográfico de la Selva Lacandona 2001.
- Atlas Cibercartográfico del Mar de Cortés "El Tesoro Azul" 2001.
- Atlas Cibercartográfico del Lago de Pátzcuaro versión Ampliada 2001.
- Atlas Cibercartográfico de Riesgos de Incendios Forestales en México 2001.
- Atlas Cibercartográfico: Trayectorias de Competitividad en el Territorio. 2005. (CentroGeo: Pagina Web).

Dentro de aplicaciones de información geoespacial se encuentran los proyectos desarrollados como son:

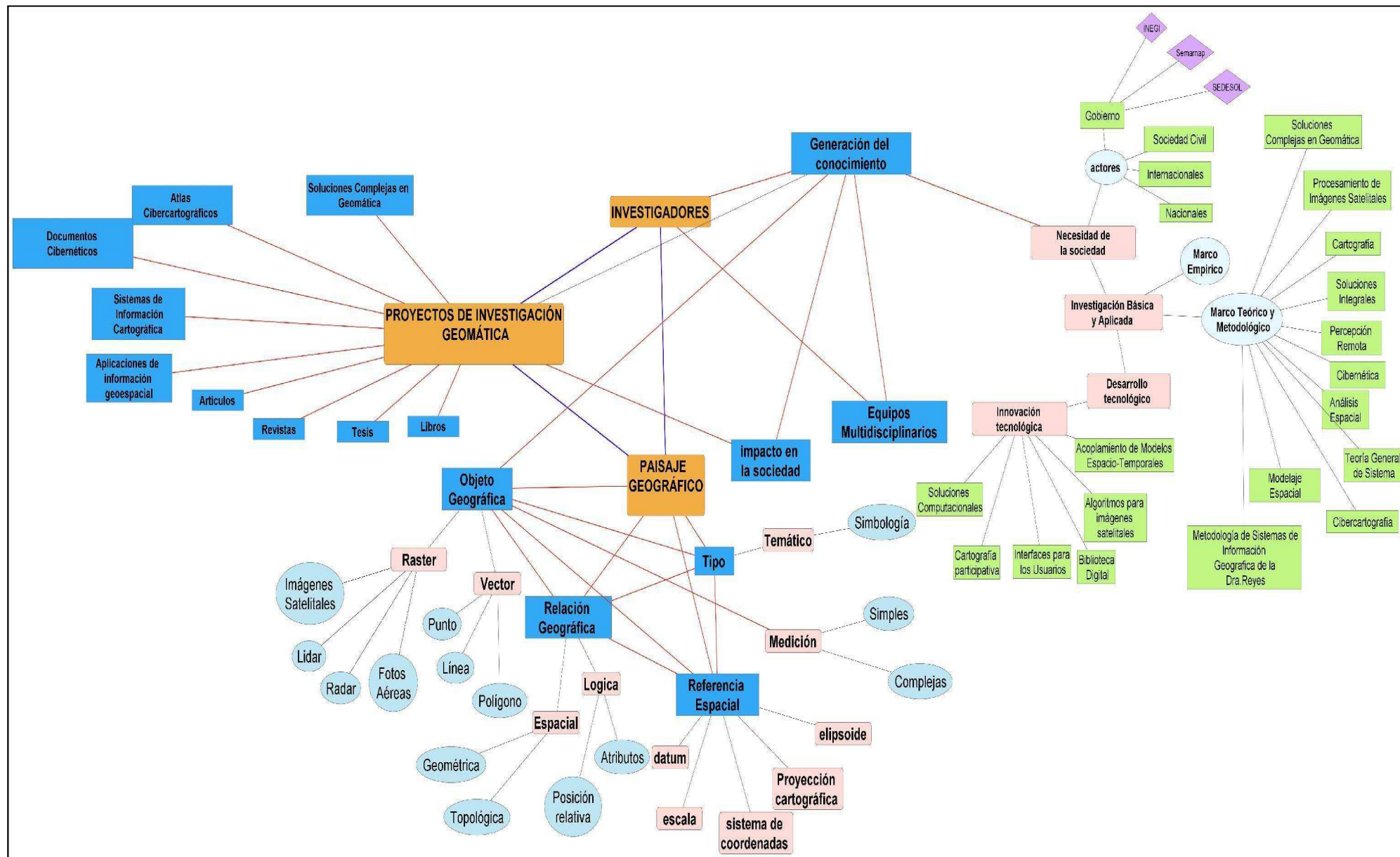
- Biblioteca Geomática Digital. 2001.
- Réplica de la Biblioteca Digital para SEMARNAT, PNUMA y Gobierno de Nicaragua.
- Aplicación Computacional para la Atención a Huracanes en el Puerto de Acapulco 2001.
- Aplicación de Información Geoespacial para los Centros Públicos de Investigación CONACYT 2003.
- Audiovisual para CONACYT: resalta la importancia del despliegue de una política de estado en materia de ciencia y tecnología. 2003.
- Implantación del uso de la Geomática en Sistemas de Gestión y Seguimiento. Caso del Plan estratégico para la cuenca del Lago de Pátzcuaro. 2004.
- Manuales Municipales para el Desarrollo Rural Sustentable. 2005. (CentroGeo: Pagina Web).

Dentro de sistemas de información cartográfica se encuentran los proyectos desarrollados como son:

- Sistema de Información del Lago de Chapala Fase II. 2000.
- Sistema de Monitoreo del Estado de la Tierra (SIMET) 2000.
- Sistema Nacional de Información Ambiental. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2001.

- Sistema de Información Geoespacial para la Gestión de Servicios Ambientales. Área del Suelo de Conservación. México, Distrito Federal 2001.
- Aplicación de un Sistema de Información de apoyo a los Procesos de la Estrategia Nacional de Ordenación del Territorio, en un Estado piloto 2003
- Sistema de Información Ambiental (SIA). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) 2002.
- Sistema Cartográfico Digital (SICADI). Comisión Federal de Electricidad. 2002-2003. SCD.
- Sistema para la Coordinación de Transmisión y Transformación.
- Sistema para la Coordinación de Generación.
- Sistema de Información Geoespacial sobre el Servicio Social para las Instituciones afiliadas a la ANUIES. ANUIES-FORD -CentroGeo. 2005.
- Sistema Georeferencial de Instituciones de Ciencia y Tecnología. (2004) Solución en INTERNET. (CentroGeo: Pagina Web).





Apéndice A.2. Imagen del modelo de conocimiento ontológico propuesto para la búsqueda de la información en la IDE de CentroGeo.

## Bibliografía:

- Agarwal, P., 2005, Ontological considerations in GIScience. *International Journal of Geographical Information Science*, **19**(5),501–536.
- Albrecht, J., 2008, Ramasubramanian L., Derman B., Geo-ontology Tools: The Missing Link. *Transactions in GIS*, **12**(4), 409–424.
- Bateman, J. and Farrar, S., 2004, Towards a generic foundation for spatial ontology, *Proceedings of the Third International Conference on Formal Ontology in Information Systems*, 1-11.
- Benjamins, V.R. and Fensel, D., 1998, The ontological engineering initiative (KA)2. *Formal Ontology in Information Systems*.IOS Press, Trento, Italy, 287-301.
- Bernard, L., Einspanier, U., Haubrock, S., Hübner, S., Klien, E., Kuhn, W., Lessing, R., Lutz, M. and Visser, U., 2004, Ontology-based discovery and retrieval of geographic information in spatial data infrastructures, *Geotechnologien Science Report*. **4**, 5-29.
- Bishr, Y. and Kuhn, W., 2000, Ontology-Based Modelling of Geospatial Information, *Proceedings of 3rd AGILE Conference on Geographic Information Science*. Helsinki, Finland, 24-27.
- Bishr, Y.,1998, Overcoming the semantic and other barriers to GIS interoperability, *International Journal of Geographical Information Science Special Issue: Interoperability in GIS*, **12**(4), 299-314.
- Blazquez, M., Fernandez, M., Garcia-Pinar, J.M. and Gomez-Perez, A., 1996, Building Ontologies at the Knowledge Acquisition workshop on Ontological Engineering. Help in conjunction with ECAI96.p5-15. Budapest.
- Bonfatti, F. and Monari, P.D., 1994, Towards a General Purpose Approach to Object Oriented Analysis, *International Symposium of Object Oriented methodologies and systems (ISOOMS)*, 108-122.
- Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo” A.C. CentroGeo: <http://www.centrogeo.org.mx>. Última visita 4 enero del 2012.
- American Society For Cybernetics, 2001, Defining Cybernetics. *ASC: Foundation*. 1-19. Disponible en: <http://www.asc-cybernetics.org/foundations/definitions.htm>. Última visita 4 enero del 2012.
- Davenport, TH., Prusak, L., 1998, *Working Knowledge: How organisations manage what they know*, Boston EUA., Harvad Business School Press.
- Delgado Tatiana, 2008, Departamento Infraestructuras de Datos Espaciales. División Geomática, Soluciones Integradas – GeoSÍ, GEOCUBA Ciudad de la Habana, Cuba. Mapping Interactivo: Revista Internacional de Ciencias de la Tierra [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=1478](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1478). Última visita 4 enero del 2012.
- Diplomado en Geomática 2001. Dra. Carmen Reyes, viernes 27 de octubre del 2011. Última visita 4 enero del 2012.

- Domingue, J., 1998, Tadzebao and Webonto: Discussing, Browsing and editing ontologies on the web, *Proceedings of the Eleventh Knowledge Acquisition Workshop*, 1-28.
- Durant-Law, Graham, 2004, *The knowledge Conundrum Unravelling the Knowledge Component in Knowledge Management Models*. Graham Durant-Law. 45 p.
- Egenhofer, M.J., Glasgow, J., Günther, O., Herring, J.R. and Peuquet, D.J., 1999, Progress in Computational Methods for Representing Geographic Concepts, *International Journal of Geographical Information Science*, **13** (8), 775-796.
- Ehin C., 2000, *Unleashing intellectual Capital*, Boston. EUA., Butterworth Heinemann.
- Farquhar A., Fikes R., Rice J., 1996, The Ontolingua Server. A tool for Collaborative Ontology Construction, *Proceedings of the 10th Knowledge Acquisition for knowledge Based Systems Workshop*, Banff, Alberta, Canada, 1-44.
- Farquhar, A., Fikes, R. and Rice, J., 1997, The ontolingua server: a tool for collaborative ontology construction, *International Journal of Human-Computer Studies*, **46**, 707-727.
- Federal Geographic Data Committee, 1995, *Content Standards for Digital Geospatial Metadata Workbook*, National Spatial Data Infrastructure, 110 p.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A. and Jurista, N., 1997, Methodology: From ontological art towards ontological engineering, *AAAI Technical Report*, 33-40.
- Fonseca, F., Davis C., Cámara, G., 2003, Bridging Ontologies and Conceptual Schemas in Geographic Information Integration, *International Journal on Advances of Computer Science for Geographic Information System Geoinformatica*, **7(4)**, 355-378.
- Fonseca, F., Egenhofer D., Davis C., Boger K., 2003, Ontologies and knowledge Sharing in Urban GIS. *Computer Environment and Urban System Elsevier*, 1-19.
- Fonseca, F., Egenhofer, M., Agouris, P. and Camara, G., 2002, Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems, *Transactions in GIS*, **6(3)**, 1-29.
- Frank, A.U. & Kuhn, W., 1998, A specification language for interoperable GIS, *Interoperating Geographic Information Systems*, *Kluwer Academics*, 123-132.
- Fraser, T., 2005, *Cybercartography: Theory and Practice*. 1a Ed. Amsterdam-The Netherlands, Elsevier, 561p.
- García, A., 2004, Instrumentos de representación del conocimiento: tesauros versus ontologías, *Anales de documentación*, **7**, 79-95.
- Gómez-Pérez, A., Fernández, M., Corcho, O., 2004, *Ontological Engineering with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. Springer. Madrid- España. 411 p.
- Gruber, T.R., 1993, A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, *knowledge Acquisition*, **5** (2), 199-220.
- Grüninger, M. and Fox, M.S., 1995, Methodology for design and evaluation of ontologies, *Proceedings of the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing*, IJCAI'95.
- Guarino, N., 1998, Formal ontology and information systems, *Formal Ontology in Information Systems*, 3-15.

- Guarino, N. and Welty, C., 2002, Evaluating ontological decisions with Onto-Clean. *Communications of the ACM*, **45**(2), 61–65.
- Hansen, F., 2011, *Aplicación Selectiva de la Cibernética para la Gestión de la IDEMEX*, Centro de Investigación en Geografía y Geomática “Ing. Jorge L. Tamayo” A.C. CentroGeo, México, 172p.
- Harvey, F., Kuhn, W., Pundt, H., Bishr, Y., 1999, Semantic interoperability: A central issue for sharing geographic information, *The Annals of Regional Science*, **33**(2), 213-232.
- Heylighen, F., Joslyn C., 2001, Cybernetics and Second-Order Cybernetics, *Encyclopedia of Physical Science & Technology* (3rd ed.), 1-24.
- INEGI, 2009, Infraestructura de Datos Espaciales en México (IDEMEX), Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx/geo/contenidos/espanol/IDEMEX.pdf?s=geo&c=1352>. Última visita 10 enero del 2012.
- ISO:19110, 2005, Geographic Information-Methodology for feature cataloguing, International Standard Organization.
- ISO:2788, 1986, Guidelines for the establishment and development of monolingual thesauri. International Standard Organization.
- ISO:5964, 1985, Documentation - Guidelines for the establishment and development of multilingual thesauri, International Standard Organization.
- Jones, D., 1998, Developing shared ontologies in multi-agent systems, *Workshop on Intelligent Information Integration*, 1-10.
- Kavouras, M. and Kokla, M., 2000, Ontology-Based Fusion of Geographic Databases, *Spatial Information Management, Experiences and Visions for the 21st Century*, International Federation of Surveyors, 1-7.
- Kifer, M., Lausen, G., Wu J., 1995. Logical Foundation of Object-Oriented and Frame-Based languages, *Journal of the ACM*, 1-104.
- Kuhn, W., 2001, Ontologies in support of activities in geographic space, *International Journal of Geographic Information Science*, **15**(7), 613-631.
- Lacasta, J., Noguera-Iso J., Zarazaga-Soria F., 2010, *Terminological Ontology Design Management and Practical Applications*. New York, Springer, 213 p.
- Lassila, O. and MacGuinness, D., 2001, The Role of Frame-Based Representations on the Semantic Web, *Knowledge Systems Laboratory*, 1-10.
- Laudon, K., Laudon, J., 1998, Information systems and the internet, 4th ed., Orlando-Florida , Dryden Press,.
- Lenat, D. and Guha, R., 1990, Building Large Knowledge Base Systems: Representation and Inference in the CYC Project, *Artificial Intelligence*, Elsevier, 1-11.
- Li, M., Zhou, S. and Jones, C.B. 2002, Multi-agent Systems for Web-Based Map Information Retrieval, *Egenhofer, M.J. & Mark, D.M. (eds.), Proceedings of the Second International Conference on Geographic Information Science, GIScience, Lecture Notes in Computer Science*, **2478**, 161-180.

- Lieborwitz, J., Beckman, T., 1998, *Knowledge organizations: what every manager should know*, EUA, St.Lucie Press.
- López, F., 2011, Un aporte teórico: El prototipo geomático, *Tesis Doctoral, Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L.Tamayo A.C."* CentroGeo. México D.F. 195p.
- Lutz, M. and Klien, E., 2006, Ontology-based retrieval of geographic information, *International Journal of Geographical Information Science*, **20**(3), 233 -260.
- MacGregor, R., 1991, Inside the LOOM classifier, *SIGART bulletin*, **2**(3):88-92.
- Martinez E., Reyes, M.C., 2005, Chapter 5 - Cybercartography and Society, en Taylor D. R. F. *Cybercartography: Theory and Practice*. pp. 97-122.
- Mizen, H., Dolbear, C. and Hart, G., 2005, Ontology Ontogeny: Understanding how an Ontology is created and developed, *Lecture Notes in Computer Science*, **3799**, 15-29.
- Mizoguchi, R., Vanwelkenhuysen, J., Ikeda, M., 1995, Task Ontology for reuse of problem solving knowledge, *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building & Knowledge Sharing*. 46-49.
- Nokala, I., Konno, N. 2000, The concept of "Ba" building a foundation for knowledge creation, *The knowledge management yearbook*, 37-59.
- Porras, A., 2008, *Cibercartografía en la Web: Conocimiento, Representación y Comunicación*, Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo" A.C. CentroGeo, México. 113 p.
- Real Academia Española, RAE. [www.rae.com](http://www.rae.com), última visita enero 14 del 2012.
- Reyes, M.C., 2005, Chapter 4 - Cybercartography from a Modelling Perspective, en Taylor D. R. F. *Cybercartography: Theory and Practice*. pp. 63-97.
- Reyes, C., Paras, M., 2009, Geocybernetics and Science 2.0, 1-5.
- Reyes, C., Taylor, F., Martínez, E., López, F., 2008, Geo-cybernetics: A New Avenue of Research in Geomatics?, *Cartographica*, **41**(1), 7-20.
- Sharma, J., Flewelling, D. and Egenhofer, M.J., 1994, A Qualitative Spatial Reasoner, *Sixth International Symposium on Spatial Data Handling, Edinburgh, Scotland*, 665-681.
- Smith, B., Mark, D.M., 1998, Ontology and geographic kinds Proceedings, *International Symposium on Spatial Data Handling*, 308-320.
- Smith, B., Mark, D.M., 2001, Geographical categories: an ontological investigation, *International Journal of Geographical Information Science*, **15**(7), 591-612.
- Spaccapietra, S., Cullot, N., Parent, C. and Vangenot, C., 2004, On Spatial Ontologies, *Proceedings of the VI Brazilian Symposium on Geoinformatics*.1-8.
- Steyvers, M. and Tenenbaum, J.B., 2005, The Large-Scale Structure of Semantic Networks: Statistical Analyses and a Model of Semantic Growth, *Journal of Cognitive Science*, **29**, 41-78.

- Studer, R., Benjamins, V.R. & Fensel, D., 1998, Knowledge Engineering: Principles and Methods, *Journal of Data and Knowledge Engineering*, **25**,161-197.
- Taniar, D., Rahayu, W., 2006, *Web Semantics & Ontology*, United Estates, Idea Group Publishing. 404p.
- Torres, M., 2007, *Representación Ontológica Basada en Descriptores Semánticos Aplicada a Objetos Geográficos*, Tesis Doctoral en Ciencias de la Computación, México D.F. 423p.
- Uschold, M. & King, M., 1995, A Methodology for Building Ontologies, *International Journal of Human-Computer Studies*, **46**(2-3), 183 – 292.
- Vilches-Blázquez, L., Cañete, J., Corcho, O., y Bernabé, M., 2008, Interrelaciones entre las tecnologías de la información geográfica y la ingeniería ontológica para la mejora de la gestión de los recursos geo-espaciales, *Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial*, 194-206.
- Vilches-Blázquez, L., Rodríguez-Pascual A., Bernabé-Poveda, M., 2008, Aplicaciones de la Ingeniería Ontológica a la Gestión y Análisis de la Información Geográfica, *El acceso a la Información Espacial y las Nuevas Tecnologías Geográficas*, 545-556.
- Visser, U., Stuckenschmidt, H., Schuster, G., Vogele, T. 2002, Ontologies for geographic information processing, *Computers and Geosciences*, **28**(1), 03-117(15).
- Visser, P.R., Jones, D.M., Beer, M., Bench-Capon, T., Diaz, B. & Shave, M., 1999, Resolving ontological heterogeneity in the KRAFT project, *10th International Conference and Workshop on Database and Expert Systems Applications*, 669-677.
- Wiener, N., 1969, *Cibernética y sociedad*. 1a. ed. Buenos Aires: Editorial Sudamericana, SA.181 p.