

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL ESPACIO

FACULTAD DE INFORMÁTICA CULIACÁN

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE DATOS
ESPACIALES COMO BASE PARA EL OBSERVATORIO DE
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y TERRITORIAL DEL ESTADO DE
SINALOA, MÉXICO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INFORMACIÓN**

PRESENTA:

LIDIA YADIRA PÉREZ AGUILAR

DIRECTORES DE TESIS:

DR. WENSESLAO PLATA ROCHA

M. EN C. AMB. LEONARDO ALFONSO RAMOS CORONA

CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO, MAYO DE 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme realizar otra de mis metas propuestas.

A la memoria de mi padre por su apoyo, amor y confianza en mí.

A mi madre por ser el pilar más fuerte en mi vida y por estar ahí siempre motivándome y apoyándome incondicionalmente.

A mis hijas por ser el motor que me impulsa a lograr mis metas. A mi esposo por su apoyo y amor incondicional, por siempre estar ahí, motivándome y guiándome en todas las etapas de mi vida y principalmente en ésta, mi formación académica.

A mis hermanos y hermanas por estar a mi lado siempre motivándome.

A la familia López Osorio por formar parte de esta etapa de mi formación con su todo apoyo.

Es necesario dar un agradecimiento especial a mis directores de tesis, el Dr. Wenceslao Plata Rocha y M. en C. Amb. Leonardo Alfonso Ramos Corona, por su apoyo incondicional y excelente guía en el periodo que duró mi estudio de maestría en la Universidad Autónoma de Sinaloa.

A mis Maestros de la FACITE y de la Facultad de Informática Culiacán, por haberme compartido sus sabios conocimientos en el campo de la Geomática.

A mis compañeros.

A la Universidad Autónoma de Sinaloa y especialmente a CONACYT ya que sin su apoyo financiero no hubiese podido estudiar un posgrado de excelencia académica.

A todos, ¡Gracias!

Resumen

El presente trabajo describe detalladamente la propuesta de diseño e implementación del componente geo tecnológico de una Infraestructura de Datos Espaciales para el estado de Sinaloa (IDESIN), el cual se pretende sirva como base para el observatorio de sostenibilidad ambiental y territorial. Se desarrollaron e implementaron herramientas que permiten la incorporación dinámica de cartografía, datos y metadatos. Se homologaron y estandarizaron los servicios de cartografía y datos a través de la implementación sobre los estándares internacionales basados en el Open Geospatial Consortium (OGC), para el almacenamiento de datos geoespaciales sobre un Administrador de bases de datos y WMS (Web Map Service) para la publicación de servicios Web de los mapas. Estos estándares aportan elementos de calidad, seguridad, fiabilidad y eficiencia a los productos generados, garantizando igualdad de condiciones de productos, servicios y tecnología a lo que conocemos como interoperabilidad.

Como propuesta inicial se incluye cartografía de diferentes fuentes de información, dejando abierta la posibilidad de incorporar información geográfica y alfanumérica que aporte mayores contenidos a la IDESIN.

Se desarrolló e implementó la IDE en un Sistema de Información Geográfica de consulta de información geográfica, en ambiente Web, fácil de usar, desarrollado e implementado con herramientas de software libre en cada uno de sus componentes de servidores, como son servidor de bases de datos, servidor de mapas e implementación de las reglas de negocio.

Abstract

This paper describes extensively the proposal for the design and implementation of the geo-technological component of a Spatial Data Infrastructure for the state of Sinaloa (IDESIN), which is intended to serve as a basis for the observatory of environmental and territorial sustainability. It was developed and implemented by tools that allow the dynamic incorporation of cartography, data and metadata. The data and Cartography service were homogenized and standardized through the implementation on international standards based on the Open Geospatial Consortium (OGC). These standards let the storage of geospatial data on a Database Administrator and publish the web services through WMS (Web Map Service). The standards provide elements of quality, safety, reliability and efficiency to the products generated, guaranteeing equal conditions of products, services and technology to what we know as interoperability.

As an initial proposal, cartography of different sources of information is included, the users has the possibility of incorporating geographic and alphanumeric information that contributes to improve the contents to the IDESIN.

The IDE was developed and implemented in a Web GIS, easy to use, developed and implemented with free software tools in each of its server components, such as database servers, map server and implementation of business rules.

Índice General

1. Introducción	13
1.1 Planteamiento del problema.....	15
1.2 Justificación.....	16
1.3 Preguntas de investigación	17
1.4 Objetivos	17
1.4.1 Objetivo general.....	17
1.4.2 Objetivos particulares	17
2. Marco teórico	19
2.1 Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)	19
2.2 Servidores de mapas	20
2.2.1 Alcance de los Servidores de Mapas (Mitchell, 2005).	21
2.2.2 Aplicaciones de un los servidores de mapas.....	21
2.3 Web Mapping	21
2.4 Bases de datos espaciales.....	23
2.5 Metadatos	24
2.6 Aspecto computacional: Software libre	25
2.7 Normalización en la Información Geográfica.....	26
2.7.1 Normas ISO.....	26
2.7.2 Open Geospatial Consortium (OGC)	27
2.8 Interoperabilidad	29
2.9 Marco legal.....	29
2.10 Normas.....	30
2.11 Políticas.....	30
3. Antecedentes.....	31
3.1 Inicio de las IDEs	31
3.2 Desarrollo científico y tecnológico	32
3.3 Necesidades actuales y futuras	33
3.4 IDE a nivel internacional.....	34
3.4.1 Infraestructura de datos espaciales de España	35
3.4.2 Infraestructura de datos espaciales de Ecuador.....	38
3.4.3 Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Argentina ..	45
3.4.4 Infraestructura de Datos Geoespaciales Chile (IDE Chile)	49

3.5	IDE a nivel nacional.....	53
3.5.1	IDE en México	53
3.5.2	Geoportal del Ayuntamiento de Mérida.	54
3.5.3	Infraestructura de datos espaciales de Colima	55
3.5.4	Infraestructura de datos espaciales de Jalisco	58
3.5.5	Portal de Geoinformación CONABIO.....	60
3.5.6	Atlas de México	62
3.5.7	Mapa Digital de México	66
3.5.8	Geoportales en el Estado de Sinaloa	69
4.	Metodología	73
4.1	Recopilación de datos	73
4.2	Análisis de herramientas	79
4.3	Instalaciones y configuraciones	86
4.3.1	Servidor web Apache.....	86
4.3.2	Servidor de Base de Datos PostgreSQL	87
4.3.3	Sistema de Información Geográfica QGIS.....	90
4.3.4	Servidor de mapas Geoserver	91
4.3.5	Servidor SQL Express 2008	93
4.3.6	Entorno de desarrollo NetBeans.....	95
5.	Resultados y análisis	97
5.1	Servicios incorporados en la IDESIN	98
5.2	Visualizador.....	112
5.2.1	Proyecto Deforestación	113
5.2.2	Proyecto Desertificación	115
5.2.3	Proyecto Áreas quemadas	116
5.2.4	Proyecto Escenarios Territoriales	117
5.3	Funcionalidades de la IDESIN	119
5.3.1	Metadatos.....	119
5.3.2	Identificación.....	120
5.3.3	Superposición	121
5.3.4	Medida.....	122
5.3.5	Leyenda del mapa	122
5.3.6	Búsquedas.....	123
5.4	Políticas y normas.....	123

5.5	Web Mapping IDESIN	124
6.	Conclusiones	126
7.	Trabajo futuro	128
8.	Anexos.....	129
8.1	Cartografía Institucional.	129
8.2	Cartografía de la Faculta de Ciencias de La Tierra y el Espacio.....	139
9.	Bibliografía.....	144

Índice de Figuras

Figura 1: Modelo Cliente-Servidor.....	22
Figura 2: Página de inicio de la IDEE.....	35
Figura 3: Búsqueda de metadatos.	37
Figura 4: Visualizador IDEE	38
Figura 5: Página de inicio IDE Ecuador.....	39
Figura 6: Geovisualizador IDE Ecuador.	39
Figura 7: Descarga de Servicios WMS.....	40
Figura 8: Descarga de Servicios WFS.	41
Figura 9: Descarga de Servicios CSW.	41
Figura 10: Descarga de Servicios TMS.....	42
Figura 11: Descarga de Servicios WMS-C.....	43
Figura 12: Descarga de Servicios CSW.	43
Figura 13: Búsqueda de Metadatos IDE Ecuador	44
Figura 14: Catálogo de Metadatos IDE Ecuador	44
Figura 15: Página de inicio de IDERA.....	45
Figura 16: Visualizador IDERA.....	46
Figura 17: Herramienta de medición de distancias en el Visualizador IDERA	47
Figura 18: Servicio WMS añadido proporcionado por INEGI	48
Figura 19: Servicio WMS añadido proporcionado por CONAGUA.....	48
Figura 20: Página de inicio de la IDE Chile	49
Figura 21: Página de inicio de la IDE Chile	50
Figura 22: Página de inicio de la IDE Chile	51
Figura 23: Servicio WMS añadido proporcionado por INEGI	52
Figura 24: Servicio WMS añadido proporcionado por CONAGUA.....	52
Figura 25: Geoportal Ayuntamiento de Mérida.....	54
Figura 26: Página de inicio de IDE Colima.....	56
Figura 27: Visualizador IDE Colima.....	58
Figura 28: Página de inicio de SITEL	59
Figura 29: Geoportal CONABIO	60
Figura 30: Consulta de Metadatos	61
Figura 31: Atlas Nacional Interactivo de México.....	63
Figura 32: Página del Mapa Digital de México en línea.	66
Figura 33: Algunas capas de información del Mapa Digital de México.	67
Figura 34: Catálogo de capas disponibles Mapa Digital de México en línea.....	68
Figura 35: Pantalla de servicios disponibles Mapa Digital de México en línea.....	68
Figura 36: Atlas Nacional de Riesgos	69
Figura 37: Atlas Nacional de Riesgos, Consulta de datos por municipio.	70
Figura 38: Atlas Climático Digital de México. Estado de Sinaloa.	71
Figura 39: Atlas Climático Digital de México. Estado de Sinaloa.	71
Figura 40: Atlas Climático Digital de México. Estado de Sinaloa.	72
Figura 41: Esquema metodológico del Proyecto IDE Sinaloa	73
Figura 42: Arquitectura tecnológica para proyecto IDE.	80

Figura 43: Servidor Host en el cual se aloja la IDESIN.	86
Figura 44: Base de datos ide_sinaloa en PostgreSQL.....	89
Figura 45: Base de datos ide_sinaloa en conexión con QGIS.	90
Figura 46: Estilos en QGIS.....	91
Figura 47: Catálogo de mapas en el Servidor de mapas Geoserver.....	92
Figura 48: Tabla “CATEGORÍAS”	94
Figura 49: Tabla “CAPA”	94
Figura 50: Entorno de desarrollo Netbeans.....	96
Figura 51: Localidad Urbana en formato JPEG visualizado en OpenLayers.....	99
Figura 52: Mapa de Localidad Urbana en formato KML visualizado en Google Earth.....	99
Figura 53: WFS Formato GeoJSON de la capa Localidades.....	107
Figura 54: Visualizador consumiendo recursos de Google Maps.....	113
Figura 55: Mapa que muestra las áreas de deforestación para el Estado de Sinaloa.	114
Figura 56: Mapa que muestra las áreas de reforestación para el Estado de Sinaloa con sus categorías Selva y Bosque.....	114
Figura 57: Mapa que muestra las áreas de desertificación para el Estado de Sinaloa año 2003.	115
Figura 58: Mapa que muestra las áreas de desertificación para el Estado de Sinaloa año 2012.	116
Figura 59: Mapa que muestra las áreas quemadas en el Estado de Sinaloa para el año 2011.	117
Figura 60: Mapa que muestra las coberturas de Uso de Suelo y Vegetación en los municipios de Culiacán y Navolato para el año 2011.....	118
Figura 61: Mapa que muestra las coberturas de Uso de Suelo y Vegetación bajo un escenario de tendencia para el año 2030.	118
Figura 62: Mapa que muestra las coberturas de Uso de Suelo y Vegetación bajo un escenario sostenible para el año 2030.....	119
Figura 63: Visualización los Metadatos.	120
Figura 64: Identificación de capas.....	121
Figura 65: Superposición de capas	121
Figura 66: Medida	122
Figura 67: Leyenda del mapa.....	122
Figura 68: Búsquedas por municipio	123
Figura 69: Pagina Web como principal acceso a la IDESIN.....	125
Figura 70: Categoría Cartografía Base donde se incluyen las capas: Límite Estatal y Limite Municipal del Estado de Sinaloa	129
Figura 71: Categoría Demografía donde se incluyen las capas: Localidades Urbanas, Colonias, población, Cabeceras Municipales y Nombres Geográficos	130
Figura 72: Categoría Vías de Comunicación donde se incluyen las capas: Aeropuertos, Brechas, Carreteras, Terracería, Veredas, Vías Férreas y Vías Pavimentadas.....	130
Figura 73: Categoría Hidrografía donde se incluyen las capas: Cuerpos de agua, acueducto, presas, ríos, litoral y canal	131

Figura 74: Categoría Geología donde se incluyen las capas: Minas, Fallas Fracturas y rocas.....	131
Figura 75: Categoría Climatología donde se incluyen las capas: humedales potenciales y evapotranspiración.	132
Figura 76: Categoría Climatología donde se incluye la capa: humedad del suelo.	132
Figura 77: Categoría Climatología donde se incluye la capa: unidades climáticas.	133
Figura 78: Categoría Orografía donde se incluye la capa: Curvas de Nivel.....	133
Figura 79: Categoría Climatología donde se incluye la capa: Modelo Digital de Elevación.....	134
Figura 80: Categoría Generación de Energía donde se incluye la capa: conducto, línea de transmisión y planta generadora.	134
Figura 81: Categoría Fisiografía donde se incluye la capa: Provincias Fisiográficas.	135
Figura 82: Categoría Fisiografía donde se incluye la capa: Su provincias Fisiográficas.	135
Figura 83: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 1 año 1976.	136
Figura 84: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 2 año 1993.	136
Figura 85: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 3 año 2002.	137
Figura 86: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 4 año 2007.	137
Figura 87: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 5 año 2011.	138
Figura 88: Mapa Uso de Suelo y Vegetación de los municipios de Culiacán y Navolato.....	139
Figura 89: Mapa escenario Sostenible Culiacán y Navolato.	140
Figura 90: Mapa Escenario Tendencia Culiacán y Navolato.	140
Figura 91: Mapa Deforestación periodo comprendido 2002-2011.....	141
Figura 92: Mapa Deforestación con ganancias en las categorías de Bosques y Selvas, período comprendido 2002-2011.....	141
Figura 93: Mapa desertificación del año 2003.....	142
Figura 94: Mapa desertificación del año 2012.....	142
Figura 95: Mapa de áreas quemadas.....	143

Índice de Tablas

Tabla 1: Datos Recopilados de INEGI.....	74
Tabla 2: Datos Recopilados de CONABIO.....	77
Tabla 3: Datos de trabajos de investigación de la facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio.....	78
Tabla 4: Tabla comparativa entre los Servidores Web mapas más utilizados .	81
Tabla 5: Tabla comparativa entre las herramientas de elaboración de Sistemas de Información Geográfica de uso libre más populares	82
Tabla 6: Tabla comparativa entre algunos de los servidores de bases de datos espaciales más utilizados en la actualidad.....	83
Tabla 7: Tabla comparativa entre los Servidores de mapas más utilizados.....	85
Tabla 8: Configuración de los Datos principales para cada capa en Geoserver.	92
Tabla 9: Configuración de los Datos principales para generar nuevos estilos en Geoserver.....	93
Tabla 10: Configuración de los datos principales para Geoserver.	95
Tabla 11: Configuración de los datos principales para PostgreSQL.	95
Tabla 12: Configuración de los datos principales para SQLServer Express 2008.	95
Tabla 13: Relación de categorías generadas con sus respectivos datos tal y como se muestra en el visualizador.....	97
Tabla 14: Servicios WMS generados en el servidor de mapas Geoserver	100
Tabla 15: Servicios WFS generados en el servidor de mapas Geoserver	108
Tabla 16: Políticas establecidas en la IDESIN.	124

1. Introducción

Los datos espaciales son un recurso importante para el desarrollo de una nación, así mismo, existe un gran potencial económico el cual se puede explotar al máximo haciendo que los datos estén ampliamente disponibles (Makanga & Smit, 2010). El uso de la información geográfica (IG) ha aumentado considerablemente en los últimos años y se ha reconocido que es un factor importante en la toma de decisiones en el ámbito de sostenibilidad ambiental y territorial, que abarca aspectos como: planificación y ordenamiento territorial; manejo, administración, gestión y protección de los recursos naturales, que permitan el aprovechamiento de estos de manera sostenible, donde intervienen organismos públicos, privados, académico, no gubernamental y sociedad civil, según Vandenbroucke et al., (2009).

De tal manera, el uso de la web como medio de distribución de mapas ha sido de gran avance en la producción cartográfica, participación pública y privada, según Hernández López et al., (2013). El traslado de bajo coste de datos geográficos a través de Internet ha permitido la integración de fuentes de datos distribuidos y ha abierto nuevas oportunidades para que más usuarios no especializados puedan integrarse al mundo del Web Mapping (Sadoun, Al-Bayari, & Al-Rawashdeh, 2011).

Sin embargo, en la actualidad, hay bastantes servidores de mapas diseñados tanto para instituciones gubernamentales, como del sector privado, debido a su afán de tener su propio Sistema de Información Geográfica (SIG) en línea. Poner un SIG en línea, en el que se incluyen apenas algunas capas o coberturas generales, utilidades de visualización y algunas posibilidades de consulta, podría resultar mucho más caro de implementar y mantener. Es por ello que este tipo de SIG suele estar sólo al alcance de organismos públicos, empresas o grandes instituciones (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

Pero los avances tecnológicos no han eliminado algunos problemas relacionados con la distribución y acceso del público a la información. Además, existen diferentes limitantes como por ejemplo: los datos suelen estar dispersos por las

redes y no son fáciles de encontrar, hay dificultades para contactar a los productores de los datos, en muchos casos los datos no están bien documentados y muchas veces están desfasados o incompletos, existe también problemas de desconfianza para dar a conocer o compartir los datos, y trabas de tipo administrativas (Hontoria & Subirana, 2008).

Por ello, se han estado promoviendo las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), las cuales proporcionan una plataforma para que los usuarios, los productores y los que administran los datos espaciales, distribuyan la información de manera más eficiente (Makanga & Smit, 2010) y con el objetivo de facilitar la adopción de soluciones genéricas y así mismo se cuenta con la posibilidad de gestionar todos los componentes del mismo tipo y de la misma manera, se han establecido estándares internacionales para que se cumplan reglas generales de uso y distribución de la IG (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012). Así mismo, las IDE facilitan el uso cooperativo de los servicios de información geográfica distribuida, para tener al alcance sistemas interoperables (Wiemann & Lars, 2010).

El presente trabajo plantea el desarrollo e implementación de una Infraestructura de Datos Espaciales para el Estado de Sinaloa, México, empleando una metodología basada en una revisión literaria, en la cual utiliza herramientas informáticas Open Source, para la integración, organización, almacenamiento, análisis, visualización y consulta de información que permita, través de una plataforma geotecnológica, administrar los recursos de información de tipo ambiental y territorial obtenidos de diversas fuentes mostrando un Sistema de Información Geográfica con dichos recursos disponibles, en la que, además, se desarrolló mediante estándares establecidos por el Open Geospatial Consortium (OGC) la publicación de servicios Web de mapas, empleando el concepto de interoperabilidad. También es importante destacar las funcionalidades que esta herramienta IDE proporciona como: búsquedas por municipios, medidas, muestra de leyenda, consulta de metadatos, así como la identificación y superposición de capas, entre otras.

1.1 Planteamiento del problema

Los desafíos actuales de la sociedad del conocimiento en cuanto al logro de la inclusión digital, principalmente en la incidencia de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), en la construcción del conocimiento de las sociedades contemporáneas, presenta un rezago importante; en el marco de la política digital de la entidad, los Sinaloenses requieren herramientas y medios cibercartográficos que permitan mejorar el conocimiento del territorio, con el único objetivo de contribuir en la reducción en la brecha digital e incidir en la planeación del desarrollo del Estado de Sinaloa y de esta forma contribuir a la evolución de la Sociedad de la Información y el conocimiento, considerándose implícitamente que el objetivo sea llegar a distintos ámbitos públicos, privados y a la sociedad en general.

Por ello, gobiernos nacionales en todo el mundo están comprometidos en desarrollar infraestructuras de datos espaciales que mejoren la disponibilidad y el acceso a la información geoespacial a todos los niveles del gobierno y principalmente a los municipios y ciudadanos mexicanos.

Actualmente para el Estado de Sinaloa existen algunos servidores de mapas y Geoportales que muestran información temática para diferentes necesidades, sin embargo, estas plataformas no cumplen en su totalidad con los requisitos o estándares para que dicha información sea interoperable y además, los datos presentados no incluyen información detallada sobre sus datos ni sus características.

Bajo esta premisa, atendiendo esta necesidad, este trabajo, dentro de los proyectos de innovación geotecnológica, apoyado en las TIC, propone el proyecto Infraestructura de Datos Espaciales para el Estado de Sinaloa (IDESIN), utilizando herramientas de uso libre, el cual permitirá facilitar la integración de la información geográfica y el acceso a los datos, productos y servicios geoespaciales, publicados en internet bajo estándares y normas definidos, asegurando su interoperabilidad, así como también la propiedad sobre la información por parte de los organismos que la publican. Dejando así, el

antecedente de la propuesta metodológica empleada para este proyecto, la cual demuestra que con la integración de dichas herramientas Open Source puede realizarse exitosamente un proyecto IDE, con estándares y servicios ya mencionados proporcionando además, la respectiva documentación de todo lo que integra el desarrollo del proyecto IDE SIN.

Por tal motivo, la IDE SIN, se plantea como instrumento de gestión, basado en el conocimiento geo-espacial de la sociedad y se debe entender que es una colección sistemática y coherente de datos que representa un espacio en particular y/o temas geográficos, junto con herramientas de navegación, generación de información, análisis y presentación que permitirá extender dicho conocimiento, uso de la información geográfica y la optimización de la toma de decisiones.

1.2 Justificación

La idea fundamental de implementar una Infraestructura de Datos Espaciales para el Estado de Sinaloa, es poner al alcance la cartografía y su respectiva información Geoespacial para brindar a más usuarios, la posibilidad de contar con información actualizada, en línea, que ayude en la toma de decisiones en el ámbito ambiental y territorial.

Además, se sabe que existe información geográfica dispersa de diferentes temática que se utilizan para realizar estudios territoriales en la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio (FACITE), se plantea homogenizar y actualizar dicha información con sus respectivos metadatos.

Así mismo, considerando que la mayoría de los Geoportales para el Estado de Sinaloa no están habilitadas con módulos de análisis espacial, es decir, solo para visualización de IG, se pretende diseñar herramientas básicas de análisis, presentación y generación de datos que ayuden al usuario a cubrir la necesidad de información que esté disponible y actualizada en todo momento.

1.3 Preguntas de investigación

¿De qué manera se podrá desarrollar una IDE para el Estado de Sinaloa con las funciones básicas de un SIG utilizando software libre?

¿En qué medida, la integración de una IDE con un SGBD y algunas herramientas de SIG, hará posible una mejor administración y manejo de la información Geográfica?

¿Cómo se podría obtener mediante la IDE información confiable y oportuna que ayude a la toma de decisiones?

¿Será posible integrar a la IDE los estándares internacionales de interoperabilidad y manejo de información geográfica?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar una Infraestructura de Datos Espaciales para la integración, análisis y uso de la información como base para el monitoreo de sostenibilidad ambiental y territorial del Estado de Sinaloa, México.

1.4.2 Objetivos particulares

- Recopilar datos geográficos de tipo ambiental y territorial en los diferentes organismos proveedores de IG.
- Analizar las diferentes plataformas informáticas Open Source, con el fin de elegir las más adecuadas para el proyecto IDESIN.
- Revisar los protocolos internacionales para la estandarización de información Geoespacial y determinar cuáles son ideales para implementar en el proyecto IDESIN.
- Integrar y sistematizar la IG con ayuda de software libre.

- Diseñar y desarrollar una plataforma tecnológica para concentrar y visualizar la información georreferenciada seleccionada.
- Generar y distribuir los servicios estándares básicos WMS y WFS.
- Facilitar el acceso y uso de la IG disponible en la IDESIN para ayudar al análisis y resolución de problemas de tipo ambiental y territorial.

2. Marco teórico

2.1 Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)

Proporcionando una definición más formal de IDE: Es un Sistema de Información Geográfico abierto implementado sobre la red, con los siguientes elementos: componentes distribuidos, interfaces estándares, interoperabilidad, coordinación, acceso a los datos, capacidad de análisis, etcétera (Hernández López et al., 2013; Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

También se puede definir a una IDE como: Un sistema informático integrado por un conjunto de recursos, como: catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web, dedicados a gestionar Información Geográfica como: mapas, ortofotos, imágenes de satélite, que se encuentran disponibles en la internet y que cumplen una serie de condiciones de interoperabilidad como: normas, especificaciones, protocolos, interfaces, permitiendo que un usuario, utilizando un navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

Para que una IDE pueda considerarse como tal, debe contener los siguientes elementos: Datos, Hardware, Software, Metadatos, Tecnologías, Estándares de datos, Servicios, Acuerdos entre productores de datos, Acuerdos entre instituciones y organismos para compartir IG, Personal, Esquema organizativo, Marco legal, Políticas, Usuarios (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

Tareas de las IDE

En las plataformas IDE se puede realizar distintas tareas como (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012):

- Buscar Información Geográfica (IG) que hay disponible en una zona geográfica con descripción del formato, la manera de acceder a ella, el año en que se produjo, la calidad que ofrece, quién la elaboró, si existe un servicio que la publique y demás características relevantes.

- Visualizar y superponer mapas, ortofotos datos geográficos de diferentes organismos, con diferentes sistemas de referencia, en distintos formatos y con propiedades heterogéneas.
- Buscar una entidad geográfica por su nombre y ver dónde se ubica sobre una cartografía.
- Acceder a las entidades geográficas en un formato estándar, así como a sus atributos, coordenadas, topología y geometría.
- Realizar operaciones de análisis básicas, como enrutamiento, cálculo de perfiles o análisis de superficies.
- Realizar transformaciones de un modelo de datos a otro diferente, si ambos están descritos de forma normalizada.

2.2 Servidores de mapas

Actualmente existe una diversidad de servidores de mapas, de código abierto que aportan servicios gratuitos (Monge de la Cruz, 2010).

Se define un servidor de mapas como el motor que permite la visualización de mapas en una página web, el cual debe configurarse en conjunto con el servidor web para mostrar una adecuada imagen de los mapas (Mitchell, 2005).

Los mapas se generan a partir de datos espaciales, estos se encuentran almacenados de forma local o remota, para lo cual, los servidores de mapas tienen la capacidad de integrar dichos datos de diversas fuentes en una aplicación, la cual se muestra como una interfaz gráfica a través de un navegador Web que permite interactuar con los mapas (Monge de la Cruz, 2010).

2.2.1 Alcance de los Servidores de Mapas (Mitchell, 2005).

- Generación de mapas.
- Superposición dinámica visual y soporte de capas en formato raster o vectorial.
- Consulta y búsqueda de datos para dar respuesta a peticiones relacionadas con información temática descriptiva asociada a los datos espaciales visualizados.
- Geoprocesamiento en cuanto a transformación de proyección geográfica, inserción y edición de nuevos elementos espaciales.
- Gestión de bases de datos alfanuméricas asociadas.

2.2.2 Aplicaciones de un los servidores de mapas

- Análisis de mercados
- Catastro
- Medio ambiente y recursos naturales
- Planificación urbana de localidades
- Protección Civil
- Transporte
- Trazado de infraestructura lineal
- Redes de infraestructura básica

2.3 Web Mapping

El avance de las redes locales y de Internet ha favorecido el acceso a la información geográfica utilizando el paradigma cliente–servidor (Figura 1), para ello es indispensable contar con componentes tanto para el cliente como para el servidor que distribuyan la información y que se pueda acceder a ella (Olaya V. , 2014).

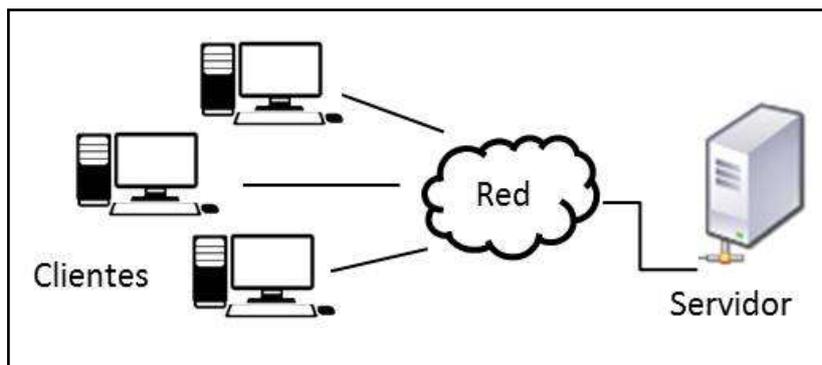


Figura 1: Modelo Cliente-Servidor.

En los servidores de mapas de las IDE generalmente se lleva a cabo el proceso de Web Mapping, los pasos para lograrlo son diseñar, implementar, generar y mostrar mapas en la World Wide Web, lo que es frecuentemente un medio de presentación de la información geográfica en la web (Sadoun, Al-Bayari, & Al-Rawashdeh, 2011). De tal forma que las tecnologías de Web Mapping permiten incorporar las ideas de los SIG dentro de páginas Web, utilizando un navegador Web como aplicación principal (Olaya V. , 2014).

El Web Mapping es una técnica que permite la visualización de datos espaciales a través de Internet, siendo necesario el uso de un navegador para mostrar los datos geográficos el cual tiene acceso a una interfaz propia. El Web Mapping es una alternativa en la consulta de información, que también se puede combinar con metodologías como: informes y gráficos. Por lo tanto, recordando que no es un SIG, puede indicar algunas ventajas y desventajas (Parma, 2007).

Ventajas:

- Creación de aplicaciones más fácil de utilizar.
- Sólo necesita un navegador.
- El usuario sólo necesita una estación con acceso a Internet / intranet.
- La información está centralizada en el servidor de mapas.
- Tiene una gran interoperabilidad, ya que las aplicaciones web pueden interactuar con cualquier entorno operativo con acceso a la web.

Desventajas:

- Si la conexión a Internet utilizada no es la adecuada, el servidor puede tornarse lento.
- Se debe tener una muy buena capacidad computacional, ya que de lo contrario, la actuación de servidor de mapas puede no ser muy ágil.
- Si las operaciones de procesamiento con datos son muy pesados, por lo general no son posibles en un entorno web.

2.4 Bases de datos espaciales

Una Base de Datos Espacial o Geodatabase es un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica, ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas en un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD) (Ortega Ochoa, 2014), la cual permite describir los objetos espaciales que la forman a través de tres características básicas: atributos, localización y topología. Los atributos representan características de los objetos que nos permiten identificarlos (Gutiérrez, 2006).

La localización, representada por la geometría del objeto y su ubicación espacial de acuerdo a un sistema de referencia, permite saber dónde está el objeto, qué espacio ocupa y la topología definida por medio de las relaciones conceptuales y espaciales entre los objetos, permite mejorar la interpretación semántica del contexto y establecer ciertas jerarquías de elementos a través de sus relaciones (Gutiérrez, 2006).

Una base de datos puede, por tanto, constituirse con cualquier tipo de datos puramente espacial (geometrías) tales como los que se utilizan en un SIG, así, los datos numéricos y alfanuméricos constituyen la componente temática de la información geoespacial, Algunas ventajas de utilizar Bases de Datos Espaciales son (Olaya V. , 2014):

Mayor independencia. Los datos presentan independencia de las aplicaciones que los utilizan, así como de los usuarios.

Mayor disponibilidad. Se facilita el acceso a los datos, haciéndolos útiles para un mayor número de usuarios.

Mayor seguridad. Los datos están más protegidos ya que al estar centralizado el acceso a los mismos, existe una verdadera sincronización de todo el trabajo que se haya podido hacer sobre estos como por ejemplo las modificaciones, por lo tanto, esa copia de seguridad servirá a todos los usuarios.

Menor redundancia. Los datos permanecen en una única instancia en la base de datos. Esto redundante en menor volumen de datos y presenta mayor rapidez de acceso.

Mayor coherencia. Presenta mejor calidad de los datos y por lo tanto de los resultados.

Mayor eficiencia. Facilita el acceso a los datos y hace más sencilla su explotación, de tal manera que los resultados son más eficientes.

Mayor valor informativo. Facilita el extraer la información que los datos contienen, ya que una de las funciones de la base de datos es aumentar el valor de estos como fuente de información.

Reutilización de datos. Facilita la posibilidad para compartir los datos, la principal bondad de una base de datos es la centralización que supone de todos los datos con los que se trabaja, con las consecuencias que ello tiene para una mejor gestión, acceso o estructuración de estos.

2.5 Metadatos

Los metadatos, son las descripciones de los datos y los servicios disponibles; es la documentación que permiten conocer al usuario las características de calidad, actualidad, disponibilidad, propiedad, etc. de los datos, y las capacidades técnicas de los servicios, los cuales se encuentran descritos en el servidor de catálogos (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

La utilidad de los metadatos puede simplificarse en tres tipos de operaciones fundamentales o niveles de aplicación según los objetivos perseguidos

Las operaciones básicas para hacer uso de los metadatos se pueden simplificar en 3 conceptos fundamentales, (Iniesto & Núñez, 2014) las cuales se describen a continuación:

Localizar: Esta operación tiene como objetivo la búsqueda de información con la finalidad de descubrir qué datos y servicios geográficos existen e identificarlos sin ambigüedades. Aquí se responderán a preguntas del tipo qué, dónde, cuándo, quién y cómo, para identificar y localizar los tipos de datos y servicios que se requieren.

Analizar: Esta operación tiene como objetivo la evaluación de los datos y servicios localizados para determinar si satisfacen los requisitos del proyecto o aplicación que quiere realizarse. En esta parte, los metadatos deben incluir información suficiente para comparar distintas fuentes de datos y servicios, y poder decidir si los datos o servicios son los adecuados para un propósito específico, valorar sus propiedades, así como hacer referencia a algún contacto para obtener más información.

Explotar: Esta última operación tiene como objetivo dar a conocer sobre cómo se pueden utilizar los datos o combinarlos con otros para un determinado propósito. Los metadatos deben incluir propiedades necesarias para el acceso, descarga, interpretación y uso de los datos. Con frecuencia, incluye también diccionario de datos, proyección espacial, características geométricas y otros parámetros útiles para el uso apropiado de los datos geográficos.

2.6 Aspecto computacional: Software libre

El término software libre referencia a las libertades que puede ejercer quien lo recibe. Entre sus ventajas más significativas encontramos las siguientes: libertad para ejecutar el programa, con cualquier propósito; libertad para modificarlo y adaptarlo a nuestras necesidades. Se requiere el acceso al código fuente; libertad

de redistribución, ya sea gratuita o bajo algún costo; libertad para mejorar, publicar y distribuir las mejoras del programa (Stallman, 2004).

Algunas de las diferentes plataformas de Servidores de mapa o aplicaciones que existen en software libre son: MapServer, Geomajas, GeoMoose, GeoServer, MapBuilder, Mapbender, MapFish, Deegree, MapGuide Open Source, OpenLayers (OSGeo.org, 2017).

Las Librerías Geoespaciales son herramientas que proporcionan métodos para la manipulación, procesamiento y visualización de información geoespacial, algunos ejemplos de Librerías geoespaciales son: FDO, GDAL/OGR, GEOS, GeoTools, OSSIM, PostGIS (OSGeo.org, 2017).

2.7 Normalización en la Información Geográfica

2.7.1 Normas ISO

Uno de los objetivos más importantes de la serie de normas ISO 19100 es permitir que los conjuntos de datos geoespaciales puedan interactuar entre los diferentes modelos de datos y aplicaciones. Existen niveles de calidad y es importante que los usuarios conozcan cómo pueden utilizar los conjuntos de datos en una aplicación (Akobsson & Giversen, 2007).

Los estándares de calidad relacionados con la familia ISO 19100 son (Akobsson & Giversen, 2007):

- ISO 19113 Información Geográfica - Principios de calidad.
- ISO 19114 Información Geográfica - Procedimientos de evaluación de la calidad.
- ISO 19138 Información Geográfica - Medidas de calidad de datos.
- ISO 19115 Información Geográfica – Metadatos.

- ISO 19139 Información Geográfica - Metadatos - Implementación de esquemas XML.
- ISO 19131 Información Geográfica - Especificaciones de productos de datos.
- ISO 19128 Información Geográfica – Interface del Servidor de Mapas.

2.7.2 Open Geospatial Consortium (OGC)

El Open Geospatial Consortium (OGC) es una organización internacional sin fines de lucro, conformado por miembros de los sectores gubernamentales, académicos y empresas de los sectores público y privado, dedicado al desarrollo de estándares de servicios basados en localización y Geoinformación (Iniesto & Núñez, 2014). Su objetivo es promover el desarrollo y uso de estándares y tecnologías abiertas en el campo de la IG, para lograr que los servicios estén disponibles a través de cualquier red, aplicación o sistema. Para ello define, por consenso, especificaciones de interoperabilidad que están disponibles para uso global (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

2.7.2.1 Principales estándares establecidos por la OGC

Estándar WMS: Web Map Service, es una operación para obtener mapas (Get-Map) de una zona definida por su ámbito y dimensiones en píxeles a partir de los datos de una o varias capas, es decir, se realiza la petición de imágenes de mapas registradas desde una o más Bases de Datos Geoespaciales. Generalmente, esta representación se codifica en un formato común en los navegadores de mapas (jpeg, png, gif, tiff, etc.) (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

Estándar WFS: El servicio Web Feature Service ofrece una interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS, como por ejemplo, editar la imagen que nos ofrece el servicio WMS o analizar la imagen siguiendo criterios geográficos (Geoportaligm, 2016). Este servicio ofrece acceso directo y detallado a la información geográfica y especifica operaciones de descubrimiento, el cual permite determinar las capacidades y define los tipos de características que ofrece el servicio; operaciones de consulta,

que permiten recuperar características o valores de propiedades del almacén de datos; operaciones de bloqueo, que permiten el acceso exclusivo a las funciones con el fin de modificarlas o eliminarlas; operaciones de transacción, que permiten crear, cambiar, reemplazar y eliminar funciones del almacén de datos: y operaciones para gestionar expresiones de consulta que permiten a los clientes crear, eliminar, enumerar y describir expresiones de consulta almacenadas y parametrizadas (OGC, 2018).

Estándar CSW: Catalogue Service for the Web, es el Servicio de Catálogo estándar el cual define una interfaz común para el descubrimiento, búsqueda y consulta de metadatos relacionados a datos, servicios y recursos de tipo geográfico (Geoportaligm, 2014).

Estándar WPS: Web Processing Service, es el Servicio de procesamiento web, el cual proporciona reglas para estandarizar solicitudes y respuestas para los servicios de procesamiento geoespacial. Este estándar, define una interfaz que facilita la publicación de procesos geoespaciales y la vinculación de esos procesos por parte de los clientes. Los datos requeridos por el WPS pueden navegar a través de una red o pueden estar disponibles en el servidor (OGC, 2018).

Estándar SLD: Style Layer Descriptor, permite al usuario definir nuevos estilos de simbolización. SLD es una extensión del WMS que describe ampliaciones de la petición GetMap para solicitar estilos definidos por el usuario a un servidor WMS (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012). Estándar SLD aborda la necesidad los usuarios para controlar la representación visual de los datos geoespaciales, así como la capacidad de definir sus propias reglas de estilo permitiendo el acceso estandarizado a símbolos de leyenda (OGC, 2018).

Estándar WMTS: Web Map Tile Service, el servicio de mosaico de mapa web, el cual reserva el espacio en un conjunto de niveles de zoom predefinidos y para cada uno de ellos define una matriz de teselas. Las teselas sólo se pueden obtener una por una a partir de la petición de obtener mosaico (GetTile), permitiendo que las interacciones utilizadas muy frecuentemente resulten más

ágiles que los servidores WMS en igualdad de condiciones (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

2.8 Interoperabilidad

Interoperabilidad de la información geográfica puede definirse como la capacidad de intercambiar y usar información respetando la normativa para cumplir con ese objetivo. Según el Real Decreto 4/2010, “la interoperabilidad es la capacidad de los sistemas de información y de los procedimientos a los que éstos dan soporte, de compartir datos y posibilitar el intercambio de información y conocimiento entre ellos” (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012)

La norma ISO 19119 sobre servicios web define el concepto de interoperabilidad como “la capacidad para comunicar, ejecutar programas, o transferir datos entre varias unidades funcionales sin necesitar que el usuario conozca las características de esas unidades.” La obligación de lograr la interoperabilidad conduce a la necesidad de abordar la creación y adopción de estándares (Bernabé Poveda & López Vázquez, 2012).

La interoperabilidad no es sino la capacidad de poder emplear conjuntamente aplicaciones y datos diversos de forma que éstos se “entiendan” entre sí y no existan dificultades derivadas del empleo de distintos formatos o estructuras. Por ejemplo, cuando consultamos una página web utilizamos un cliente (nuestro navegador web) y un servidor (aquel instalado en la máquina donde se almacena la página consultada, y que nos proporciona el servicio de enviarla hasta nuestro ordenador), y hacemos uso de unos datos (los que constituyen la página en sí). El proceso es posible gracias a que cliente y servidor se comunican en una lengua común, y a que los datos que el cliente recibe también se expresan según una forma estandarizada que permite que dicho cliente pueda interpretarlos y mostrarnos el resultado en pantalla (Olaya, 2009).

2.9 Marco legal

El marco legal se refiere a la existencia de un mandato de carácter constitucional, pues esa es la única vía que puede dar vida a un concepto tipo IDE. Sin embargo,

la calidad filosófica del marco legal, el contenido y equilibrio de sus partes, sus alcances, su visión y su reglamentación serán las pautas que dictarán el destino de la IDE así como sus resultados. El marco legal podría incluir capítulos para la organización, la institución líder, las políticas para datos e información, las políticas para la creación y conservación de capital intelectual, los grupos de datos espaciales, la normatividad técnica y la tecnología, y las políticas para el establecimiento de IDE en todos los niveles estatales y municipales, así como las de orden regional (Olvera, 2014).

2.10 Normas

Las normas en conjunto con las especificaciones técnicas regulan la interoperabilidad y la producción de datos espaciales e información de diferentes proveedores de datos entre diferentes organizaciones, de diversos niveles, desde los institucionales, hasta los de gobiernos, los regionales y los internacionales, de tal manera que existen elementos importantes que deben producirse en el entorno de la normatividad, por ejemplo, documentos terminológicos y catálogos, modelos y diccionarios de datos, sin los que los usuarios de las IDE y de los datos enfrenten serias dificultades para moverse apropiada y confortablemente en el mundo de los datos espaciales (Olvera, 2014).

2.11 Políticas

Al establecer políticas para la publicación de datos hay que considerar algunos aspectos legales para datos espaciales, tales como la propiedad de los datos, los derechos de autor, la protección de la privacidad, los derechos de acceso a los datos producidos con dinero público y en posesión de los gobiernos, las licencias de uso y los precios, son conceptos que requieren una claridad meridiana en el actual contexto digital y de Internet, pues aunque las soluciones tecnológicas son importantes, por sí solas no son suficientes, y junto con las soluciones legales puede construirse un entramado sólido, confiable y eficiente para que facilite el crecimiento y la evolución de la IDE y de sus intereses en beneficio de la ciudadanía (Olvera, 2014).

3. Antecedentes

3.1 Inicio de las IDE

Si bien, uno de los elementos fundamentales en el concepto de IDE es el de facilitar el acceso a información geográfica haciendo uso de un conjunto de estándares, protocolos y especificaciones, por ende, las IDE facilitan los medios de transporte para el flujo de información geográfica (Canut C. G., 2006).

Para tener una mayor perspectiva de por qué surgen las IDE, es necesario ver la evolución y desarrollo de los primeros Sistemas de Información Geográfica ya que estos tienen influencia significativa en el desarrollo de éstas (Canut C. G., 2006).

Los primeros paquetes SIG se desarrollaron para tareas muy específicas y requerían pesados sistemas informáticos que estaban ubicados normalmente en universidades o departamentos gubernamentales. En la década de 1970, se comenzaron a ofrecer paquetes de SIG por parte de empresas privadas, Intergraph y Environmental Systems Research Institute (ESRI) surgieron como los principales proveedores de software SIG (Martínez de Antoñana, 2008).

Hasta no hace mucho tiempo (en la década de los años 80), no había ni suficiente ni buena información geográfica, los datos no estaban disponibles a todo el público sino que eran propiedad de los distintos departamentos gubernamentales, además que su adquisición era costosa. La información iba de la mano del sistema gestor utilizado y estos, además de ser lo sumamente costosos, limitaban en gran medida la difusión y uso de la información en otras plataformas (Martínez de Antoñana, 2008).

A partir de ese momento, comienza una desmedida carrera por producir enormes cantidades de información geográfica para consumo interno, pero tenían la desventaja que el acceso a esta información resultaba caro y complejo.

Es entonces cuando se comienza a hablar de infraestructura como elemento capaz de impulsar la creación de un mayor número de aplicaciones. A partir de 1992 comienzan a surgir plataformas como: ArcView, un sistema de escritorio con

una interfaz gráfica que mostró una importante mejora en la usabilidad de la información, además surgieron otras plataformas como MapInfo, Geomedia, SmallWorld, etc. A finales de 1990, los SIG se empiezan a adoptar poco a poco en la iniciativa privada. Posteriormente surgió el desarrollo servidores de mapas, que permite distribuir mapas y análisis espacial a través de Internet, estos aumentan la disponibilidad de los datos espaciales. Enseguida comienzan a surgir importantes iniciativas de “software libre” relacionadas con estas tecnologías que, hoy día, tienen ya una gran cantidad de usuarios (Martínez de Antoñana, 2008).

Dos grandes acontecimientos políticos que marcaron el surgimiento formal del término de Infraestructura de Datos Espaciales: el primero, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro en 1992 (Iniesto & Núñez, 2014), este evento desencadena que en 1993 surja el término Infraestructura de Datos Espaciales por el U.S. National Research Council y en el año 1994, el gobierno norteamericano crea la NSDI (National Spatial Data Infrastructure) y ese mismo año se funda el Open GIS Consortium, actualmente Open Geospatial Consortium (OGC). El segundo acontecimiento, la iniciativa INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), iniciativa de la Comisión Europea cuyo funcionamiento se recoge en la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, publicada en el Diario Oficial de la UE (DOUE) el 25 de Abril de 2007, que tiene como objetivo la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales en Europa, es aquí cuando a inicios del año 2002, la idea de generar a nivel europeo, Información Geográfica procedente de diferentes fuentes para compartirla entre todo tipo de usuarios y sobre distintas plataformas informáticas. Finalmente se aprueba la Directiva INSPIRE en el año 2007 (Martínez de Antoñana, 2008).

3.2 Desarrollo científico y tecnológico

Actualmente se están viviendo cambios importantes en lo referente al proceso de recoger y producir datos espaciales. Gracias a los avances tecnológicos en informática y telecomunicaciones han mejorado y continúan mejorando la capacidad y rapidez de procesamiento, almacenamiento y representación de

información, a su vez, permiten que dicha información sea compartida con fluidez entre los usuarios (i Subirana, 2004).

Dichos avances han ocasionado que en la actualidad se disponga de un gran volumen de datos georreferenciados (desde mapas topográficos hasta medidas hechas para ubicar terrenos). En este contexto, las IDE pretenden clasificar y poner a disposición del público en general toda esta información que se genere ya que con frecuencia, es desconocida o no tiene canales adecuados para su difusión (i Subirana, 2004).

Un ejemplo claro de aportaciones que ofrecen las IDE sería el geoportal de la CGDI (Canadian Geospatial Data Infrastructure) se diseñó para atender las cuatro prioridades principales jerarquizadas a nivel del país: Seguridad Pública, Salud Pública, Comunidades aborígenes y Medioambiente (Martínez de Antoñana, 2008).

Por otro lado, desde el punto de vista tecnológico, se puede destacar que los Servicios Web estandarizados proporcionan flexibilidad permitiendo su fácil implementación, de tal manera que la IDE contribuye a impulsar otros tipos de Servicios Web como, por ejemplo, los Servicios Basados en la Localización (Location Based Services, LBS), que ya están haciendo un uso intensivo de los Servicios Web (i Subirana, 2004).

3.3 Necesidades actuales y futuras

El camino a seguir para que las IDE se establezcan y reconozcan como tal, es poner al alcance de la sociedad la integración de IG, creando así una noción más participativa de infraestructuras de datos (Simmons, 2015). El desarrollo de las Infraestructura de Datos Espaciales ha tenido que recorrer un largo y complejo camino en el que se ven implicados muchos factores. No es fácil desarrollar herramientas que sean aceptadas en el ámbito internacional, que sean capaces de funcionar y de interoperar de una manera coherente y homogénea independientemente de si el usuario está en un lugar del mundo o en otro. Las tecnologías de la información geográfica nos permiten resolver con gran facilidad,

rapidez y escaso coste dónde está sucediendo el suceso (Martínez de Antoñana, 2008).

Debido a la falta de mejoras con respecto a los medios de distribución y acceso del público a los datos que se están generando, surge la necesidad de resolver diversos problemas: la información suele estar dispersa por las redes y son difíciles de encontrar, existen dificultades para contactar con los productores de los datos y en muchos de los casos ese productor no tiene bien documentada la información, los datos pueden estar desfasados o incompletos. También es frecuente encontrar problemas de actitud y desconfianza para dar a conocer o compartir los datos, existe poca experiencia o predisposición para actuar en equipo, trabas administrativas o precios prohibitivos para la adquisición de esos datos (i Subirana, 2004).

Las futuras generaciones, pasarán por IDE en entornos virtuales, probablemente coincidiendo con el desarrollo del GIS Cloud, donde la sociedad, conectada continuamente a la red, es agente pasivo y activo en el consumo y creación de información geográfica. Hay otro aspecto en el que las IDE tendrán que evolucionar, se trata de la normalización de la misma, atendiendo aspectos tales como: datos, metadatos y servicios OGC normalizados, establecer elementos mínimos que debe abarcar una IDE. Asociado a estos aspectos surgen las posibilidades de futuros e importantes desarrollos. Por ejemplo, podría ser que la siguiente herramienta o servicio a desarrollar, una vez definidas formalmente las IDE, sean los test de comprobación de cumplimiento de modelos formales. También el desarrollo de nuevos servicios y además el tratamiento específico de información 3D. (Martínez de Antoñana, 2008).

3.4 IDE a nivel internacional

Existe una iniciativa IDE a nivel mundial auspiciada por la ONU, la Global Spatial Data Infrastructure (GSDI) con la posibilidad de crear IDE temáticas por parte de un grupo de interés, una institución representativa o similar, que engloba los datos espaciales de un sector concreto de actividad o conocimiento. Simplemente, estas

IDE temáticas deberán registrarse en la IDE oficial correspondiente a su ámbito territorial (i Subirana, 2004).

Los administradores de las IDE deben actuar como proveedores de servicios de consulta, visualización y acceso llamados Geoportales; deben hacerse cargo del registro de los proveedores de información para hacerlos públicos; deben ocuparse de los datos de referencia básicos; estimular la generación de datos temáticos prioritarios y establecer la accesibilidad a los datos espaciales (i Subirana, 2004).

3.4.1 Infraestructura de datos espaciales de España

El Geoportal de la IDE de España se define como “es el Geoportal oficial de la IDE Nacional de España y tiene como objetivos difundir las IDE, fomentar los desarrollos interoperables, contribuir a la implementación de la Directiva INSPIRE, servir como punto de distribución de información relacionada con esos temas y dar visibilidad a todos los recursos IDE existentes en nuestro país, como servicios web, catálogos, Geoportales y centros de descarga.” (García, 2007), (Figura 2).



Figura 2: Página de inicio de la IDEE
Fuente: <http://www.ideo.es/>

Los objetivos de la IDE de España giran en torno a cuatro puntos Rodríguez et al. (2006).

- Facilitar a las administraciones públicas el poder compartir de manera eficaz la IG para evitar duplicidades de esfuerzo y garantizar la utilización del conjunto de datos geográficos básicos (datos de referencia).
- Contribuir a la administración electrónica de manera que toda la gestión burocrática en la que intervenga un plano o documento cartográfico pueda ser automatizado.
- Poner a disposición del ciudadano toda IG gestionada por administraciones públicas a través de servicios IDE libres, abiertos y gratuitos, por lo menos en cuanto a búsqueda en el catálogo y visualización.
- Ampliar la IDE al sector privado y público en general, no solo poniendo a su disposición datos y servicios geográficos, sino también brindándoles la posibilidad de publicar sus datos espaciales y sus servicios.

El proyecto IDEE sigue la filosofía de la propuesta de la directiva INSPIRE, y es conforme a las especificaciones OGC y a las familia de normas ISO 19100, alineado también con las iniciativas, proyectos y disposiciones legales, que abogan por promover la libre circulación de la información. Ofrece cinco servicios OGC: el servicio de mapas en la web (WMS), servicio de catálogo (CSW) (Figura 3), servicio de Nomenclator (WFS-MNE), servicio de contexto (WMC), servicio de fenómenos (WFS), y servicio de coberturas (WCS). Integra un total de más de 28 servidores que ofrecen servicios y permiten el acceso a más de 560 capas de información disponible, ofrecidas por instancias gubernamentales en los ámbitos estatal, regional y local, universidades empresas privadas, etc. Presenta una interfaz en siete idiomas (español, inglés, vasco, catalán, gallego, portugués y francés para facilitar la interoperabilidad semántica con los servicios de los países vecinos Rodríguez et al. (2006).

Figura 3: Búsqueda de metadatos.

Fuente: <http://www.ideandalucia.es/catalogo/inspire/apps/busador/formulario/>

Datos disponibles en la IDEE:

Información de las bases cartográficas numéricas del Instituto geográfico nacional a escalas 1:1.000.000, 1:200.000 y 1:25.000, así como los modelos digitales de terreno (MDT), datos temáticos, y una buena parte del Atlas Nacional de España.

El visualizador del Geoportal IDEE, presenta además algunas funcionalidades tales como:

- Imprimir la cartografía que se ve en cada momento en pantalla, utilizando un marco estándar, cierta información como leyenda, título, escala (Figura 4).
- Guardar la imagen que se está mostrando en el visualizador en una variedad de formatos (jpg, png, gif, entre otros).
- Superponer interactivamente un servicio de mapas del que conocemos su dirección URL.

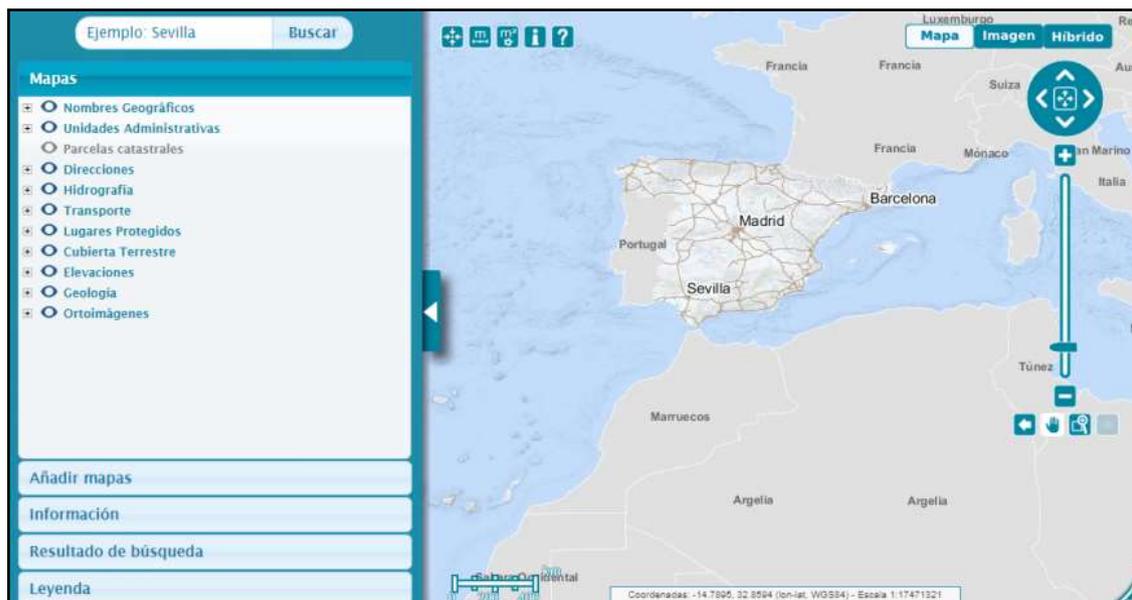


Figura 4: Visualizador IDEE
Fuente: <http://www.idee.es/visualizador/>

Sin lugar a dudas, la IDEE es una IDE muy completa y con mucha información disponible, que impulsa la creación de nuevas IDE y por supuesto, promueve el compartir información geoespacial

3.4.2 Infraestructura de datos espaciales de Ecuador

La Gestión de Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto Geográfico Militar (IGM) tiene como objetivo principal proveer servicios geográficos de los productos generados en el IGM, basados en normas y estándares nacionales e internacionales aplicados en la temática; resultado de esto se obtienen los siguientes documentos (Figuras 5 y 6) (IGM, 2008):

- Proyecto de Base de Datos Espaciales – Año: 2011
- Infraestructura de Datos Espaciales – Año: 2008
- Conferencia: “Como construir una IDE Nacional” – Año: 2008
- Definiciones Básicas de una IDE – Año: 2008

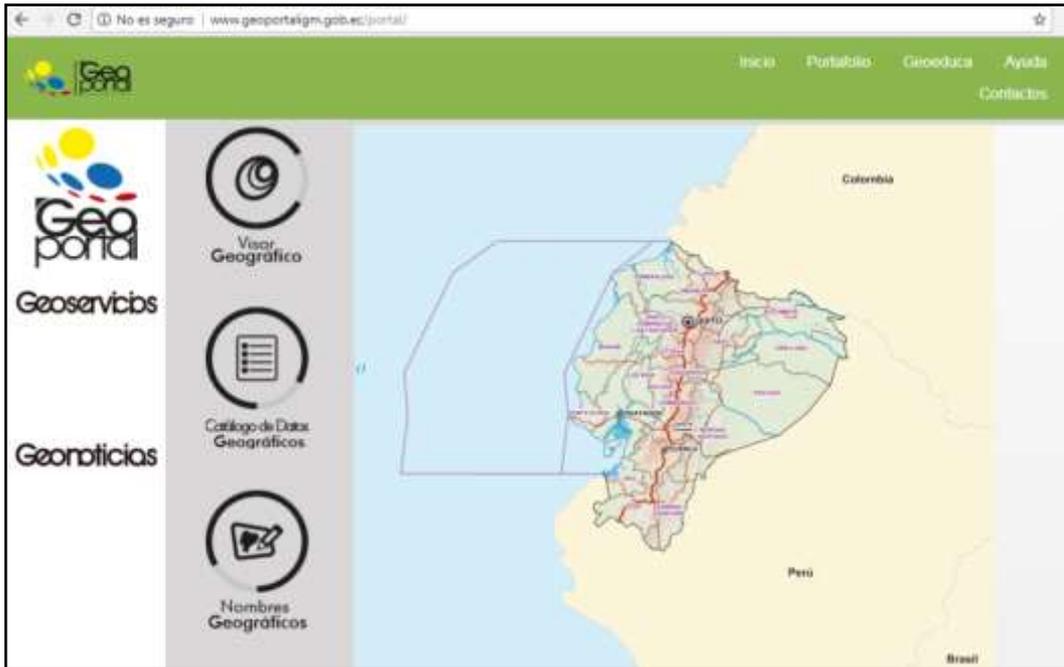


Figura 5: Página de inicio IDE Ecuador
Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>

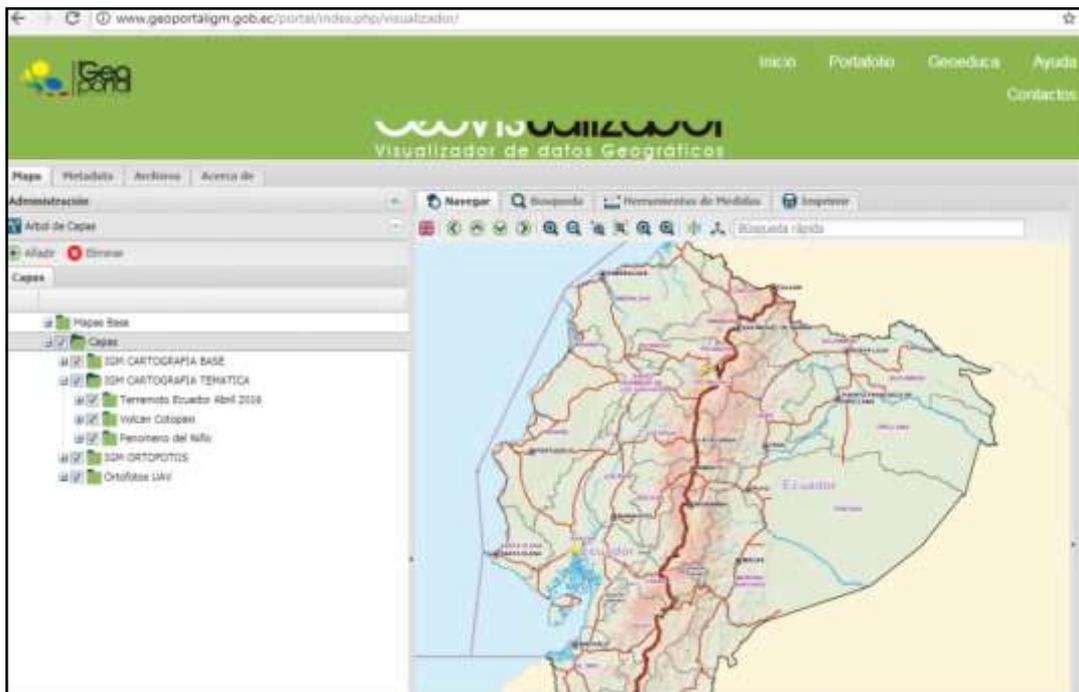


Figura 6: Geovisualizador IDE Ecuador.
Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/visualizador/>

Servicios que presta la IDE Ecuador:

Servicio WMS: El servicio Web Map Service (WMS) basado en el OGC (Open Geospatial Consortium) el cual produce mapas de datos espaciales referidos de forma dinámica a partir de la Información Geográfica producida. Los mapas producidos por WMS se generan normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG (IGM, 2014) (Figura 7).



Figura 7: Descarga de Servicios WMS.

Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wms-del-igm/>

Servicio WFS: El servicio Web Feature Service, basado en el estándar del Open Geospatial Consortium, que ofrece un interfaz de comunicación que permite interactuar con los mapas servidos por el estándar WMS, como por ejemplo, editar la imagen que nos ofrece el servicio WMS o analizar la imagen siguiendo criterios geográficos. Para realizar estas operaciones se utiliza el lenguaje GML que deriva del XML, que es el estándar a través del que se transmiten las ordenes WFS. (IGM, 2014) (Figura 8).



Figura 8: Descarga de Servicios WFS.

Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wfs-del-igm/>

Servicio CSW: El Servicio de Catálogo, es un estándar diseñado por el Open Geospatial Consortium, el cual define una interfaz común para el descubrimiento, búsqueda y consulta de metadatos relacionados a datos, servicios y recursos de tipo geográfico (IGM, 2014) (Figura 9).



Figura 9: Descarga de Servicios CSW.

Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-csw-del-igm/>

Servicio TMS: Basado en OSGeo (Open Source Geospatial Foundation) ofrece una especificación, TMS (Tile Map Service Especificación), donde se describe una solución para la comunicación entre cliente / servidor utilizando un servicio de tiles el cual ayuda principalmente a mejorar los servicios de mapas, pues se consigue aumentar la escalabilidad y así poder hacer frente a las peticiones de los muchos usuarios que acceden a los servicios de mapas (IGM, 2014) (Figura 10).



Figura 10: Descarga de Servicios TMS.

Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-tms-del-igm/>

Servicio WMS-C: La experiencia en el uso de los servicios de mapas basados en la especificación Web Map Service (WMS) del OGC ha demostrado que es necesario utilizar cachés de teselas para lograr un rendimiento aceptable las nuestras aplicaciones. Por lo que, para definir una estructura de visualización se aplica la recomendación Web Map Context (WMC) del OGC (IGM, 2014) (Figura 11).



Figura 11: Descarga de Servicios WMS-C.

Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wms-c-del-igm/>

Servicio WMTS: El WMTS de OGC proporciona un enfoque complementario al WMS; es un servicio escalable y cacheable que usa un modelo de teselas (tiling model) parametrizado de tal manera que un cliente puede hacer peticiones de un conjunto discreto de valores y recibir rápidamente del servidor fragmentos de imágenes prerenderizadas (tiles) que generalmente ya no requieren de ninguna manipulación posterior para ser mostrados en pantalla (IGM, 2004) (Figura 12).



Figura 12: Descarga de Servicios CSW.

Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wmts-del-igm/>

Además, el Geoportal de Ecuador cuenta con un catálogo de datos geográficos el cual se pueden hacer consulta de metadatos, servicios y mapas (Figura 13), también se pueden realizar consultas de Fotografías aéreas digitales (Figura 14).

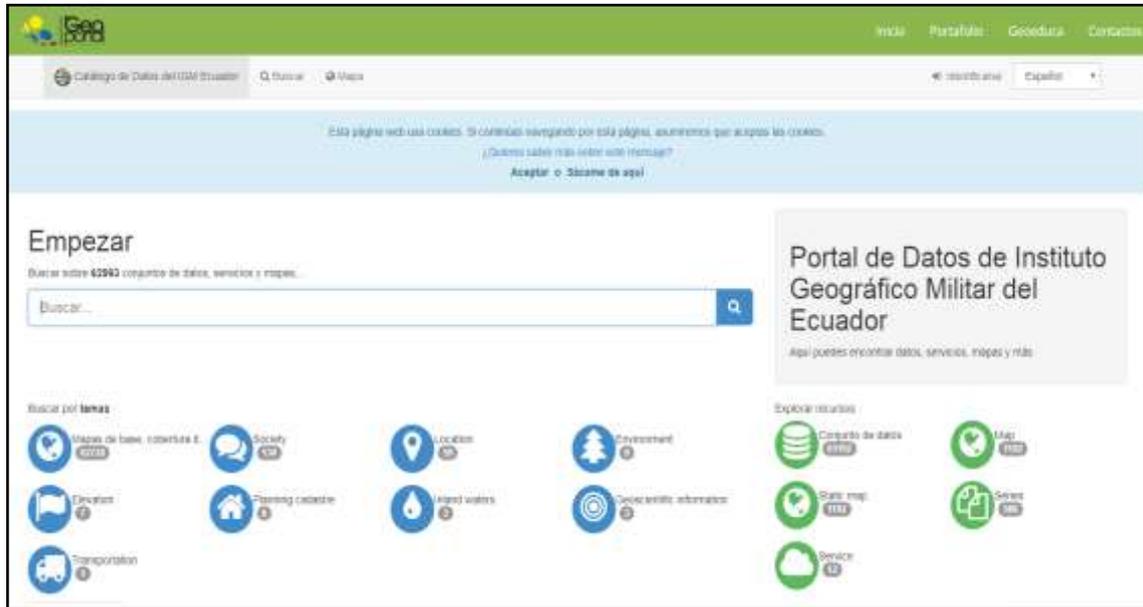


Figura 13: Búsqueda de Metadatos IDE Ecuador

Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/catalogo-de-datos/>



Figura 14: Catálogo de Metadatos IDE Ecuador

Fuente: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/catalogo-de-datos/>

3.4.3 Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Argentina

La Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) es una comunidad de información geoespacial que tiene como objetivo propiciar la publicación de datos, productos y servicios, de manera eficiente y oportuna como un aporte fundamental a la democratización del acceso de la información producida por el Estado y diversos actores, y al apoyo en la toma de decisiones en las diferentes actividades de los ámbitos público, privado, académico, no gubernamental y sociedad civil. A través de su representación, IDERA busca mantener un carácter nacional y federal (IGN, 2016) (Figura 15).



Figura 15: Página de inicio de IDERA
Fuente: <http://www.idera.gob.ar/>

Objetivos para IDERA se muestran a continuación (IGN, 2016):

- Fomentar el intercambio de información territorial respetando su autonomía jurisdiccional, conforme a su marco normativo.
- Estimular la cooperación, investigación, complementación y el intercambio de experiencias en áreas de conocimiento relacionadas con la materia espacial.

- Definir lineamientos y estrategias para apoyar a las distintas jurisdicciones en el desarrollo de la información espacial relacionadas con las IDE teniendo en cuenta las necesidades individuales de cada una.

El visualizador IDERA permite acceder a datos, productos y servicios geospaciales, publicados en internet bajo estándares y normas definidos, asegurando su interoperabilidad y propiedad sobre la información (Figura 16).



Figura 16: Visualizador IDERA

Fuente: <http://catalogo.idera.gob.ar/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/map>

IDERA cuenta con bastante información disponible, pero al activar las capas, no posee con la opción de desactivar las que no se deseen, es decir, se tiene que limpiar todo el mapa y agregar de nuevo las capas deseadas. También dispone de servicios de mapas y una funcionalidad que permite añadir capas en formatos WMS, WMTS y KML, sin embargo, entre las herramientas de dibujo que dispone el visualizador, no cuenta con las herramientas de mediciones de área y perímetro de línea o polígono dibujado sobre el mapa, solamente cuenta con mediciones de distancias (Figura 17)

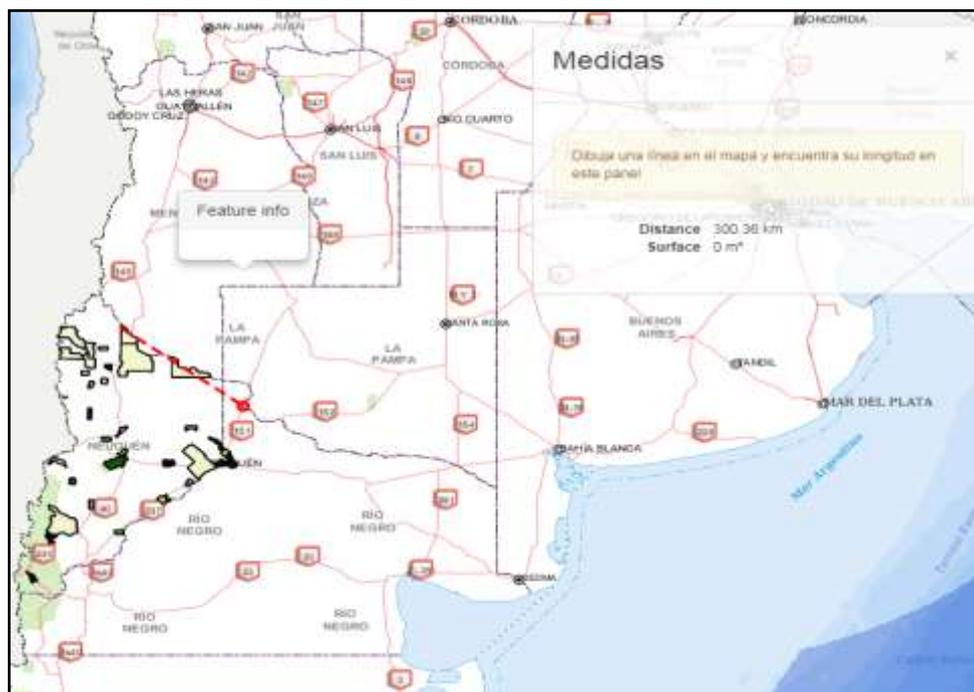


Figura 17: Herramienta de medición de distancias en el Visualizador IDERA
Fuente: <http://catalogo.idera.gob.ar/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/map>

Como ya se mencionó en el párrafo anterior, el portal IDERA dispone de una funcionalidad para añadir capas WMS, sin embargo, al agregar servicios de otros lugares como por ejemplo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (Figura 18) y de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) (Figura 19), muestra error al cargar los datos y por consiguiente, no realiza ningún proceso que muestre los servicios añadidos.

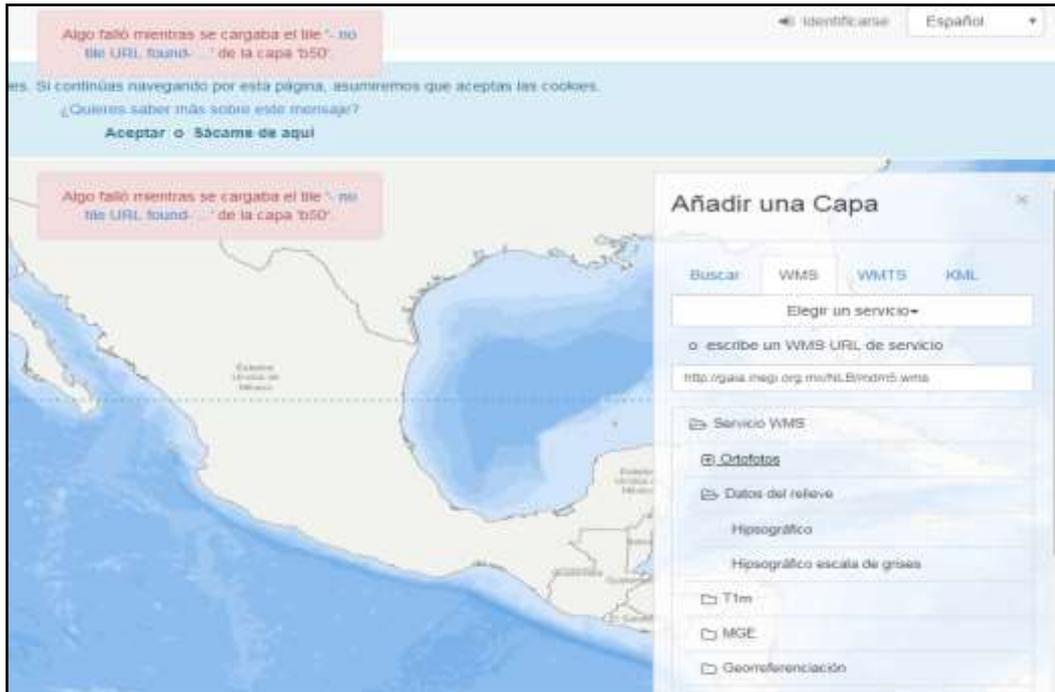


Figura 18: Servicio WMS añadido proporcionado por INEGI
Fuente: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/serviciosweb/infogeografica.aspx>

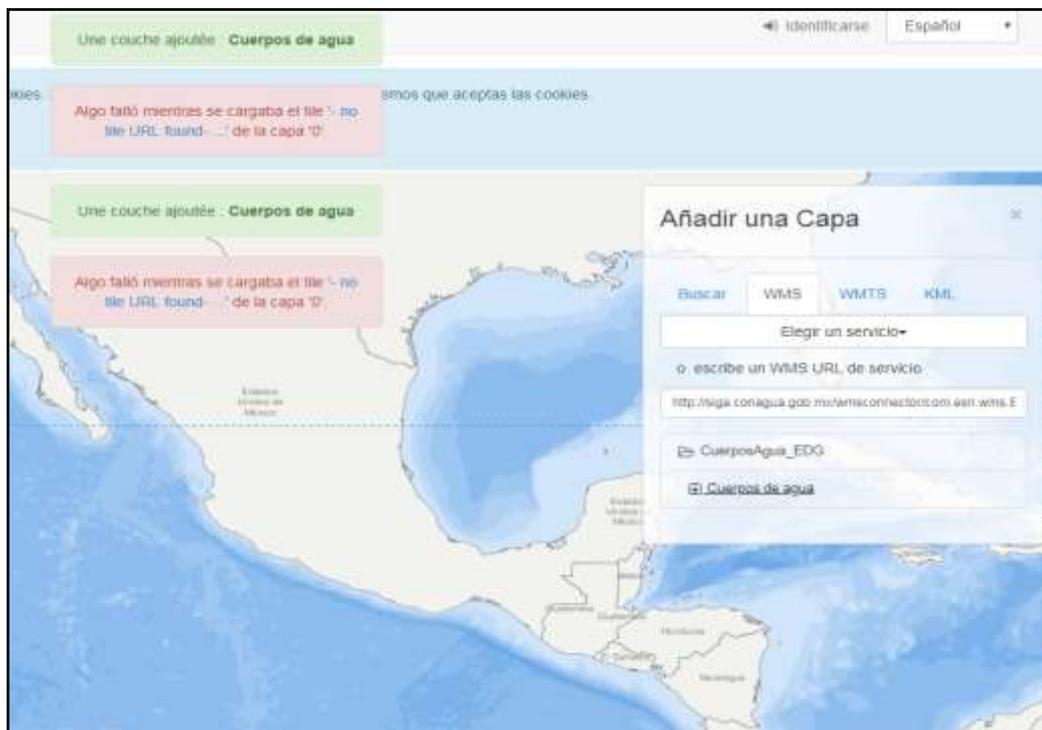


Figura 19: Servicio WMS añadido proporcionado por CONAGUA
Fuente: <http://siga.cna.gob.mx/sections/ServicioWMS.html>

3.4.4 Infraestructura de Datos Geospaciales Chile (IDE Chile)

La Infraestructura de Datos Geospaciales de Chile, IDE Chile, como lo indica en su portal, es un red de instituciones públicas que trabaja de manera coordinada y colaborativa con el objetivo de poner a disposición de toda la comunidad, información geoespacial actualizada y confiable, que sea útil para la gestión pública y privada, atendiendo también a las necesidades ciudadanas (SNIT, 2014) (Figura 20).



Figura 20: Página de inicio de la IDE Chile
Fuente: <http://www.ide.cl/>

Funciones de la IDE Chile

- Coordinar acciones a nivel nacional y regional, destinadas a fortalecer el soporte institucional que requiere una adecuada gestión de la información geoespacial.
- Dar acceso de manera oportuna y expedita a la información geoespacial del país a través de herramientas tecnológicas, procedimientos y buenas prácticas.

- Promover el uso de la información geoespacial en las instituciones del Estado para la generación de políticas públicas y la toma de decisiones.
- Proveer de un marco orientador a todas las instituciones generadoras y usuarias de información geoespacial, en materia de normas, estándares y especificaciones técnicas.
- Apoyar el fortalecimiento y creación de capacidades en generadores, usuarios y tomadores de decisión que intervienen en los procesos de gestión de información geoespacial.

Visualizador IDE Chile

En el visualizador de la IDE Chile se puede encontrar bastante información cartográfica de diferente temática (Figura 21), con su respectiva leyenda y además otras funcionalidades como identificación de datos, superposición de capas, medir, imprimir, entre otras.

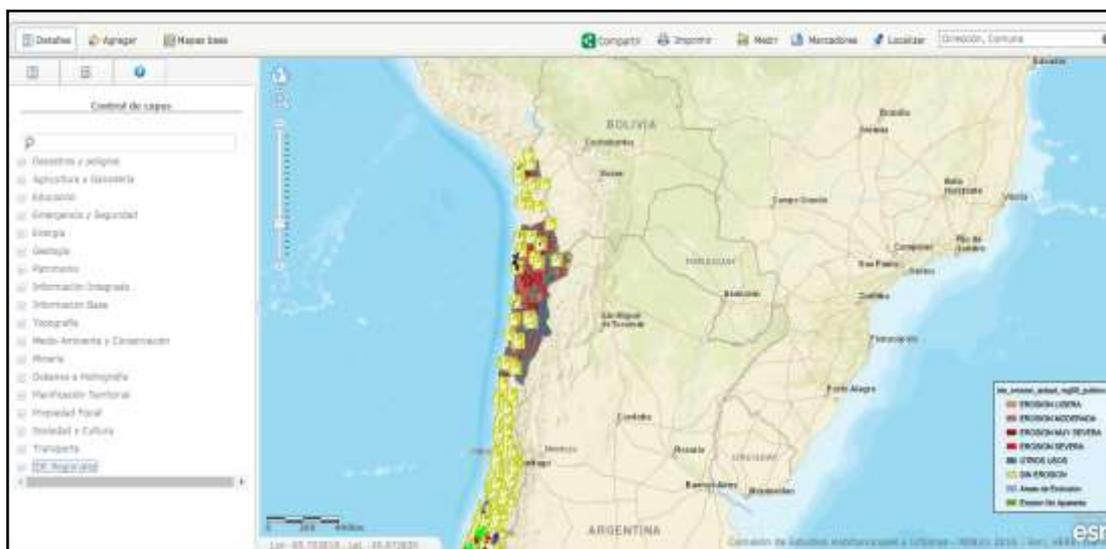


Figura 21: Página de inicio de la IDE Chile
Fuente: <http://catalogo.geoportal.cl/Visor/>

Servicios que proporciona la IDE Chile

La IDE Chile proporciona los servicios de catálogo de metadatos y el servicio WFS, este último se puede descargar en formato shape desde un repositorio con el que la IDE cuenta, además, posee la funcionalidad de poder agregar capas en formato KML y en formato WMS (Figura 22).

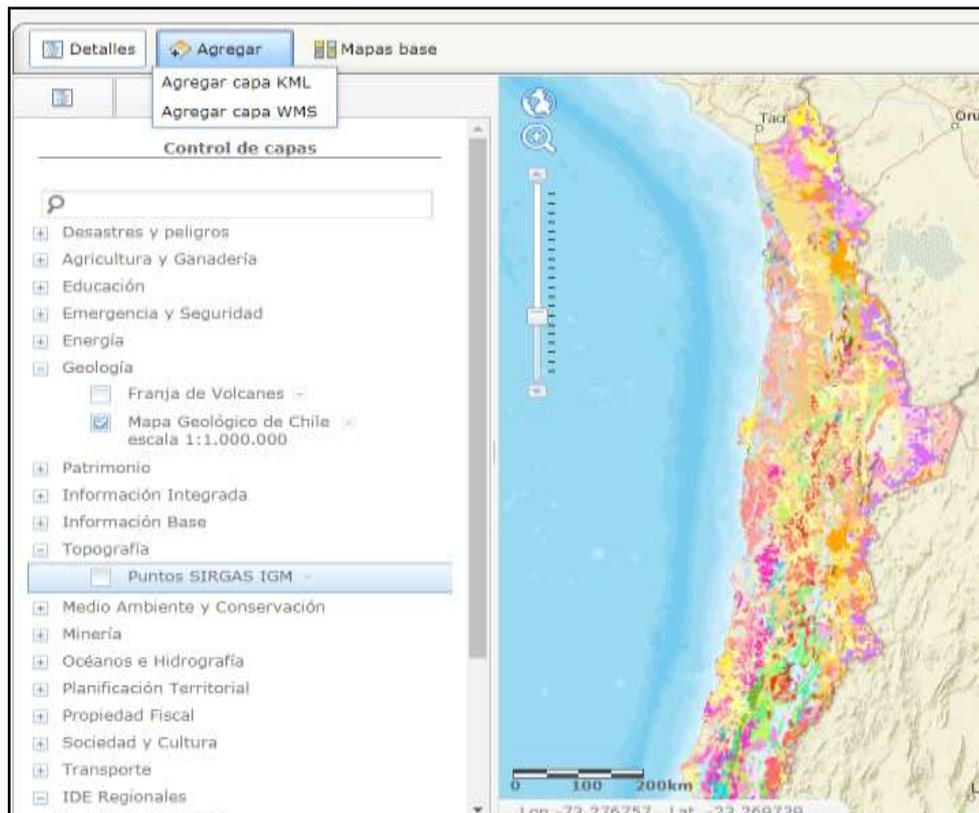


Figura 22: Página de inicio de la IDE Chile
Fuente: <http://catalogo.geoportal.cl/Visor/>

Sin embargo, aunque la IDE Chile dispone de la opción de cargar servicios WMS de fuentes externas, no cuenta con la opción para descargar información cartográfica propia de sobre este servicio. Además, al realizar la carga de servicios externos como por ejemplo de INEGI (Figura 23) y de CONAGUA, no realiza el proceso para la visualización de dichos servicios (Figura 24).

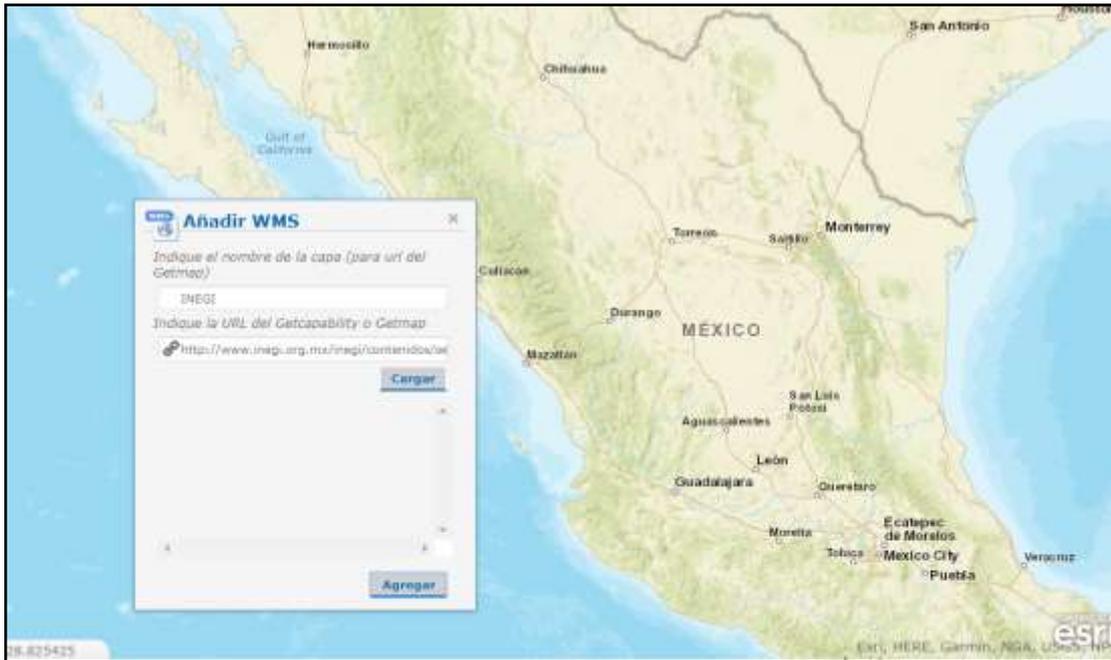


Figura 23: Servicio WMS añadido proporcionado por INEGI
 Fuente: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/serviciosweb/infogeografica.aspx>

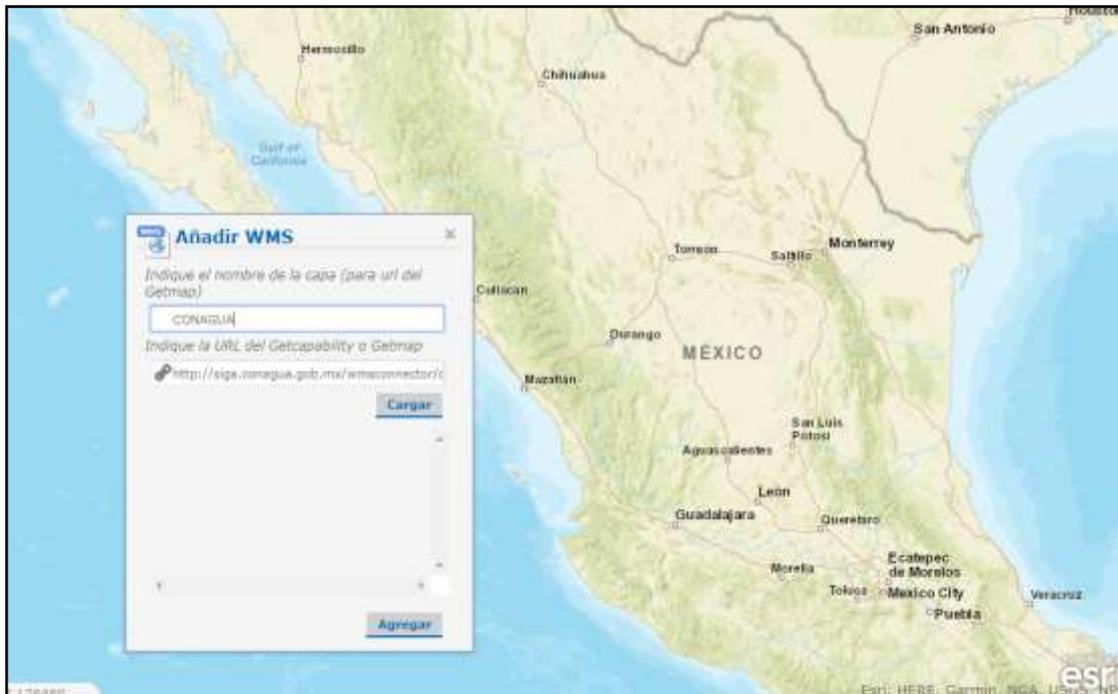


Figura 24: Servicio WMS añadido proporcionado por CONAGUA
 Fuente: <http://siga.cna.gob.mx/sections/ServicioWMS.html>

3.5 IDE a nivel nacional

3.5.1 IDE en México

México cuenta con una iniciativa para la conformación de una Infraestructura de Datos Espaciales (IDEMex), proyecto de alcance nacional coordinado por el INEGI, con el propósito de lograr la disponibilidad, acceso y compartición de los datos espaciales que sirvan a todos los niveles para tomar decisiones asertivas (Ramírez, 2006).

De acuerdo con Ramírez (2006), IDEMEX se define como “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. Es altamente inclusiva y la sustenta un espíritu de compartir los datos y la información en todos los ámbitos y en todos los niveles”.

En apego a lineamientos internacionales que rigen a las IDE's, México cuenta con un modelo conceptual que integra elementos de carácter nacional. Dicho modelo está formado por tres dimensiones y a su vez, cada una de ellas se integra por tres componentes (Ramírez, 2006):

Dimensión “Factor Humano”

- Componente de Productores y Usuarios
- Componente de Capital Humano
- Componente de Voluntad

Dimensión “Administración”

- Componente de Marco Legal 15 de Septiembre de 2006
- Componente de Organización
- Componente de Construcción de Capacidades

Dimensión “Técnica”

- Componente de Datos
- Componente de Normas y Especificaciones
- Componente de Tecnología

3.5.2 Geoportal del Ayuntamiento de Mérida.

El Geoportal del Ayuntamiento de Mérida es una herramienta innovadora de posicionamiento geográfico que a través de mapas, imágenes de satélite, coordenadas, datos estadísticos e información catastral municipal en interacción con otras funcionalidades ayudará a conocer, ubicar y analizar al Municipio de Mérida para fines personales o profesionales (Geoportal Mérida, 2015) (Figura 25).

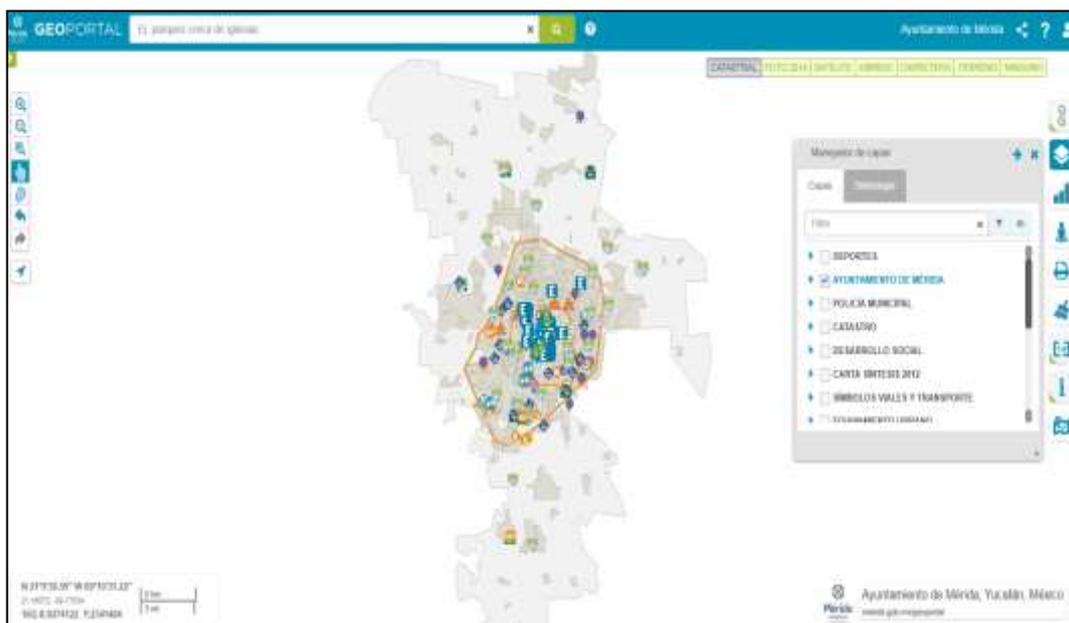


Figura 25: Geoportal Ayuntamiento de Mérida

Fuente: <https://geoportal.merida.gob.mx/>

Los datos presentados en el Geoportal son generados por el Ayuntamiento de Mérida y por fuentes externas confiables de información. El desarrollo del mismo es propiedad del Ayuntamiento de Mérida, sin embargo permite el acceso a otros

contenidos de terceros disponibles a través de esta herramienta (Geoportal Mérida, 2015).

A través de este Geoportal el usuario puede difundir, publicar, adaptar y reordenar, extraer total o parcialmente la información y en caso de utilizarla para otros fines, deberá otorgar los créditos correspondientes (Geoportal Mérida, 2015).

Sin embargo, al no catalogarse como una IDE, el Geoportal del Ayuntamiento de Mérida no cuenta con servicios de mapas, tampoco con un catálogo de metadatos, simplemente aporta información visible, además de ser demasiado lento al mostrar la información solicitada.

3.5.3 Infraestructura de datos espaciales de Colima

La Infraestructura de Datos Espaciales del Estado de Colima (IDE Colima) es un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web) que permite el acceso y la gestión de conjuntos de datos y servicios geográficos (descritos a través de sus metadatos), disponibles en Internet, que cumple una serie normas, estándares y especificaciones que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica (IRTEC, 2016) (Figura 26).



Figura 26: Página de inicio de IDE Colima
Fuente: <http://201.147.252.44/index.php/idec>

Así mismo es necesario establecer un marco legal que asegure que los datos producidos por las instituciones serán compartidos. La puesta en práctica de un proyecto IDE para el Estado de Colima se materializa a través de un Geoportal el cual ofrece como mínimo los siguientes tres servicios (IRTEC, 2016):

Visualización: El cual permite la visualización de los datos a través de servicios web y, opcionalmente, su consulta.

Localización: El cual posibilita la búsqueda de conjuntos de datos y servicios a través del contenido de sus metadatos.

Nomenclátor: El cual permite la localización en un mapa a través de un nombre geográfico.

Visor Geográfico

El IRTEC ha creado un visor de información espacial que cuenta con amplia funcionalidad y múltiples configuraciones con el fin de facilitar la configuración de una aplicación de servidor espacial basado en PHP / MapScript (Figura 27). Las funciones incluidas son (IRTEC, 2016):

- Zoom / pan también a través de las teclas del teclado, la rueda del ratón, mapa de referencia, slider.
- Funciones de consulta (identificar, seleccionar, búsqueda)
- Todas las funciones de búsqueda de atributos, incluyendo sugerir, cuadros de selección, etc.
- Diseño flexible de los resultados de la consulta a través de plantillas de JavaScript.
- Resultados de la consulta se muestran con la base de datos se une e hipervínculos.
- Leyendas HTML y varios estilos de visualización de la leyenda y las capas / TOC
- Funciones de impresión: HTML y PDF.
- Pop-up identificar cuando se mueve con el ratón sobre el mapa.
- Soporte para capas de puntos con datos en una base de datos.
- Cuenta con la función de medir distancia y el área de una geometría.
- La adición de puntos de interés con las etiquetas en el mapa.
- Varios plugins: transparencia capa, exportación resultado de la consulta.

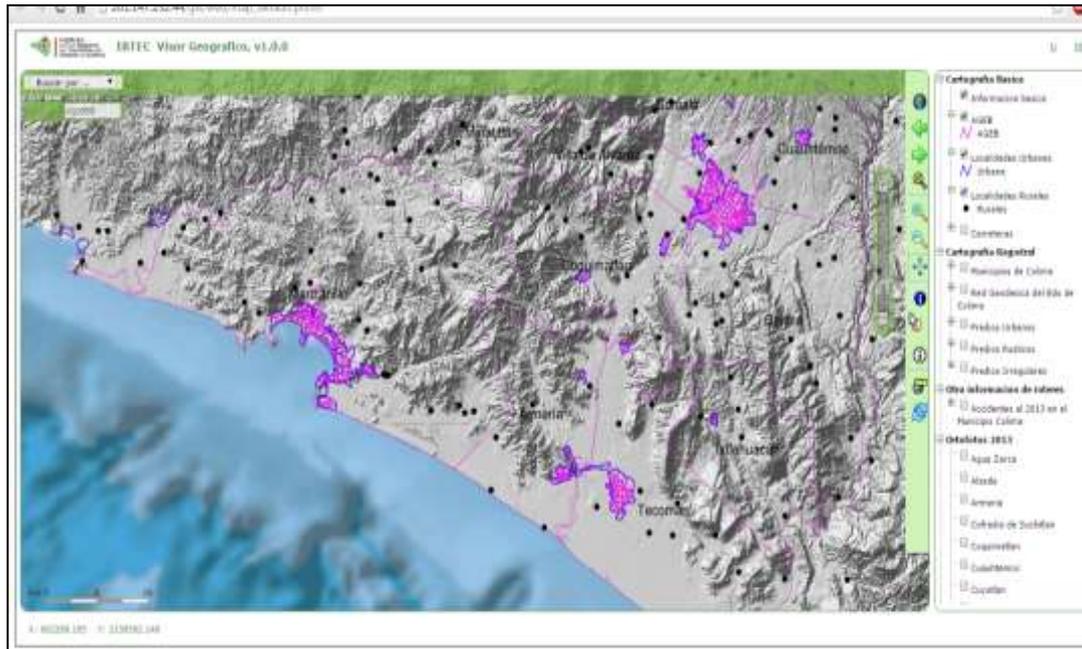


Figura 27: Visualizador IDE Colima

Fuente: http://201.147.252.44/gis/web/map_default.phtml

El visualizador de la IDE Colima cuenta con bastante información de diferente temática, sin embargo, esta herramienta requiere autenticación de usuarios, por lo tanto la información completa no está disponible al público en general, y por tal motivo no se encuentra accesible los servicios de mapas, así como tampoco el catálogo de metadatos.

3.5.4 Infraestructura de datos espaciales de Jalisco

El Sistema de Información Territorial Estatal en Línea - SITEL del Instituto de Información Estadística y Geográfica, tiene como objetivo la integración de la información geográfica que se produce en el estado de Jalisco a nivel estatal, regional y municipal para su publicación, distribución y uso a través de Internet (IIEG, 2016) (Figura 28).

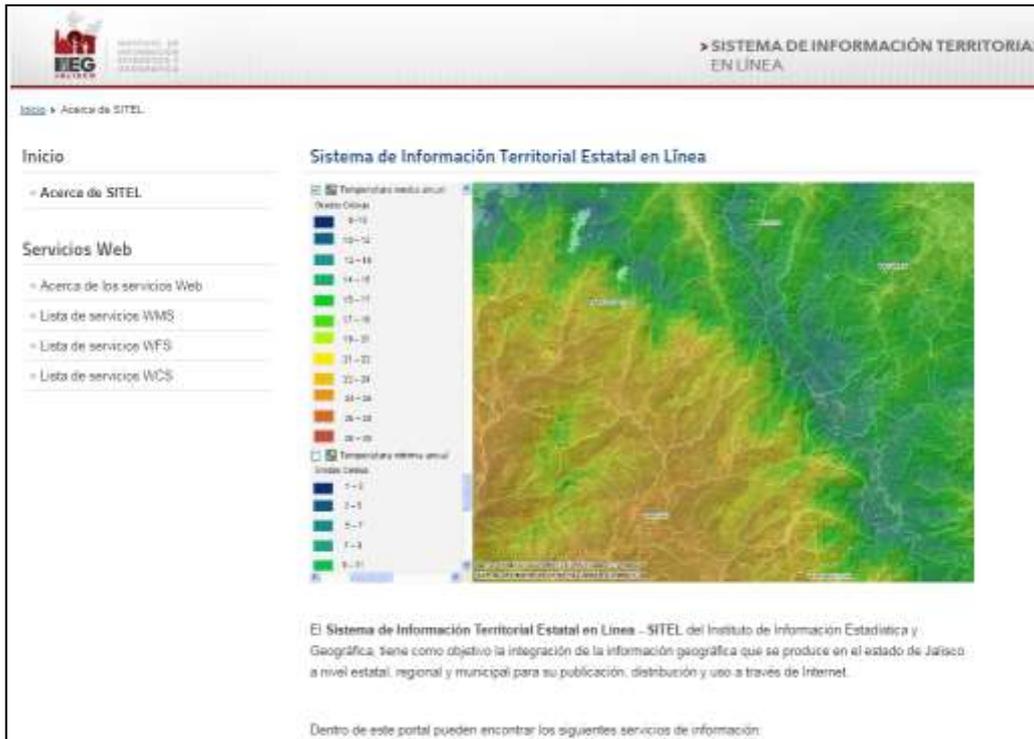


Figura 28: Página de inicio de SITES

Fuente: <http://sitel.jalisco.gob.mx/portal2/index.php/inicio>

Dentro de este portal pueden encontrar los siguientes servicios de información: visualización de cartografía en línea, catálogo de servicios WMS, WFS y WCS disponibles, descargas de archivos, aplicaciones en Google Maps (IIEG, 2016).

El proyecto SITES integra más de 2,500 capas de información que pueden consultarse en línea y publica más de 70 servicios Web para que los usuarios puedan acceder a imágenes y cartografía vectorial a través de Internet mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) y otras aplicaciones (IIEG, 2016) .

El portal SITES, cuenta con bastante información de servicios de mapas disponible, pero aunque en la descripción del sitio web dice que cuenta con el servicio de visualización de cartografía en línea, en el momento de la revisión para esta investigación no se encontró disponible el visualizador, por lo tanto no se pudo corroborar dicha la información.

3.5.5 Portal de Geoinformación CONABIO

Geoinformación, es un portal de información geográfica donde se puede consultar, visualizar y descargar cartografía temática de diferentes escalas generada y recopilada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Para desarrollar este portal se utilizó software de código abierto (Conabio, 2016) (Figura 29).

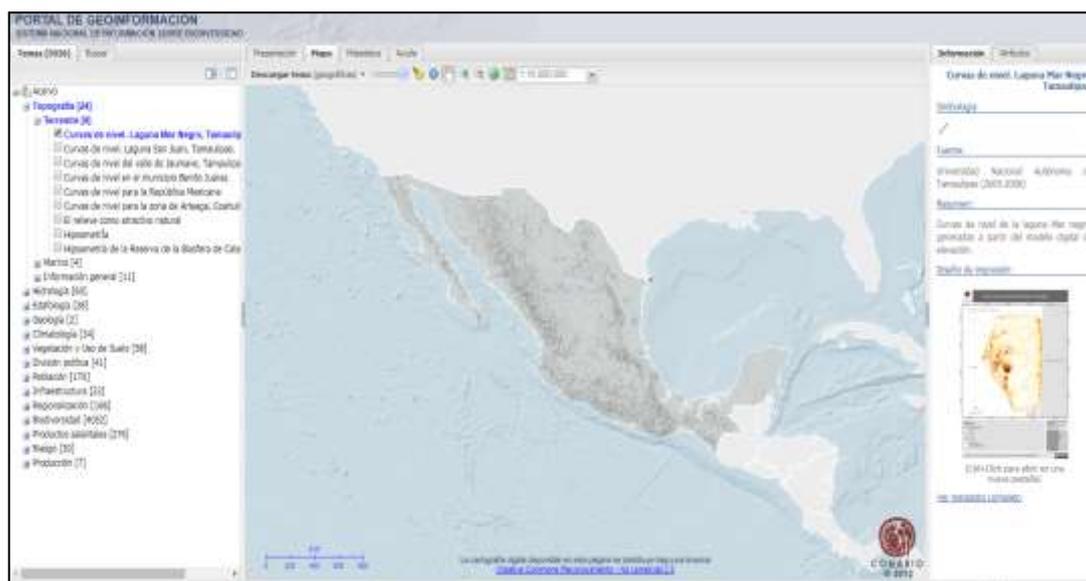


Figura 29: Geoportal CONABIO
Fuente: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Las características principales del portal, son: desarrollar mecanismos de acceso a los acervos de datos geográficos de CONABIO a través de servicios de información especializados, Vista gráfica de la información por temas generales, Información detallada sobre la cartografía disponible a través de búsquedas en los metadatos, Descarga de información en un formato compatible (*Shapefile*) (Conabio, 2016).

La información cartográfica es administrada por la Subdirección de Sistemas de Información Geográfica. La consulta de esta información se realiza a través de una clasificación general de temas, bajo los siguientes rubros: topografía, hidrología, edafología, geología, climatología, vegetación y uso de suelo, división

política, población, infraestructura, regionalización, biodiversidad, productos satelitales (Conabio, 2016).

El formato de metadato utilizado en este portal es el FGDC por sus siglas en inglés Federal Geographic Data Committee, el cual presenta los siguientes rubros: información de identificación, calidad de la información, atributos espaciales, sistema de referencia, atributos no espaciales, distribución de la información, contacto, los cuales sirven como fuente importante en la búsqueda de información (Conabio, 2016) (Figura 30).

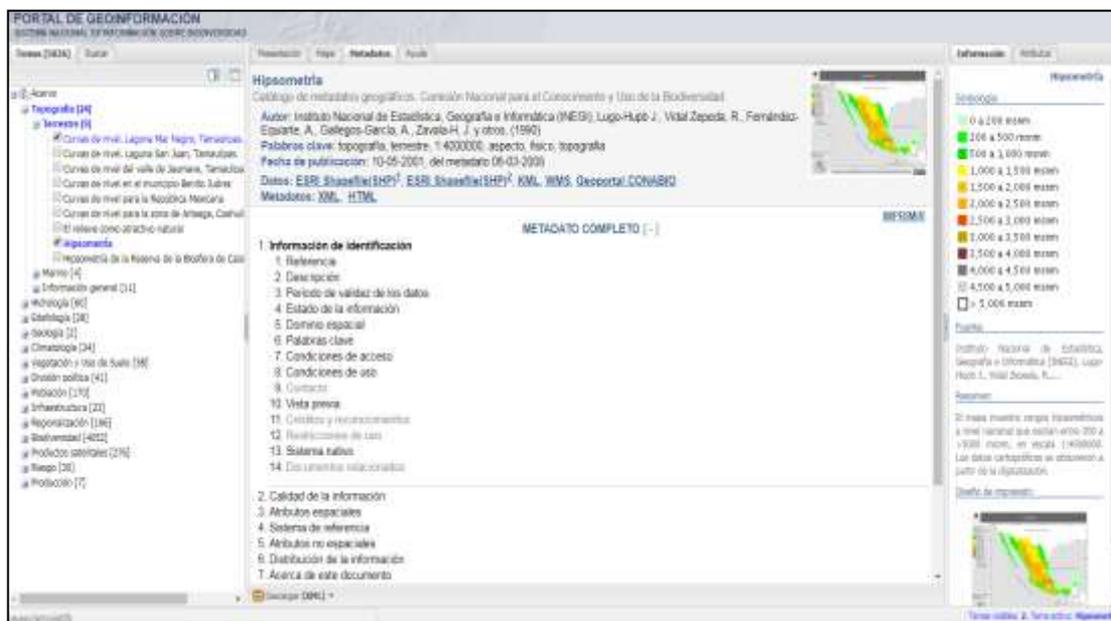


Figura 30: Consulta de Metadatos
Fuente: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

La información cartográfica está disponible en línea de manera gratuita en formato Shapefile y en dos sistemas de referencia: coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos) y coordenadas métricas (Cónica Conforme de Lambert o Universal Transversa de Mercator) con los parámetros de DATUM WGS84 (Conabio, 2016).

3.5.6 Atlas de México

En México, prácticamente todos los sectores de la Administración Pública Federal (APF) cuentan con unidades productoras de información geográfica; lo mismo ocurre en el ámbito de las entidades federativas y los municipios (ANIM, 2016).

Hoy en día, el número de usuarios que requieren información geográfica es cada vez mayor. En algunas ocasiones para cubrir una necesidad específica, cada usuario necesita llevar a cabo una labor de búsqueda y procesamiento que implica (ANIM, 2016):

- Identificar las fuentes que generan los datos requeridos.
- Conocer los procedimientos que deben seguir para realizar consultas y/o adquirir información de cada productor.
- Efectuar acciones para la integración de los datos.

En este contexto y con el objetivo de simplificar esta labor de descubrimiento de información geográfica, el Atlas Nacional Interactivo de México (ANIM), surge como una vertiente del servicio público de información, donde el usuario podrá consultar información geográfica generada en una variedad de entidades a través de una interfaz única (ANIM, 2016) (Figura 31).



Figura 31: Atlas Nacional Interactivo de México
Fuente: <http://www.atlasdemexico.gob.mx/mapas3.html>

Como una expresión concreta de la Infraestructura de Datos Espaciales de México (IDEMex) en su dimensión técnica, el Atlas Nacional Interactivo de México ha sido concebido como un servicio distribuido de consulta de información geográfica en el que el usuario tiene acceso, a través de un portal web único, a servicios complementarios entre sí que encapsulan temas en capas específicas de información (ANIM, 2016).

Por lo que al no concentrar la información en un solo servidor, interactúa simultáneamente con los repositorios de datos de cada uno de los participantes, generando un mapa compuesto donde se puede visualizar y consultar una gran variedad de temas geográficos y estadísticos con la información más actualizada disponible de cada integrante (ANIM, 2016).

Componentes del ANIM

- Datos encapsulados en servicios de consulta.
- Normatividad (sistema de referencia).

- Metadatos (de acuerdo con la especificación del Comité Federal de Datos Geográficos de los Estados Unidos de América).
- Estándares internacionales que garantizan la interoperabilidad a nivel mundial.
- Especificaciones técnicas del Open Geospatial Consortium para implementar servicios de mapas distribuidos y fomentar la interoperabilidad.
- Soluciones de tecnología de información para integrar metadatos directamente al banco de metadatos, así como datos geográficos y estadísticos en una interface orientada al usuario.

Características de ANIM

- Generar mapas personalizados con datos de diferentes temas y escalas que residen en servidores geográficamente dispersos.
- Navegar a través de los mapas generados mediante alejamientos, acercamientos y desplazamientos.
- Consultar atributos relacionados con algún rasgo de interés para el usuario.
- Incorporar o desincorporar servicios, de conformidad con las necesidades del usuario.
- Imprimir los mapas resultantes.
- Consultar metadatos.

Servicios que proporciona (ANIM)

Componentes del INEGI

- Ortofotos
- Datos de relieve
- Información topográfica
- Límites estatales y municipales
- Red Carretera
- Vías Férreas
- Minas y otras ubicaciones geológicas
- Información Recursos Naturales
- Sitios RAMSAR

Componentes del SEMARNAT

- Acuíferos
- Regiones Hidrológicas
- Regiones Hidrológico Administrativas
- Distritos de riego
- Municipios prioritarios para la atención de incendios 2000
- Áreas críticas
- Unidades de manejo para el aprovechamiento sustentable de la vida silvestre
- Acumulado de huracanes
- Los componentes del INSP son:
- Hospitales Generales

Componentes del CONANP:

- Áreas naturales protegidas
- Zonas Núcleo
- Sitios RAMSAR
- Sitios del patrimonio natural

3.5.7 Mapa Digital de México

Es un Sistema de Información Geográfica (SIG), desarrollado por el INEGI, que integra información de los elementos naturales y culturales que conforman el entorno geográfico del país y permite relacionarlos con información estadística. Se ofrece en dos modalidades que buscan atender distintas necesidades de los usuarios (INEGI, 2018) (Figura 32).

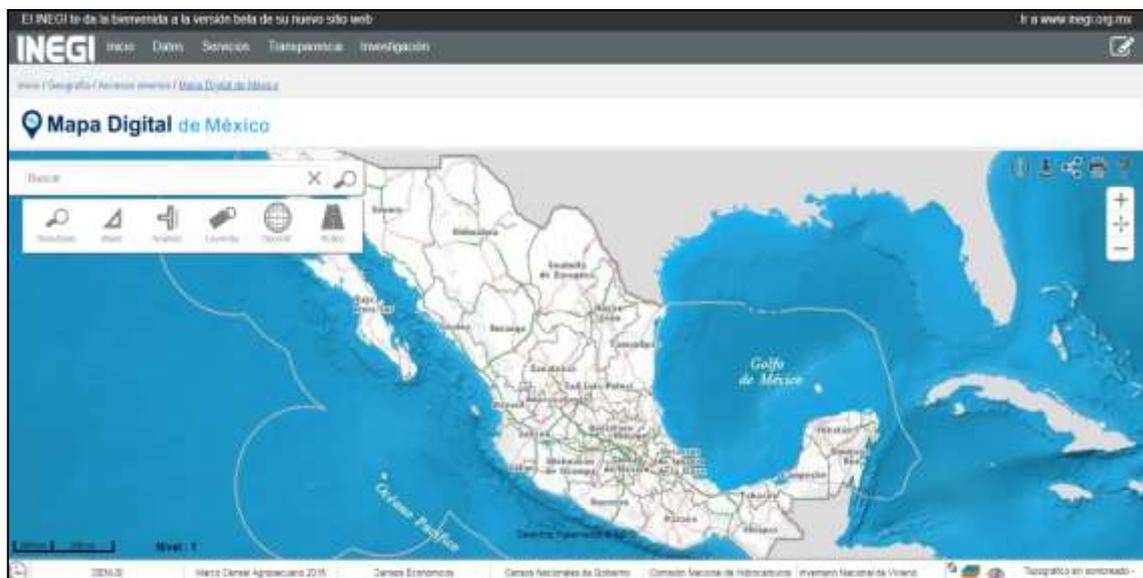


Figura 32: Página del Mapa Digital de México en línea.

Fuente:

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIzLjMyMDA4LGxvbjotMTAyLjE0NTY1LHo6MSxsOmMxMTFzZXJ2aWNpb3N8dGMxMTFzZXJ2aWNpb3M=>

Mapa Digital de México en línea: Aplicación donde se puede acceder a más de 200 capas de información geográfica y estadística del territorio nacional, con temas tales como cartografía urbana, establecimientos, población y vivienda,

carreteras, climas, recursos naturales, entre otras. Así mismo, permite realizar búsquedas, mediciones, visualizar leyenda, georreferenciación (puntos, líneas, polígono, domicilio), ruta, entre otras opciones (Figura 33).

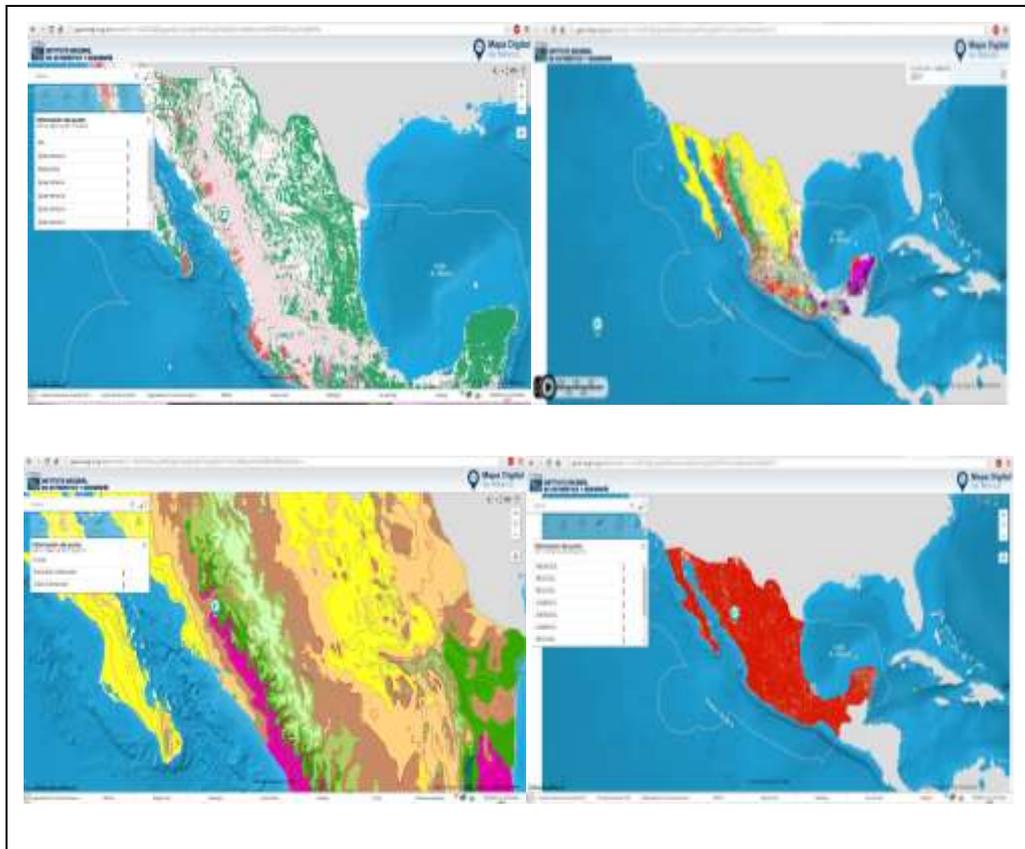


Figura 33: Algunas capas de información del Mapa Digital de México.

Fuente:

<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0Oj11LjU4NTg0LGxvbjotMTA2LjE1NTY2LHo6MyxsOmM0MTB8YzQxOA>

El mapa Digital de México también cuenta con Catálogo de capas disponibles en línea, el cual permite la consulta de los datos de una manera más rápida y eficaz (Figura 34).

Mapa Digital de México para escritorio: SIG diseñado para promover y facilitar la integración, uso, interpretación y análisis de información geográfica y estadística; permite conectarse a bases de datos geográficos y servidores de mapas web, incorporar información como tablas de datos y documentación, entre otras capacidades (INEGI, 2018).

Además proporciona diferentes temáticas como lo son: inventario nacional de viviendas 2015, censos económicos 2014, DENUE, energía Solar, edafología, uso de suelo, geología, climas, fenómenos geológicos, geodesia, zonas hidrogeológicas (2007-2012).

3.5.8 Geoportales en el Estado de Sinaloa

Atlas Nacional de Riesgos

El Gobierno de la CD de México cuenta con este portal para mostrar mapas de diferentes temáticas, este a su vez se desglosa en áreas estatales, el cual muestra información referente a cada estado. Estado de Sinaloa al momento de la consulta de los datos para este proyecto de investigación se encuentra en construcción al igual que en otros estados (Figura 36).



Figura 36: Atlas Nacional de Riesgos

Fuente: <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/Atlas-Estatales/>

Así mismo, el portal cuenta con un mapa para consultar datos por municipio, pero este no lleva a algún visualizador sino que da acceso a un archivo para su descarga, el cual contiene toda la información referente a dicho municipio que se esté consultando (Figura 37).



Figura 37: Atlas Nacional de Riesgos, Consulta de datos por municipio.
Fuente: <http://www.atlasmunicipalderiesgos.gob.mx/archivo/cob-atlas-municipales.html>

Atlas Climático Digital de México. Estado de Sinaloa

A cargo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se encuentra el Atlas Climático Digital de México, el cual muestra información acerca de temperaturas (Figura 38), precipitación (Figura 39), cobertura de suelo, (Figura 40), entre otras, pero sin acceso a descargas de los datos (ACDM, 2018).



Figura 40: Atlas Climático Digital de México. Estado de Sinaloa.
Fuente: <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/sin/sin.html>

4. Metodología

En el presente trabajo se diseña e implementa una Infraestructura de Datos Espaciales como base para el Observatorio de Sostenibilidad Ambiental y Territorial del Estado de Sinaloa, México, para la integración, análisis, divulgación y visualización de datos geospaciales de diferentes temáticas, para ello, se presenta una metodología que integra una serie herramientas y plataformas que en conjunto logran la culminación con el proyecto IDE (Figura 41).

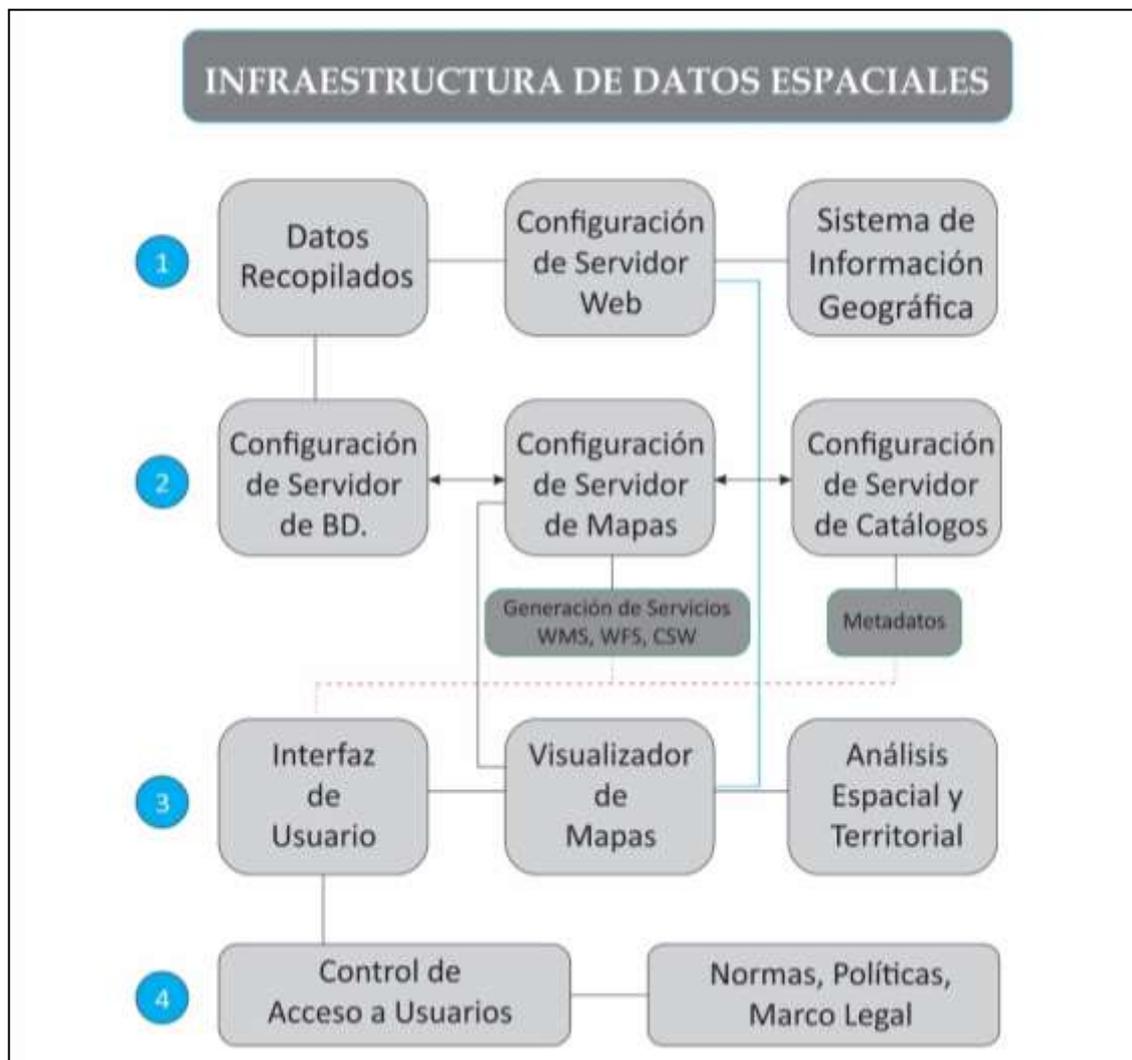


Figura 41: Esquema metodológico del Proyecto IDE Sinaloa

4.1 Recopilación de datos

El primer paso para desarrollar la presente investigación fue la recopilación de mapas digitales de diferente temática, para lo cual se consultó el portal del INEGI,

donde se obtuvieron principalmente mapas del área de recursos naturales, topográficos y geográficos, en la Tabla 1 se puede consultar más a detalle la información recabada de esta fuente.

Tabla 1: Datos Recopilados de INEGI.

Fuente: <http://www.inegi.org.mx/>

Nombre	Año de Publicación/ Datum/ Escala	Proyección Origen	Resumen
Acueducto	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Conducto artificial empleado para transportar agua potable
Aeropuerto	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Área con instalaciones permanentes que sirven para la administración y servicios propios de la navegación aérea.
Brechas	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Forma parte de los rasgos naturales aportando Información adicional para facilitar la ubicación del domicilio geográfico, de difícil acceso, elementos del territorio insular, cadenamamiento original y que ha sido sustituido por la numeración oficial, derivado del crecimiento de una zona urbana y "domicilios conocidos.
Cabecera municipal	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Localidad donde radica la autoridad municipal, es decir, las personas que fueron elegidas para gobernar un determinado municipio de alguna entidad federativa.
Canal	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Cauce artificial empleado para irrigación, transporte de aguas residuales, conducción en sistemas de abastecimiento o en sistemas de generación de energía eléctrica.
Carretera	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Vía de comunicación terrestre cuya estructura consta de un terraplén, obras de arte y revestimiento, para tránsito de vehículos.
Colonias	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Grupo de personas de un mismo origen geográfico, de la misma etnia o religión que se instalan en un lugar distinto al suyo originario por motivos de diversa índole.
Conducto	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Tubería usada para transportar fluidos (excepto agua) y sólidos en suspensión.
Cuerpos de agua	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Extensión de agua limitada por tierra.

Curvas de Nivel	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Línea imaginaria que une puntos con la misma elevación con respecto al nivel medio de la mar, empleada para representar el relieve del terreno.
Modelo Digital de Elevación (Dem)	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Es una representación de las elevaciones sobre un terreno, incluyendo las plantas y los edificios.
Evapotranspiración	2004/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	La información de Climas fue obtenida mediante la conversión de información, del formato analógico al digital, con metodología y procesos que cumplen con las normas técnicas requeridas para su integración y procesamiento en sistemas de información geográfica, a través de los cuales se amplían las expectativas de aprovechamiento de este tipo de información, ofreciendo así, nuevos horizontes de posibilidades para satisfacer las diversas necesidades y objetivos de los usuarios.
Fallas fracturas	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Traza del plano de ruptura de la roca, a lo largo del cual se produce un desplazamiento relativo entre los bloques que separa. Traza del plano de ruptura de la roca sin desplazamiento de los bloques que separa.
Humedad del suelo	2005/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	La información de Climas escala 1:1 000 000, fue obtenida mediante la conversión de información, del formato analógico al digital, con metodología y procesos diseñados por el INEGI, que cumplen con las normas técnicas requeridas para su integración y procesamiento en sistemas de información geográfica, a través de los cuales se amplían las expectativas de aprovechamiento de este tipo de información, ofreciendo así, nuevos horizontes de posibilidades para satisfacer las diversas necesidades y objetivos de los usuarios.
Humedad potencial	2012/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Factor climatológico que se define como vapor de agua contenido en la atmósfera.
Lagos	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Son una masa permanente de agua que se halla depositada en las depresiones de un terreno. La formación de un lago se produce a partir de fallas geológicas (que generan la depresión del terreno)
Línea transmisión	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Conjunto de cables, generalmente aéreos, empleados para conducción de energía eléctrica.
Litoral	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Se refiere a la costa o la ribera, es decir, la franja terrestre que linda con el mar.
Localidad urbana	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Aquella que tiene una población mayor o igual a 2 500 habitantes o que es cabecera municipal, independientemente del número de habitantes
Minas y otras ubicaciones geológicas	2002/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Obra hecha ex profeso para la explotación de un yacimiento, del que se extraen minerales de interés económico.
Nombres geográficos	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Los nombres geográficos se refieren a la información toponímica del país.

Planta generadora	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Instalación para producir energía eléctrica
Población	2010/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Muestra indicadores que dan cuenta de la estructura poblacional por edad y sexo, así como sobre la evolución y ubicación en el territorio nacional. La información está referida a las personas (nacionales o extranjeros) que residen en el país.
Presas	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Obra que sirve para captar, almacenar y controlar el agua de una cuenca natural y que consta de una cortina y un vertedor de demasías.
Provincias fisiográficas	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Muestra las diferentes provincias fisiográficas, subprovincias y sistemas de topofomas, éstas delimitan una gran variedad de formas del relieve, definidas por su origen geológico y litológico.
Ríos	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de	Corriente natural de agua continua que desemboca en otra similar, en un lago o en el mar.
Rocas	2002/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Clasificación en tres grupos generales: ígneas, sedimentarias y metamórficas; en cada grupo con base en su mineralogía y textura se determinan tipos diferentes.
Límite Estatal	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Línea común divisoria entre dos estados.
Sub provincias fisiográficas	2001/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Muestra las diferentes provincias fisiográficas, subprovincias y sistemas de topofomas, éstas delimitan una gran variedad de formas del relieve, definidas por su origen geológico y litológico.
Terracería	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Camino o carretera que no está asfaltado o revestido.
Vegetación densa	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Lugar con gran cobertura de vegetación predominantemente arbórea.
Veredas	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Es un camino angosto que suele crearse a partir del tránsito de los peatones y del ganado.
Vía férrea	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Vía de comunicación terrestre, cuya estructura consta de un terraplén y dos rieles paralelos fijados mediante durmientes, para el tránsito de trenes.
Vías pavimentadas	2000/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Estructura construida sobre la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito.

De igual manera, se obtuvo información geográfica del portal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO),

principalmente los mapas de uso de suelo vegetación, la Tabla 2 muestra información detallada de los datos utilizados por esta fuente.

Tabla 2: Datos Recopilados de CONABIO
Fuente: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

Nombre	Año de Publicación/ Datum/ Escala	Proyección Origen	Resumen
Límite Municipal	2016/ WGS84/ 1:250000	WGS84	Línea común divisoria entre dos países, estados o municipios
Unidades climáticas	2001/ WGS84/ 1:1 000 000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	Esta cobertura presenta las estaciones climatológicas del país obtenidas del Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Los datos que se presentan son: Nombre de la estación, coordenadas (x, y) y altitud.
Uso de suelo y vegetación 1976	1976/ WGS84/ 1:250000 serie I	WGS84	Mapa de uso del suelo y vegetación de México digitalizado por el INE, con base en las cartas impresas de uso del suelo y vegetación elaboradas por el INEGI entre los años 1980-1991, con base en la fotointerpretación de fotografías aéreas tomadas entre los años 1968-1986.
Uso de suelo y vegetación 1993	1993/ WGS84/ 1:250000 serie II	WGS84	Los conjuntos de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación escala 1:250000, Serie II, contiene información actualizada del Uso del Suelo y Vegetación obtenida durante la década de los años 90. Esta cartografía de recursos naturales muestra la ubicación, distribución y extensión de diferentes tipos de vegetación: bosques, selvas, pastizales, matorrales y tipos de agricultura, entre otros.
Uso de suelo y vegetación 2000	2000/ WGS84/ 1:250000 serie III	WGS84	Los Conjuntos de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1/250,000 - Serie III, contiene información del Uso del Suelo y Vegetación obtenida a partir de la interpretación tradicional de imágenes Landsat ETM de los años 2000 y 2002, y respaldada con trabajos de campo de 2002, 2003 y 2004. Esta cartografía de recursos naturales muestra la ubicación, distribución y extensión de diferentes ecosistemas vegetales y agricultura con sus respectivas variantes como tipos de vegetación, tipos principales de prácticas agrícolas, e información ecológica relevante.
Uso de suelo y vegetación 2007	2007/ WGS84/ 1:250000 serie IV	WGS84	Los Conjuntos de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, escala 1/250,000 - Serie IV, contienen información del Uso del Suelo y Vegetación obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes de satélite Spot de los periodos estacionales de primavera y otoño de 2007 y escenas complementarias de la primavera del año 2008. Esta interpretación está apoyada con trabajos de campo realizado en otoño de 2007 y primavera-verano de 2008. Esta cartografía de recursos naturales muestra la ubicación, distribución y extensión de diferentes comunidades vegetales y usos agrícolas con sus respectivas variantes como tipos de vegetación, tipos de agricultura, e información ecológica relevante.

Uso de suelo y vegetación 2011	2011/ WGS84/ 1:250000 serie V	WGS84	Los Conjuntos de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250 000 - Serie V, contiene información del Uso del Suelo y Vegetación obtenida a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes de satélite Landsat TM5 seleccionadas del año 2011. Esta interpretación está apoyada con trabajos de campo. Los Conjuntos de Datos contienen la ubicación, distribución y extensión de diferentes comunidades vegetales y usos agrícolas con sus respectivas variantes en tipos de vegetación, de usos agrícolas, e información ecológica relevante.
--------------------------------	-------------------------------------	-------	--

En este mismo contexto, se realizó la recopilación de mapas de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio (FACITE), mismos que han sido resultado de proyectos investigación de alumnos de la facultad y se homologaron con el fin de dar a conocer los trabajos de investigación realizados en la facultad, la Tabla 3 muestra los datos de los mapas utilizados.

Tabla 3: Datos de trabajos de investigación de la facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio.

Nombre	Año de Publicación/ Datum/ Escala	Proyección origen	Fuente	Resumen
Deforestación	2002-2011/ WGS84/ 1:250000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	(Monjardin-Armenta, 2015)	Mapa de deforestación resultado de una diferencia de mapas de las coberturas de Bosques y Selvas a partir de los mapas de Uso de Suelo y vegetación de INEGI.
Reforestación	2002-2011/ WGS84/ 1:250000	Proyección Cónica Conforme de Lambert	(Monjardin Armenta, 2015)	Mapa de deforestación resultado de una diferencia de mapas de las coberturas de Bosques y Selvas a partir de los mapas de Uso de Suelo y vegetación de INEGI
Desertificación 2003	2003/ WGS84/ 1:250000	Varias	(López Beltran, 2016)	Modelo basado en 16 variables de entrada (Aumento de albedo, Disminución de biomasa, Temperatura superficial, cercanía a asentamientos humanos, cercanía a carreteras y zonas agrícolas, lejanía a redes hidrológicas, precipitación, contenido de humedad en el suelo, deforestación, suelo sin o con escasa vegetación, degradación física y química del suelo, erosión hídrica y eólica), integrados por evaluación multicriterio para definir las zonas vulnerables a desertificación en el Estado de Sinaloa México.
Desertificación 2012	2012/ WGS84/ 1:250000	Varias	(López Beltran, 2016)	Modelo basado en 16 variables de entrada (Aumento de albedo, Disminución de biomasa, Temperatura superficial, cercanía a asentamientos humanos, cercanía a carreteras y zonas agrícolas, lejanía a redes hidrológicas, precipitación, contenido de humedad en el suelo, deforestación, suelo sin o con escasa vegetación, degradación física y química del suelo, erosión hídrica y eólica), integrados por evaluación multicriterio para definir las zonas vulnerables a desertificación en el Estado de Sinaloa México.

Áreas Quemadas	2017/ WGS84/ 30 m (tamaño del pixel)	Imágenes Satelitales Landsat 5 TM y 7 ETM+	(Beltrán González, 2017)	Mapa de áreas quemadas de la Región Hidrográfico Administrativa III (Pacífico Norte) para la temporada de incendios de 2011, mediante la clasificación digital de imágenes Landsat 5 TM y 7 ETM+ y su integración en con sistemas de información geográfica.
Uso de Suelo y Vegetación Culiacán-Navolato	2011/ WGS84/ 100 m (tamaño del pixel)	UTM 922	(Corrales Barraza, 2016)	Simulación de Escenarios de Uso y Cobertura de Suelo, mediante técnicas de evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica. Caso de estudio: Culiacán y Navolato.
Escenario Sostenible Culiacán-Navolato	2030/ WGS84/ 100 m (tamaño del pixel)	UTM 922	(Corrales Barraza, 2016)	Simulación de Escenarios de Uso y Cobertura de Suelo, mediante técnicas de evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica. Caso de estudio: Culiacán y Navolato.
Escenario Tendencia Culiacán-Navolato	2030/ WGS84/100 m (tamaño del pixel)	UTM 922	(Corrales Barraza, 2016)	Simulación de Escenarios de Uso y Cobertura de Suelo, mediante técnicas de evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica. Caso de estudio: Culiacán y Navolato.

4.2 Análisis de herramientas

Posteriormente se realizó un análisis de diferentes plataformas Open Source necesarias para el proyecto IDESIN y poder determinar las herramientas más adecuadas para utilizarse en este proyecto. Con el fin de entender la relación entre cada una de ellas se muestra la arquitectura tecnológica en el esquema de la Figura 42.

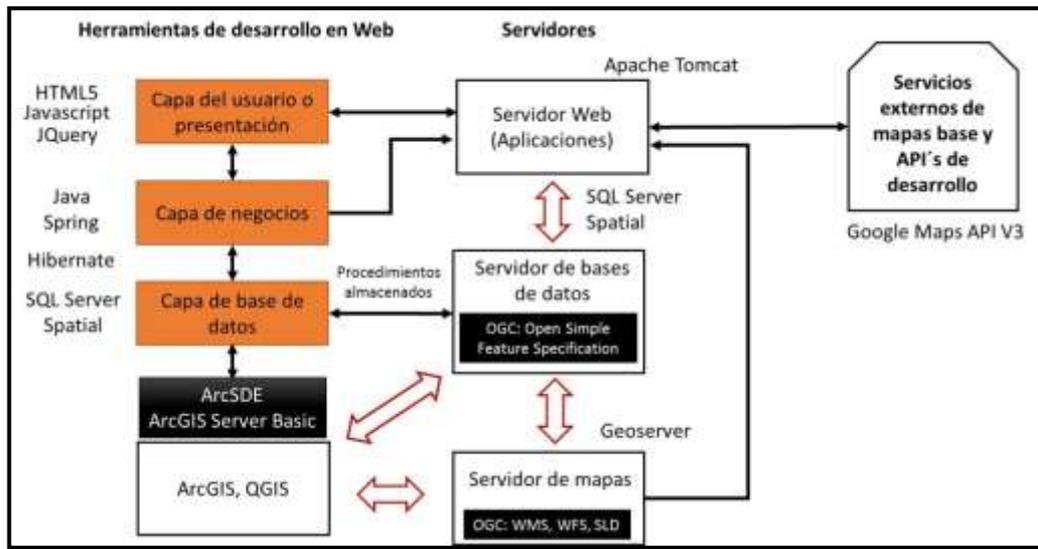


Figura 42: Arquitectura tecnológica para proyecto IDE.

Servidor web

En esta fase, lo primero que se realizó fue el análisis del servidor web a utilizar (Tabla 4), a fin de elegir el más óptimo, para ello se tuvo que determinar exactamente cuántos y qué tipos de aplicaciones se ejecutarán en nuestro proyecto, así como el grado de procesamiento que se requerirá con las peticiones que realice el usuario al utilizar la IDE. Con base a lo anterior fue posible determinar que el servidor web Apache es el que cubre las necesidades de este proyecto IDE ya que en primer lugar es el servidor Open Source más utilizado a nivel mundial (Gómez et al., 2013; Dabkiewicz, 2010; Sung-Whan, 2011) y su configuración resulta ser muy sencilla siendo ideal para procesamiento de datos dinámicos (Dabkiewicz, 2010), es estable, multiplataforma, lo cual significa que se puede adaptar para satisfacer diferentes necesidades, de acuerdo con Gómez Montoya et al. (2013), además, es el servidor web que mejor responde al aspecto de vulnerabilidad, según Sung-Whan et al. (2011).

Tabla 4: Tabla comparativa entre los Servidores Web mapas más utilizados

Características	Servidores Web		
	Apache	Nginx	Cherokee
Versión más reciente	2.4	1.14	1.0.
Espacio en disco	60 MB	2.5M	200 KB
Sistemas Operativos Soportados	Unix (BSD, GNU/Linux, etc.), Microsoft Windows, Macintosh y otras, que implementa el protocolo HTTP/1.12	Linux, FreeBSD , MacOS X, Solaris	Linux, Mac OS X, Solaris y BSD, Windows XP, Windows Server 2003.
Lenguajes soportados	C, PHP, Perl, Python, Ruby.	Python, PHP, Go, Perl, Ruby, JavaScript	Python, Ruby
Base de datos	MySQL, Oracle e IBM Web application server, PostgreSQL.	No especificado	MySQL
Ventajas	Estable, Multiplataforma, Extensible, aprovecha eficazmente los recursos, procesamiento de un gran número de solicitudes, limitada de conexiones móviles	Servidor de archivos estáticos, índices y auto indexado. Balanceo de carga. Tolerancia a fallos. Habilitado para soportar más de 10.000 conexiones simultáneas. Gestión de ancho de banda, Es ligero	Alto rendimiento, rápido, flexible y fácil de configurar, ligero y proporciona una sólida estabilidad
Fuente	https://www.apache.org/	http://nginx.org/	http://cherokee-project.com/

Herramienta de elaboración del Sistemas de Información Geográfica

Posteriormente, se analizaron algunos de los Sistemas de Información Geográfica de uso libre más utilizados (Tabla 5) y se decidió por Quantum GIS (QGIS), ya que posee características que incluyen una excelente interfaz gráfica de usuario, ofrece buenas posibilidades de personalización al soportar lenguajes de programación como Python y presenta excelente potencial técnico (Steiniger & Hay, 2009), (Selcuk-Kestel, Duzgun, & Oduncuoglu, 2012), además ofrece funcionalidades como, etiquetado, edición, proyecciones, georreferenciación, soporte de GPS, análisis y posee soporte para servidores de mapas, también resulta ser un SIG que trabaja a la perfección con conexión a PostgreSQL de acuerdo con (Vatsavai et al. (2011); Sillero & Tarroso (2010). Otra de las ventajas de utilizar QGIS es que en los tiempos de ejecución de procesos el programa se

desempeña satisfactoriamente al abrir y representar imágenes de gran tamaño según Chen et al. (2010).

Tabla 5: Tabla comparativa entre las herramientas de elaboración de Sistemas de Información Geográfica de uso libre más populares

Características	Software SIG		
	QGIS	GVSIG	SAGA GIS
Archivos Vectoriales soportados	Shapefile, ArcInfo coverages, MapInfo, GRASS GIS, GeoJSON, MicroStation, AutoCAD DXF, SpatialLite, entre otros	Shapefile, GML, KML, DXF (Drawing Exchange Format), entre otros	Shapefile, GML, KML,
Archivos Raster soportados	GRASS GIS, GeoTIFF, TIFF, JPEG, ERDAS, SAGA GIS, entre otros	GIF, TIFF, JPEG, PNG, ASCII, LiDAR, RMF (raster matrix format), entre otros.	SAGA GIS Binary format, GIF, TIFF, JPEG, PNG
PostGIS	si	si	No
Estándar OGC	si	si	No
Programación	C++, Python	Java	C++
Entorno Web	Sí	Sí	No
Sistemas Operativos Soportados	Windows, Mac OS X, GNU/Linux, BSD, Unix	Windows, Mac OS X, GNU/Linux, BSD, Unix	Windows, Mac OS X, GNU/Linux, BSD, Unix
repositorio	https://github.com/qgis/QGIS	No disponible	No especificado
Ventajas	Interfaz flexible, interoperabilidad, conexión a base de datos en particular PostgreSQL y PostGIS (vectorial y raster), automatización de tareas con PyQGIS y la posibilidad de crear aplicaciones independientes,	Interoperable, modular, portable, acceso a Bing Maps, Google Maps y OpenStreetMap, animaciones en 3D	Ofrece un amplio conjunto de métodos geocientíficos. Proporciona una interfaz de usuario accesible fácilmente con muchas opciones de visualización, sólo ocupa unos 10 MB de espacio en disco, realizar potentes análisis, dispone de funcionalidades 3D
Fuente	https://qgis.org/es/site/	http://www.gvsig.com/es	http://www.saga-gis.org/en/index.html

Servidor de Base de Datos

Seguidamente, se analizaron servidores de bases de datos de uso libre y que además soporten datos espaciales (Tabla 6), para lo cual se optó por utilizar PostgreSQL, ya que es el sistema de base de datos más avanzado del mundo

(Robles Aranda & Sotolongo, 2013) y soporta un conjunto de funcionalidades, lo que lo sitúa en un mejor nivel que muchos Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) comerciales, puede funcionar en múltiples plataformas y se integra fácilmente con el servidor web Apache, lo que lo hace excelente opción para nuestro proyecto IDE, es altamente confiable en cuanto a estabilidad, según Campos Paré et al. (2005), los tiempos de respuestas a peticiones son mucho mejores que otros SGBD, descrito en Vazquez Ortiz et I. (2016) y además, ofrece características como consultas complejas, vistas, integridad transaccional y permite agregar funciones, operadores y extensiones de tipo de datos como lo es la extensión PostGIS, la cual permite trabajar con información espacial, esencial para nuestro proyecto (Robles Aranda & Sotolongo, 2013).

Tabla 6: Tabla comparativa entre algunos de los servidores de bases de datos espaciales más utilizados en la actualidad

Características	Bases de Datos Espaciales		
	PostgreSQL	MySQL Espacial	MongoDB
Código abierto	Completamente	De código abierto, pero propiedad de Oracle y ofrece versiones comerciales	Completamente
Cumplimiento de ACID (atomicidad, consistencia, aislamiento, durabilidad)	Por completo	Solo cumple con ACID cuando usa los mecanismos de almacenamiento InnoDB y NDB Cluster.	Por completo
Replicación	Maestro-standby, replicación casi en tiempo real y capacidad de espera activa (hot standby)	Maestro-standby	Replicación y Alta Disponibilidad
Rendimiento	Utilizado ampliamente en sistemas grandes donde la velocidad de lectura y escritura son cruciales y los datos necesitan ser validados.	Opción muy popular para proyectos basados en web que necesitan una base de datos simplemente para transacciones de datos directas y sencillas. No presenta rendimiento cuando se somete a cargas pesadas o al intentar completar consultas complejas.	Utilizado para proyectos web, destaca en la gestión de datos geoespaciales de gran volumen (<i>big data</i>)

Seguridad	Posee ROLES y roles heredados para establecer y mantener los permisos, PostgreSQL tiene soporte nativo para conexiones y cifrado de la comunicación cliente/servidor. También tiene seguridad a nivel de registros.	Implementa seguridad basada en Listas de Control de Acceso para todas las conexiones, consultas y otras operaciones que un usuario pudiera intentar realizar.	Implementa autenticación de usuarios, sólo se permiten conexiones desde la IP indicada, se cambia el puerto por defecto al que se desea, se deshabilita cualquier acceso vía http.
Hosting en la nube	Soportado por todos los proveedores más importantes de servicios en la nube, incluyendo Amazon, Google y Microsoft.	Soportado por todos los proveedores más importantes de servicios en la nube, incluyendo Amazon, Google y Microsoft.	No hay grandes empresas de web hosting que actualmente ofrecen soporte MongoDB
Soporte para JSON	Sí	Sí	Sí
Funcionalidad NoSQL	Sí	No	Sí
Soporte para lenguajes de programación	C/C++, Java, JavaScript, .Net, R, Perl, Python, Ruby entre otros	Algo de soporte para programación del lado del servidor, en un solo lenguaje no extensible.	C, C++, JavaScript, Java y .Net, Node.js, PHP, Python, Ruby, Perl
Fuente	https://www.postgresql.org/	https://www.mysql.com/	https://www.mongodb.com/

Servidor de mapas

Una vez analizados los Sistemas de Bases de datos, se procedió a analizar los servidores de mapas más populares (Tabla 7) y se decidió utilizar Geoserver para ver y editar datos geoespaciales ya que se apega a los estándares del Open Geospatial Consortium y posee servicios WMS y WFS integrados a su configuración, según Zavala Romero et al. (2014) y además posee una interfaz gráfica que permite realizar cambios rápidamente lo que lo hace más interactivo y fácil de utilizar, pues no hay necesidad de grandes conocimientos en programación para hacer uso de él (Naranjo Martínez (2013); Zavala Romero et al. (2014), otra característica de este servidor es que reduce significativamente los errores y los hace más fácil de identificar, tiene mejor respuesta a peticiones por

parte de los usuarios (Naranjo Martinez, 2013) y cuenta con mayor documentación para su uso en Zavala Romero et al. (2014).

Tabla 7: Tabla comparativa entre los Servidores de mapas más utilizados.

Características	Servidores de mapas		
	Geoserver	MapServer	Degree
Tecnología	J2EE	CGI (Common Gateway Interface)	J2EE
Comienzo	2003	1996	2002
Administración	Interfaz web	Generación asistida por plugins o desarrollo puro	Interfaz web
Extensibilidad	Desarrolladores Java	Desarrolladores PHP	Desarrolladores Java
Simbología	SLD estándar	Estilos parte del MapFile	No especificado
Servicios	WMS, WFS, WCS, WPS, CSW	Un mapfile por cada servicio web	WMS, WFS CSW, WCS, WPS y WMTS.
Consultas	OGC Filter encoding y SQL	Sentencias SQL	Sentencias SQL
Sistemas Operativos Soportados	Windows, Mac OS X, Linux, sistemas operativos que cumplan estándares POSIX	Windows, Mac OS X, Linux	Windows, Linux, Mac OS X, Solaris
Servidor Web	Apache Tomcat o Jetty como servidor embebido	Apache	Apache Tomcat
Fuente	http://geoserver.org/	http://www.mapserver.org/	https://www.deegree.org/

Servidor basado en Hardware (host)

Un servidor basado en Hardware o comúnmente llamado Host, es una máquina física integrada en una red informática, que contienen un conjunto de programas permitiendo que la información esté centralizada y sea más accesible (Boldrito, s.f.), el cual debe tener un único IP (Duarte & Pires, 2011), encargado del alojamiento de todas las herramientas o servidores basados en software como es el caso del servidor web, servidor de mapas y servidor de bases de datos antes mencionados y para este proyecto IDE se utilizó un servidor Windows Server 2012 propiedad de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el espacio, con un

sistema operativo de 64 bits y un procesador Intel ® Xeon el cual maneja una frecuencia de 3.33 GHz (Figura 43).



Figura 43: Servidor Host en el cual se aloja la IDESIN.

4.3 Instalaciones y configuraciones

4.3.1 Servidor web Apache

Una vez realizado el análisis de las distintas plataformas se procedió a configurar el servidor web Apache que utiliza el protocolo de transferencia HTTP (Hypertext Transfer Protocol) de código abierto, dicho servidor se utiliza para proporcionar páginas web a los usuarios y ofrecer contenido dinámico, el cual permite controlar los aspectos relacionados con la seguridad y la autenticación de los usuarios, este servidor es el principal componente para la exitosa publicación de los dato en internet.

4.3.2 Servidor de Base de Datos PostgreSQL

Posteriormente, se descargó desde la página oficial, el servidor de base de datos PostgreSQL (PostgreSQL, 2016), se procedió la instalación y configuración con su extensión PostGIS, que por defecto se instala en el puerto 5432. Este servidor se compone de un lenguaje estructurado de consultas SQL lo cual lo hace estándar y fácil de utilizar.

Seguidamente, se creó la base de datos a la cual se le nombro: ide_sinaloa, esta base de datos es la principal fuente de almacenamiento de datos ya que integra todos los mapas utilizados en el proyecto IDE (Figura 44).

Una vez creada la base de datos, se prosiguió a la inserción de tablas; una tabla por cada mapa, para ello se utilizó la consola del símbolo del sistema CMD (CoMmanD) y aunque esto puede resultar menos agradable que la versión gráfica, al contar con más opciones es más potente y disminuye gradualmente los errores, para lo cual se utilizaron las siguientes instrucciones:

- Para establecer la ruta hacia la carpeta de instalación PostgreSQL se utilizó la siguiente instrucción:

```
set PATH=C:\Program Files\PostgreSQL\9.4\bin
```

- La instrucción sql que se utilizó para crear la tabla dentro de la base de datos fue:

```
shp2pgsql -i -D -s 4326 -W latin1 map.shp schema>  
sql_name.sql
```

Dónde:

- shp2pgsql: Este comando crea un código SQL que permite convertir shapefiles a tablas PostGIS (y viceversa con el comando pgsq2shp). Seguidamente se enlistan las siguientes instrucciones a utilizar por este comando:

- -i: Instrucción para campos enteros.

- D: Formato predeterminado en instrucciones de inserción de sql. Es mucho más rápido de cargar y se utiliza para conjuntos de datos muy grandes.
 - -s: Genera en la tabla la geometría con el SRID especificado.
 - 4326: Es el identificador del sistema de referencia espacial (SRID o ESPG) es un valor único que representa el sistema de coordenadas de los datos.
 - -W: Codifica los datos de para que todos los atributos de la tabla se conviertan de la codificación especificada a UTF8.
 - Latin1: Esquema de codificación de caracteres.
 - Map.shp: nombre del mapa en formato shp.
 - Schema: Esquema donde se creará la nueva tabla.
 - sql_name.sql: nombre del archivo sql que contiene las instrucciones para la creación de la tabla.
- posteriormente se requirió generar la tabla en la base de datos para lo cual se utilizó la siguiente instrucción:

```
psql -d db_name -U postgres -f sql_name.sql
```

Dónde:

- psql: este comando permite escribir consultas de manera interactiva, emitirlas a PostgreSQL y ver los resultados de la consulta, seguido se enlistan los siguientes comandos:
 - -d: Toma la tabla de la base de datos del mapa antes de crear una nueva tabla a PostGIS.
 - db_name: Nombre de la base de datos a la cual se incorporará la nueva tabla.

- -U: indica el usuario que se está utilizando en la base de datos.
- Postgres: Usuario que utiliza la base de datos.
- -f: Se requiere para especificar el nombre del archivo que se creará.
- sql_name.sql: nombre del archivo en formato sql el cual contiene toda la información de la nueva tabla y por ende el nombre de la nueva tabla.

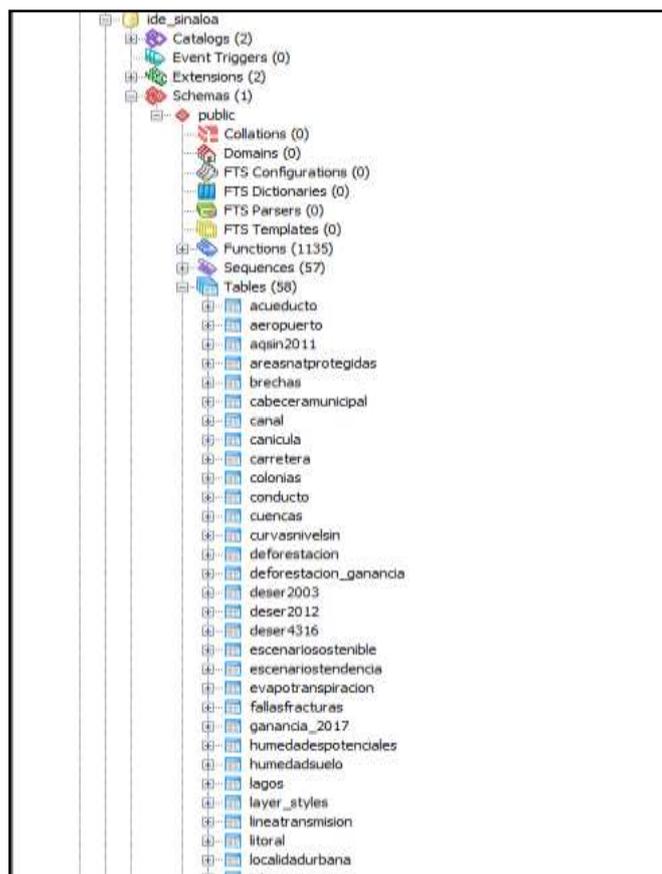


Figura 44: Base de datos ide_sinaloa en PostgreSQL

Una vez creada la base de datos, se procedió a la captura de metadatos, esto se realizó en el mismo entorno PostgreSQL creando nuevas columnas a las cuales posteriormente se les añadió los datos principales para ser consultados, tales como: año de publicación, proyección, datum, escala, fuente entre otros.

4.3.3 Sistema de Información Geográfica QGIS

Seguido a lo anterior, se descargó desde el sitio oficial el software SIG QGIS en su versión 2.18 (QGIS, 2016), se prosiguió a la instalación y configuración para ser utilizado en el almacenamiento, manipulación, re proyección y así mismo, establecer estilos a los mapas utilizados en la IDESIN ya que permite la conexión con la base de datos espacial.

Para el proyecto IDE es muy importante la función de los Sistemas de Información Geográfica, ya que en este Software es donde se realizó la conexión a la Base de datos ide_sinaloa desde PostgreSQL (Figura 45) y es aquí donde se generaron los estilos (Estándar SLD) para la visualización de los mapas en la web (Figura 46).

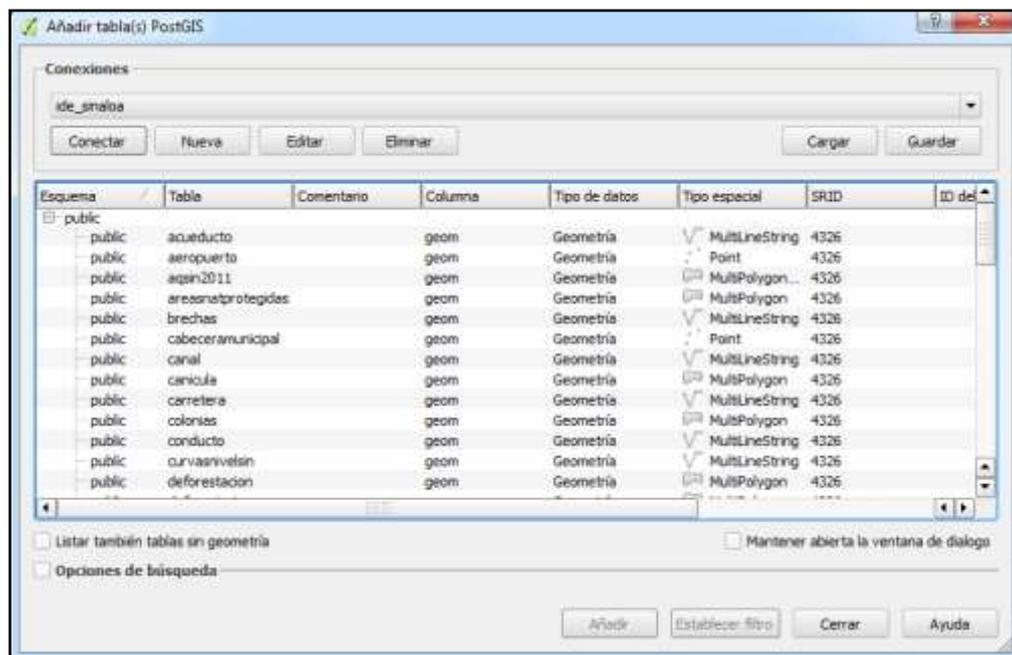


Figura 45: Base de datos ide_sinaloa en conexión con QGIS.

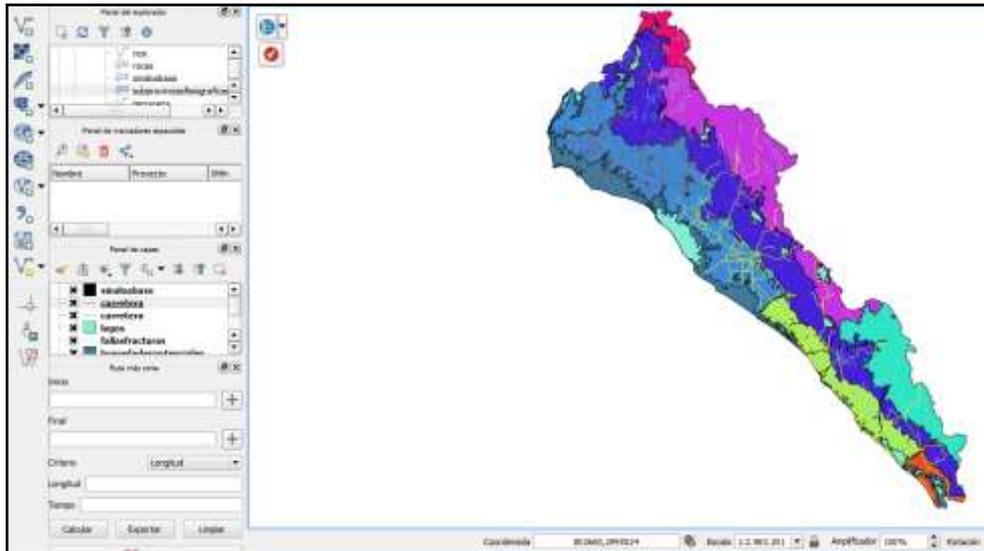


Figura 46: Estilos en QGIS.

4.3.4 Servidor de mapas Geoserver

Posteriormente se descargó del sitio oficial el servidor de mapas Geoserver versión 2.7.2 (Geoserver, 2016), se prosiguió a su instalación y configuración para trabajar a nivel local (localhost) en el puerto 7070, seguidamente se creó el espacio de trabajo nombrado “*IDE-SIN*” y el almacén de datos llamado “*ide_sinaloa*” y de esta manera realizar la conexión con PostgreSQL e importar las capas generando un catálogo de mapas con estilos y en diferentes formatos ya antes mencionados (Figura 47).



Figura 47: Catálogo de mapas en el Servidor de mapas Geoserver.

Como ya me mencionó anteriormente, Geoserver provee de servicios estándares para lo cual en la opción “servicios” se configuraron estos de tal manera que quedaron habilitados los correspondientes a los servicios WMS y WFS que prestará la IDE objeto de este proyecto.

En este mismo contexto, para realizar la configuración de cada capa y asignarle los estilos de salida se requirió configurar algunos datos, la Tabla 8 muestra los campos más importantes para configurar en la edición de capas.

Tabla 8: Configuración de los Datos principales para cada capa en Geoserver.

Opción: Datos	
Información básica del recurso	
Nombre	Por defecto
Título	Por defecto
Palabras clave	Asignar palabras claves
Sistema de referencia de coordenadas	
SRS declarado	EPSG:32613
Gestión de SRC	Forzar al declarado
Encuadres	
Encuadre nativo	Calcular desde los datos
Encuadre Lat/Lon	Calcular desde el encuadre nativo

Detalles del Feature Type	
En caso de alguna modificación	Recargar Feature type
Opción: Publicación	
Configuración de WFS	
Estilo por defecto	Elegir el estilo correspondiente
Configuración del formato KML	Elegir opción en caso de ser requerido

Complementando lo anterior, y como es necesario elegir un estilo para la capa, esto se lleva a cabo mediante la incorporación de nuevos estilos para cada mapa, estos estilos SLD se generaron en QGIS y se incorporaron a Geoserver como parte de su estructura de estilos, la Tabla 9 muestra los datos requeridos para generar estilos nuevos.

Tabla 9: Configuración de los Datos principales para generar nuevos estilos en Geoserver.

Nombre	Asignar nombre al estilo.
Espacio de trabajo	Elegir el espacio de trabajo deseado, o se puede dejar vacío en caso que el estilo requiera estar activo para todos los espacios de trabajo.
Formato	SLD por defecto.
Generate a default style	Elegir entre: point, line, polygon y raster.
Copiar de un estilo existente	Elegir un estilo existente en caso de quererlo tomar como base.
Panel de edición	Ingresar el código SLD generado en un SIG.
Archivo de estilo	Usar esta opción en caso de querer subir un archivo SLD completo.

4.3.5 Servidor SQL Express 2008

Una vez listo el catalogo en Geoserver, se descargó de la página oficial el servidor SQLEXPRESS 2008 (Microsoft, 2017), se instaló y configuró para realizar consultas y elegir los datos a mostrar en el visualizador, para ello primeramente se creó una instancia con autenticación de SQL Server llamada “usuariosig” con su respectiva contraseña, esto es para asignar a este usuario todas las facultades para usar la base de datos de nuestro proyecto, la cual seguidamente se creó con el nombre de “IDESIN”, misma que se enlaza con el espacio de trabajo creado en

Geoserver y así extraer los datos esta plataforma, entre las tablas principales de esta base de datos está la tabla: “CATEGORIA_CAPA” que contiene todas las categorías para ser mostradas en el visualizador (Figura 48); “CAPA” contiene todos los mapas y la información que se van a mostrar al usuario final en la columna “INFOWND” (Figura 49).

ID	CATEGORIA	ACTIVO
2	PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN FACITE	1
3	Cartografía Base	1
5	Demografía	1
7	Vías de Comunicación	1
8	Hidrografía	1
9	Geología	1
10	Climatología	1
11	Orografía	1
12	Uso de Suelo y Vegetación	1
13	Generación de Energía	1
14	Fisiografía	1
* NULL	NULL	NULL

Figura 48: Tabla “CATEGORÍAS”

ID	DESCRIPCION	WMS	ID_TIPO	INFOWND	ID_CATEGORIA	ACTIVO	ORDEN	
1	7	Nombres Geográficos	nombresgeograficos	1	{"nombre": "Nombre Geográfico"}	5	1	3
2	8	Zona Arenosa	zonaarenosa	1	{"entidad": "Entidad", "tipo": "Tipo"}	6	1	1
3	9	Aeropuerto	aeropuerto	1	{"entidad": "Entidad", "tipo": "Tipo"}	7	1	1
4	10	Brechas	brechas	1	{"nombre": "Nombre"}	7	1	2
5	11	Carreteras	carretera	1	{"entidad": "Entidad", "tipo": "Tipo", "derecho": "T..."}	7	1	3
6	12	Terracería	terraceria	1	{"nombre": "Nombre"}	7	1	4
7	13	Canal	canal	1	{"entidad": "Nombre", "shape_len": "Tamaño"}	8	1	1
8	14	Presas	presaptos	1	{"entidad": "Nombre", "condicion": "Condicion"}	8	1	2
9	15	Ríos	rios	1	{"r_nom": "Nombre del Río", "cuenca": "Cuenca", ...}	8	1	3
10	16	Provincias Fisiograficas	prov fisiog	1	{"entidad": "Entidad", "nombre": "Nombre"}	14	1	1
11	18	Fallas y Fracturas	fallasfracturas	1	{"entidad": "Entidad", "direccion": "Direccion"}	9	1	1
12	19	Rocas	rocas	1	{"entidad": "Entidad", "sistema": "Sistema", "shape..."}	9	1	2
13	20	Minas	minasyotrasubicgeolog	1	{"entidad": "Entidad", "t_mineral": "Tipo mineral"}	9	1	3
14	21	Canícula	canicula	1	{"clave": "Entidad", "shape_len": "Longitud"}	10	1	1
15	22	Evapotranspiracion	evapotranspiracion	1	{"length": "Tamaño", "shape_len": "Longitud"}	10	1	2

Consulta ejecutada correctamente.

Figura 49: Tabla “CAPA”.

4.3.6 Entorno de desarrollo NetBeans

Ya habiendo capturado los datos en SQL Server y teniendo todas las tablas requeridas, para crear el visualizador se descargó de la página oficial el entorno de desarrollo NetBeans IDE 8.1 (Netbeans, 2017), se instaló y configuró para trabajar a nivel local (localhost) en el puerto 8080, y de manera conjunta con Geoserver mediante el archivo “*config.properties*” (Tabla 10), PostgreSQL en el archivo “*hibernate1.cfg*” (Tabla 11) y SQLExpress 2008 en el archivo “*hibernate.cfg*” (Tabla 12).

Tabla 10: Configuración de los datos principales para Geoserver.

Configuración de datos Geoserver	
GEOSERVER.USER	admin
GEOSERVER.PWD	*****
GEOSERVER.PATH	geoserver
GEOSERVER.INSTANCIA	IDE-SIN
GEOSERVER_IP	127.0.0.1
GEOSERVER.PUERTO	7070

Tabla 11: Configuración de los datos principales para PostgreSQL.

Configuración de datos PostgreSQL	
hibernate.connection.driver_class	org.postgresql.Driver
hibernate.connection.url	jdbc:postgresql://localhost:5432/postgres
hibernate.connection.username	Postgres
hibernate.connection.password	*****

Tabla 12: Configuración de los datos principales para SQLServer Express 2008.

Configuración de datos SQLServer Express 2008	
hibernate.connection.driver_class	com.microsoft.sqlserver.jdbc.SQLServerDriver
hibernate.connection.url	jdbc:sqlserver://127.0.0.1\FACITE\SQLEXPRESS:1433;databaseName=IDESIN
hibernate.connection.username	Usuariosig
hibernate.connection.password	*****

Además de los archivos antes mencionados, este proyecto se compone una serie de carpetas (images, META-INF, WEB-INF, etc.) y archivos (header, footer, home, inicio, login, mapa, etc.) que hacen la exitosa ejecución del mismo, el cual da como salida al visualizador (Figura 50).

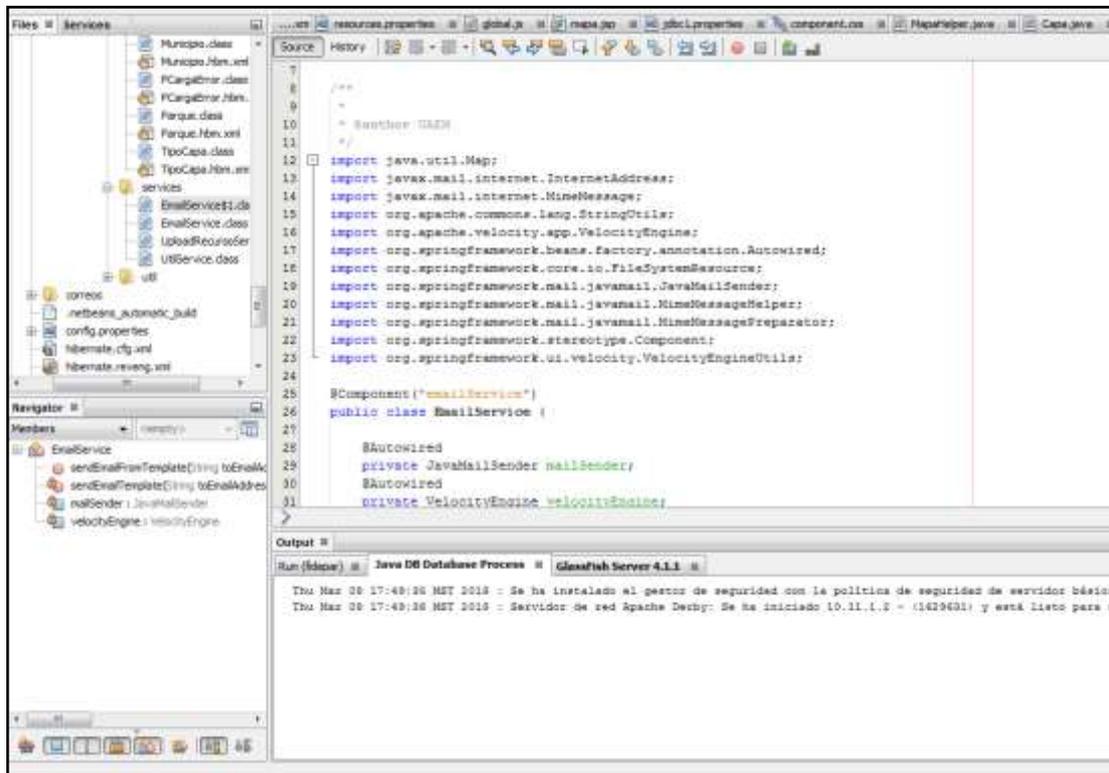


Figura 50: Entorno de desarrollo Netbeans

Bajo este mismo entorno, se hace uso de algunas librerías (OpenLayers, bootstrap, etc.) necesarias para la correcta visualización de los datos, así como el mapa base, el cual utilizó los recursos de la API de Google Maps, que se enlaza mediante la siguiente línea de código:

```

<script
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyDBNRHB
wtT9VWjgsBR50srrPvpjy9mzdL4&v=3.21&libraries=places,drawing">
</script>

```

Con la instrucción anterior se garantiza que los mapas agregados se visualicen correctamente y que las proyecciones sean las adecuadas.

5. Resultados y análisis

El proyecto IDESIN se compone principalmente de una serie de mapas, los cuales son producto de proyectos de investigación de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el espacio, además, de instituciones como INEGI y CONABIO, que forman un total de 49 mapas mostrados en la plataforma, la Tabla 13 muestra la relación de las categorías con sus respectivos datos.

Tabla 13: Relación de categorías generadas con sus respectivos datos tal y como se muestra en el visualizador.

Categoría	Capa
Proyectos del Observatorio de Sostenibilidad Ambiental y Territorial	Deforestación
	Reforestación
	Desertificación 2003
	Áreas Quemadas 2011
	Uso de Suelo y Vegetación Culiacán_Navolato 2011
	Escenario Sostenible Culiacán_Navolato
	Escenario Tendencia Culiacán_Navolato
Cartografía Base	Limite Estatal
	Limite Municipal
Demografía	Colonias
	Cabeceras Municipales
	Localidades Urbanas
	Nombres Geográficos
	Población
Vías de Comunicación	Aeropuertos
	Brechas
	Carretera
	Terracería
	Veredas
	Vías férreas
	Vías Pavimentadas
Hidrografía	Canal
	Acueducto
	Cuerpos de Agua
	Presas
	Ríos
	Litoral

Geología	Fallas Fracturas
	Minas
	Rocas
Climatología	Evapotranspiración
	Humedades Potenciales
	Humedad del Suelo
	Unidades Climáticas
Orografía	Curvas de Nivel
	Dem
Uso de Suelo y Vegetación	Uso de Suelo y Vegetación S-1_1976
	Uso de Suelo y Vegetación S-2_1993
	Uso de Suelo y Vegetación S-3_2002
	Uso de Suelo y Vegetación S-4_2007
	Uso de Suelo y Vegetación S-5_2011
	Uso de Suelo y Vegetación S-6_2017
	Vegetación Densa
Generación de Energía	Conducto
	Línea de transmisión
	Planta Generadora
Fisiografía	Provincias Fisiográficas
	Sub Provincias Fisiográficas

5.1 Servicios incorporados en la IDESIN

El proyecto IDE Sinaloa ofrece el servicio Web Map Service (WMS) y de esta manera se obtiene un mapa de una zona definida dentro del Estado de Sinaloa a partir de los datos de una o varias capas, representadas en un formato común en los navegadores de mapas (jpeg, png, gif, tiff, etc.) (Figuras 51 y 52).

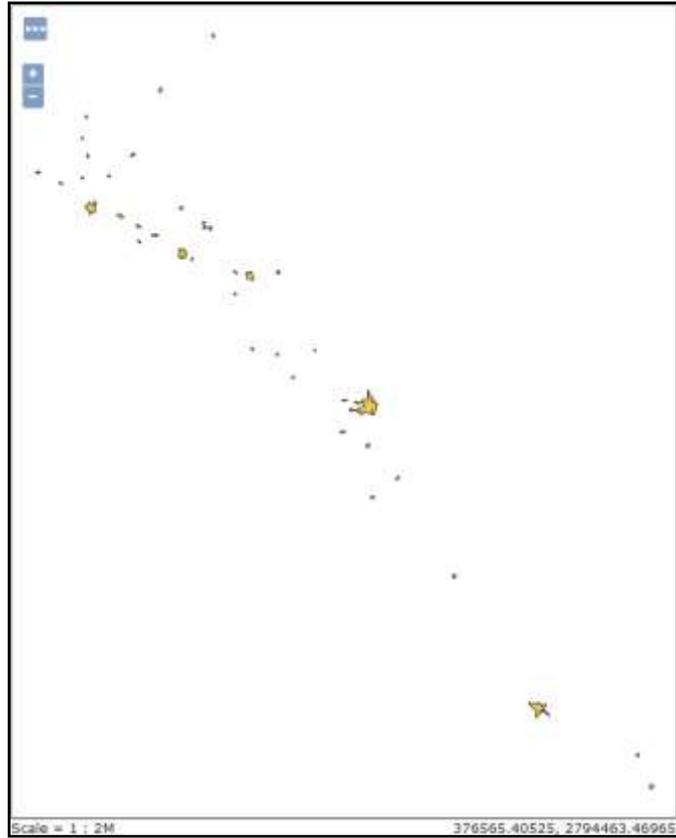


Figura 51: Localidad Urbana en formato JPEG visualizado en OpenLayers

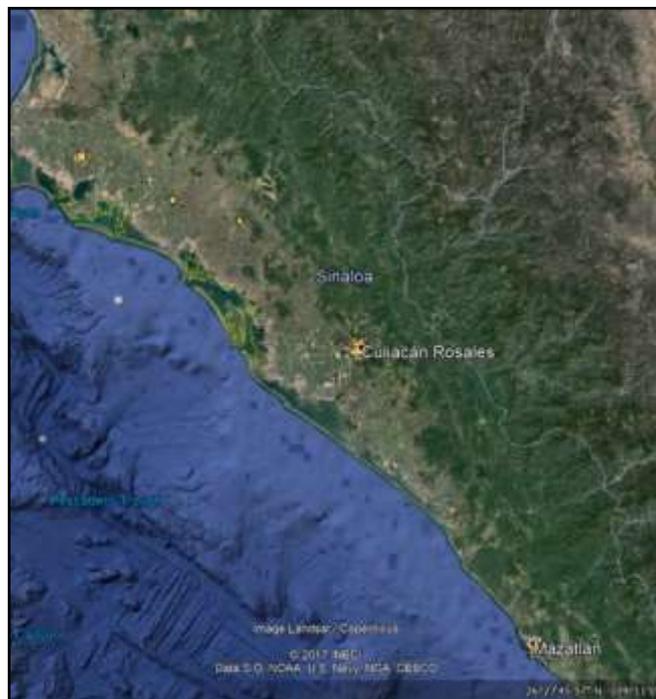


Figura 52: Mapa de Localidad Urbana en formato KML visualizado en Google Earth

Así mismo, se generaron los hipervínculos a dichos servicios, los cuales se pueden acceder mediante un software SIG o bien a través de otra IDE, esto se logró por que se implementó el concepto de interoperabilidad (Tabla 14).

Tabla 14: Servicios WMS generados en el servidor de mapas Geoserver

Mapa	Servicio
Acueducto	http://localhost:9090/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:acueducto&styles=&bbox=-109.26296298943416,22.477263652534536,-105.67096584603532,26.423043048062613&width=699&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Aeropuerto	http://localhost:7070/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:aeropuerto&styles=&bbox=88777.1484375,2560565.75,371947.46875,2848644.75&width=754&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Brechas	http://localhost:7070/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:brechas&styles=&bbox=-109.444381713867,22.8121299743652,-105.368240356445,27.0752735137939&width=734&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Cabecera municipal	http://localhost:7070/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:cabeceramunicipal&styles=&bbox=-109.009948730469,22.816068649292,-105.761940002441,26.7252807617188&width=638&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Canal	http://localhost:7070/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:canal&styles=&bbox=-109.40503692627,22.5320148468018,-105.570243835449,26.4605255126953&width=749&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Carretera	http://localhost:9090/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:carretera&styles=&bbox=-63506.48828125,2489191.5,456324.0,2976128.5&width=619&height=768

	8&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Colonias	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:colonias&styles=&bbox=-109.362945556641,22.4868888885498,-105.419799804688,26.9536285400391&width=677&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Conducto	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:conducto&styles=&bbox=-109.060943603516,24.7793235778809,-107.441848754883,25.7754344940186&width=768&height=472&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Cuerpos de agua	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:lagos&styles=&bbox=-109.469909667969,22.4805374145508,-105.539543151855,26.9392070770264&width=677&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Curvas de Nivel	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:curvasnivelesin&styles=&bbox=72841.2421875,2491541.25,461496.25,2997589.5&width=589&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Modelo Digital de Elevación (Dem)	WMS:http://localhost:9090/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:dem_sinaloa4326&styles=&bbox=41908.47089212801,2478270.013649582,461314.9472979581,3003388.154494381&width=613&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Evapotranspiración	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:evapotranspiracion&styles=&bbox=-109.463790893555,22.4450283050537,-105.432655334473,27.0286026000977&width=675&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Fallas fracturas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=ID

	E-SIN:fallasfracturas&styles=&bbox=- 109.154830932617,22.8321685791016,- 105.615539550781,26.8882522583008&width=670&height=768&srs =EPSG:4326&format=application/openlayers
Humedad del suelo	http://localhost:9090/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version= 1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:humedadsuelo&styles=&bbo x=39929.82159352163,2482048.614192092,463118.99033372954,3 001529.8929240815&width=625&height=768&srs=EPSG:32613&for mat=application/openlayers
Humedad potencial	http://localhost:7070/geoserver/IDE- SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=ID E-SIN:humedadespotenciales&styles=&bbox=- 109.468254089355,22.439245223999,- 105.522605895996,27.0068740844727&width=663&height=768&srs =EPSG:4326&format=application/openlayers
Línea de transmisión	http://localhost:7070/geoserver/IDE- SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=ID E-SIN:lineatransmision&styles=&bbox=- 109.069023132324,22.5366191864014,- 105.418319702148,26.8945922851563&width=643&height=768&srs =EPSG:4326&format=application/openlayers
Litoral	http://localhost:7070/geoserver/IDE- SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=ID E-SIN:litoral&styles=&bbox=- 109.469108581543,22.4679317474365,- 105.701454162598,26.2494201660156&width=765&height=768&srs =EPSG:4326&format=application/openlayers
Localidad urbana	http://localhost:9090/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version= 1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:localidadurbana&styles=&bb ox=67394.2071003348,2523512.59072612,421566.819294371,2959 535.23162567&width=623&height=768&srs=EPSG:32613&format=ap plication/openlayers
Minas y otras ubicaciones geológicas	http://localhost:7070/geoserver/IDE- SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=ID E-SIN:minas&styles=&bbox=- 109.068832397461,22.7463035583496,- 105.39054107666,26.9883003234863&width=665&height=768&srs= EPSG:4326&format=application/openlayers

Limite Municipal	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:municipios&styles=&bbox=52424.04296875,2482083.5,461856.65625,2998246.5&width=609&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Nombres geográficos	http://localhost:9090/geoserver/IDESIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDESIN:nombresgeograficos&styles=&bbox=42155.19511665875,2483325.3603248997,448730.50108292553,2995892.530529396&width=609&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Planta generadora	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:plantageneradora&styles=&bbox=-109.0615234375,23.1737995147705,-106.337814331055,26.8643188476563&width=566&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Población	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:poblacion2010&styles=&bbox=-109.41682434082,22.4916496276855,-105.402069091797,27.040018081665&width=677&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Presas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:presaptos&styles=&bbox=114755.3046875,2659175.0,328505.0,2975434.0&width=519&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Provincias fisiográficas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:provinciasfisiograficas&styles=&bbox=-109.467559814453,22.4437198638916,-105.371940612793,27.0652770996094&width=680&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Ríos	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:rios

	SIN:rios&styles=&bbox=62245.88671875,2486264.25,458489.21875,2998124.5&width=594&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Rocas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:rocas&styles=&bbox=-109.467559814453,22.4437198638916,-105.371940612793,27.0652770996094&width=680&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Límite Estatal	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:sinaloabase&styles=&bbox=52424.04296875,2482083.5,461856.65625,2998246.5&width=609&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Sub provincias fisiográficas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:subprovinciasfisiograficas&styles=&bbox=-109.467559814453,22.4437198638916,-105.371940612793,27.0652770996094&width=680&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Terracería	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:terraceria&styles=&bbox=-109.406623840332,22.4796962738037,-105.421768188477,26.9750823974609&width=680&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Unidades climáticas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:unidadesclimaticas&styles=&bbox=-109.467559814453,22.4437198638916,-105.371940612793,27.0652770996094&width=680&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Uso de suelo y vegetación 1976	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:usv_s1_1976&styles=&bbox=-109.46753692627,22.4440231323242,-105.373054504395,27.0652656555176&width=680&height=768&srs

	=EPSG:32613&format=application/openlayers
Uso de suelo y vegetación 1993	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:usv_s2_1993&styles=&bbox=-109.467514038086,22.4440231323242,-105.373054504395,27.0652656555176&width=680&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Uso de suelo y vegetación 2000	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:usv_s3_2000&styles=&bbox=-109.468643188477,22.4440212249756,-105.372756958008,27.0653858184814&width=680&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Uso de suelo y vegetación 2007	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:usv_s4_2007&styles=&bbox=-109.467514038086,22.4440231323242,-105.373054504395,27.0652656555176&width=680&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Uso de suelo y vegetación 2011	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:usv_s5_2011&styles=&bbox=-109.467514038086,22.4440231323242,-105.373054504395,27.0652656555176&width=680&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Vegetación densa	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:vegetaciondensa&styles=&bbox=-108.136009216309,22.8668079376221,-105.378570556641,26.8281211853027&width=534&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Veredas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:veredas&styles=&bbox=-106.941360473633,23.6012344360352,-105.967597961426,24.7386932373047&width=657&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Vía férrea	http://localhost:7070/geoserver/IDE-

	SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:viasferreas&styles=&bbox=-109.074211120605,22.500789642334,-105.424713134766,27.0364418029785&width=617&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Vías pavimentadas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:viaspavimentadas&styles=&bbox=-109.404357910156,22.4915523529053,-105.420997619629,26.8520812988281&width=701&height=768&srs=EPSG:4326&format=application/openlayers
Deforestación	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:deforestacion&styles=&bbox=107314.875,2487675.25,460387.28125,2998218.75&width=531&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Reforestación	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:deforestacion_ganancia&styles=&bbox=68604.046875,2482102.25,459513.4375,2995945.75&width=584&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Desertificación 2003	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:deser2003&styles=&bbox=52424.04296875,2482083.5,461856.65625,2998246.25&width=609&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Desertificación 2012	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-SIN:deser2012&styles=&bbox=52424.04296875,2482083.5,461856.65625,2998246.25&width=609&height=768&srs=EPSG:32613&format=application/openlayers
Áreas Quemadas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=IDE-

Así mismo, se generaron los hipervínculos a los servicios WFS, los cuales pueden ser descargables y de esta manera se tiene acceso a sus atributos a través de un software SIG (Tabla 15).

Tabla 15: Servicios WFS generados en el servidor de mapas Geoserver

Mapa	Servicio
Acueducto	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:acueducto&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Aeropuerto	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:aeropuerto&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Brechas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:brechas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Cabecera municipal	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:cabeceramunicipal&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Canal	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:canal&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Carretera	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:carretera&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Colonias	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:colonias&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Conducto	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:conducto&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Cuerpos de agua	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:lagos&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Curvas de Nivel	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:curvasdeNivel&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson

	E-SIN:curvasnivelesin&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Evapotranspiración	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:evapotranspiracion&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Fallas fracturas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:fallasfracturas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Humedad del suelo	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:humedadsuelo&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Humedad potencial	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:humedadespotenciales&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Línea transmisión	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:lineatransmision&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Litoral	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:litoral&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Localidad urbana	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:localidadurbana&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Minas y otras ubicaciones geológicas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:minas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Limite Municipal	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:municipios&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Nombres geográficos	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:nombresgeograficos&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fj

	son
Planta generadora	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:plantageneradora&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Población	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:poblacion2010&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Presas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:presaptos&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Provincias fisiográficas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:provinciasfisiograficas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Ríos	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:rios&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Rocas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:rocas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Límite Estatal	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:sinaloabase&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Sub provincias fisiográficas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:provinciasfisiograficas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Terracería	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:terraceria&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Unidades climáticas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:unidadesclimaticas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjs

	on
Uso de suelo y vegetación 1976	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:usv_s1_1976&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Uso de suelo y vegetación 1993	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:usv_s2_1993&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Uso de suelo y vegetación 2000	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:usv_s3_2000&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Uso de suelo y vegetación 2007	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:usv_s4_2007&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Uso de suelo y vegetación 2011	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:usv_s5_2011&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Vegetación densa	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:vegetaciondensa&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Veredas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:veredas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Vía férrea	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:viasferreas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Vías pavimentadas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:viaspavimentadas&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Deforestación	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:deforestacion&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Reforestación	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:deforestacion_ganancia&maxFeatures=50&outputFormat=application%

	2Fjson
Desertificación 2003	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:deser2003&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Desertificación 2012	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:deser2012&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Áreas Quemadas	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:aqsin2011&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Uso de Suelo y Vegetación Culiacán-Navolato	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:usv2011cIn&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Escenario Sostenible Culiacán-Navolato	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:escenariosostenible&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson
Escenario Tendencia Culiacán-Navolato	http://localhost:7070/geoserver/IDE-SIN/ows?service=WFS&version=1.0.0&request=GetFeature&typeName=IDE-SIN:escenariostendencia&maxFeatures=50&outputFormat=application%2Fjson

5.2 Visualizador

El visualizador generado en este proyecto IDE, consume recursos de la Api de Google Maps, con la finalidad de contar con un mapa base georreferenciado, disponible en todo momento y de esta manera asegurar que los datos se muestren adecuadamente (Figura 54).

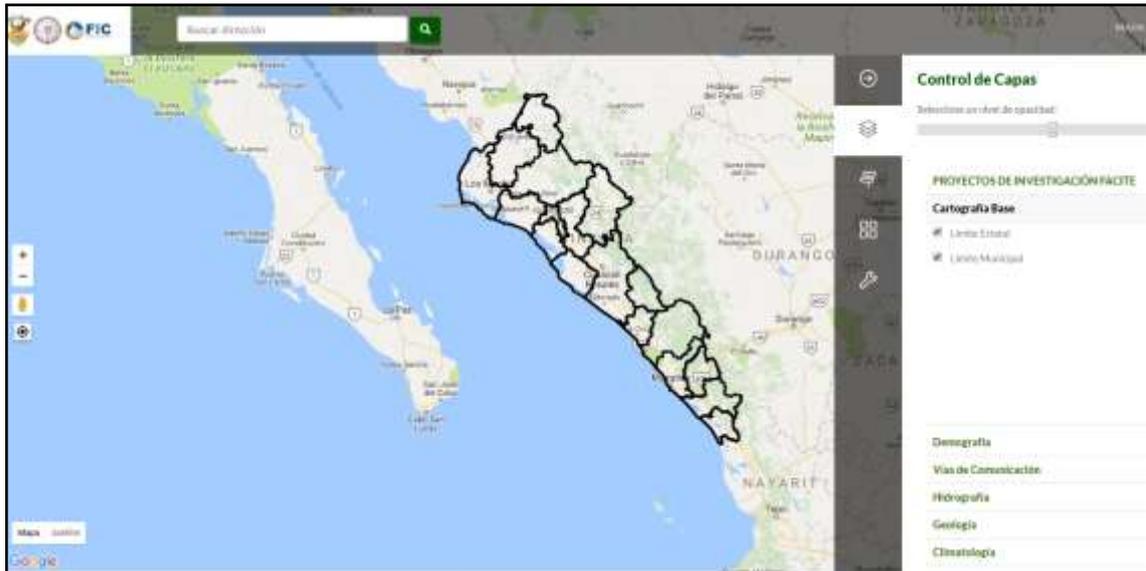


Figura 54: Visualizador consumiendo recursos de Google Maps.

Dentro de las categorías mostradas en el visualizador se encuentran las que muestran los proyectos de investigación de la Facultad de ciencias de la Tierra y el Espacio, los cuales se consideran de suma importancia ya que proporcionan información ambiental y territorial relevante.

5.2.1 Proyecto Deforestación

Los mapas de deforestación incluidos en la IDESIN, muestran los resultados de la detección de cambios tomando como base la cartografía de cobertura de bosques y selvas de los años 1993 y 2011, en los cuales se indican que existe una gran pérdida de cobertura forestal en el estado de Sinaloa, con una tasa media anual ligeramente superior a la del país. Estos mapas se obtuvieron al realizar una diferencia de mapas de las coberturas de Bosques y Selvas utilizando los mapas de Uso de Suelo y vegetación proporcionados por INEGI (Monjardin-Armenta, 2015) (Figura 55).

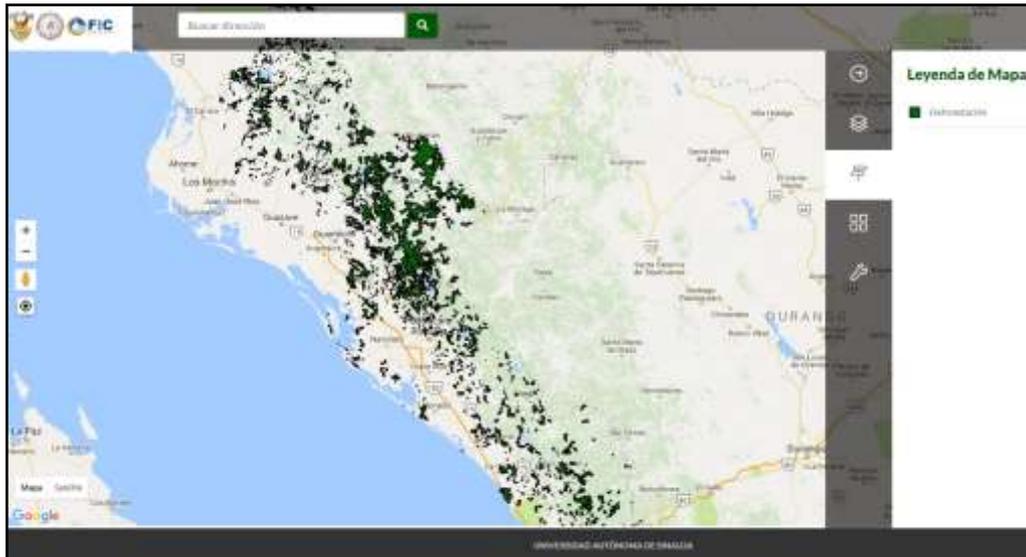


Figura 55: Mapa que muestra las áreas de deforestación para el Estado de Sinaloa.

La diferencia de la cobertura de bosques y selvas de los años de 1993 y 2011 arrojó una pérdida forestal de 2277.18 km², correspondiente a 3.97% y una tasa media anual de deforestación de 0.41%, cifra que está por encima del promedio anual del país; aunque otros estudios a nivel nacional revelan tasas de deforestación mucho más elevadas (Monjardin-Armenta, 2015) (Figura 56).

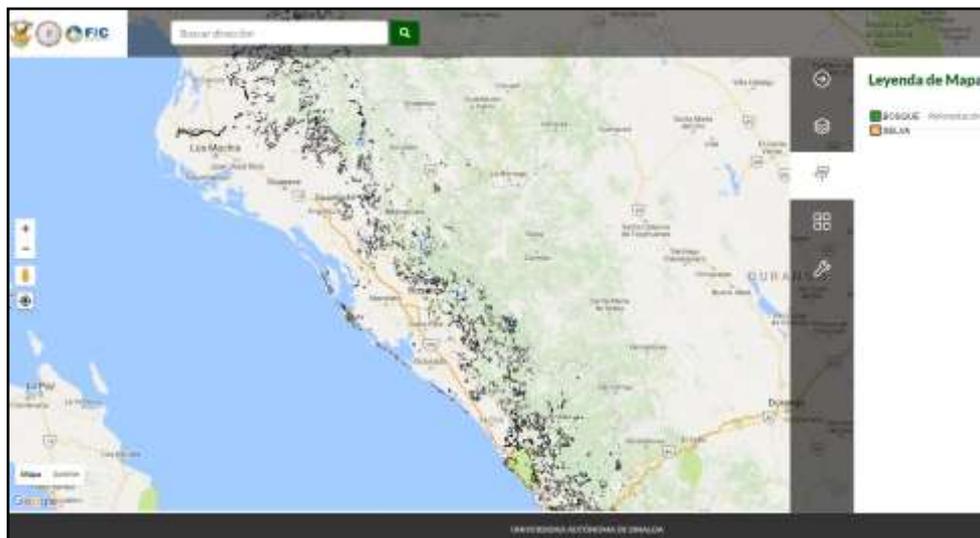


Figura 56: Mapa que muestra las áreas de reforestación para el Estado de Sinaloa con sus categorías Selva y Bosque.

5.2.2 Proyecto Desertificación

Para el proyecto de desertificación se tomaron dos épocas: 2003 y 2012 del Estado de Sinaloa, México, en el cual se integraron diferentes variables obtenidas a partir de datos del sensor MODIS en las que se determinaron zonas vulnerables a desertificación con el fin de sentar las bases metodológicas para la simulación de modelos de desertificación. La Figura 57 muestra el mapa de la época 2003, en la cual se puede observar que la distribución de valores se presentó gran parte en los municipios costeros y parte de la sierra en la zona sur del Estado (López Beltran, 2016).

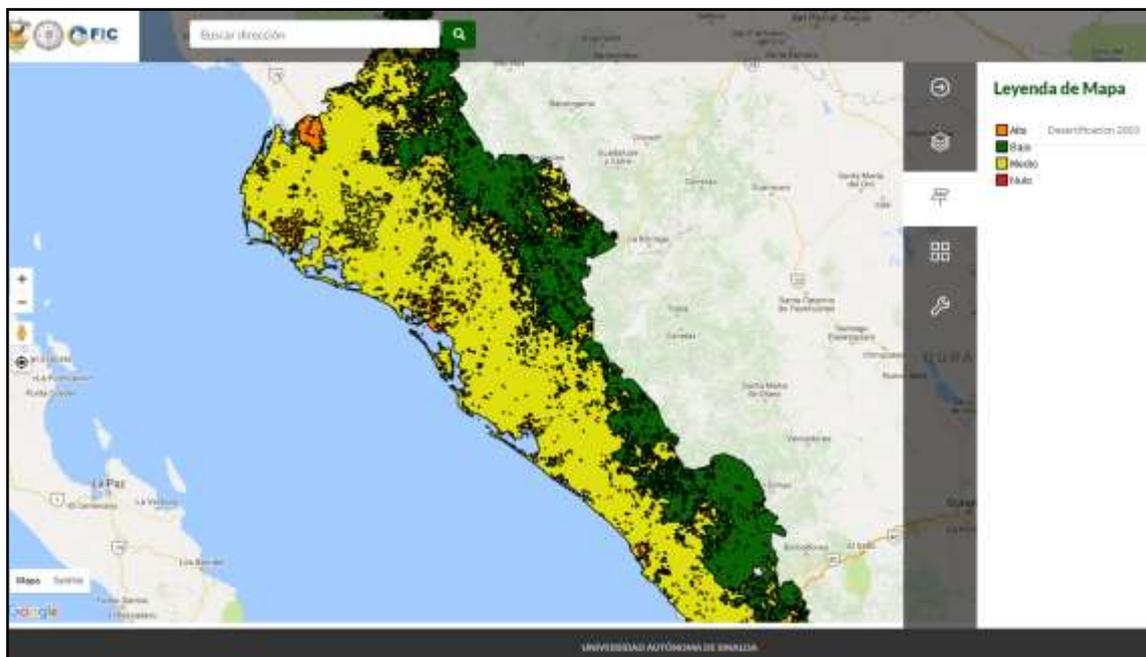


Figura 57: Mapa que muestra las áreas de desertificación para el Estado de Sinaloa año 2003.

En el mapa de desertificación de la época 2012, las áreas disminuyen, enfocándose cada vez más cerca de las costas y en formas esporádicas en la sierra (López Beltran, 2016) (Figura 58).

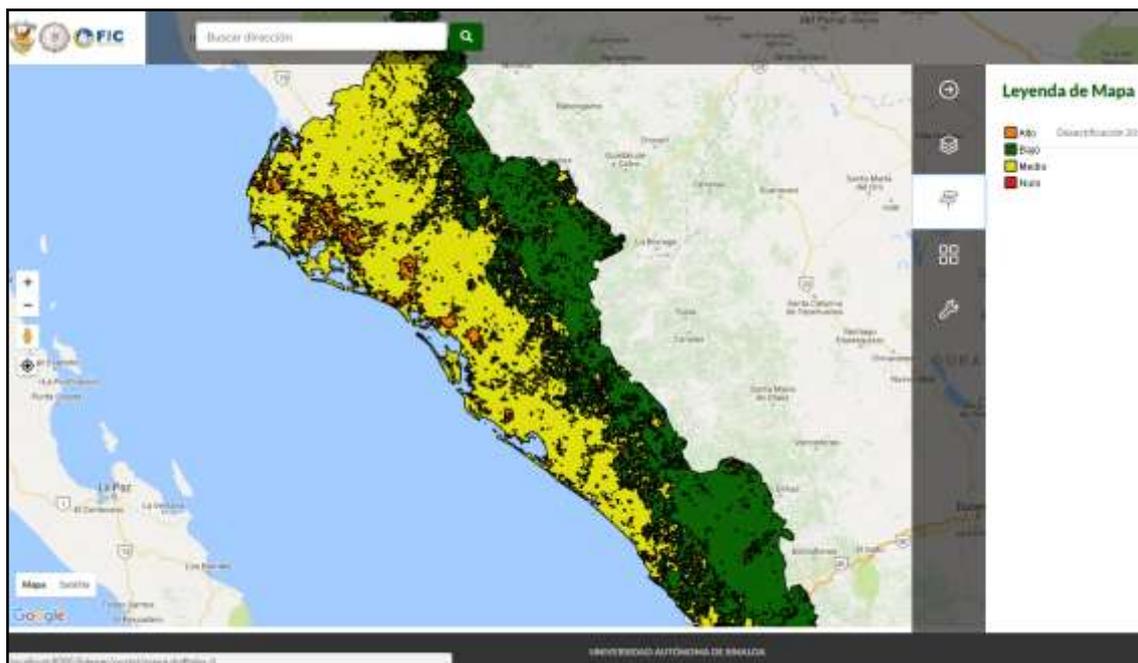


Figura 58: Mapa que muestra las áreas de desertificación para el Estado de Sinaloa año 2012.

5.2.3 Proyecto Áreas quemadas

El proyecto de áreas quemadas se realizó en la Región Hidrográfico Administrativa III (Pacífico Norte) para la temporada de incendios de 2011, mediante la clasificación digital de imágenes Landsat 5 TM y 7 ETM+ y su integración con sistemas de información geográfica, con la finalidad de obtener las zonas afectadas por este fenómeno (Beltrán González, 2017) (Figura 59).

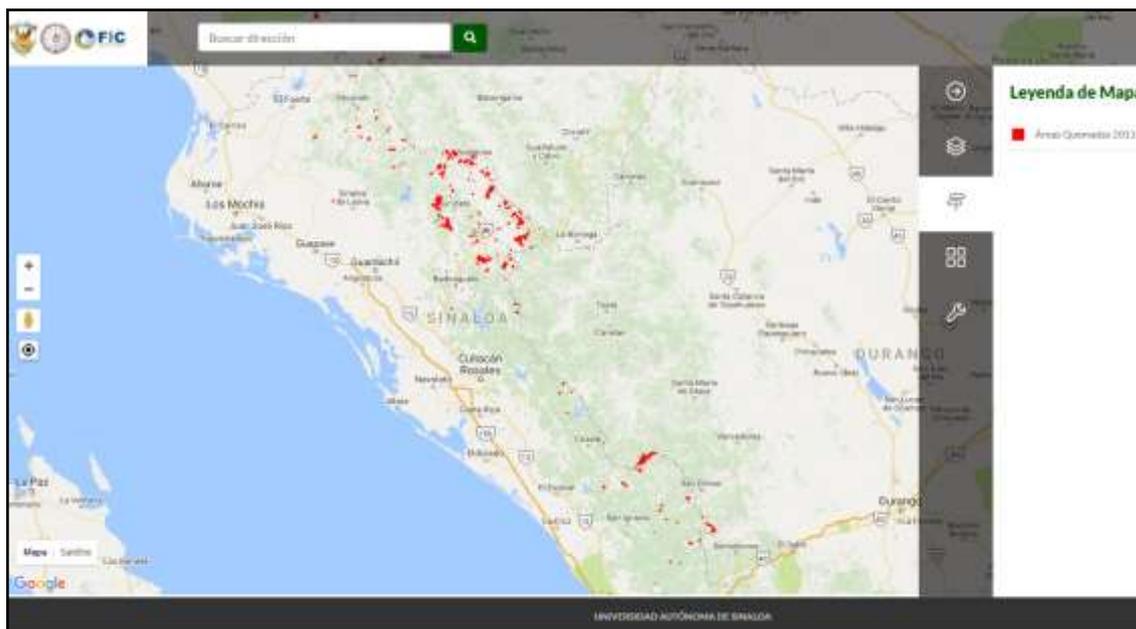


Figura 59: Mapa que muestra las áreas quemadas en el Estado de Sinaloa para el año 2011.

5.2.4 Proyecto Escenarios Territoriales

El área de estudio de este proyecto de investigación comprende los municipios de Culiacán y Navolato, en el Estado de Sinaloa, México, en el cual se obtuvieron los cambios de uso de suelo del año 1993 al 2011, mediante una matriz de tabulación cruzada. En dicho periodo se tuvo que la tendencia de los cambios fue de un aumento de los asentamientos humanos, de la agricultura de temporal, de la agricultura de riego y en menor medida de los pastizales y bosques. A su vez, las selvas tuvieron una gran pérdida de superficie y en menor cantidad la categoría de otros tipos (Corrales Barraza, 2016) (Figura 60).

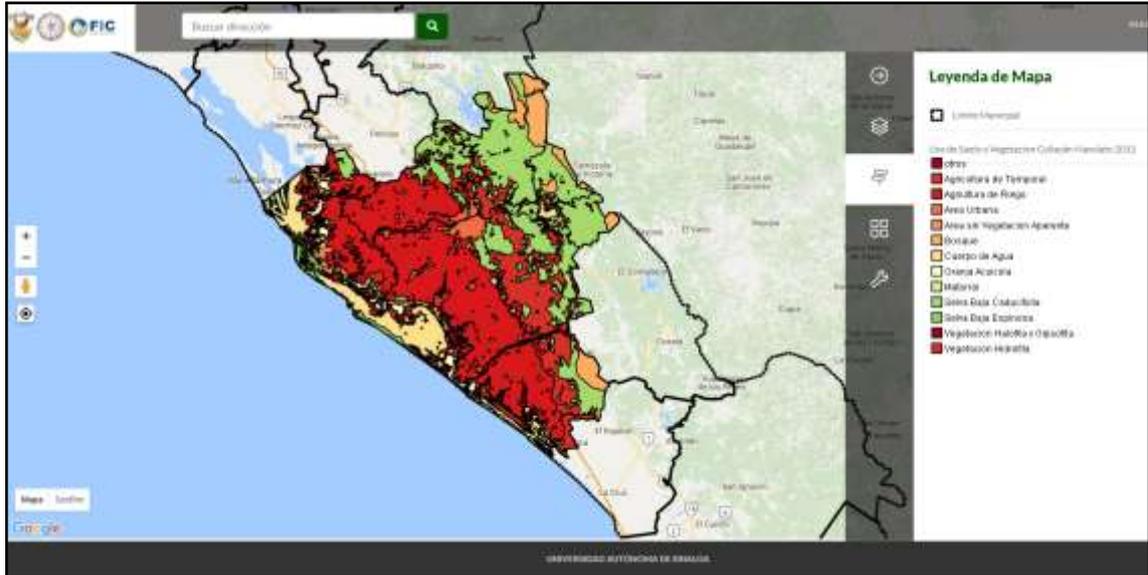


Figura 60: Mapa que muestra las coberturas de Uso de Suelo y Vegetación en los municipios de Culiacán y Navolato para el año 2011.

En base al proyecto anterior se realizó un estudio para obtener un escenario de tendencia con visión para el año 2030, el cual proporciona información importante sobre los potenciales impactos ambientales, territoriales y económicos que podrían ocasionar la continuación de las actuales políticas de planificación (Corrales Barraza, 2016), mismo que se muestra en la Figura 61.

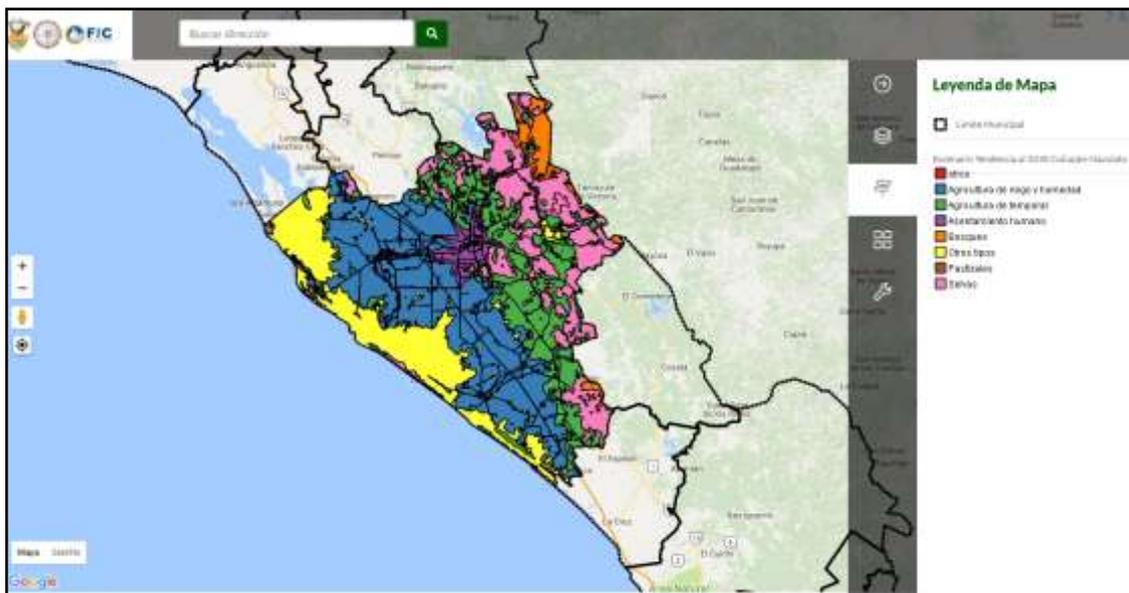


Figura 61: Mapa que muestra las coberturas de Uso de Suelo y Vegetación bajo un escenario de tendencia para el año 2030.

En este mismo contexto, se realizó un proyecto de escenario de sostenibilidad, el cual presenta las alternativas de desarrollo más sostenibles y que a futuro pueden convertirse en una herramienta útil para el diseño de la planificación territorial y en un instrumento para reparar posibles desequilibrios de los usos del suelo a nivel local y regional. (Corrales Barraza, 2016) (Figura 62).

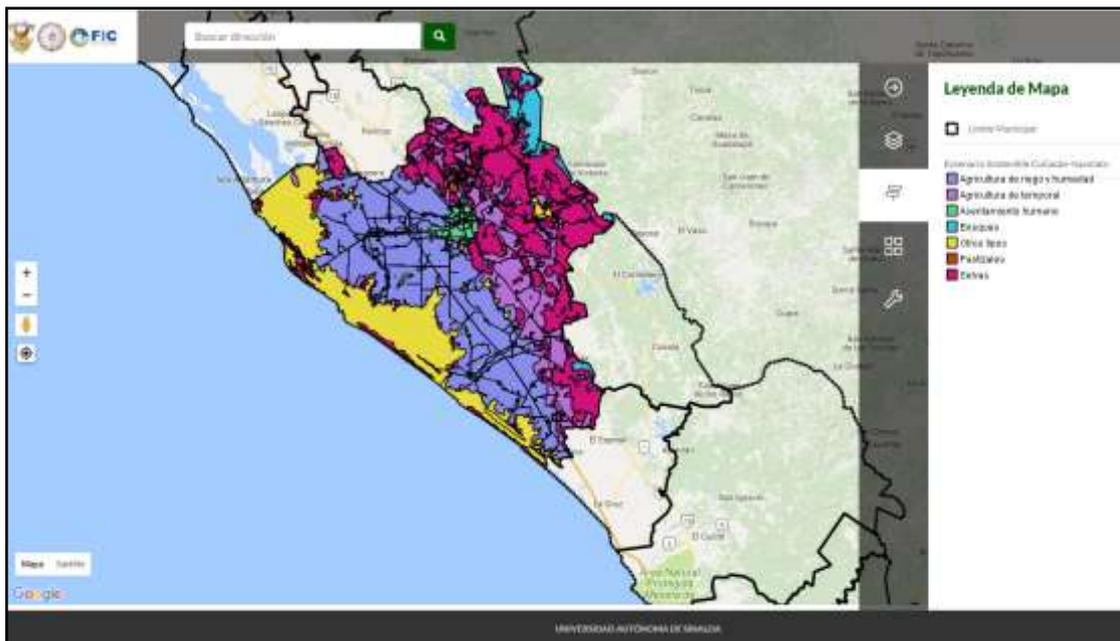


Figura 62: Mapa que muestra las coberturas de Uso de Suelo y Vegetación bajo un escenario sostenible para el año 2030.

5.3 Funcionalidades de la IDESIN

Otro aspecto que se consideró en el proyecto IDE Sinaloa, es la incorporación de funcionalidades y herramientas como localizar, visualizar, descargar y procesar, las cuales ayudan al usuario a hacer uso de la IDE y que le sea de utilidad y sobre todo fácil de usar. Dichas herramientas se consideran importantes para explorar variables de interés en el ámbito ambiental y territorial.

5.3.1 Metadatos

El acceso a los metadatos se realiza desde el visualizador con tal solo activar alguna capa deseada y dar clic a cualquiera de sus elementos, se puede visualizar sus datos principales como: año de publicación, proyección, datum,

escala, fuente entre otros (Figura 63), teniendo en cuenta que la información completa se encuentra en la tabla de atributos de cada mapa.

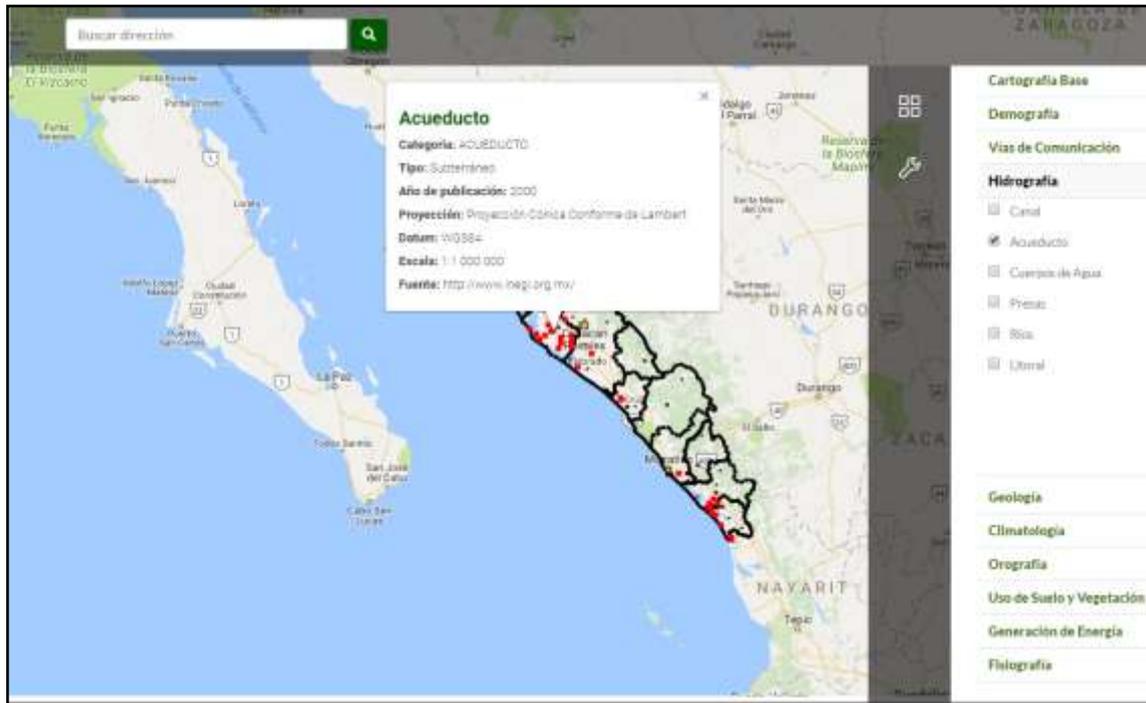


Figura 63: Visualización los Metadatos.

5.3.2 Identificación

Permite conocer los valores de atributo para una entidad seleccionada, como se puede observar en Figura 64 están activos los mapas de Limite municipal, Limite estatal, colonias, cabeceras municipales, cuerpos de agua y ríos siendo de este último del que se muestra los datos identificados. La herramienta Identificar se puede personalizar para limitar la cantidad de datos que se filtran sobre las capas de interés.

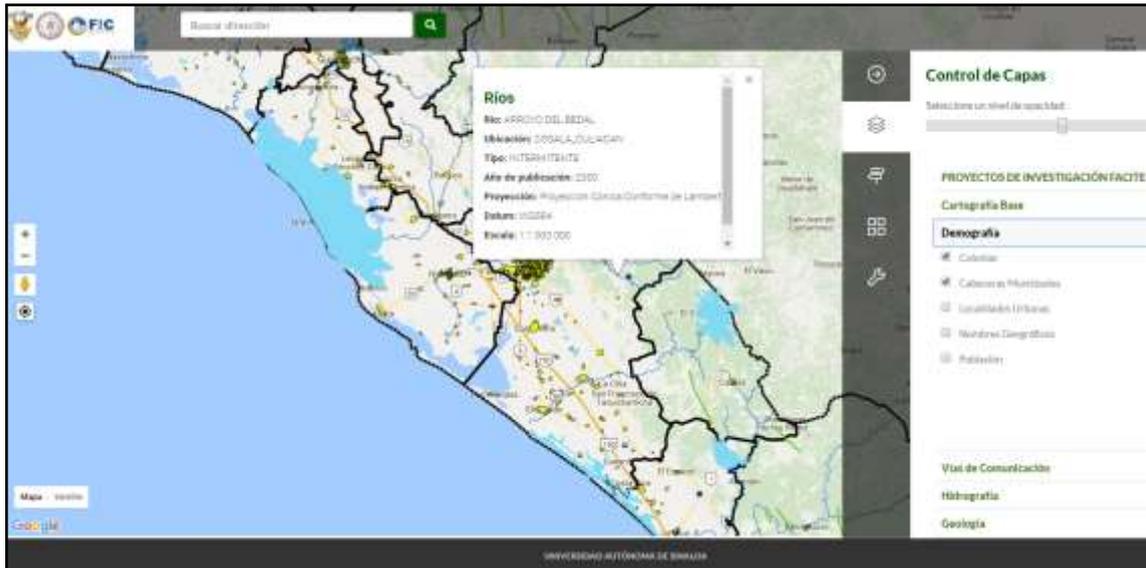


Figura 64: Identificación de capas.

5.3.3 Superposición

Realiza una fusión entre varias capas sin que éstas pierdan sus propiedades, de esta manera se permite conocer la relación espacial y territorial que existe entre cada capa seleccionada, como se aprecia en la Figura 65, en la parte de la leyenda se puede conocer todas las capas activas para esta muestra.

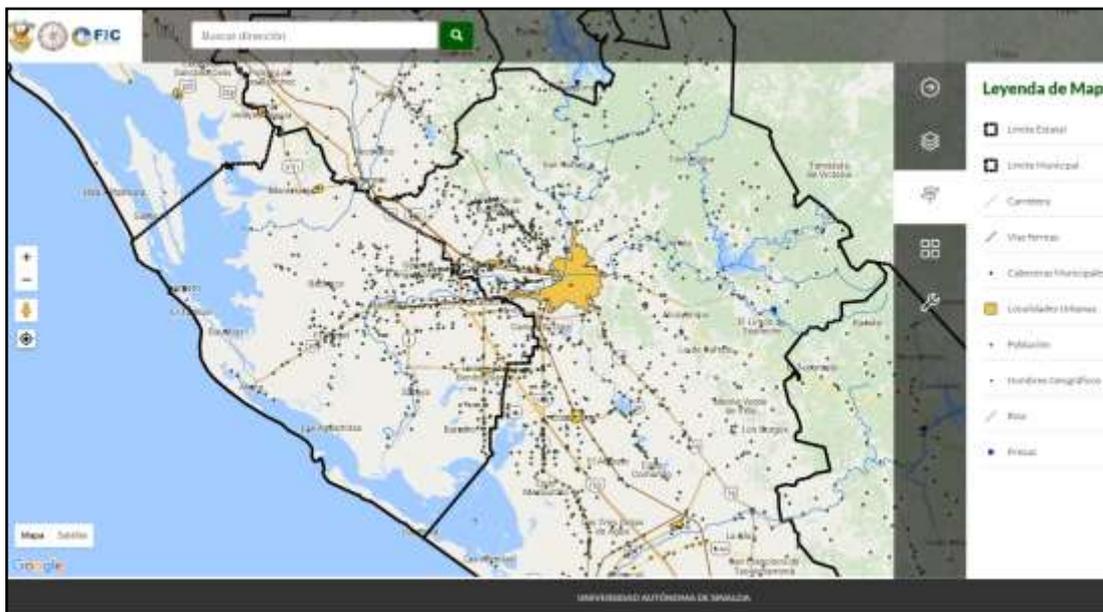


Figura 65: Superposición de capas

5.3.4 Medida

Esta herramienta permite conocer el área ya sea de un polígono o de una línea dibujada en el área de interés, como se observa en la Figura 66, están activas algunas capas pero en para esta muestra se realizó la medida sobre el municipio de Navolato.

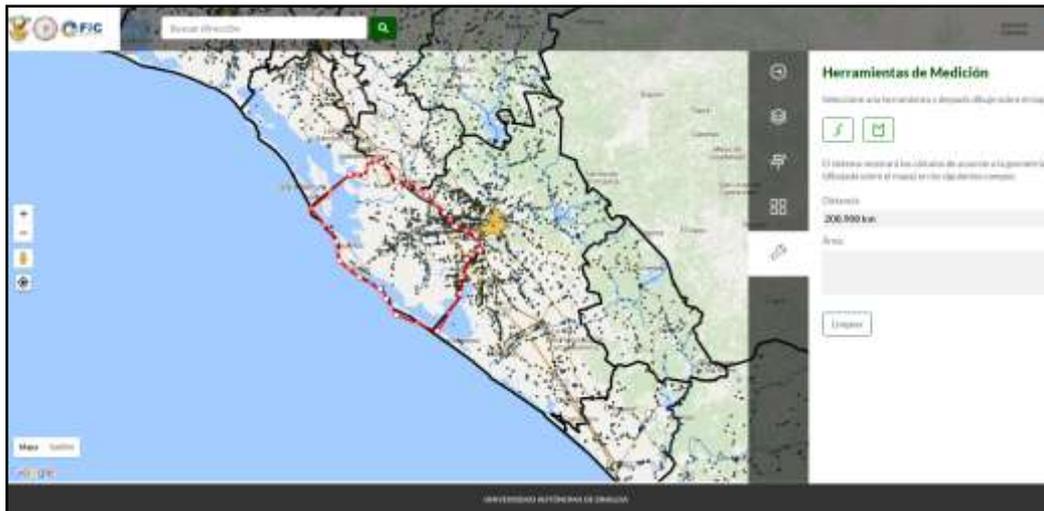


Figura 66: Medida

5.3.5 Leyenda del mapa

Con el propósito de identificar cada mapa mostrado, se incorporó la opción de visualizar la leyenda y de esta manera se puede conocer qué tipo de mapa está activo ya sea mapa de puntos, líneas o polígonos, el cual también hace referencia a su respectivo estilo, haciendo que la visualización sea más clara (Figura 67).



Figura 67: Leyenda del mapa

5.3.6 Búsquedas

Otra funcionalidad con la que cuenta la herramienta IDESIN son las búsquedas, las cuales se pueden realizar por municipios, en donde, al seleccionar el municipio deseado automáticamente se redirecciona al lugar que corresponde en el mapa (Figura 68), y de esta manera se pueden observar los datos de interés de la región deseada.

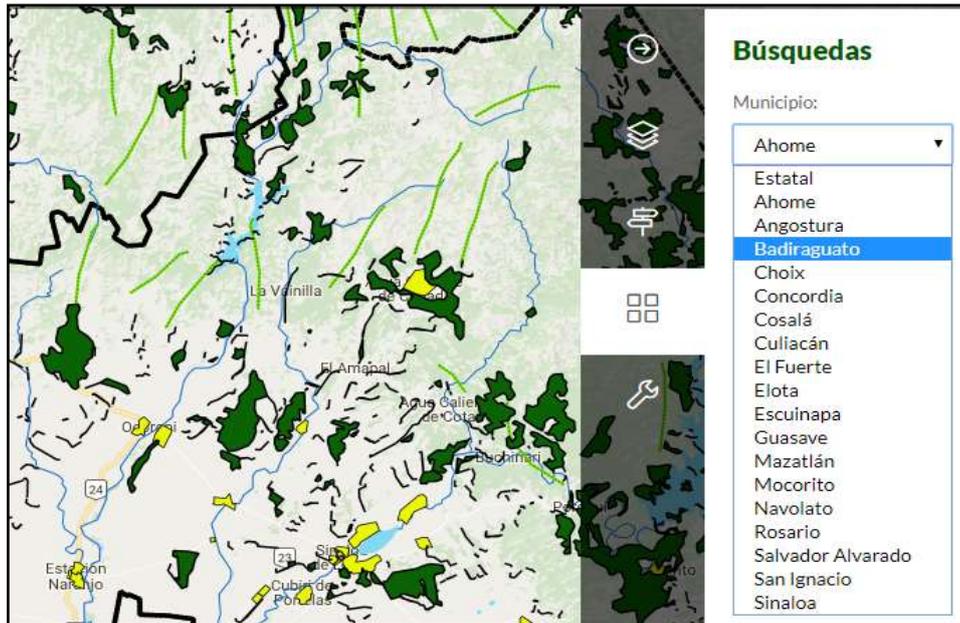


Figura 68: Búsquedas por municipio

5.4 Políticas y normas

Contemplando el aspecto de las políticas y normas para el uso y publicación de Información Geográfica, fué necesario establecer para la IDESIN, una serie de políticas, las cuales informan sobre aspectos legales para uso de la información publicada en ella las cuales se muestran en Tabla 16.

Tabla 16: Políticas y normas establecidas en la IDESIN.

Políticas y normas

La visualización, descarga y uso de la información contenida en la IDESIN es totalmente gratuita, y deberá ser utilizada sólo para fines de investigación, educación y planeación.

La información estadística y cartográfica presentes en la IDESIN se encuentra protegida por los derechos de autor (reflejada en los metadatos).

El uso que se le dé a la información es responsabilidad del usuario. La IDESIN no se hace responsable del mal uso de los datos.

La obtener información sobre las restricciones y consideraciones para el uso de la información se deben considerar a los autores de la IDESIN.

La reproducción total o parcial de dicha información debe incluir referencia de los derechos de autor indicada en los metadatos.

El aporte de información a la Infraestructura de datos Espaciales se encuentra sujeto a autorización por parte de los autores.

Queda estrictamente prohibido el uso de los datos para fines comerciales.

5.5 Web Mapping IDESIN

Por último, se muestra el diseño de una página web como entrada para acceder a los datos que muestra la IDE, la cual se puede acceder a través del hipervínculo: <http://148.227.28.3:8080/idesin> además de información adicional y actualizada que proporcionará la IDE (Figura 69).



Figura 69: Pagina Web como principal acceso a la IDESIN

6. Conclusiones

Se desarrolló una herramienta geotecnológica que permite administrar los recursos de información de una IDE en el Estado de Sinaloa. El resultado muestra un Sistema de Información Geográfica con recursos de información disponibles para su visualización y consulta, desarrollado mediante estándares establecidos por el Open Geospatial Consortium (OGC).

Al diseñar una base de datos espacial, la cual es indispensable para alojar los datos mostrados en la IDESIN, se generó una mejor conexión entre los diferentes servidores utilizados, ya que de hacerlo de manera tradicional mediante ficheros, tendría algunas desventajas como desorganización de los datos, el acceso a ellos sería más lento, y si por algún motivo los datos cambian de lugar o se eliminan, simplemente ya no estarían disponibles en la IDE.

Se generaron servicios estándares WMS y WFS para el manejo de información Geográfica, esto gracias al uso del servidor de mapas empleado en este proyecto, el cual ha sido de gran ayuda para dar soporte a la IDESIN, ya que es el intermediario entre la base de datos espacial y la interfaz de usuario, se pudo aprovechar al máximo las capacidades de los servicios que éste servidor proporciona y se garantizó que los datos generados estuviesen bien estructurados y georreferenciados.

De toda la cartografía seleccionada, se realizó la captura de metadatos, donde se incorporaron los datos más importantes para cada mapa esto permite contar con documentación actualizada y de utilidad para el usuario, esperando que se realice como una práctica cotidiana para la continuación de este proyecto, o bien, futuros proyectos IDE.

Se establecieron normas y políticas para el uso de la información geográfica mostrada en la IDESIN, con el fin de proteger los derechos de autor de las diferentes fuentes utilizadas.

Además de los datos utilizados de instituciones como INEGI y CONABIO, también se incorporaron mapas generados por proyectos de investigación de alumnos de

la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio, en los cuales muestran resultados de mucha utilidad para la toma de decisiones en el ámbito ambiental y territorial, como son los mapas de coberturas de uso de suelos, de deforestación, de áreas quemadas y desertificación.

Es importante también mencionar las funcionalidades con las que esta herramienta dispone, como: superposición, medida, identificación, leyenda del mapa, entre otras, esto posibilita que dicha información sea de utilidad para el usuario ya que no necesita tener instalado un SIG de escritorio para consultar y visualizar los datos del área de su interés.

Como se puede apreciar a lo largo este documento, el análisis, desarrollo y puesta en marcha de una IDE es una tarea laboriosa y compleja ya que intervienen numerosos elementos, los cuales son proporcionados por distintas fuentes y a pesar de su complejidad, se puede concluir que una IDE es el mejor medio para la publicación de información geográfica.

Por ello, este documento de Tesis proporciona la mayor información necesaria para conocer con detalle el alcance de lo que suponen las IDE, dando una retrospectiva, desde sus orígenes hasta el estado actual teniendo en cuenta cuáles podrían ser los siguientes pasos a dar en el futuro, y por supuesto, se detalla el desarrollo del proyecto IDESIN con una propuesta metodológica basada en la literatura, la cual demuestra que con la integración de un conjunto de herramientas Open Source puede realizarse exitosamente un proyecto IDE.

7. Trabajo futuro

- Como trabajo futuro para la IDE Sinaloa se tiene mucho potencial y el primer paso es la incorporación de más datos los cuales aporten información actualizada, de utilidad y que ayude a la toma de decisiones tanto ambiental como territorial.
- De igual manera, se pretende trabajar en más herramientas de análisis, que ayuden a la solución de problemática de tipo ambiental y territorial, y a su vez, incluir herramientas para obtener estadísticas y simulación de escenarios.
- Otro aporte que se podría realizar es la inclusión de nuevos nodos de acuerdo a las necesidades de los usuarios que permitan que la IDE SIN crezca y esté cada vez al alcance de más usuarios que requieran la consulta de información mostrada en la IDE.
- Además, se podría adecuar para que, bajo validación y supervisión previa, el usuario aporte sus propios datos y de esta manera enriquecer el proyecto y que sea de mayor utilidad para diferentes necesidades, así mismo, desarrollar medidas y herramientas capaces de realizar controles sobre la calidad y validez de la información de la IDE.
- Sería de mucha utilidad el incorporar nuevos servicios capaces de trabajar con información de otras IDE, así como también complementar los metadatos para hacerlo lo más completo posible.
- Considerando las nuevas tendencias, se podría, además, diseñar herramientas para trabajar con datos en 3D, de tal manera que se pueda tener un panorama más cercano a la realidad.

8. Anexos

8.1 Cartografía Institucional.

En este apartado se muestra la fuente cartográfica utilizada de instituciones como INEGI y CONABIO, resaltadas en sus diferentes categorías tal como se muestra en el visualizador de este proyecto IDE.

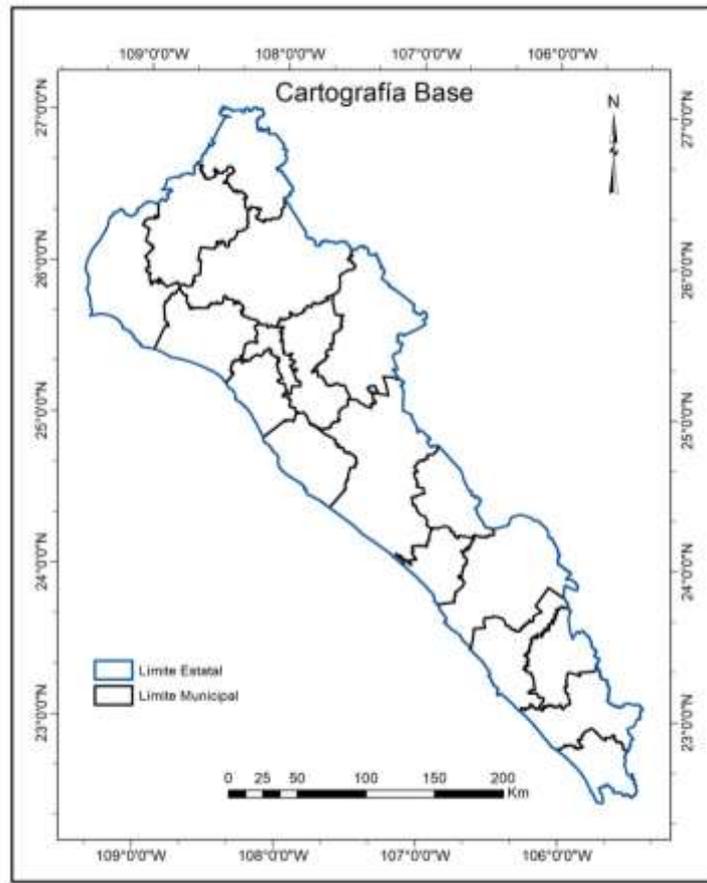


Figura 70: Categoría Cartografía Base donde se incluyen las capas: Limite Estatal y Limite Municipal del Estado de Sinaloa

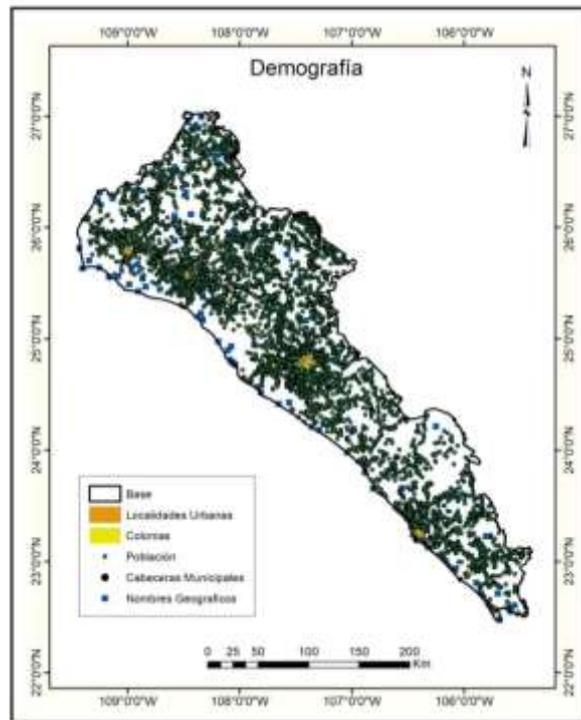


Figura 71: Categoría Demografía donde se incluyen las capas: Localidades Urbanas, Colonias, población, Cabeceras Municipales y Nombres Geográficos

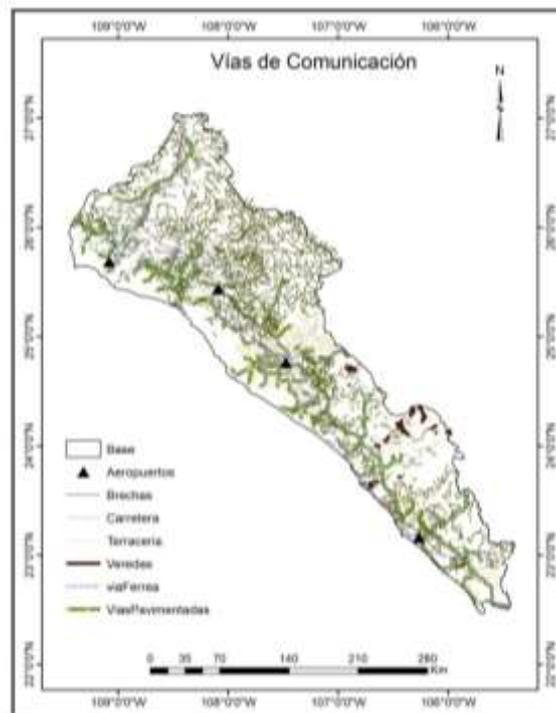


Figura 72: Categoría Vías de Comunicación donde se incluyen las capas: Aeropuertos, Brechas, Carreteras, Terracería, Veredas, Vías Férreas y Vías Pavimentadas.

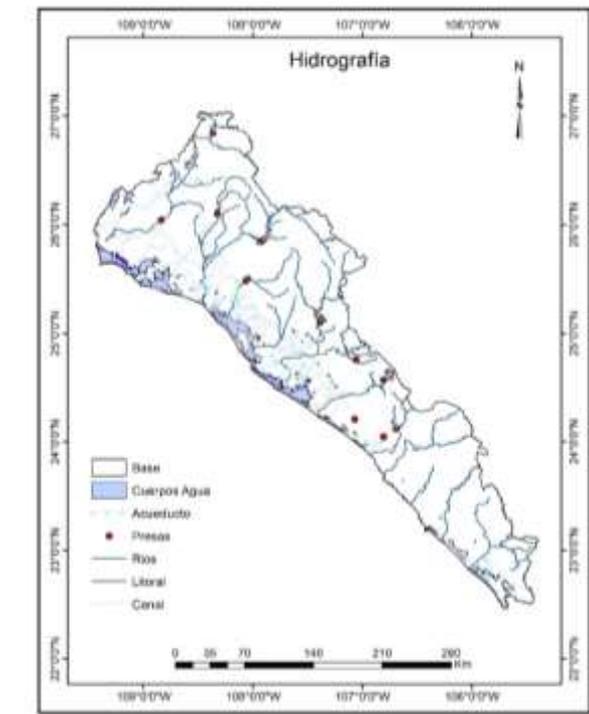


Figura 73: Categoría Hidrografía donde se incluyen las capas: Cuerpos de agua, acueducto, presas, ríos, litoral y canal

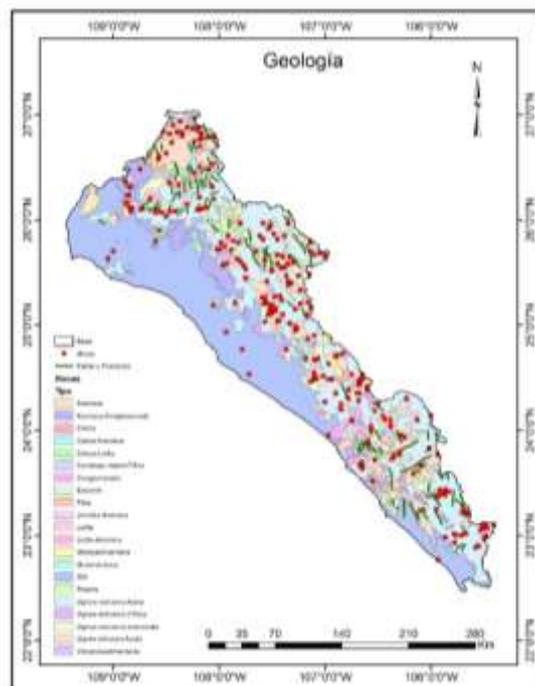


Figura 74: Categoría Geología donde se incluyen las capas: Minas, Fallas Fracturas y rocas.

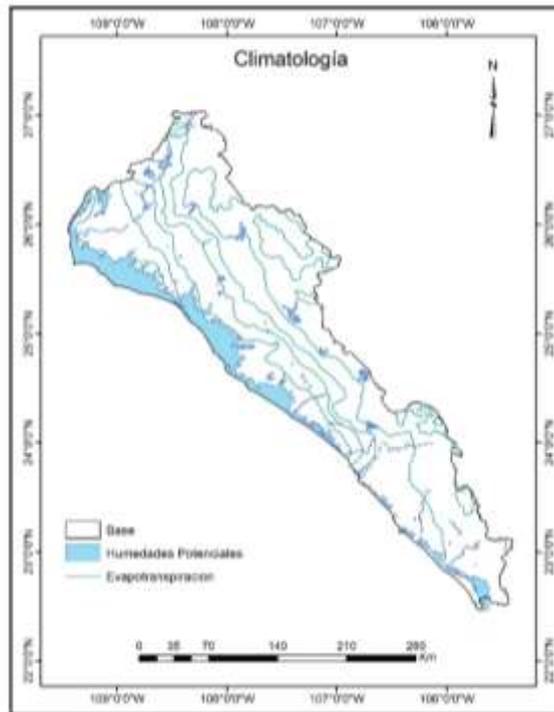


Figura 75: Categoría Climatología donde se incluyen las capas: humedales potenciales y evapotranspiración.

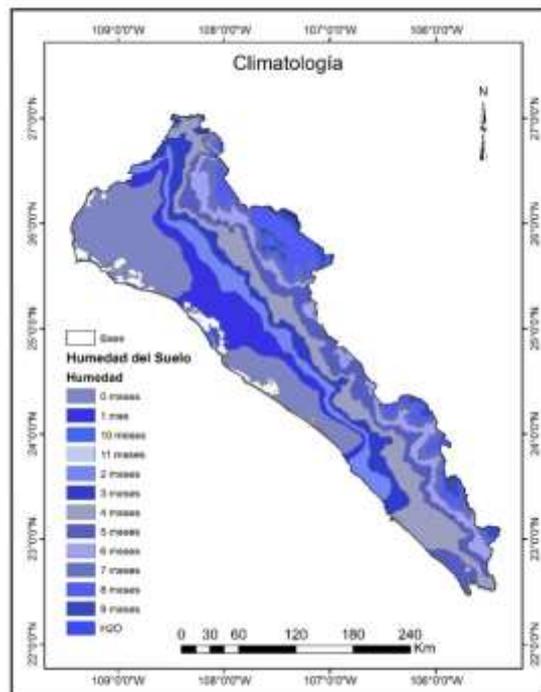


Figura 76: Categoría Climatología donde se incluye la capa: humedad del suelo.

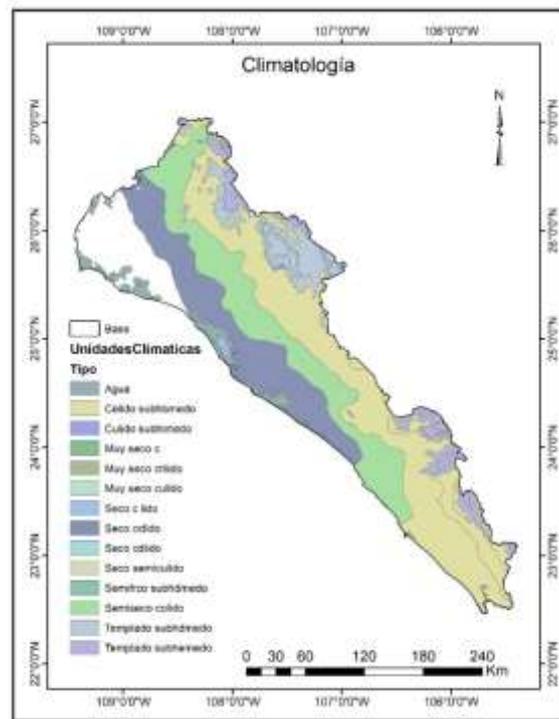


Figura 77: Categoría Climatología donde se incluye la capa: unidades climáticas.

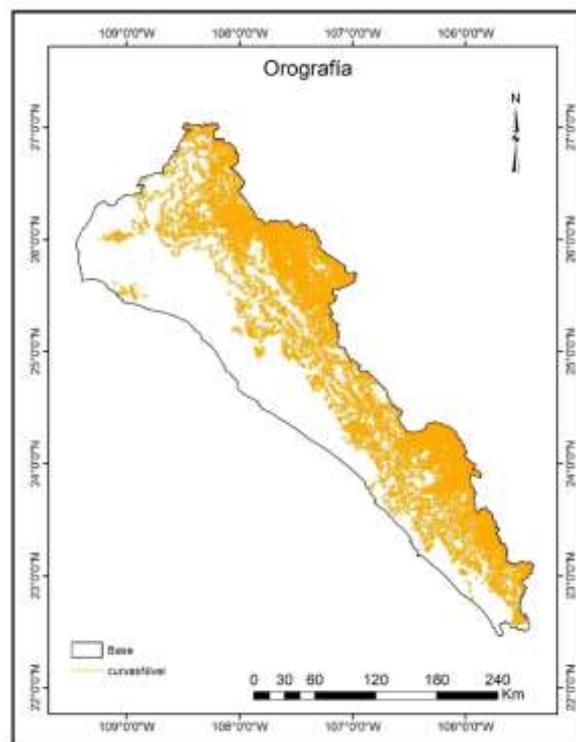


Figura 78: Categoría Orografía donde se incluye la capa: Curvas de Nivel

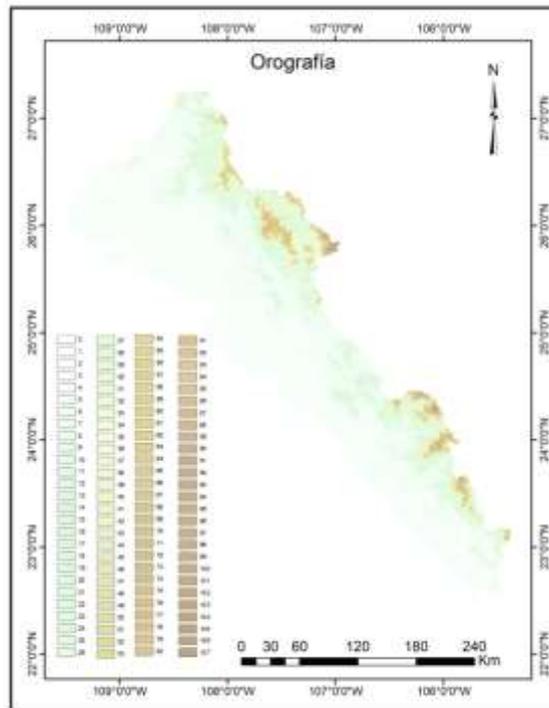


Figura 79: Categoría Climatología donde se incluye la capa: Modelo Digital de Elevación.

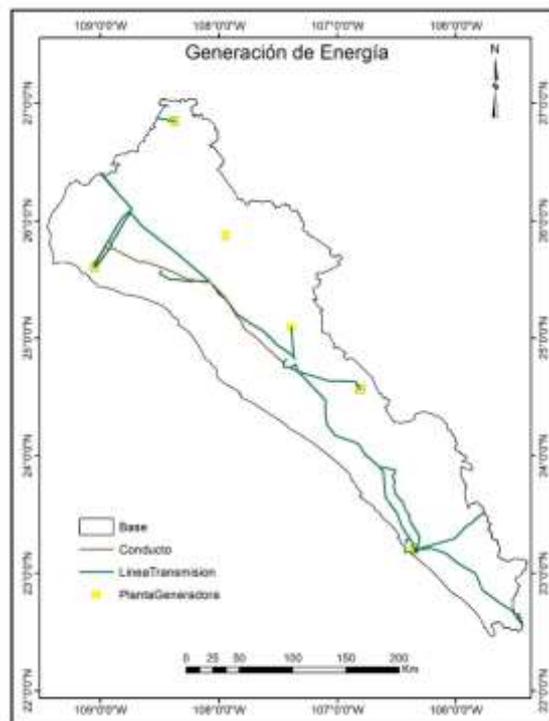


Figura 80: Categoría Generación de Energía donde se incluye la capa: conducto, línea de transmisión y planta generadora.

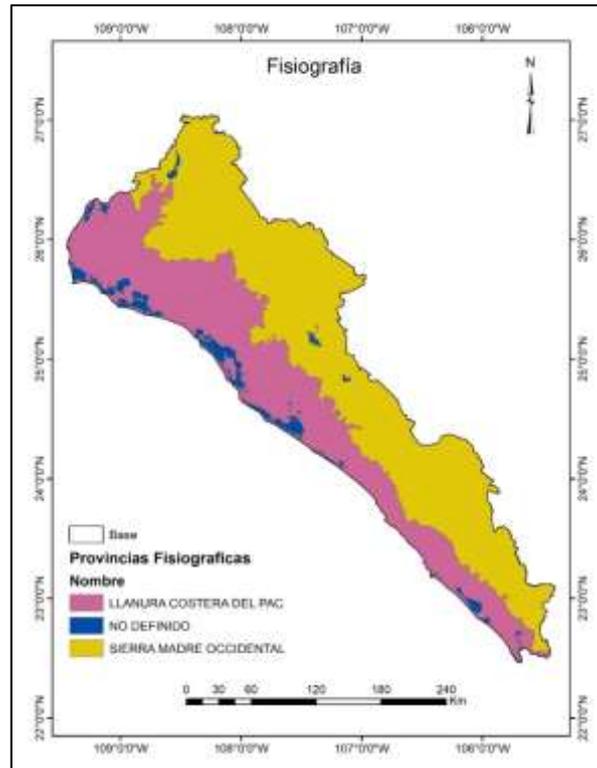


Figura 81: Categoría Fisiografía donde se incluye la capa: Provincias Fisiográficas.

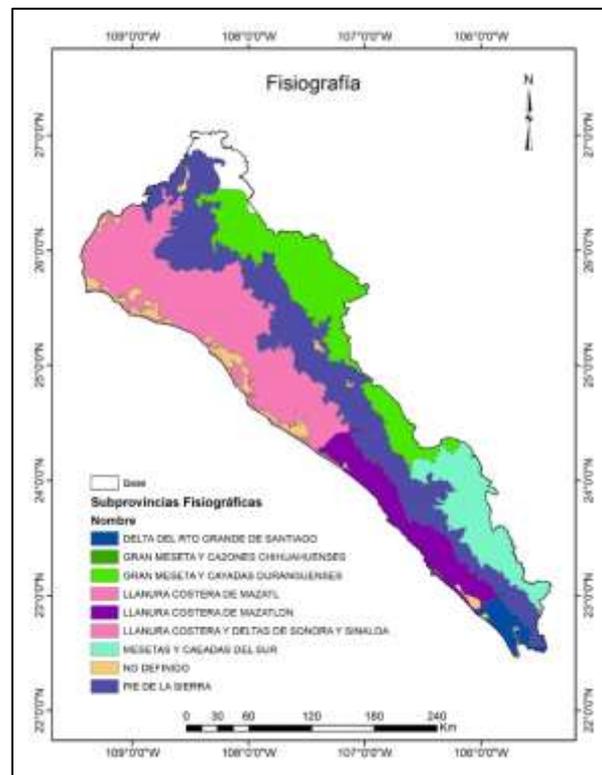


Figura 82: Categoría Fisiografía donde se incluye la capa: Su provincias Fisiográficas.

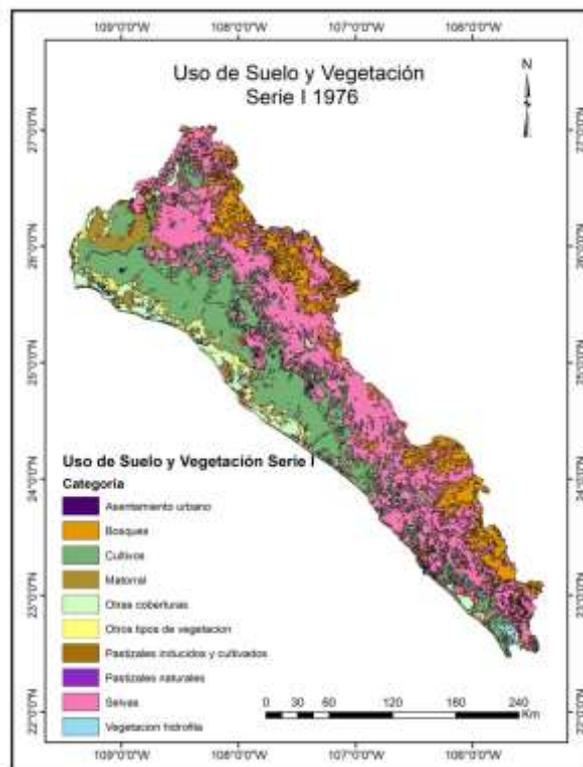


Figura 83: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 1 año 1976.

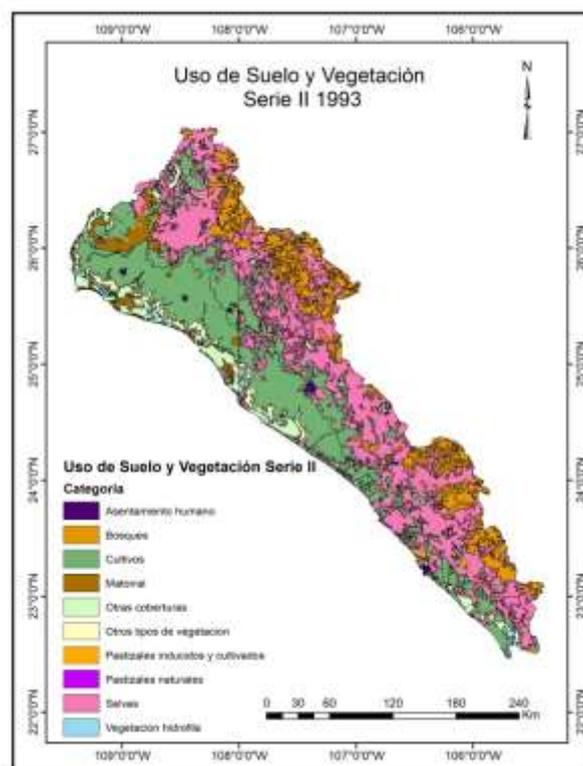


Figura 84: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 2 año 1993.

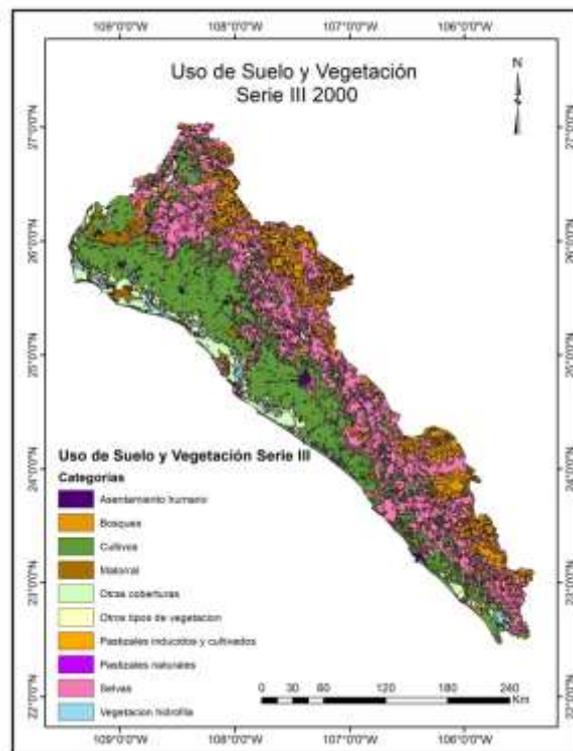


Figura 85: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 3 año 2002.

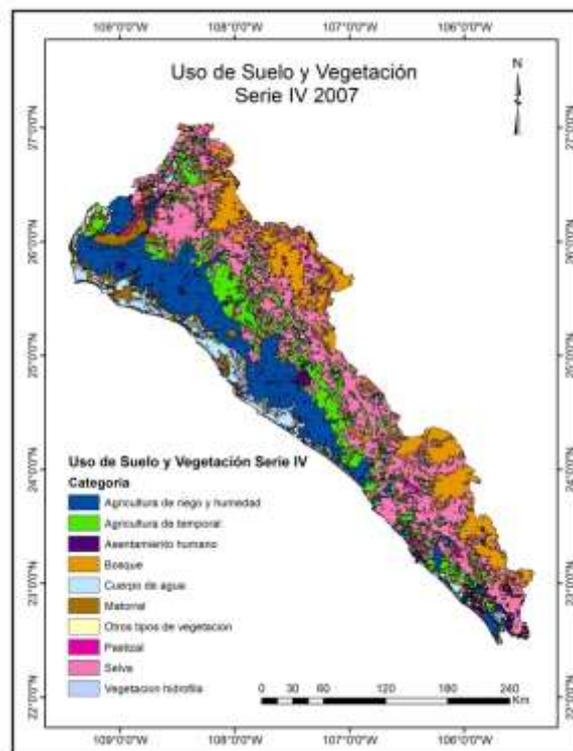


Figura 86: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 4 año 2007.

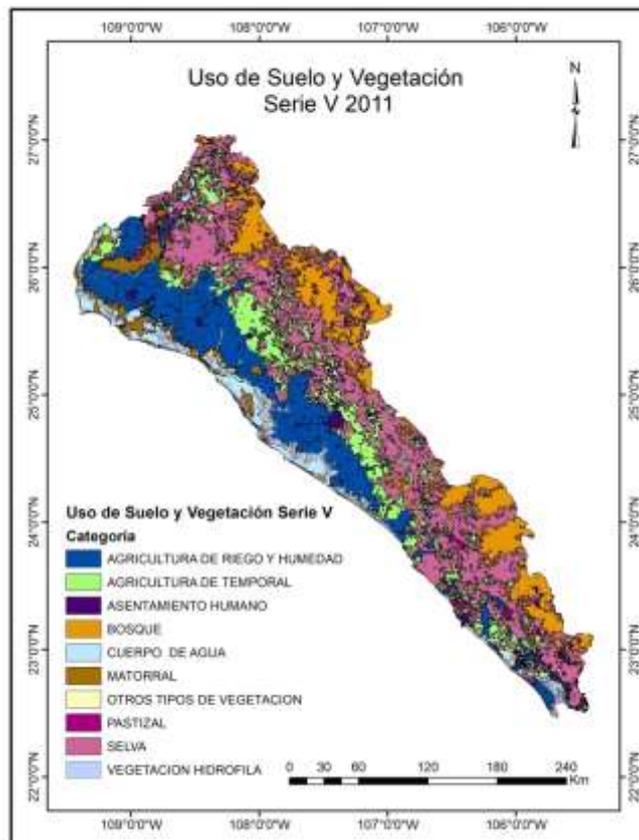


Figura 87: Categoría Uso de Suelo y Vegetación de la Serie 5 año 2011.

8.2 Cartografía de la Facultad de Ciencias de La Tierra y el Espacio.

En este apartado se muestra la fuente cartográfica utilizada de trabajos de investigación realizados por alumnos de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio.

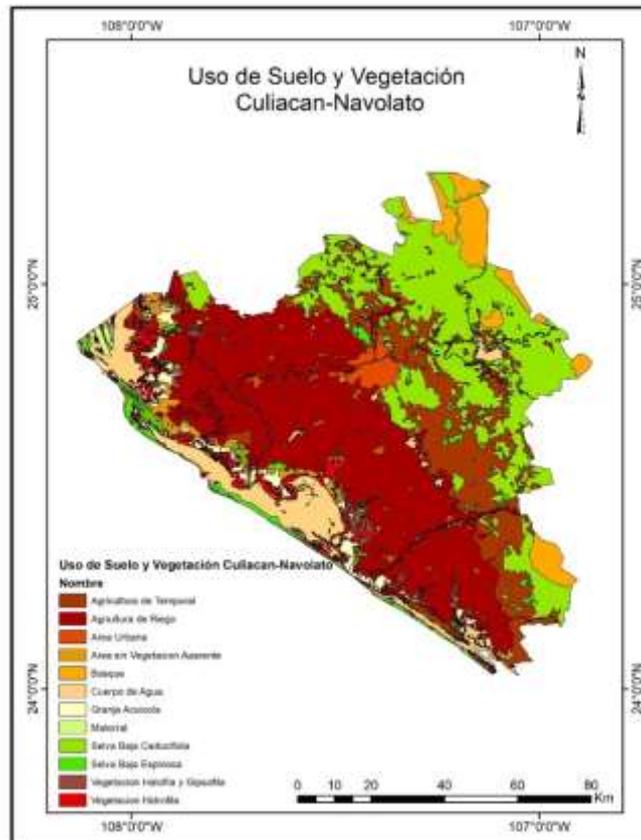


Figura 88: Mapa Uso de Suelo y Vegetación de los municipios de Culiacán y Navolato.

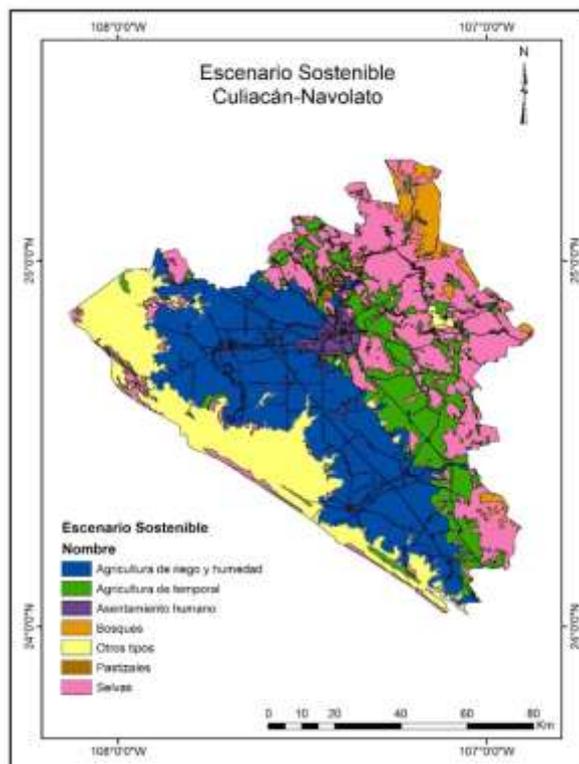


Figura 89: Mapa escenario Sostenible Culiacán y Navolato.

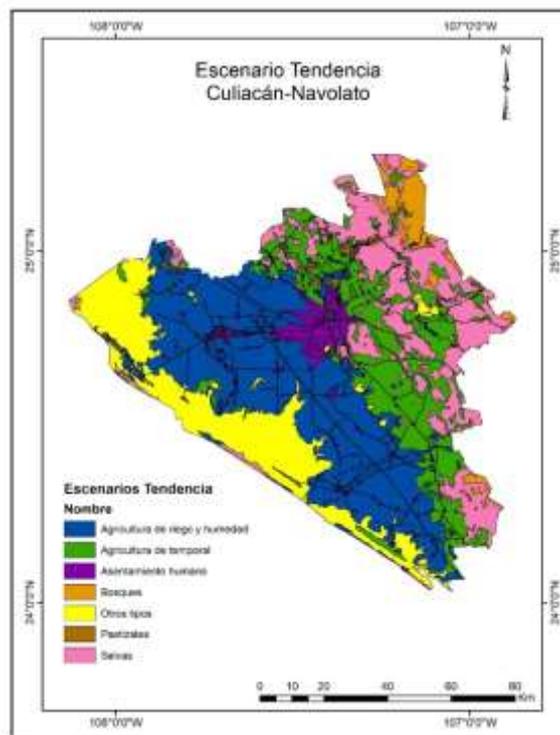


Figura 90: Mapa Escenario Tendencia Culiacán y Navolato.

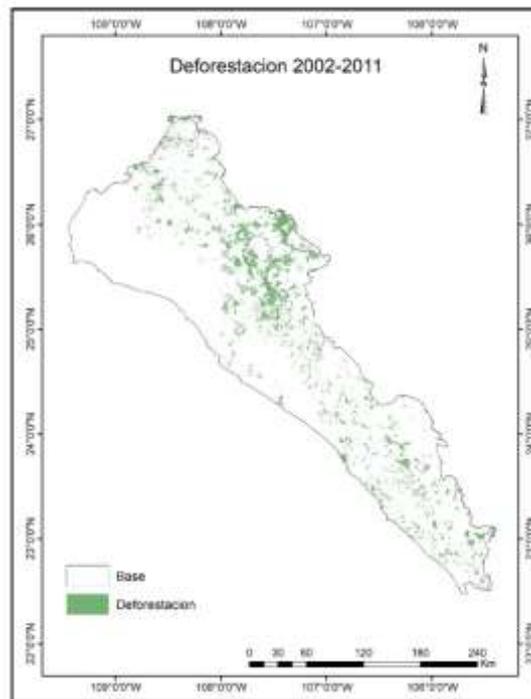


Figura 91: Mapa Deforestación periodo comprendido 2002-2011.

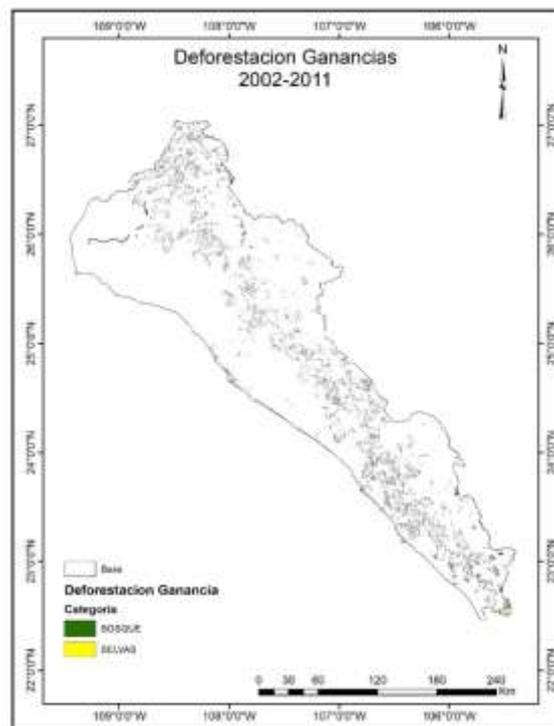


Figura 92: Mapa Deforestación con ganancias en las categorías de Bosques y Selvas, período comprendido 2002-2011.

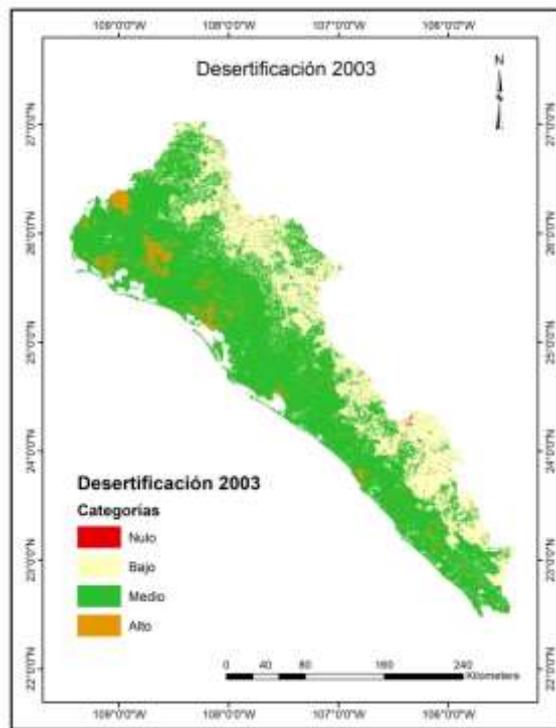


Figura 93: Mapa desertificación del año 2003.

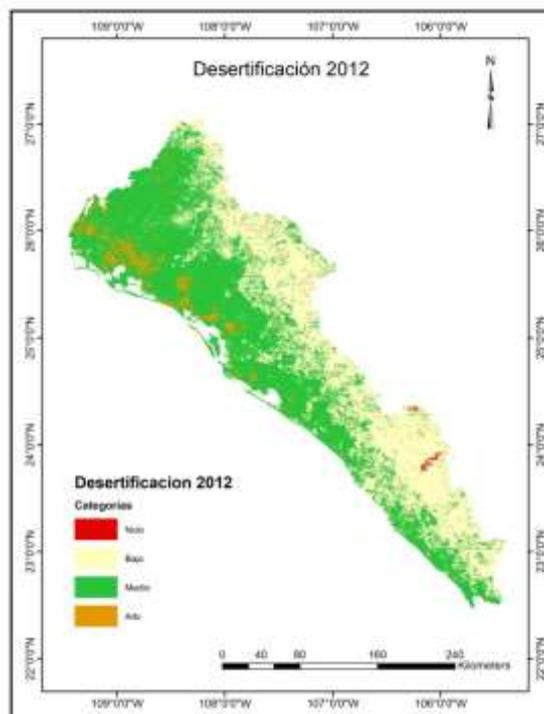


Figura 94: Mapa desertificación del año 2012.

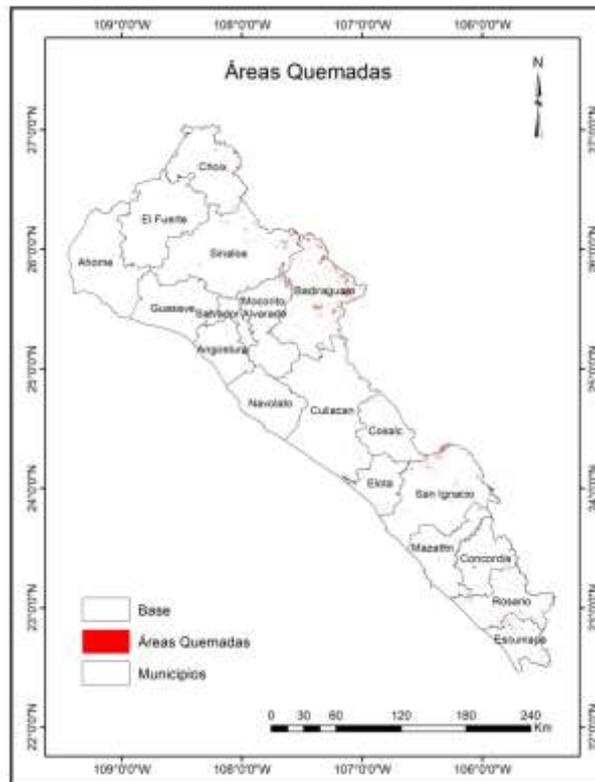


Figura 95: Mapa de áreas quemadas.

9. Bibliografía

- ACDM. (2018). *Atlas Climático Digital de México. Estado de Sinaloa*. Recuperado el 2018 de 3 de 5
- Akobsson, A., & Giversen, J. (2007). *Guidelines for implementing the ISO 19100 geographic information quality standards in national mapping and cadastral agencies*. Eurogeographics Expert Group on Quality.
- ANIM. (2016). *Atlas Nacional Interactivo de México*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://www.atlasdemexico.gob.mx/inicioweb.html>
- Beltrán González, J. C. (2017). *Inventario y análisis de áreas quemadas para la temporada de incendios 2011 de la cuenca Pacífico Norte, México. A través de técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes y Sistemas de Información Geográfica (Tesis de Maestría)*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio. Culiacán, Sinaloa.
- Bernabé Poveda, M. Á., & López Vázquez, C. M. (2012). *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Madrid: UPM Press.
- Boldrito, R. S. (s.f.). *Administración de Servidores*. Universitat Obereta de Catalunya.
- Canut, C. G. (2006). *Avances en las infraestructuras de datos espaciales*. Publicacions de la Universitat Jaume I, Vol. 26.
- Conabio. (2016). *Geoportal del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Corrales Barraza, G. (2016). *Simulación de Escenarios de Uso y Cobertura de Suelo, mediante técnicas de evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica. Caso de estudio: Culiacán y Navolato (Tesis de Maestría)*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio. Culiacán, Sinaloa.
- Dabkiewicz, S. (2010). Web server performance analysis. *LIA PROJECT*.
- Duarte, F., & Pires, H. F. (2011). Inclusión Digital, tres conceptos clave: Conectividad, Accesibilidad y Comucabilidad. *Revista Electrónica de recursos en internet sobre Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona*.
- García, L. G. (2007). *Infraestructura de Datos Espaciales de España*. Recuperado el 09 de 11 de 2017, de <http://www.idee.es/acerca-de>
- Geoportal Mérida. (2015). *Geoportal del Ayuntamiento de Mérida*. Recuperado el 24 de 2 de 2018, de <https://geoportal.merida.gob.mx/>
- Geoportaligm. (2014). *Descarga de Servicios CSW del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-csw-del-igm>
- Geoportaligm. (2016). *Descarga de Servicios WFS del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wfs-del-igm/>

- Geoportaligm.gob. (2014). *Descarga de Servicios CSW del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-csw-del-igm>
- Geoportaligm.gob. (2016). *Descarga de Servicios WFS del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wfs-del-igm/>
- Geoserver. (2016). *About - GeoServer*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://geoserver.org/about/>
- Gómez Montoya, C. E., Candela Uribe, C. A., & Sepúlveda Rodríguez, L. E. (2013). Seguridad en la configuración del Servidor Web Apache. *Inge Cuc*, 31-38.
- Gutiérrez, M. (2006). *El Rol de las Bases de Datos Espaciales en una Infraestructura de Datos*. Santiago, Chile: SDI-9 Conference Proceedings.
- Hernández López, D., Felipe García, B., González Aguilera, D., & Arias Pérez, B. (2013). Web-based spatial data infrastructure: a solution for the sustainable management of thematic information supported by aerial orthophotography. *Dyna*, year 80, Nro. 178, 123-131.
- Hontoria, J. P., & Subirana, J. C. (2008). Nuevas perspectivas en el uso de la información geográfica: las infraestructuras de datos espaciales. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 641-653.
- i Subirana, J. (2004). Infraestructura de datos espaciales (IDE). Definición y desarrollo actual en España. *Scripta Nova, REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES*.
- IGM. (2004). *Descarga de Servicios WMTS del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto Geográfico Militar: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wmts-del-igm>
- IGM. (2008). *Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto Geográfico Militar*. Recuperado el 09 de 11 de 2017, de Instituto Geográfico Militar: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/infraestructura-de-datos-espaciales/>
- IGM. (2014). *Descarga de Servicios CSW del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto Geográfico Militar: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-csw-del-igm>
- IGM. (2014). *Descarga de Servicios TMS del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto Geográfico Militar: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-tms-del-igm>
- IGM. (2014). *Descarga de Servicios WFS del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto Geográfico Militar: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wfs-del-igm>
- IGM. (2014). *Descarga de Servicios WMS del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto Geográfico Militar: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wms-el-igm>

- IGM. (2014). *Descarga de Servicios WMS-C del IGM*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto Geográfico Militar: <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descarga-de-servicios-wms-c-del-igm>
- IGN. (2016). *IDERA Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Diseño y Tecnología | Instituto Geográfico Nacional: http://www.idera.gob.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=242&Itemid=203
- IGN. (2016). *Visión Misión y Premisas*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Diseño y Tecnología - Instituto Geográfico Nacional: http://www.idera.gob.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=196&Itemid=205
- IIEG. (2016). *Sistema de Información Territorial Estatal en Línea*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto de Información Estadística y Geográfica: <http://sitel.jalisco.gob.mx/portal2/index.php/inicio>
- INEGI. (2018). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)*. Recuperado el 5 de 3 de 2018, de <http://www.atlasdemexico.gob.mx/proyecto2.html><http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/mapadigital/>
- Iniesto, M., & Núñez, A. (2014). *Introducción a las Infraestructuras de Dato Espaciales*. España: Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).
- IRTEC. (2016). *IDE Colima*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto para el Registro del Territorio del Estado de Colima: <http://201.147.252.44/index.php/idec>
- IRTEC. (2016). *Visor Geográfico*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de Instituto para el Registro del Territorio del Estado de Colima: <http://201.147.252.44/index.php/visorweb>
- López Beltran, M. A. (2016). *Integración de imágenes del sensor MODIS y cartografía temática para la simulación de modelos geoespaciales para obtener zonas propensas a desertificación en el Estado de Sinaloa, México (Tesis de Maestría)*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio. Culiacán, Sinaloa.
- Makanga, P., & Smit, J. (2010). A review of the status of Spatial Data Infrastructure Implementation in Africa. *South African computer journal*, 18-25.
- Martínez de Antoñana, J. (2008). *Pasado, presente y futuro de las Infraestructuras de Datos Espaciales*. España: Bubok Publishing S.L, 2ª edición.
- Microsoft. (2017). *Download Microsoft® SQL Server® 2008 Express from Official Microsoft Download Center*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <https://www.microsoft.com/es-mx/download/details.aspx?id=1695>
- Mitchell, T. (2005). *Web Mapping Illustrated*. California: O'Really.
- Monge de la Cruz, L. A. (2010). Análisis comparativo de Servidores de Mapas. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*.

- Monjardin Armenta, S. A. (2015). *Análisis de deforestación Sinaloa (Tesis de Doctorado)*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio. Culiacán, Sinaloa.
- Monjardin-Armenta, S. A. (2015). *Análisis y descripción de la deforestación en Sinaloa (Tesis de Maestría)*. Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Ciencias de la Tierra y el Espacio. Culiacán, Sinaloa.
- Naranjo Martinez, A. V. (2013). *Evaluación del rendimiento de los servicios WMS de Mapserver y Geoserver para la implementación IDE (Tesis de maestría)*. Sangolquí.
- Netbeans. (2017). *NetBeans IDE - Overview*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <https://netbeans.org/features/index.html>
- OGC. (2018). *Open Geospatial Consortium*. Recuperado el 28 de 2 de 2018, de <http://docs.opengeospatial.org/is/09-025r2/09-025r2.html>
- OGC. (2018). *Open Geospatial Consortium Inc*. Recuperado el 28 de 2 de 2018, de <http://www.opengeospatial.org/standards/wps>
- OGC. (2018). *Open Geospatial Consortium Inc*. Recuperado el 28 de 2 de 2018, de <http://www.opengeospatial.org/standards/sld>
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Creative Common Atribución.
- Olvera, J. R. (2014). *Infraestructuras de Datos Espaciales y Normatividad Geográfica en México: una perspectiva actual*. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Ortega Ochoa, C. (2014). *Desarrollo de un sitio Web de Información Geográfica (webGis) para Petroecuador*. Ecuador: Escuela de Formación de Tecnólogos.
- OSGeo.org. (2017). *Your Open Source Compass*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://www.osgeo.org>
- Parma, G. C. (2007). *Mapas Cadastrais na Internet: Servidores de mapas*. Brasil: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.
- QGIS. (2016). *Descubre QGIS*. Recuperado el 9 de 11 de 2017, de <http://www.qgis.org/es/site/about/index.html>
- Ramírez, J. O. (2006). La Infraestructura de Datos Espaciales de México IDEMEX. *Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)*.
- Robles Aranda, Y., & Sotolongo, A. R. (2013). Integración de los algoritmos de minería de datos 1R, PRISM e ID3 a PostgreSQL. *JISTEM - Journal of Information Systems and Technology Management*.
- Sadoun, B., Al-Bayari, O., & Al-Rawashdeh, S. (2011). *The development of a web mapping system and its application*. Sevilla, España: e-Business (ICE-B), Proceedings of the International Conference on IEEE.
- Selcuk-Kestel, A., Duzgun, H., & Oduncuoglu, L. (2012). A GIS-based software for lifeline reliability analysis under seismic hazard. *Computers & Geosciences*, 37-46.

- Sillero, N., & Tarroso, P. (2010). Free GIS for herpetologists: free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free/open source software. *Acta Herpetologica*, 63-85.
- Simmons, S. (2015). Metadata and Spatial Data Infrastructure. *Elsevier*, 110-124.
- SNIT. (2014). *IDE Chile*. Recuperado el 20 de 05 de 2018, de Ministerio de Bienes Nacionales, Gobierno de Chile: <http://www.ide.cl/>
- Stallman, R. (2004). *Software libre para una sociedad libre*. Madrid: Traficantes de Sueños.
- Steiniger, S., & Hay, G. (2009). Free and open source geographic information tools for landscape ecology. *Ecological Informatics*, 183-195.
- Sung-Whan , W., H. Alhazmi, O., K. Malaiya, Y., & HyunChul , J. (2011). Modeling vulnerability discovery process in Apache and IIS HTTP servers. *Computers & Security*, 50-62.
- Vandenbroucke, D., Crompvoets, J., Vancauwenberghe, G., Dessers, E., & Orshoven, J. (2009). A Network Perspective on Spatial Data Infrastructures: Application to the Sub-national SDI of Flanders (Belgium). *Transactions in GIS*, 13(s1), 105-122.
- Vatsavai, R. R., Burk, T. E., Lime, S., Hugentobler, M., Neumann, A., & Strobl, C. (2011). Springer Handbook of Geographic Information. *Springer, Berlin, Heidelberg*, 579-595.
- Vazquez Ortíz, Y., Mier Pierre, L., & Sotolongo León, A. R. (2016). Características no relacionales de PostgreSQL: incremento del rendimiento en el uso de datos JSON. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*.
- Wiemann, S., & Lars, B. (2010). Conflation Services within Spatial Data Infrastructures. *In 13th AGILE International Conference on Geographic Information Science*.
- Zavala Romero, O., Ahmed, A., Chassignet, E. P., Zavala Hidalgo, J., Fernández Eguiarte, A., & MeyerBaese, A. (2014). An open source Java web application to build self-contained web GIS sites. *Environmental Modelling & Software*, 210-220.