



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MÉXICO



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

TESIS

“DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN VISUALIZADOR
WEB GEOGRÁFICO SOBRE AGUAS TERMALES EN EL ESTADO
DE MÉXICO”

Que para obtener el grado de
LICENCIADO EN GEOINFORMÁTICA

Presenta

ANDY MEJÍA OLIVAREZ

Asesor

Dr. en Ing. CARLOS ALBERTO MASTACHI LOZA

Revisores

Dra. en Geol. MARÍA VICENTA ESTELLER ALBERICH

Mtra. en C.A. NANCY SIERRA LÓPEZ

TOLUCA DE LERDO, MÉXICO

31 DE AGOSTO 2017

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar e implementar un visualizador web que ponga a disposición del usuario brindar información espacialmente referenciada de datos relacionados con cuerpos de agua en 7 municipios (Apaxco, Ixtapan de la Sal, Ixtapan del oro, Sultepec, Tejupilco, Temascalcingo, Tonicco); de los 125 que forman parte del Estado de México, en el periodo que comprende los meses de enero y julio del año 2015. Fungiendo como sistema de visualización cartográfica y consulta de información.

El Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), institución que promueve los conocimientos para preservar la calidad del agua y mejorar la distribución en el Estado de México, el país y América Latina, convirtiéndose de esta manera, en un Centro de Investigación, Docencia, Extensión Académica, Difusión y Vinculación. Ha creado y reunido un compendio de información geoespacial y alfanumérica a lo largo de la dirección de proyectos desde su surgimiento, con el potencial de servir a la toma de decisiones y de gestión de información.

Para el desarrollo se ha utilizado la metodología en cascada que hace referencia al ciclo de vida del software, ofreciendo técnicas para la creación del visualizador web. Planteando los requerimientos que el sistema debe cumplir, se recolectan los datos, se diseña la base de datos e interfaz de usuario, se implementa y evalúan los resultados.

Se demuestra la importancia del uso de software libre, los servidores de mapas y geotecnologías mediante la utilidad de un sistema de consulta y visualización para gestionar y explotar los datos almacenados. Las aplicaciones utilizadas son un Gestor de Bases de Datos PostgreSQL, que trabaja en conjunto con la extensión espacial PostGIS, un servidor de mapas MapServer apoyado con el Framework P.mapper para la representación espacial en la web y editores cartográficos Quantum GIS y gvSIG.

CONTENIDO

RESUMEN.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1.....	VIII
1. – INTRODUCCIÓN	1
1.1.- ANTECEDENTES	3
1.1.1.- GEOGRAFÍA Y LAS PRIMERAS TECNOLOGÍAS.....	3
1.1.2.- HISTORIA DE LAS APLICACIONES WEB CON ENFOQUE GEOGRÁFICO	4
1.1.3.- VISUALIZADORES WEB CON ENFOQUE HIDROLÓGICO.....	5
1.1.4.- EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	10
1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.3.- JUSTIFICACIÓN	14
1.4.- HIPÓTESIS.....	15
1.5.- OBJETIVOS.....	16
GENERAL:.....	16
ESPECÍFICOS:	16
CAPÍTULO 2.....	17
2.- MARCO TEÓRICO	18
2.1.- CENTRO INTERAMERICANO DE RECURSOS DEL AGUA (CIRA)	18
2.2.- TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	18
2.3.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	19
2.3.1.- COMPONENTES DE UN SIG	20
2.3.2.- FUNCIONES DE UN SIG.....	21
2.3.3.- REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS SIG	23
2.3.4.- APLICACIONES DE LOS SIG	24
2.4.- INGENIERÍA DE SOFTWARE	25
2.4.1.- LENGUAJE DE MODELO UNIFICADO	27
2.4.2.- APLICACIONES WEB	27
2.4.3.- RELACIÓN CLIENTE/SERVIDOR.....	28
2.4.4.- SISTEMA GESTOR DE BASES DE DATOS.....	28
2.4.5.- INTERNET	30
2.5.- ESTÁNDARES Y SERVIDORES DE MAPAS	31
2.5.1.- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM	31
2.5.2.- ESTÁNDARES OGC.....	32

2.5.3.- WEB MAP SERVICE (WMS).....	32
2.5.4- WEB FEATURE SERVICE (WFS).....	34
2.5.5.- CARTOGRAFÍA WEB.....	35
2.5.6.- INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES.....	36
2.5.7.- SERVIDOR WEB.....	37
2.5.8.- PHP.....	38
2.5.9.- MAP SERVER.....	39
2.5.10.- PMAPPER.....	40
2.6.- SOFTWARE LIBRE.....	40
2.6.1.- GvSIG.....	41
2.6.2.- QUANTUM GIS.....	42
2.6.3.- PostgreSQL.....	43
2.6.4.- POSTGIS.....	45
CAPÍTULO 3.....	46
3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
3.1.- ÁREA DE ESTUDIO.....	47
3.2.- MUNICIPIOS.....	49
3.3.- MODELO EN CASCADA.....	51
3.3.1.- ANÁLISIS.....	53
3.3.2.- SERVIDOR DE MAPAS.....	55
3.3.3.- EDITOR CARTOGRÁFICO Y EDITORES.....	56
CAPÍTULO 4.....	58
4.- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	59
4.1.- DISEÑO.....	59
4.1.1.- COMPONENTES Y FLUJO DE PROCESOS.....	59
4.1.2.- LENGUAJE DE MODELADO UNIFICADO (UML).....	60
4.1.2.1.- CASOS DE USO.....	60
4.1.2.2.- ACTORES.....	61
4.1.2.3.- DIAGRAMAS DE CASO DE USO.....	62
4.1.2.4.- SECUENCIAS.....	66
4.1.3.- DISEÑO DE LA ARQUITECTURA.....	69
4.1.4.- INSUMOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN.....	72
4.1.5.- DISEÑO LÓGICO.....	72
4.1.6.- DISEÑO FÍSICO.....	75
4.1.6.1.- REFERENCIA DE MAPAS.....	75

4.1.7.- ELABORACIÓN DE BASE DE DATOS GEOESPACIAL.....	76
4.1.8.- MAPSERVER Y P.MAPPER.....	81
4.1.9.- DIAGRAMAS HIDROLÓGICOS	83
4.1.10.- DISEÑO DE INTERFAZ	92
4.2.- IMPLEMENTACIÓN	95
4.2.1.- FUNCIONES	95
4.2.2.- PRODUCTOS FINALES	96
CAPÍTULO 5.....	97
5.- RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
5.1.- RESULTADOS	98
5.2.- CONCLUSIONES.....	104
5.3.- RECOMENDACIONES.....	106
Bibliografía	107
ANEXOS	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Visor de playas de Andalucía	6
Figura 2 African Drought Monitor	7
Figura 3 Geoportal de Chile.....	8
Figura 4 SIG de Mérida Yucatán.	9
Figura 5 Visor de calidad del Agua	10
Figura 6 Componentes de un SIG	21
Figura 7 Composición de una URL.....	31
Figura 8 Conexiones disponibles en el SIGA.....	35
Figura 9 Componentes de un sistema PostgreSQL.....	44
Figura 10 Estado de México como área de estudio.....	48
Figura 11 Metodología Cascada con Reducción de Riesgos.....	52
Figura 12 Diagrama de proceso.....	59
Figura 13 Actores.....	61
Figura 14 Diagrama caso de uso.....	62
Figura 15 Secuencia de información especial.	67
Figura 16 Secuencia Activar – Desactivar capas.....	67
Figura 17 Secuencia Acercar - Alejar	68
Figura 18 Secuencia Zoom Extent	68
Figura 19 Secuencia Mover	69
Figura 20 Secuencia Identificador	69
Figura 21 Arquitectura Cliente - Servidor.....	70
Figura 22 Arquitectura Cliente / Servidor.....	72
Figura 23 Creación de nueva Base de Datos.	76
Figura 24 Base de Datos llamada “servidor”	77
Figura 25 Inicio de Importación de shapefile	77
Figura 26 Importación de shapefile completada.....	78
Figura 27 Shape agregado a la base de datos	79
Figura 28 Tabla de atributos de capa manantial	79
Figura 29 Conexión qGIS con PostgreSQL.....	80
Figura 30 Capas almacenadas en PostgreSQL	80
Figura 31 Archivos Mapserver y Framework P.mapper.....	81
Figura 32 Mapserver instalado correctamente.....	81

Figura 33 Archivo .xml.....	82
Figura 34 Archivo .map.....	82
Figura 35 Archivo .php.....	83
Figura 36 Página para descargar “Diagrammes”	84
Figura 37 Interfaz de la aplicación.....	85
Figura 38 Descarga de plantilla en formato Excel	85
Figura 39 Plantilla en formato Excel	86
Figura 40 Importar datos a “Diagrammes”	86
Figura 41 Cuadro de diálogo para importar tabla de Excel	87
Figura 42 Selección de hoja de datos y unidad de medida	87
Figura 43 Datos de Excel dentro de “Diagrammes”	88
Figura 44 Creación de grupos de agua	88
Figura 45 Asignación de grupos a las muestras.....	88
Figura 46 “Cazar con reclamo” para diagrama de Piper.....	89
Figura 47 Diagrama de Piper	89
Figura 48 Grupos que mostrará el diagrama de Piper	89
Figura 49 Descargar diagrama de Piper.....	90
Figura 50 Botón Diagrama de Schoeller Berkloff.....	90
Figura 51 Diagrama de Schoeller Berkloff	91
Figura 52 Botón diagrama de Stiff	91
Figura 53 Diagramas de Stiff.....	92
Figura 54 Interfaz de usuario.....	93
Figura 55 Interfaz de Inicio	98
Figura 56 activar o desactivar capas.....	99
Figura 57 Consultas espaciales.....	99
Figura 58 Herramienta Autoidentificador	100
Figura 59 Herramienta seleccionar	101
Figura 60 Descarga de atributos.....	101
Figura 61 PDF Estado de México por atributos	102
Figura 62 PDF de manantiales por atributos	102
Figura 63 Diagramas de Piper activados	102
Figura 64 Diagramas de Schoeller activados	103
Figura 65 Diagramas de Stiff activados.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Información insumos para el sistema	53
Tabla 2 Aplicaciones implementadas en el sistema	57
Tabla 3 Casos de uso.....	60
Tabla 4 Caso de uso “Desglose de capas geoespaciales”	62
Tabla 5 Caso de uso “Activar capas”	63
Tabla 6 Caso de uso “Desactivar capas”	63
Tabla 7 Caso de uso “Visualizar”	63
Tabla 8 Caso de uso “Acercar”	64
Tabla 9 Caso de uso “Alejar”	64
Tabla 10 Caso de uso “Mover”	65
Tabla 11 Caso de uso “Pantalla completa”	65
Tabla 12 Caso de uso “Identificador”	65
Tabla 13 Caso de uso “Mantenimiento”	66
Tabla 14 Tabla campos del Estado de México	73
Tabla 15 Atributos de Municipios.....	73
Tabla 16 Atributos Cuerpos de Agua	74
Tabla 17 Proyección Cartográfica	76
Tabla 18 Herramientas del Visualizador	93



CAPÍTULO 1

1. – INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la supervivencia y el bienestar humano e importante para muchos sectores como el social, económico, así como el natural. Los recursos hídricos se encuentran repartidos de manera desigual en el espacio geográfico y sometido a presión debido a las necesidades que la sociedad requiere (ONU-agua, 2008).

En la última década la sociedad se ha ido concientizando de la necesidad de mejorar la gestión y protección del agua, los criterios económicos, factores políticos, y aspectos de carácter natural, tienden todavía a dirigir todos los ámbitos de la política del agua.

No obstante, se han realizado ciertos progresos. A escala nacional y regional, las autoridades están evaluando la cantidad y la calidad de agua disponible, además están coordinando esfuerzos para gestionar su consumo (ONU-agua, 2008).

La complejidad técnica, económica, social, legal y ambiental del sector hídrico en México demanda fortalecer el papel que la ciencia, tecnología y el conocimiento nacional habrán de desempeñar para contribuir a resolver su problemática. Las actividades de las instituciones públicas y privadas dedicadas a estas labores deben incidir de manera más contundente en la construcción de capacidades y en la aportación de soluciones para impulsar el desarrollo sustentable del país (Gómez, L., 2007).

(Mora & Cubilos, 2008) Mencionan que el desarrollo de las tecnologías de la información genera diversas formas de comunicación y transmisión de datos. Esta facilidad al acceso de información e interacción con personas de distintas partes del mundo se origina gracias al desarrollo que ha tenido internet.

En tan solo una década, Internet ha logrado constituirse en la gran revolución tecnológica del inicio del nuevo milenio al ampliar de forma espectacular nuestras

posibilidades de acceder a los ámbitos de la comunicación, la información y el conocimiento. El impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación ha abierto nuevas fronteras y perspectivas para las relaciones humanas. Hoy en día existe una gran variedad de visualizadores en internet, los cuales son útiles para cubrir objetivos específicos de acuerdo con sus necesidades.

Debido a lo anterior, en esta tesis se desarrolló e implementó un visualizador web para la gestión de datos de calidad del agua de los manantiales del Estado de México, haciendo uso de herramientas informáticas que se encuentran en el servidor Mapserver, con un lenguaje de programación PHP, HTML y CSS. Es importante señalar que el presente trabajo tuvo como objetivo principal; desarrollar, integrar, automatizar y operar un visualizador web que permitirá a los usuarios consultar los parámetros físico-químicos del agua en cada zona de estudio dentro del Estado de México.

1.1.- ANTECEDENTES

1.1.1.- GEOGRAFÍA Y LAS PRIMERAS TECNOLOGÍAS

Al igual que en otras disciplinas, en Geografía, la relación entre tecnología y conocimiento ha sido estrecha. Históricamente, gran parte de los avances del conocimiento geográfico estuvieron relacionados con los avances técnicos. La observación y la medición de fenómenos del sistema natural también dependió de un conjunto de instrumentos que las hiciesen posibles, y proporcionaron datos cuyo registro sistemático constituyó un acervo de información indispensable para el análisis de tales fenómenos.

A lo largo del siglo XX, los avances de la Geografía, así como de las diversas ciencias de la Tierra, han estado íntimamente ligados al desarrollo tecnológico de instrumentos para la medición y captura de datos terrestres (Fernández & Aguirre, 2002).

En Geografía, las técnicas de levantamiento de datos espaciales, junto a su representación, dieron al desarrollo de técnicas y representaciones cartográficas que se encuentran entre los productos y herramientas destacadas de la disciplina un realce importante a la sociedad.

A mediados del siglo XX, las nuevas tecnologías de la información significaron una gran oportunidad de ampliación de la capacidad de procesar información de todo tipo y dieron lugar a nuevos resultados de investigaciones. Estas tecnologías tuvieron también incidencia sobre la representación cartográfica y el manejo de datos espaciales. Su vinculación con las nuevas tecnologías de la comunicación puso a disposición de un gran número de usuarios un amplio conjunto de productos, lo que redundó en el desarrollo disciplinar. La aplicación de las TIC en la generación de conocimientos y en la educación tiene también una creciente importancia que se inscribe en un contexto donde las han pasado a ocupar un lugar central en la organización de las actividades humanas.

Por lo anterior resulta relevante enfatizar que la cartografía es el tipo de documento que pone en contacto al hombre con su espacio, en donde más adelante se verá que los datos geográficos digitales, constituyen el rostro visible del conocimiento geográfico (Reyes & Martínez, 2003).

Los sistemas GPS permiten obtener, mediante un receptor del tamaño de un teléfono celular, la posición geográfica precisa (latitud, longitud y altura) en todo momento de cualquier objeto en cualquier punto de los continentes o de los océanos. La fotografía aérea, que empezó a utilizarse durante la primera Guerra Mundial, las técnicas para elaborar mapas a partir de ella, denominada fotogrametría, generaron durante el siglo XX cartas e información militar secreta (Fernández & Aguirre, 2002).

1.1.2.- HISTORIA DE LAS APLICACIONES WEB CON ENFOQUE GEOGRÁFICO

Las aplicaciones Web con el paso del tiempo han revolucionado la forma en que estas se hacen presentes en internet, aumentando el contenido de las páginas con texto estático (texto que no evoluciona, sino que se queda tal cual es) a un contenido dinámico (donde el usuario puede interactuar con el contenido). A lo largo de la historia han ido evolucionando algunas herramientas informáticas para el desarrollo de nuevas aplicaciones WEB, a continuación se hace énfasis sobre algunos desarrollos de software y sus aplicaciones que han enriquecido al mundo de la informática:

1993, surge el primer sitio web interactivo de tipo cartográfico, el cual es constituido por Steve Putz y fue implementado como scripts en código Perl que acepta solicitudes para la creación de mapas personalizados por el usuario (Iturbe et al 2011).

1994, Yahoo!, creado por David Filo y Jerry Yang, Ingenieros Electrónicos, es el portal favorito de muchos usuarios de Internet, es un caso muy especial porque es el portal de búsqueda de Internet más viejo, es principalmente un directorio Web y no un verdadero motor de búsqueda (Segarra y Siavichar, 2017).

1996, dos desarrolladores, Sabeer Bhatia y Jack Smith, lanzaron Hotmail, un servicio de correo en línea que permite al público en general acceder y consultar el correo electrónico, sin importar la distancia entre el usuario y su ordenador (Villacorta, 2005).

2004, en Febrero, Mark Zuckerberg lanzó un sitio web llamado «the facebook» como un servicio para ayudar a la red de estudiantes de Harvard a conectarse entre sí (Piscitelli, A. et al 2010).

2005, llega en Febrero Google Maps y en Abril los usuarios ya lo pueden usar en teléfonos móviles para obtener información local y rutas de coche.

En Junio se lanza la API de Google Maps, con la que los desarrolladores pueden insertar Google Maps en muchos tipos de sitios y servicios de creación de mapas.

En ese mes se presenta Google Earth, un servicio de mapas basados en imágenes de satélite que permite hacer un viaje virtual a cualquier lugar del mundo (Platzi, 2015).

2007, en Mayo se lanza Street View en Google Maps en cinco ciudades de Estados Unidos: Denver, Las Vegas, Miami, Nueva York y San Francisco.

En Noviembre anuncia Android, la primera plataforma abierta para dispositivos móviles, así como la colaboración de Google con otras empresas de la Open Handset Alliance (Platzi, 2015).

1.1.3.- VISUALIZADORES WEB CON ENFOQUE HIDROLÓGICO

A continuación se presentan algunos ejemplos allegados a la solución de problemáticas donde se ha tenido la necesidad de desarrollar e implementar distintos tipos de visualizadores web.

🚦 VISUALIZADOR DE PLAYAS DE ANDALUCÍA

Se trata de una herramienta desarrollada por la Junta de Andalucía (España) que sobre la base de una vista de satélite, muestra las características de todas las playas de Andalucía: temperatura del agua, variables meteorológicas, grado de afluencia, transparencia media del agua, además proporciona una ficha detallada de la playa con imágenes actuales (**Figura 1**) (Junta de Andalucía, 2015).



Figura 1 Visor de playas de Andalucía

🚦 AFRICAN DROUGHT MONITOR

La Universidad de Princeton tiene desarrollado un sistema de monitoreo de sequía y un sistema de pronóstico para África, donde combina los sistemas de predicciones climáticas, modelos hidrológicos y datos de sensores remotos para proporcionar información útil y oportuna sobre la sequía en el desarrollo de regiones donde la capacidad institucional es generalmente escasa y el acceso a la información y la tecnología impide el desarrollo de sistemas a nivel local. El sistema proporciona información en tiempo real de la superficie terrestre sobre las condiciones hidrológicas (**Figura 2**) (African drought monitor, 2014).

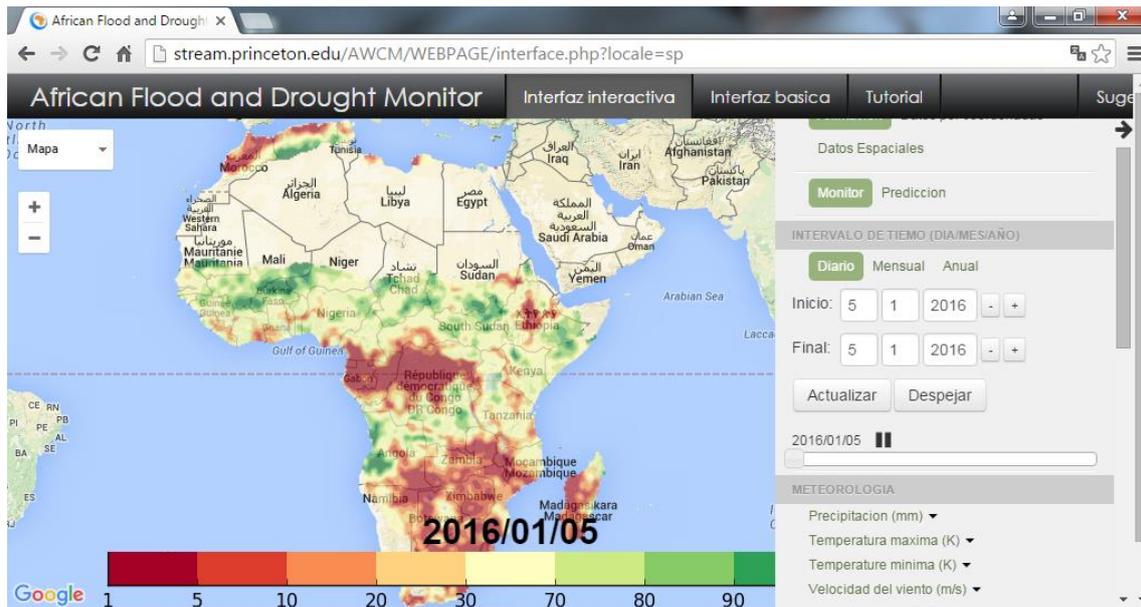


Figura 2 African Drought Monitor

GEOPORTAL DE CHILE

El Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile, lanzó el Geoportal donde se proporciona información de medio ambiente, incluyendo información sobre los Océanos e Hidrografía. En el Geoportal los usuarios pueden acceder con dispositivos móviles y Tablet para visualizar los mapas publicados. Además el Catálogo Nacional incorpora el perfil nacional de fichas de metadatos ISO 19.115 de conjuntos de datos que es un nuevo componente que permite ver de forma directa el listado de servicios de mapas disponibles en el Catálogo Nacional **(Figura 3)** (IDE Chile, 2017).

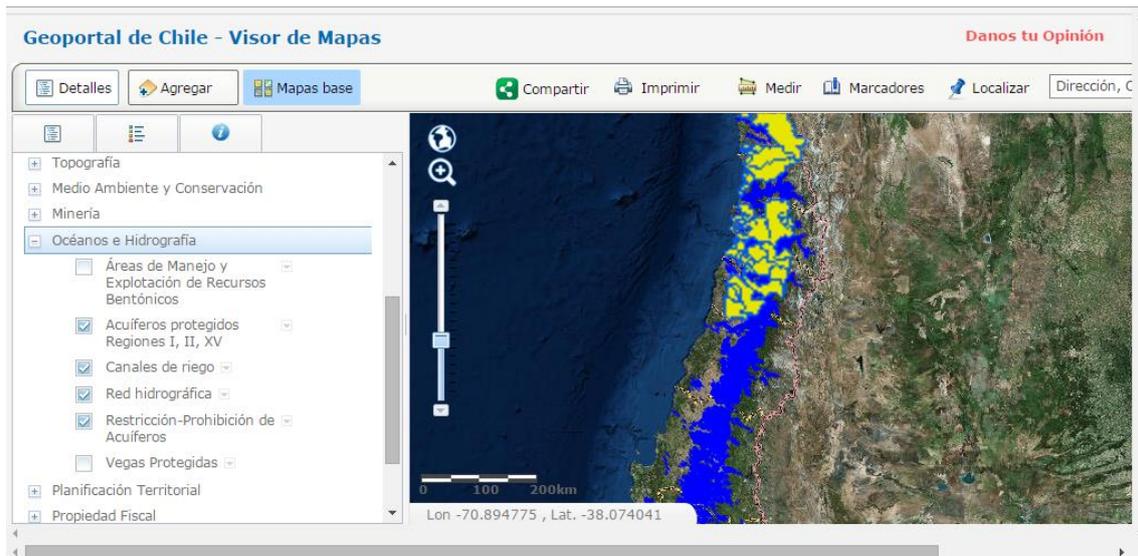


Figura 3 Geoportal de Chile.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA MUNICIPAL, GOBIERNO MUNICIPAL DE MÉRIDA, YUCATÁN

En el año 2015 el Gobierno Municipal de Mérida Yucatán, lanza una herramienta cuyo objetivo fundamental es la administración, modelado y análisis de información espacial, en este caso del Municipio de Mérida, para el conocimiento del territorio y la ubicación de los diferentes elementos geográficos. La información representada está basada en la que genera el Ayuntamiento de Mérida, así como elementos adquiridos de fuentes confiables que proporcionan una referencia idónea para la ubicación de algún sitio del equipamiento urbano y rural y que permite obtener información estadística de las diferentes situaciones socioeconómicas (**Figura 4**) (Ayuntamiento de Mérida Yucatán, 2016)

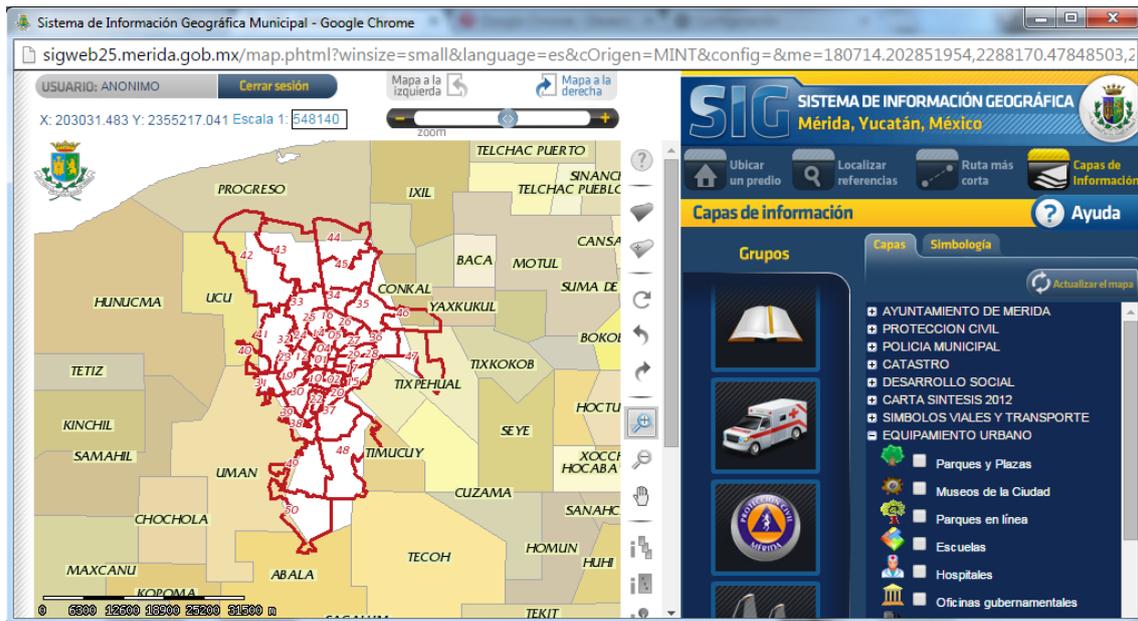


Figura 4 SIG de Mérida Yucatán.

VISUALIZADOR DE DATOS DE CALIDAD DEL AGUA - DMA

Este visor muestra información sobre el conjunto de variables que señala la Directiva Marco de Aguas (DMA) en relación con la calidad de las aguas, tanto continentales subterráneas y superficiales como litorales de transición, en las demarcaciones hidrológicas Intracomunitarias de Andalucía (España). Para cada estación de muestreo y cada masa de agua, se ofrecen los datos físico-químicos, químicos, biológicos e hidromorfológicos obtenidos en la serie histórica de mediciones.

El visor se complementa con una aplicación de consulta que permite descargar los datos definiendo áreas geográficas y periodo temporal (**Figura 5**) (Junta de Andalucía, 2015).

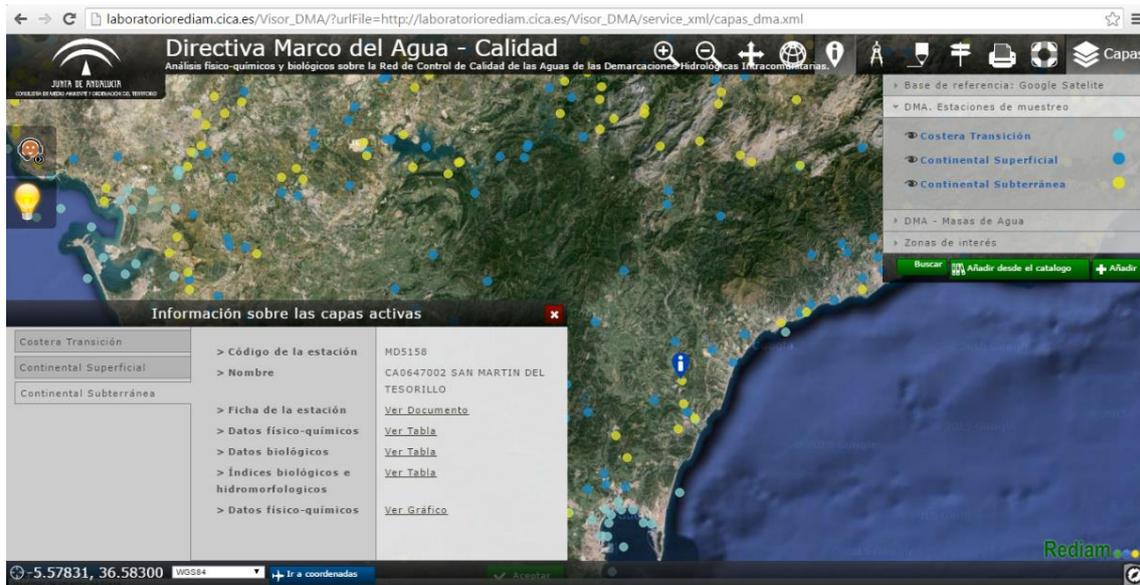


Figura 5 Visor de calidad del Agua

1.1.4.- EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El primer Sistema de Información Geográfica fue el “*Canadian Geographical Information System (CGIS)*” de 1964. El aporte de *J.E.Dobson* surge como resultado de su reflexión acerca de los importantes avances experimentados en materia computacional que han permitido automatizar la mayoría de los métodos utilizados para la resolución de problemáticas geográficas (Buzai, G. 2005).

Los GIS (*Geographic Information Systems*) pasaron a ser GIS (*Geographic Information Science*) intentando darle mayor sustento a la base teórica de la tecnología, desde un privilegio en los sistemas de información hacia un privilegio geográfico (Buzai, G. 2005).

1957-1959, el Geógrafo Waldo Tobler delinea un modelo llamado MIMO (Map In-Map Out) en el cual aplica la computación a la cartografía.

Los principios del sistema MIMO fueron los orígenes para la geocodificación, la captura de los datos, análisis sencillos y el despliegue de información (Iturbe et al, 2011).

En 1964, el Laboratorio para gráficos Computarizados en la Universidad de Harvard establecido por Howard Fisher fue pionero en la creación de software para el manejo de datos espaciales. Muchas de las personas clave en el desarrollo ulterior de los SIG estudiaron o se desarrollaron en este lugar

Se emplean los modelos georrelacionales de datos, mediante el uso y desarrollo de SYMAP (software pionero de SIG), CALFORM, SYMVU, GRID y POLYVRT (Iturbe et al, 2011).

1965, el SYMAP (SYnagraphic MAPPING System) fue uno de los primeros software en cartografía automatizada, desarrollado por Howard Fisher en el Instituto de Tecnología del Noroeste y completado en el Laboratorio de Gráficos de la Universidad de Harvard (Iturbe et al, 2011).

1969, la empresa ESRI (Environmental Systems Research Institute) fue fundada por Jack y Laura Dangermond.

Para este mismo año se crea la empresa Laser-Scan, una de las mayores empresas de SIG del mundo. Sus fundadores fueron tres académicos provenientes de los laboratorios Cavendish, en Cambridge, Reino Unido (Iturbe et al, 2011).

1970, MIADS/2 (Map Information and Display System) se constituyó como un sistema para el manejo de información geográfica en formato raster, con capacidades para la generación de productos analógicos en impresoras de línea y capacidades para la tabulación de sobreposiciones de mapas sencillos. Fue desarrollado por E.L. Amidon del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en Berkeley (Iturbe et al, 2011).

1981, la empresa ESRI lanza al mercado el software de SIG Arc/INFO, uno de los más populares y con mayores capacidades de análisis espacial.

El proyecto GPS (Global Positioning System) o Sistema de Posicionamiento Global es totalmente operacional (Iturbe et al, 2011).

1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA) se trabajó con el proyecto “Aguas termales en el Estado de México: Origen, Caracterización y Protección”, del cual se tiene una base de datos con los registros de manantiales en 7 municipios (Apaxco, Ixtapan de la Sal, Ixtapan del Oro, Sultepec, Tejupilco, Temascalcingo, Tonicaco), los cuales han sido generados y recopilados en los meses de enero y julio del 2015. A su vez están clasificados en municipio, el tipo y nombre de cada manantial, y nombre del río.

Cabe resaltar que esta información es de vital importancia para la institución, más allá de que tiene la función de brindar diagnósticos puntuales, ya que permite optimizar los datos recopilados y darles un realce para proyectarlos de manera geoespacial, brindando fácil comprensión de datos espaciales y alfanuméricos.

Un requisito para que lo antes mencionado tenga validez, es encontrar el medio para brindar acceso al usuario de manera eficaz, sea o no un usuario especializado, facilitando el manejo de los datos geoespaciales, esto sin depender de un software por el que deba pagar una licencia para su uso y que pueda ser visualizado desde una red (Internet). En algunos de los casos pueden existir algunos inconvenientes en la gestión de los datos, poniendo en riesgo la integridad, los derechos de autor y la pérdida de control por parte del administrador sobre la información, siendo susceptibles a ser modificados.

Se ha buscado una mejor alternativa para cumplir las expectativas del CIRA, generando un medio que pueda gestionar los datos tanto geoespaciales como alfanuméricos, con un visualizador web cartográfico a través de servicios de mapas WMS, en el cual los datos estén almacenados, controlados y administrados en una base de datos central que funcione como proveedor de información a los usuarios mediante un sistema distribuido libre de inversiones de adquisición de software, garantizando la integridad y protección de los datos.

Se puede dar solución a los problemas anteriormente mencionados dado que la tecnología ha evolucionado proporcionando software libre, avances para desarrollar y distribuir sistemas por medio de la red. Se han construido estándares mediante organismos internacionales con interoperabilidad entre sistemas de software de propietario, permitiendo el surgimiento del Web Mapping (Cartografía Web), con servicios de catálogos de metadatos geoespaciales estandarizados y generando una tendencia a nivel mundial dirigida por la infraestructura Global de Datos Espaciales (GSDI, por sus siglas en inglés) para construir una Infraestructura de Datos Espaciales (IDEs) a nivel nacional y siguiendo los estándares de la industria geoespacial dirigidos por la Open Geospatial Consortium (OGC), OpenGIS; para el intercambio de información geográfica haciendo posible la interacción de los usuarios por medio de internet y software libre.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

El CIRA basándose en el proyecto “Aguas termales en el Estado de México: Origen, Caracterización y Protección”, recopiló muestras de agua en los meses de enero y julio del 2015, que se analizaron en laboratorios y cuyos resultados fueron guardados en una base de datos, sin embargo no se contó con una herramienta que gestione información geográfica, ocasionando que solo se queden guardados, en tablas y gráficas estáticas, limitando su uso al no contar con la manipulación de datos mediante una visualización espacial, dando a conocer esos resultados de forma amigable. Para fortalecer las limitantes anteriores se propuso el desarrollo y la implementación de un visualizador de manantiales operable en la web, con la finalidad primordial de fungir como gestor de información geográfica en el CIRA.

Con este proyecto se obtuvieron los siguientes beneficios:

- a) Realizar comparaciones espaciales de los cuerpos de agua estudiados en campo en el año 2015.
- b) Representar y visualizar las metas obtenidas, dando inicio a un seguimiento a futuro para brindar posteriores análisis e introducir nuevas capas.
- c) Actualizar de forma periódica la información, llevando un control de las actividades realizadas y por realizar.
- d) Evitar redundancias de información.
- e) Promover una organización de datos, simplificando y deduciendo el proceso de distribución de información a los entes interesados.

1.4.- HIPÓTESIS

Desarrollar e implementar un servidor local que posteriormente será trasladado a la web para visualizar, manipular, analizar y desplegar información geográficamente referenciada de los manantiales dentro del Estado de México, al mismo tiempo que marcara la pauta para identificar los componentes químicos por los que se encuentra constituido el cuerpo de agua para poder determinar si tiene una finalidad terapéutica o turística.

1.5.- OBJETIVOS

GENERAL:

Desarrollar e implementar un Visualizador Web que permita la gestión de información geoespacial enfocado a mostrar la ubicación de los manantiales en los municipios del Estado de México (Apaxco, Ixtapan de la Sal, Ixtapan del Oro, Sultepec, Tejupilco, Temascalcingo, Tonatico), para que de esta manera se pueda desplegar información de su composición química y explotar el potencial del manantial ya sea para fines turísticos o terapéuticos en un entorno web.

ESPECÍFICOS:

- ✚ Aplicar el desarrollo e implementación del visualizador web de los manantiales en el Estado de México.
- ✚ Determinar los requerimientos del usuario necesarios para la elaboración de la aplicación web.
- ✚ Identificar por medio del visualizador, la composición química del manantial para tener un mejor uso de éste.
- ✚ Analizar los datos recopilados en el visualizador web mediante tres diagramas (Piper, Schoeller-Berkaloff, Stiff).
- ✚ Implementar la aplicación web verificando que cumpla los procedimientos diseñados.



CAPÍTULO 2

2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- CENTRO INTERAMERICANO DE RECURSOS DEL AGUA (CIRA)

Es una institución dedicada a la docencia, la investigación y la difusión del conocimiento sobre este recurso valioso que es el agua.

Con sus programas de formación de recursos humanos y desarrollo de investigación básica y aplicada, pretende apoyar con soluciones para la problemática relacionada en torno al vital líquido.

Cuenta con tres cuerpos académicos especializados en:

- ✚ Hidrología.
- ✚ Tratamiento de aguas y Control de la contaminación.
- ✚ Gestión integrada del agua.

De ellos se desprenden diferentes líneas de investigación encaminadas a la preservación y cuidado de los recursos hídricos (CIRA, 2017).

2.2.- TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) son un conjunto de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) especializadas que ayudan en la recolección, manejo y análisis espaciotemporal de datos relacionados con los recursos, las características de los espacios naturales y los aspectos socioeconómicos de una zona. Su capacidad para visualizar la información espacial es un elemento importante para la comunicación, difusión e intercambio de conocimientos (Info resources, 2007).

Las TIG permiten asociar a la representación gráfica de cualquier lugar del planeta a todos aquellos datos que se consideren interesantes, de forma que se puedan analizar diferentes parámetros o estudiar distintos aspectos sobre los objetos, fenómenos o acontecimientos que tienen lugar en cualquier territorio, así como las relaciones entre ellos.

Las ventajas es que se consigue un conocimiento más preciso y aumentar la eficacia en la gestión de una región, de sus recursos y de las actividades que en

ella se pueden desarrollar, por lo que las TIG son un instrumento imprescindible en prácticamente cualquier ámbito de trabajo y por supuesto en la cooperación al desarrollo (Puig y Varela, 2009).

2.3.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un *Sistema de Información Geográfica* (SIG o GIS en su acrónimo en inglés) es una herramienta informática dinámica que combina datos espaciales, programas, equipos informáticos, recursos humanos, metodologías de trabajo y organización, procedimientos de bases de datos para manejar información georreferenciada, para obtener salidas gráficas y tabulares de los mismos.

Según Rojas (1999), *“Los GIS son sistemas computarizados diseñados para soportar la captura, procesamiento y recuperación de datos referenciados espacialmente (en un ámbito geográfico) a fin de resolver problemas de planeamiento y administración.”*

El usuario puede crear consultas interactivas, realizar análisis espacial, crear y editar datos geoespaciales además de confeccionar mapas.

Cada dato de un SIG está referido a una capa que se puede superponer a las demás. Cada capa almacena un conjunto de datos georreferenciados con características similares y representa un aspecto particular del espacio, por ejemplo: tipo de vegetación, escuelas, rutas, calles, entre otros. Superponiendo capas con el mismo sistema de coordenadas se obtiene un mapa temático.

El objetivo de organizar la información espacial en capas es que el usuario puede trabajar con determinados datos, prescindiendo del resto existente, agilizando así la obtención de resultados.

Los SIG combinan en forma integrada objetos gráficos (puntos, líneas o polígonos). De esta manera, no sólo se puede visualizar una capa de río a través

de líneas, sino también obtener información alfanumérica: nombre, cuenca a la que pertenece, y tamaño del polígono, entre otros.

2.3.1.- COMPONENTES DE UN SIG

Un SIG está formado por cinco componentes o elementos y cada uno de esos componentes cumplen con una función para que existan entre ellos una interacción. Es decir, estos conforman la información para que sea procesada o se realice un tratamiento, los recursos técnicos, humanos y las metodologías que se adopten en la organización o la empresa (**Figura 6**).

A continuación se describen esos componentes:

1) Equipos (Hardware):

Los programas GIS se pueden ejecutar en servidores y también en computadoras personales sea en red o en modo independiente; es recomendable que el equipo tenga una buena velocidad de procesamientos y capacidad de almacenaje: Pentium Pro de 200 MHz, 128 MB de memoria RAM, 12 GB de disco duro, tarjeta aceleradora de video, monitor de 28 pulgadas, un procesador para compresión de imágenes.

2) Programas (Software):

Los programas de GIS cuentan con las funciones y herramientas necesarias para el tratamiento de la información desde la entrada de datos, almacenar, manipular, analizar, procesar y desplegar la información geográfica. Estos programas deben contener interfaces gráficas avanzadas, así como un sistema óptimo que maneje las bases de datos.

3) Base de Datos:

La parte más importante de un GIS y va a depender de estas bases los resultados que se puedan obtener. Hay empresas e instituciones públicas que se están especializando en la recolección de la información, y es de

esperar que en poco tiempo se pueda contar con información actualizada y fácil de adquirir.

4) **Recurso Humano:**

El recurso humano necesario se puede dividir en dos tipos: uno en el manejo del software y otro en el tratamiento de la información (límites y alcances de un proyecto, manejo de los datos).

5) **Método:**

Para trabajar con un GIS es necesario contar con una estructura organizada que permita concebir un plan bien diseñado.



Figura 6 Componentes de un SIG

2.3.2.- FUNCIONES DE UN SIG

Los SIG son herramientas que sustentan con veracidad la toma de decisiones en la representación espacial de datos geográficos.

Por tal motivo el SIG es una parte fundamental al momento de generar información geográficamente referenciada. Con el paso del tiempo, la evolución tecnológica avanza a pasos agigantados, por lo que es mucho más ágil dar a conocer la información representada por un Sistema de Información Geográfica y de esta manera los usuarios harán uso de los resultados, dependiendo de sus necesidades.

Un SIG debe tratar de responder:

- ✚ Al qué
- ✚ Quién
- ✚ Cuando
- ✚ Dónde
- ✚ Por qué
- ✚ Cómo

a) Localización: ¿Qué hay en este lugar?

Identificar qué es lo que se encuentra en una determinada localización que puede describirse por su topónimo, por un código clasificado, o por referencias geográficas como la latitud, longitud y altura. Esta información puede ser digitada o referenciada gráficamente (por ejemplo indicar en un plano la ubicación de una empresa de manera que se pueda tener en pantalla la información registrada).

b) Condición: ¿Dónde se encuentra?

Se busca un determinado lugar que reúna ciertas condiciones por lo que se requiere de un análisis espacial de búsqueda (por ejemplo, tener seleccionados en pantalla todos los locales industriales registrados que tengan un área mayor de 2000 m²).

c) Tendencia: ¿Qué ha cambiado desde?

Permite conocer la variación de algunas características a través de un determinado periodo (por ejemplo, en el transcurso de un año cuánto y cuáles son los nuevos locales industriales que se han registrado).

d) Distribución: ¿Qué patrones de distribución espacial existen?

Busca determinar en una zona específica, las relaciones que pudieran existir entre dos o más variables (por ejemplo, en un área definida cuan significativo es la cantidad de empresas que producen gases tóxicos).

e) Modelización: ¿Qué sucede sí?

Si a un sistema planteado se somete a determinadas modificaciones de sus variables cómo queda definido el nuevo sistema, cuánto ha cambiado (por ejemplo, en una determinada zona industrial se desea incrementar el área verde en un 30% de manera que tengan cierta distribución uniforme, cuáles son los predios que podrían ser considerados en la modificación).

2.3.3.- REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS SIG

En cuanto a la representación de una capa de mapa, hay dos tipos fundamentales de datos a considerar; datos en formato raster y datos en formato vectorial. Un Sistema de Información Geográfica puede almacenar la información en cualquiera de estos formatos

 **MODELO RASTER (*rst):**

Los datos raster son una matriz de puntos o malla regular que representan un muestreo de alguna característica del territorio. El modelo raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio que en la precisión de localización. De esta forma más técnica, un raster es un archivo que almacena sus datos en celdas discretas organizadas en filas y columnas. Cuanto mayor sean las dimensiones de las celdas (resolución) menor es la precisión o detalle en la representación del espacio geográfico (Peña, 2006).

MODELO VECTORIAL.

Define objetos geométricos (puntos, líneas y polígonos) mediante la codificación explícita de sus coordenadas.

Puntos: Se codifican en formato vectorial por un par de coordenadas en el espacio.

Líneas: Son una sucesión de puntos conectados.

Polígonos: Son líneas cerradas o un conjunto de líneas que constituyen las diferentes fronteras del polígono.

Este formato resulta especialmente adecuado para la representación de entidades reales ubicadas en el espacio (carreteras, ríos, parcelas de cultivo).

El interés se centra en las representaciones geométricas de los elementos y las relaciones topológicas de los mismos, que permiten al Sistema de Información Geográfica aplicar funciones analíticas (análisis espacial) que no es posible analizar con los datos raster.

2.3.4.- APLICACIONES DE LOS SIG

Los Sistemas de Información Geográfica se aplican en una gran cantidad de campos dado que el interés en el manejo de la información geográfica es aplicable en múltiples ámbitos.

A continuación se citan algunas aplicaciones:

-  Producción y actualización de la cartografía básica.
-  Administración de servicios públicos.
-  Atención de emergencias (incendios, terremotos y accidentes).
-  Estudios sociológicos y demográficos.
-  Gestión de recursos naturales.
-  Gestión de tráfico, diseño y mantenimiento de red vial.
-  Evaluación de áreas de riesgo (prevención y atención a desastres).

- ✚ Localización geográfica.
- ✚ Geomarketing.

2.4.- INGENIERÍA DE SOFTWARE

Con objeto de elaborar software listo para enfrentar los retos del siglo XXI, es que se proporciona un conjunto amplio de tareas, para la obtención eficaz de tecnología.

Para Stallman (2010), la ingeniería de software es *“la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinario y cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software”*.

Es una actividad dirigida por una fundamentación. Cuando se requiere conocimiento y se toman decisiones acerca del sistema o sus dominios de aplicación, también se necesita captar el contexto en el que se toman decisiones y las razones que hay tras las mismas. La información de la fundamentación, representada como un conjunto de modelos de problemas, permite que se comprendan las implicaciones de un cambio propuesto cuando revisan una decisión.

Es el proceso de construir aplicaciones de tamaño y alcance prácticos, en las que predomina el esfuerzo del software y que satisfacen los requerimientos de funcionalidad y desempeño.

PROCESO DE LA INGENIERÍA DE SOFTWARE

¿Cómo se crean las aplicaciones de uso significativo y gran complejidad potencial?

El siguiente proceso (Braude, 2003) muestra una secuencia común de las actividades para un proyecto de ingeniería de software.

1. Entender la naturaleza y alcance del producto propuesto

Lleva tiempo entender que desean los clientes, en especial cuando ellos mismos no saben por completo que quieren. Debe entenderse la magnitud general del tiempo, fondos y personal disponible. Esto ayuda a aclarar el alcance del proyecto.

2. Seleccionar el proceso de desarrollo y crear un plan

Los proyectos requieren documentación desde el principio, y es muy probable que esta documentación sufra cambios. Por esta razón, desde el principio debe identificarse un medio para mantener el control de los cambios tanto en los documentos como en el código. No necesariamente es difícil llevar a cabo la administración de la configuración, pero su ausencia crea pesadillas de confusión y pérdida de productividad.

3. Capturar los requerimientos

Lista completa de las propiedades específicas y la funcionalidad que debe tener la aplicación, expresada con todo detalle. Cada uno se numera, etiqueta y rastrea durante toda la implantación.

4. Diseñar y construir el producto

Actividad técnica que sigue a la selección de la arquitectura. Su meta es preparar por completo el proyecto para su implementación y concentrarse sólo en aspectos de código.

5. Probar el producto

Proceso de ensamble, se valida y se pregunta si se “*construye lo correcto*”. Esto se realiza mediante las pruebas del sistema. Al completar la construcción, una interacción o la aplicación completa, las pruebas exhaustivas requieren que primero se revisen las funciones de todas las unidades.

6. Entregar y mantener el producto

Consiste en las actividades realizadas sobre la aplicación una vez entregado el producto.

Es el proceso de modificar un sistema o componente de software entregado para corregir defectos, mejorar el desempeño o algún otro atributo, y adaptarlo al cambio del entorno.

2.4.1.- LENGUAJE DE MODELO UNIFICADO

Fue adoptado en 1997 como estándar por el OMG (Object Management Group), organización que promueve estándares para la industria.

Lenguaje de Modelo Unificado (UML) es un lenguaje para especificar, visualizar, construir y documentar los artefactos de los sistemas de software, así como para el modelado de otros sistemas no software. UML se ha convertido en la notación visual estándar para el modelado orientado a objetos (Larman, 2003).

Puede usarse para visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema de software intensivo (BOO, 2005). Dicho de otra manera, se crean diagramas UML para facilitar el desarrollo y construcción de un software. Si se entiende el vocabulario del UML (elementos pictóricos de los diagramas y su significado) es más fácil la comprensión y especificación del sistema, y a su vez se simplifica la explicación de su diseño a los demás.

2.4.2.- APLICACIONES WEB

Son aquellas aplicaciones que los usuarios pueden utilizar accediendo a un servidor web a través de Internet mediante un navegador. Es un software que se codifica en un lenguaje soportado por los navegadores web en la que se confía la ejecución.

Las aplicaciones web son populares debido a lo práctico del navegador web como cliente ligero, a la independencia del Sistema operativo, así como a la facilidad para actualizar y mantener aplicaciones web sin distribuir e instalar software a miles de usuarios potenciales.

Es importante mencionar que una aplicación web puede contener elementos que permiten una comunicación activa entre el usuario y la información. Esto permite que el usuario acceda a los datos de modo interactivo, gracias a que la página responderá a cada una de sus acciones.

2.4.3.- RELACIÓN CLIENTE/SERVIDOR

Todos los servicios que ofrece Internet, por supuesto entre ellos el servicio web, se basan en la denominada relación cliente/servidor. El comprender bien esta relación es esencial para entender el funcionamiento posterior de lenguajes como PHP. En Internet se pueden encontrar dos tipos de equipos conectados:

✚ Servidores:

Ordenadores que ofrecen sus servicios al resto de equipos conectados. Suelen tener una presencia estable en la red, lo que se concreta en tener asignadas direcciones IP permanentes. En ellos es donde están alojadas las páginas web.

✚ Clientes:

Equipos que los usuarios individuales utilizan para conectarse a la red y solicitar servicios. Durante el tiempo de conexión tienen presencia física en la red.

2.4.4.- SISTEMA GESTOR DE BASES DE DATOS

Para Cobo (2007) Un sistema de gestión de bases de datos es un *“software o conjunto de programas que permite crear y mantener una base de datos. El Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) actúa como interfaz entre los programas de aplicación (usuarios) y el sistema operativo. El objetivo principal de un SGBD es proporcionar un entorno eficiente a la hora de almacenar y recuperar la información de la base de datos”*.

Este software facilita el proceso de definir, construir y manipular bases de datos (BD) para diversas aplicaciones.

- a. **Definir** una base de datos consiste en especificar los tipos de los datos, las estructuras de los datos y las restricciones de los datos.
- b. **Construir** una BD es el proceso de almacenar los registros en algún medio de almacenamiento controlado por el SGBD, una vez definida la BD.
- c. **Manipular** la BD es:
 - ✚ Consultar los datos para obtener cierta información.
 - ✚ Actualizar la BD (modificar, eliminar datos o introducir nuevos).
 - ✚ Generar informes a partir de los datos almacenados.

OBJETIVO DE UN SGBD

- a) **Abstracción de la Información**

Proporciona a los usuarios una visión abstracta de la información, es decir, el sistema ahorra al usuario la necesidad de conocer los detalles de cómo se almacena los datos.
- b) **Independencia**

Es la capacidad para modificar un esquema de definición sin afectar a los programas de aplicación. Existen dos niveles de independencia.

 - ✚ Independencia física: Es posible modificar el esquema físico sin afectar a las aplicaciones que los utilizan.
 - ✚ Independencia lógica: Cuando es posible modificar el esquema conceptual sin obligar a escribir de nuevo las aplicaciones.
- f) **Redundancia mínima**

Consiste en evitar el almacenamiento múltiple de una misma información para uso de distintas aplicaciones.
- c) **Consistencia**

Consiste en impedir que exista información contradictoria en la BD, surge cuando existen varias copias del mismo dato y tras la modificación de una

de ellas, las demás no son actualizadas, o si lo son pero de forma incorrecta.

d) Seguridad

El SGBD debe garantizar la protección de la información, controlando el acceso y la manipulación de las distintas aplicaciones y usuarios.

e) Integridad

Mantener la integridad es asegurar que la información almacenada y utilizada por una aplicación es correcta, es decir, refleja fielmente la realidad.

2.4.5.- INTERNET

En “Manual del uso del Internet y Herramientas Tecnológicas” (Delgado y Gutiérrez, 2017) desarrollan que el internet es una unidad sencilla de información, comúnmente denominada un documento, está disponible vía World Wide Web (WWW). Las páginas WEB generalmente residen en servidor http conocido comúnmente como Sitio Web.

UNIFORM RESOURCE LOCATOR (URL)

Es un esquema estandarizado de direcciones para facilitar el acceso a los recursos del Internet. Una URL está compuesta de letras, números y puntuaciones. La mayoría de URL tiene tres partes principales: El protocolo, el nombre del anfitrión (o dominio) y el directorio. Cabe señalar que se utiliza letras minúsculas al digitar una dirección, sin dejar espacios vacíos entre caracteres **(Figura 7)**.

URL: Dirección de la página inicial de la OGC

Protocolo http:// es el protocolo de las páginas web

Anfitrión: www. opengeospatial.org La OGC es una organización

Directorio o archivo

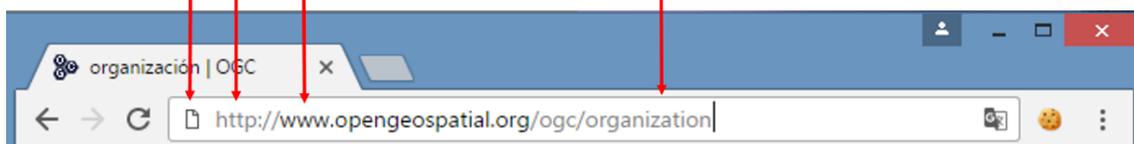


Figura 7 Composición de una URL

Gracias al protocolo (lenguaje) TCP/IP que tiene la gran ventaja de ser entendido por cualquier máquina (PC, Unix, Mac), el éxito de Internet radica en su facilidad de uso y consulta además del gran alcance seguido por esta red.

2.5.- ESTÁNDARES Y SERVIDORES DE MAPAS

2.5.1.- OPEN GEOSPATIAL CONSORTIUM

Open Geospacial Consortium (OGC) fue fundado en 1994 para hacer de la información geográfica una parte integral de la infraestructura mundial de información. Los miembros de OGC (usuarios y proveedores de tecnología) desarrollan de forma colaborativa estándares de interfaz y los estándares asociados, así como buenas prácticas, que permiten a los desarrolladores crear sistemas de información que pueden fácilmente intercambiar información geográfica e instrucciones con otros sistemas de información (Fundación os geo, 2017).

Su fin es la definición de estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica. Persigue acuerdos entre las diferentes empresas del sector que posibiliten la interoperación de sus sistemas de

geoprocesamiento y facilitar el intercambio de información geográfica en beneficio de los usuarios.

2.5.2.- ESTÁNDARES OGC

Los estándares del Open Geospatial Consortium (OGC) para el intercambio de datos geoespaciales forman una base consistente para el desarrollo de software de sistemas de información geográfica (GIS). El Consorcio Geoespacial Abierto (<http://www.opengeospatial.org/>) es un organismo importante en el desarrollo de normas Ingis (Shekar y Hui, 2008).

Las especificaciones más importantes surgidas del OGC son:

- ✚ Web Map Service (WMS)
- ✚ Web Feature Service (WFS)
- ✚ Web Map Context Documents (WMC)
- ✚ Web Coverage Service (WCS)
- ✚ Styled Layer Descriptor (SLD)
- ✚ Geography Markup Language (GML)
- Grid Coverages (GC)

2.5.3.- WEB MAP SERVICE (WMS)

El más ampliamente adoptado y popular de ellos es el Web Map Service (WMS), una especificación que describe los mecanismos de comunicación ofreciendo productos de software proporcionar imágenes de mapa preensamblado ("compilado" de imágenes en mapas, que pueden contener tanto datos vectoriales como raster) a un cliente solicitante (Shekhar y Xiong, 2008).

Produce mapas de datos espaciales referidos de forma dinámica a partir de información geográfica. Este estándar internacional define un "mapa" como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador. Un mapa no consiste en los propios datos. Los mapas producidos por WMS se generan

normalmente en un formato de imagen como PNG, GIF o JPEG, ocasionalmente como gráficos vectoriales en formato SVG (Scalable Vector Graphics) o WebCGM (Web Computer Graphics Metafile).

WMS ofrece los formatos de imagen habituales: GIF, PNG, JPEG, TIFF.

El estándar define tres operaciones:

- ✚ Devolver metadatos del nivel del servicio.
- ✚ Devolver un mapa cuyos parámetros geográficos y dimensionales han sido bien definidos.
- ✚ Devolver información de características particulares mostrados en el mapa (opcionales).

Para la (Infraestructura de Datos Espaciales de Canarias, 2015), las operaciones WMS pueden ser invocadas usando un navegador estándar realizando peticiones en la forma de URLs (Uniform Resource Locators). El contenido de tales URLs depende de la operación solicitada. Concretamente, al solicitar un mapa, la URL indica qué información debe ser mostrada en el mapa, qué porción de la Tierra debe dibujar, el sistema de coordenadas de referencia, la anchura y la altura de la imagen de salida.

Existe una red de servidores distribuidos de mapas, a partir de los cuales los clientes pueden construir mapas a medida. Las operaciones WMS también pueden ser invocadas usando clientes avanzados SIG, realizando igualmente peticiones de la forma de URLs.

Existe software libre, como las aplicaciones GAIDA, uDIG, gvSIG, y Kosmo entre otros, que permite este acceso avanzado a la información remota, añadiendo la ventaja de poder cruzarla con información local y disponer de una gran variedad de herramientas SIG.

2.5.4- WEB FEATURE SERVICE (WFS)

Web Feature Service (WFS), permite a los clientes solicitar datos vectoriales que se devuelve en una forma pura (la preservación de la naturaleza del vector del conjunto de datos) (Shekhar y Xiong, 2008).

Es un servicio que permite publicar en la web, datos a nivel de características geoespaciales obtenidos a partir de información geográfica almacenada en una red de servicios de capas de información geográfica, facilitando con ello la consulta de metadatos geográficos a partir de datos tomados de distintas fuentes.

Con el servicio WFS es posible consultar características de información geoespacial proveniente de archivos de datos de una base de datos, ortofotos, imágenes de satélite y modelos digitales de terreno.

Actualmente, muchos programas SIG han implementado la especificación WFS, a través de extensiones de interoperabilidad de datos, permitiendo la consulta de información de metadatos de capas de datos geográficos almacenados en un equipo remoto.

Con la finalidad de aprovechar esta aplicación, por ejemplo la Subgerencia de Información Geográfica del Agua (SIGA) de la CONAGUA (**Figura 8**) pone a disposición conexiones WFS que pueden ser usadas en programas de SIG (CONAGUA, 2009).

Cobertura	Cadena de conexión WFS para GetCapabilities
Acuíferos	http://siga.conagua.gob.mx/wfsconnector/com.esri.wfs.Esrimap/Acuiferos_Features?request=getcapabilities&service=wfs&version=1.0.0
Consejos de Cuenca	http://siga.conagua.gob.mx/wfsconnector/com.esri.wfs.Esrimap/ConsejosCuenca_Features?request=getcapabilities&service=wfs&version=1.0.0
Cuerpos de Agua Principales	http://siga.conagua.gob.mx/wfsconnector/com.esri.wfs.Esrimap/CuerposAgua_Features?request=getcapabilities&service=wfs&version=1.0.0
Regiones Hidrológico Administrativas	http://siga.conagua.gob.mx/wfsconnector/com.esri.wfs.Esrimap/RH_Features?request=getcapabilities&service=wfs&version=1.0.0
Regiones Hidrológicas	http://siga.conagua.gob.mx/wfsconnector/com.esri.wfs.Esrimap/RHA_Features?request=getcapabilities&service=wfs&version=1.0.0
Ríos Principales	http://siga.conagua.gob.mx/wfsconnector/com.esri.wfs.Esrimap/RiosPrincipales_Feature?request=getcapabilities&service=wfs&version=1.0.0
Subregiones Hidrológico Administrativas	http://siga.conagua.gob.mx/wfsconnector/com.esri.wfs.Esrimap/SubRH_Features?request=getcapabilities&service=wfs&version=1.0.0
Subregiones de Planeación	http://siga.conagua.gob.mx/wfsconnector/com.esri.wfs.Esrimap/SubRPlan_Features?request=getcapabilities&service=wfs&version=1.0.0

Figura 8 Conexiones disponibles en el SIGA

Fuente: <http://siga.cna.gob.mx/serviciowfs.aspx>

2.5.5.- CARTOGRAFÍA WEB

Cartografía web es el proceso de diseño, implementación, generación y entrega de mapas en la World Wide Web. Se ocupa principalmente de cuestiones tecnológicas, además, estudia los aspectos teóricos: el uso de mapas web, la evaluación y optimización de las técnicas de trabajo, flujos y la utilidad de los mapas web mediante aspectos sociales, y mucho más.

Los mapas web son a menudo un medio de representación y están ganando cada vez más capacidades analíticas. Un caso especial de mapas web son mapas móviles, que se muestran en los dispositivos informáticos, tales como teléfonos inteligentes, PDA, GPS y otros dispositivos. La web móvil también mapea contexto de presentación y la información confidencial de ubicación, tales como puntos de interés. Se utilizan con frecuencia los servicios basados en ubicación en cierto plazo de tiempo.

El uso de la web como medio de difusión de mapas puede ser considerado como un importante avance en la cartografía y abre muchas nuevas oportunidades, tales como mapas en tiempo real, actualizaciones más frecuentes y más baratas, contenido de mapa personalizado, datos distribuidos de fuentes y el intercambio de información geográfica.

Si bien los mapas web primeros eran principalmente estáticos, debido a las restricciones técnicas, los mapas web de hoy en día pueden ser completamente interactivos e integran múltiples medios de comunicación. Esto significa que tanto el mapeo Web como la cartografía web también tienen que hacer frente a cuestiones de interactividad, usabilidad y multimedia (Shekhar y Xiong, 2008).

2.5.6.- INFRAESTRUCTURAS DE DATOS ESPACIALES

Una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) es un sistema informático integrado por:

- ✚ Un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas web).
- ✚ Dedicados a gestionar información Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos).
- ✚ Esos recursos están disponibles en Internet, cumpliendo una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, especificaciones, protocolos, interfaces).
- ✚ Los recursos permiten que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizarlos y combinarlos según sus necesidades.

Razón de ser de las Infraestructuras de Datos Espaciales

Ante la pregunta ¿Cuál es la razón de ser de las IDE?, la respuesta se centra en el papel esencial de la Información Geográfica para la toma de decisiones acertadas sobre el territorio a escala local, regional y global.

La búsqueda de soluciones a los problemas de inseguridad, la puesta en marcha de acciones en una situación de emergencia por inundaciones, o incendios, la gestión del medioambiente, y los estudios de impacto ambiental son sólo algunos ejemplos en los que resulta fundamental la disponibilidad de Información Geográfica para tomar decisiones.

2.5.7.- SERVIDOR WEB

Es un programa especialmente diseñado para transferir datos de hipertexto, es decir, páginas web con todos sus elementos (textos, widgets, banners). Estos servidores web utilizan el protocolo http.

Los servidores web están alojados en un ordenador que cuenta con conexión a Internet. El web server se encuentra a la espera de que algún navegador le haga alguna petición, como por ejemplo, acceder a una página web y responde a la petición, enviando código HTML mediante una transferencia de datos en red.

SERVIDOR APACHE

El servicio web Apache es un servidor web gratuito desarrollado por el Apache Server Project (Proyecto Servidor Apache) cuyo objetivo es la creación de un servidor web fiable, eficiente y fácilmente extensible con código fuente abierto gratuito.

Según los datos publicados por Netcraft, Apache es hoy en día más usado que todos los demás servidores web juntos (Márquez, Sanpedro, y Vargas, 2002).

Destacan las siguientes características:

- ✚ Es multiplataforma.
- ✚ Muy sencillo de configurar.
- ✚ Es Open-source.
- ✚ Muy útil para proveedores de servicios de Internet que requieran miles de sitios pequeños con páginas estáticas.
- ✚ Amplias librerías de PHP y Perl a disposición de los programadores.
- ✚ Posee diversos módulos que permiten incorporarle nuevas funcionalidades, estos son simples de cargar.
- ✚ Es capaz de utilizar lenguajes como PHP, TCL, Python, entre otros.

El protocolo utilizado para la transferencia de hipertexto es HTTP (HiperText Transfer Protocol) que está basado en el envío de mensajes y establece el conjunto de normas mediante las cuales se envían las peticiones de acceso a una web y la respuesta de esa web.

Ventajas:

- ✚ **Instalación/Configuración** Software de código abierto.
- ✚ **Coste** El servidor web Apache es completamente gratuito.
- ✚ **Funcional y Soporte** Alta aceptación en la red y muy popular, esto hace que muchos programadores de todo el mundo contribuyen constantemente con mejoras, que están disponibles para cualquier persona que use el servidor web y que Apache se actualice constantemente.
- ✚ **Multi-plataforma** Se puede instalar en muchos sistemas operativos, es compatible con Windows, Linux y MacOS.
- ✚ **Rendimiento** Capacidad de manejar más de un millón de visitas.
- ✚ **Extensible** Se han desarrollado diversas extensiones entre las que destaca PHP, un lenguaje de programación del lado del servidor.

2.5.8.- PHP

Para (Php group, 2017), PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

El código PHP está encerrado entre las etiquetas especiales de comienzo y final (<?php) y (?>) que permiten entrar y salir del “modo PHP”.

Lo que distingue a PHP, del lado de otro cliente como Javascript es que el código es ejecutado en el servidor, generando HTML y enviándolo al cliente.

¿Qué puede hacer PHP?

Cualquier cosa. Está enfocado principalmente a la programación de scripts del lado del servidor, por lo que se puede hacer cualquier cosa que pueda hacer otro programa, como recopilar datos de formularios, generar páginas con contenidos dinámicos o enviar y recibir cookies.

PHP puede emplearse en todos los sistemas operativos principales, incluyendo Linux, muchas variantes de Unix (incluyendo HP-UX, Solaris y Open BSD), Microsoft Windows, y Mac OS X. PHP admite la mayoría de servidores web de hoy en día, incluyendo Apache, IIS y muchos otros.

2.5.9.- MAP SERVER

La (Fundación os geo, 2017) menciona que es una plataforma de código abierto en el cual se publican datos espaciales y las aplicaciones de mapas interactivos para la web. Desarrollado en la década de los 90's en la Universidad de Minnesota, MapServer es liberado bajo licencia estilo MIT y se ejecuta en todas las plataformas principales (Windows, Linux, Mac OS X).

Más allá de los datos de navegación GIS, MapServer permite crear “mapas de imágenes geográficas”, es decir, mapas que se pueden dirigir a los usuarios por su contenido. MapScript provee una interfaz de programación para la construcción de aplicaciones web y de escritorio, puede ser utilizado independientemente de CGI MapServer, y está integrado por un módulo con soporte para PHP, Perl, Python, Ruby, Tcl, Java y Net.

Características de MapServer:

- ✚ Es compatible con los formatos de datos estándar de la industria de las bases de datos espaciales
- ✚ Es compatible con los estándares populares Open Geospacial Consortium (OGC), incluyendo WMS, WFS y WCS

- ✚ Ejecución en varios Sistemas Operativos (Windows, Mac OS X).
- ✚ Proyecciones on-the-fly (dinámicas)
- ✚ Aprovecha las mejoras de tecnologías geoespaciales de código abierto como GDAL/ ORG, PostGIS, PROJ.4
- ✚ Soporte de lenguajes scripting y entornos de desarrollo (PHP, Perl, Python, Ruby, Java y .NET.)
- ✚ Dibujos de alta calidad
- ✚ Salida de la aplicación adaptable a las necesidades requeridas

2.5.10.- PMAPPER

Para (Padrón, 2017), P.mapper es un cliente ligero (se denominan clientes ligeros a las aplicaciones que pueden acceder a servicios OGC con la utilización de un simple Browser o navegador por lo que es posible acceder a los servicios geomáticos desde cualquier ubicación con conexión a Internet) desarrollado con Mapscript_php + Mapserver.

2.6.- SOFTWARE LIBRE

Para (Stallman, 2004), es la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar y mejorar el software. Se refiere especialmente a cuatro clases de libertad para los usuarios de software:

✚ **Libertad 0**

Libertad para ejecutar el programa sea cual sea nuestro propósito.

✚ **Libertad 1**

Libertad para estudiar el funcionamiento del programa y adaptarlo a tus necesidades, el acceso al código fuente es condición indispensable para esto.

✚ **Libertad 2**

La libertad para redistribuir copias y ayudar así a tu vecino.

Libertad 3

La libertad para mejorar el programa y luego publicarlo para el bien de toda la comunidad, el acceso al código fuente es condición indispensable para esto.

El software libre es cualquier programa cuyos usuarios gocen de estas libertades. De modo que se es libre de redistribuir copias con o sin modificaciones, de forma gratuita o cobrando por su distribución, a cualquiera y en cualquier lugar. Gozar de libertad significa, entre otras cosas, no tener que pedir permiso ni pagar para ello.

Así mismo, se es libre para introducir modificaciones y utilizarlas de forma privada, ya sea en tu trabajo o en tu tiempo libre, sin siquiera tener que mencionar su existencia. Si se decide publicar estos cambios, no se está obligado a notificárselo a ninguna persona ni de ninguna forma en particular.

La libertad para utilizar un programa significa que cualquier individuo u organización podrán ejecutarlo desde cualquier sistema informático, con cualquier fin.

2.6.1.- GvSIG

Es un software integrador, capaz de trabajar con información de cualquier tipo u origen, tanto en formato raster como vectorial. Este software comparte algunas otras características con JUMP como su arquitectura modular o su carácter multiplataforma. Además, permite trabajar con formatos de otros programas como Autocad, Microstation o ArcView, de acuerdo con los parámetros de la OGC (regulador de estándares abiertos e interoperables de los SIG).

Las herramientas que implementa permiten una gran precisión en edición cartográfica, incluye funciones avanzadas para usos en teledetección, morfometría e hidrología, además de otras funciones básicas como diseño de

impresión y soporte de los formatos más populares, tanto vectoriales como de imágenes.

GvSIG es una aplicación de la que ya existen varias versiones, aunque su funcionalidad está prácticamente cubierta y se ha convertido en una referencia dentro de las tecnologías SIG, continúa actualmente en fase de desarrollo y perfeccionamiento, siempre bajo los principios de compartir y elaborar (Gv sig, 2010).

2.6.2.- QUANTUM GIS

Para la (Fundación os geo, 2017) Quantum GIS (QGIS) es un cliente SIG de escritorio amigable de código abierto donde se puede visualizar, administrar, editar, analizar datos y componer mapas, incluye una potente funcionalidad de análisis mediante la integración con GRASS. Funciona en Linux, Mac OSX y Windows, soporta numerosas funcionalidades y formatos vectoriales, raster y bases de datos.

Sus características principales son:

a) Interfaz gráfica de usuario amigable

-  identificar / seleccionar elementos.
-  editar / visualizar / buscar atributos.
-  Proyección al vuelo.
-  Composición de impresión.
-  Etiquetado de elementos.
-  Cambio de simbología vectorial y raster.
-  Agregar una capa de grilla.

b) Fácil visualización de numerosos formatos vectoriales y raster

-  Tablas de bases de datos PostgreSQL / PostGIS, Oracle Spatial, MS SQL Spatial, Spatialite.

- ✚ Mayor parte de los formatos vectoriales: formato shapefile de ESRI, Mapinfo, SDTS y GML.
- ✚ Formato raster como modelos digitales de elevación, fotografías aéreas o imágenes landsat.
- ✚ GRASS locations y mapsets.
- ✚ Datos espaciales servidos en línea como los compatibles como los servicios estándar OGC: WMS o WFS.

c) Crear, editar y exportar datos espaciales usando

- ✚ Herramientas de digitalización para formatos de GRASS y shapefile.
- ✚ El complemento para la georeferenciación.
- ✚ Herramientas GPS para importar y exportar formato GPX.

2.6.3.- PostgreSQL

Para (Martínez, 2017) es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional, distribuido bajo licencia BSD y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado y es sus últimas versiones no tiene nada que envidiarle a otras bases de datos comerciales.

PostgreSQL utiliza un modelo cliente/servidor y usa *multiprocesos* en vez de *multihilos* para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando.

A continuación se presenta un gráfico que ilustra de manera general los componentes más importantes en un sistema PostgreSQL (**Figura 9**).

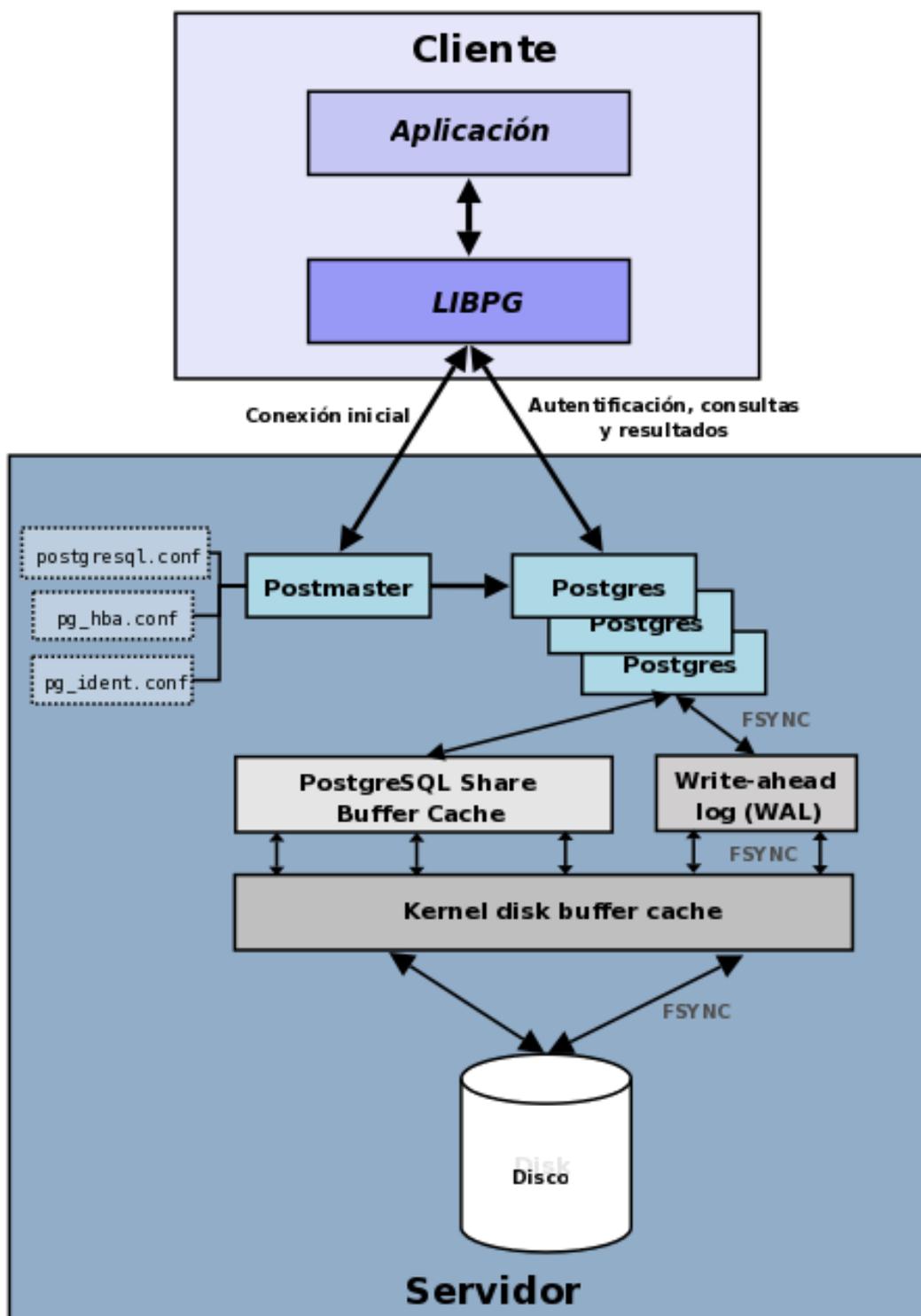


Figura 9 Componentes de un sistema PostgreSQL

Fuente: http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql

2.6.4.- POSTGIS

Es un espacio de base de datos, extensión para PostgreSQL base de datos relacional de objetos. Se añade soporte para objetos geográficos que permiten consultas de ubicación para ejecutarse en SQL. PostGIS es liberado bajo Licencia Pública General de GNU.

PostGIS es una extensión que convierte el sistema de base de datos PostgreSQL en una base de datos espacial. La combinación de ambos es una solución perfecta para almacenamiento, gestión y mantenimiento de datos espaciales (Morales, 2016).



CAPÍTULO 3

3.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- ÁREA DE ESTUDIO

Dentro de la República Mexicana, el Estado de México (**Figura 10**) se localiza en la porción central de la República Mexicana, siendo una de las zonas más altas de la altiplanicie mexicana.

Está conformado por 125 municipios. El Estado de México se encuentra ubicado en el centro sur del país entre los paralelos 18°21' y 20°17' de altitud norte y 98°36' y 100° 36' de longitud oeste, cuenta con una extensión territorial de 22, 351 km², que representa el 1.09% de la superficie total nacional. La entidad limita al norte con Querétaro e Hidalgo, al sur con Morelos y Guerrero; al oeste con Michoacán, al este con Tlaxcala y Puebla, rodea a la Ciudad de México. Cabe recalcar que el Estado de México es la entidad Federativa más poblada de la República Mexicana, de acuerdo a datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), ya que en el año 2015 contaba con un total de 16, 187, 608 habitantes, de los cuales 7, 834, 068 eran hombres y 8, 353, 540 eran mujeres.

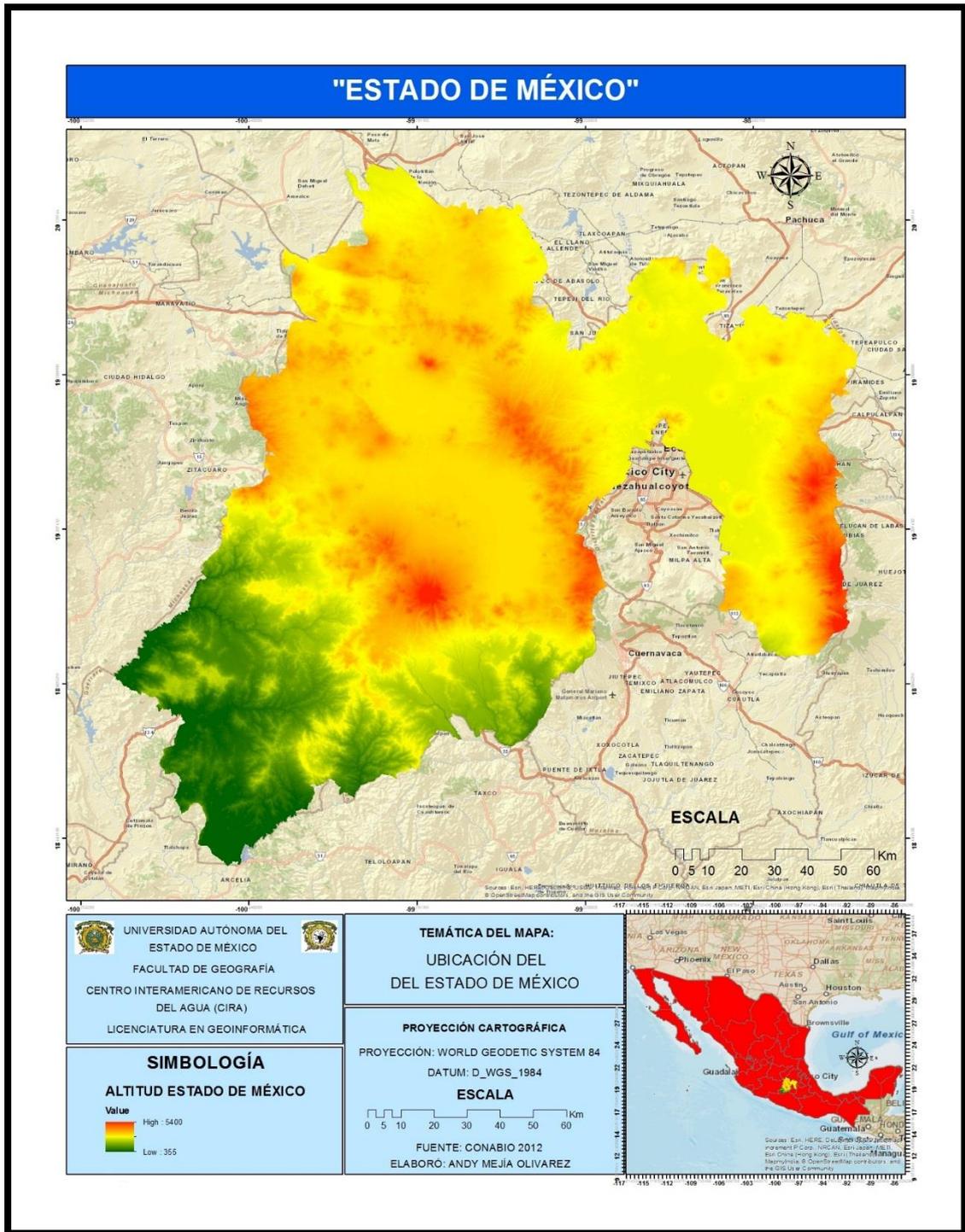


Figura 10 Estado de México como área de estudio

3.2.- MUNICIPIOS

Apaxco

El territorio municipal se localiza en el extremo meridional del valle de México, entre las coordenadas geográficas extremas: latitud norte en el paralelo 19°58'11", al paralelo 20°01'51"; longitud oeste del meridiano de Greenwich 99°05'00", al meridiano 99°11'52"; se ubica en el noreste del Estado de México y al norte de la Ciudad de México (CdMX).

La cabecera municipal se localiza a una distancia aproximada de 82 kilómetros de la Ciudad de México. Limita al norte con el estado de Hidalgo, al sur con el municipio de Tequixquiac, al oeste con el estado de Hidalgo y al este con los municipios de Hueyoxxtla y Tequixquiac.

Ocupa una extensión territorial de 75.73 kilómetros cuadrados, que representa el 0.37% del territorio estatal y el 4.44% de la subregión II de Zumpango (Dorantes, 2017).

Ixtapan de la Sal

Se ubica en el sureste del Estado de México, estando la cabecera municipal localizada a los 90°10'40" de longitud oeste y a los 80°50'28" de latitud norte.

Tiene una altitud que oscila de los 1924 a los 2020 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Limita al norte con los municipios de Villa Guerrero y Coatepec Harinas; al sur con Tonatico, Zacualpan y con el Estado de Guerrero; al oriente con Villa Guerrero y Zumpahuacán; y al poniente con Coatepec Harinas y Zacualpan.

La superficie es de 111 kilómetros cuadrados de acuerdo al INEGI, donde se localizan a 22 localidades: 1 ciudad, 5 pueblos y 16 rancherías (Arizmendi, 2017).

Ixtapan del Oro

Se extiende desde la parte central occidente del Estado de México, hacia el oeste del municipio de Toluca, en la región montañosa que colinda con el Estado de Michoacán, así como en la región VII Valle de Bravo: Su cabecera municipal se

ubica a los 19°16' 08" de latitud norte y a los 100°16'52" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Las coordenadas extremas del municipio son 19°12'23" de latitud mínima y 19°19'07" de latitud máxima; a los 100°13'07" de longitud mínima y 100°19'47" máxima y con una altura promedio de 1705 msnm. Sus límites son: al Norte, con el municipio de Donato Guerra (Río Ixtapan y Barranca Honda); al sur Santo Tomás de los Plátanos (Colinas, Barranca Honda y San Pedro); al este con el Valle de Bravo (Cerro Valiente) y al oeste, limita con el estado de Michoacán (Cerro del Águila) (Velázquez, 2017).

Sultepec

Se ubica en el extremo sur de la porción occidental del Estado de México; entre los paralelos 18°13'21" y 18°33'03" de latitud norte, entre los meridianos 99°51'25" y 100°08'17" de longitud oeste. La cabecera municipal se encuentra a 2290 msnm.

Limita al norte con los municipios de Tejupilco y Texcaltitlán; al sur con el municipio de Zacuapan y el estado de Guerrero; al oriente con el municipio de Almoloya de Alquisiras y al poniente con el municipio de Amatepec (Joaquín et al, 2017).

Tejupilco

Se ubica al suroeste del Estado, y colinda al norte con Otzoloapan, Zacazonapan, Temascaltepec, San Simón de Guerrero, Texcaltitlán y Sultepec; al este con San Simón de Guerrero y Luvianos; al oeste con Luvianos y los estados de Michoacán y Guerrero; al sur con Amatepec y Tultepec.

Esta comprendido entre los paralelos 18°45'30" y 19°04'32" de latitud norte, y entre los meridianos 99°59'07" y 100°36'45" de longitud oeste del meridiano de Greenwich (Cardoso y Agallo, 2017).

Temascalcingo

Se ubica hacia el extremo noroeste del Estado de México y su cabecera, Temascalcingo está situado a los 19°48'10" de latitud norte y a los 99°53'49" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

Sus límites son: por el norte con el municipio de Aculco y Querétaro, por el sur con los municipios de El Oro y Atlacomulco, por el oeste con el estado de Michoacán y el este con el municipio de Acambay (Garduño y Sánchez, 2017).

Tonatico

Se localiza en la parte sur del Estado de México, ubicándose su cabecera municipal en las coordenadas geográficas de 99°40' longitud oeste y 18°48' de latitud norte.

La mayoría del territorio se ubica a los 1650 msnm. El “Cerro de Tlacopan” es la parte más alta con 2125 msnm y “la junta de los ríos” es la parte más baja con 1440 msnm.

Limita al norte y al poniente con el municipio de Ixtapan de la Sal; al sur con el municipio de Pilcaya, Guerrero, al oriente con el municipio de Zumpahuacán y al este con Santa María la Asunción. Una pequeña punta de tierra del municipio de Villa Guerrero, entra por el norte entre Zumpahuacán e Ixtapan de la Sal (Vázquez, 2017).

3.3.- MODELO EN CASCADA

Para el desarrollo e implementación del visualizador se propuso trabajar con base a la metodología *Cascada con Reducción de Riesgos*, la cual incluye no sólo las etapas de ingeniería sino toda la vida del producto: las pruebas, el uso (la vida útil del software), mantenimiento y sustitución o actualización.

En definitiva, tal como se muestra en la **(Figura 11)** el modelo en Cascada con Reducción de Riesgos, contiene flujos que en caso de detectar alguna falla, permite la vuelta atrás desde cualquier etapa, lo que otorga comodidad y flexibilidad durante todo el ciclo de vida del proyecto.

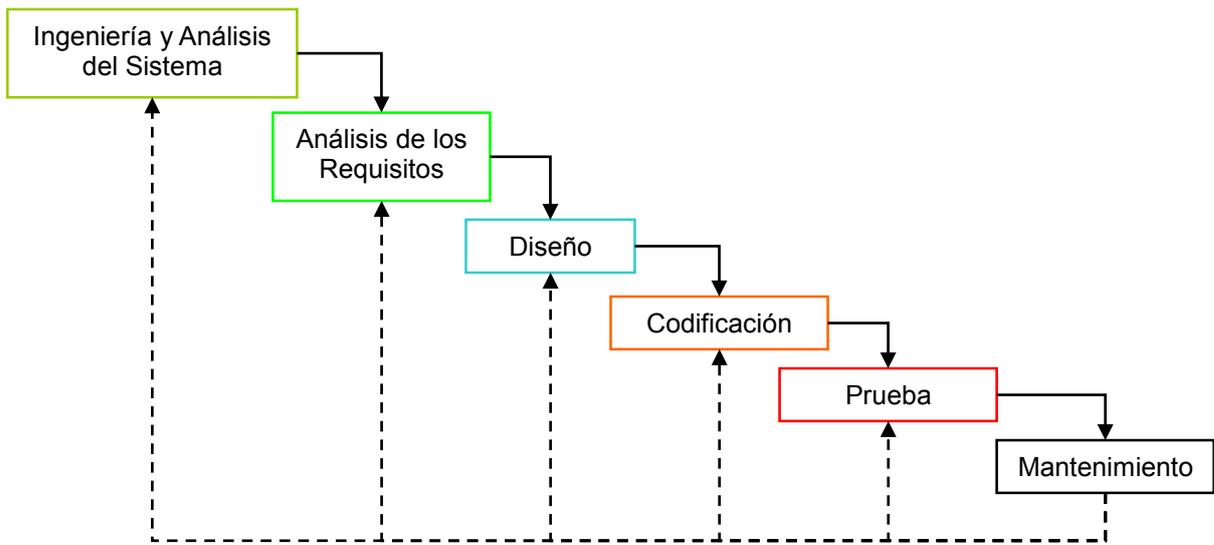


Figura 11 Metodología Cascada con Reducción de Riesgos

El ciclo de vida en Cascada con Reducción de Riesgos, exige un enfoque sistemático y secuencial del desarrollo de software, que comienza en el nivel de la ingeniería de sistemas y avanza a través de fases secuenciales sucesivas. Estas fases son:

Análisis y definición de requerimientos

Este primer paso se centró en la obtención de los datos que tiene el CIRA. Con ellos se inicia el análisis de necesidades primordiales que se les brindará a los usuarios, definiendo las herramientas e insumos que incluyen los datos recolectados, el software y el diseño que se realizará. De este modo se determinan los requerimientos que debe cubrir.

Diseño del sistema y del software

En el segundo paso se toma en cuenta el diseño que tendrá la aplicación, así como de la base de datos, entrando en juego el desarrollo de procesos para posibles modificaciones futuras.

Codificación

En este tercer paso se establece el modelo final de la base de datos y el desarrollo de interfaz para el usuario final.

Prueba

En el cuarto paso se verifica si se ha cumplido con las especificaciones que se plantearon desde el principio. Cuando se cumple con ellas, se está listo para ser entregado.

Mantenimiento

En el quinto paso se refiere al proceso de modificar el sistema una vez entregado para corregir defectos o mejorar el desempeño del mismo.

3.3.1.- ANÁLISIS

Se toma en cuenta la información recopilada en una tabla de Excel y a partir de ahí se crean los formatos shape y los formatos para los diagramas Piper, Stiff y Schoeller-Berkaloff. En la **(Tabla 1)** se muestra cada elemento obtenido.

Tabla 1 Información insumos para el sistema

DATO	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN	ORIGEN
Datos de campo en municipios	Alfanuméricos	Base de datos de los cuerpos de agua en formato Excel	CIRA
Estado de México	Vector	Polígono en archivo .shp de ESRI	CONABIO
Municipios de zona de estudio	Vector	Puntos en archivos .shp de ESRI.	Elaboración propia
Manantiales	Vector	Puntos en archivos .shp de ESRI,	Elaboración propia

Río	Vector	Puntos en archivos .shp de ESRI.	Elaboración propia
Balneario	Vector	Puntos en archivos .shp de ESRI.	Elaboración propia
Límites político administrativo del estado de México	Dato WMS	Información WMS que de los límites del Estado de México	Conexión al servidor web de INEG
Diagramas de Piper Stiff Schoeller-Berkaloff	Imagen PNG	Información sobre la composición química de cada cuerpo de agua	Elaboración propia

A continuación se detallan los alcances de cada dato recopilado.

Bases de datos en Excel

Los datos fueron proporcionados por el CIRA y fueron recopilados en el mes de enero y junio del 2015. Estas representados por información alfanumérica. Las tablas contienen el tipo de cuerpo de agua, fecha de consulta y características químicas.

Datos vectoriales

1) Estado de México

Esta información fue extraída de Conabio, descargando el shape de la república Mexicana en donde posteriormente se extrajo únicamente la localización de la zona de estudio.

2) Municipios

La información se extrajo de la página de Conabio, descargando el shape por municipios, y recortando los municipios de la zona de estudio (Apaxco,

Ixtapan de la Sal, Ixtapan del Oro, Sultepec, Tejupilco, Temascalcingo, Tonicato).

3) Cuerpos de Agua

Para estos shapes se tomó como parámetro la base de datos de Excel proporcionada por el CIRA. Estos datos fueron transformados en el software ArcGIS.

Diagramas

En el caso de los diagramas se toma en cuenta la base de datos con ayuda del software QGIS, y que arrojó como resultado los diagramas por cuerpo de agua en formato PNG.

3.3.2.- SERVIDOR DE MAPAS

MapServer

Se eligió tomando en cuenta que es un entorno de desarrollo en código abierto para la creación de aplicaciones SIG en Internet con el fin de visualizar, consultar y analizar información espacial (**Tabla 2**). Se consideró que el servidor fuera:

-  Multiplataforma.
-  Fácil acceso a los datos.
-  Formatos raster soportados: JPG, PNG, GIF.
-  Formato vectorial soportado: ESRI shapefile.

P.mapper

Dispone de las siguientes características:

-  DHTML (DOM) Interface zoom/pan.
-  Navegadores Soportados: Mozilla/Firefox 2, /Netscape 7, IE 5/7, Opera 6.
-  Zoom/pan also via keyboard keys, mouse Wheel, reference map, slider.
-  Funciones de Consulta (Identificar, Seleccionar, Buscar).
-  Visualización de resultados de consultas con enlaces de bases de datos e hipervínculos.

- ✚ Configuración de visualización de consultas vía JavaScript.
- ✚ Funciones de impresión: HTML y PDF.
- ✚ Función de Medida de Distancias y Áreas.
- ✚ Leyendas de HTML así como varios estilos de visualización de Capas y Leyendas.
- ✚ Descarga de imágenes de mapas visualizados en distintas Resoluciones y Formatos.
- ✚ Inicio de aplicación con extensiones de zoom predefinidas por extensión de capa.

PostgreSQL

Este software fue útil para almacenamiento y administración de información en el manejo de bases de datos, tomando en cuenta la herramienta de consulta SQL. Además cuenta con un módulo espacial que soporta objetos geográficos con una base de datos, para su uso en Sistemas de Información Geográfica distribuidos o Web Mapping.

PostGIS

Módulo que se agregó para que la base de datos pueda ser utilizada dentro de la implementación del SIG.

3.3.3.- EDITOR CARTOGRÁFICO Y EDITORES

✚ **Quantum GIS 2.18 Las Palmas y gvSIG 2.2.0**

Con ambos software se realizaron ediciones cartográficas, así como estandarizar la información de base de datos.

✚ **Sublime Text 3**

Fueron útiles para el diseño y edición de la interfaz gráfica donde es alojado el visualizador.

Tabla 2 Aplicaciones implementadas en el sistema

CLASIFICACIÓN	APLICACIÓN
Servidor Cartográfico	MapServer
Base de datos geoespacial	PostGIS y PostgreSQL
Framework	P.mapper
Editor cartográfico	Quantum GIS, gvSIG
Diseño y edición	Sublime Text 3



CAPÍTULO 4

4.- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

4.1.- DISEÑO

Para este paso se inicia con StarUML, que es una herramienta para modelado según los estándares UML con el lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar el sistema.

Ello fue de utilidad para organizar y representar los datos y componentes del visualizador, ya que es importante organizar la estructura del proyecto desde los cimientos, es decir desde la base de datos, formularios, e interfaz.

4.1.1.- COMPONENTES Y FLUJO DE PROCESOS

Para explicar este punto, se realizó un diagrama (**Figura 12**) donde se expone el orden del proceso que visualizador. Se inicia con la recopilación de los datos, transformándolos en datos vectoriales para ser puestos en la base de datos, una vez dentro se transfiere al servidor cartográfico, con ello se consigue que estos datos estén en la red listos para ser consultados y visualizados.

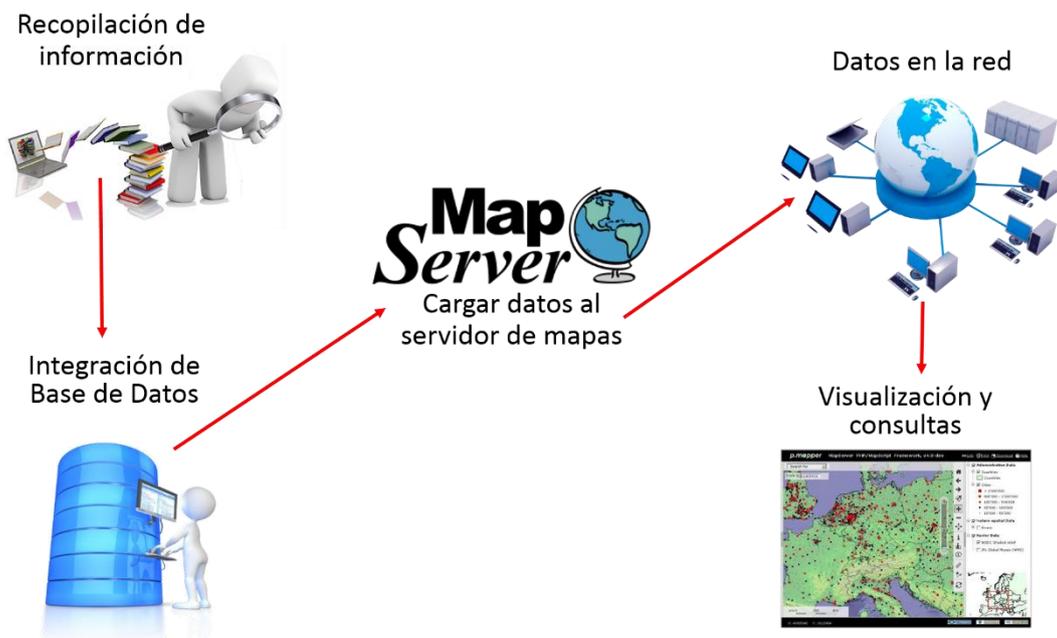


Figura 12 Diagrama de proceso

4.1.2.- LENGUAJE DE MODELADO UNIFICADO (UML)

UML tiene la finalidad de estructurar la aplicación de principio a fin, mediante diagramas de casos de uso. Se empleó para representar la manera específica la operación de los usuarios (actores) → Visualizador Web → Secuencia de operaciones → Administrador.

Se modela el visualizador que abrirá camino para gestionar la información alfanumérica en cartografía digital obtenida en los manantiales del CIRA para que los usuarios (público en general) puedan realizar consultas y visualizar cuerpos de agua en los siete municipios del Estado de México que fueron objeto de estudio.

4.1.2.1.- CASOS DE USO

En la **(Tabla 3)** se describen los casos de uso a los que el sistema estará sujeto durante su vida útil.

Tabla 3 Casos de uso

CASO DE USO	DESCRIPCIÓN
Desglose de capas geoespaciales	Se establecen los enlaces a los datos geográficos y despliegue de información geográfica organizadas por capa
Activar / Desactivar capas	Consiste en activar y desactivar capas y diagramas de información a placer del usuario
Acercar, Alejar, Mover, Extender capa	Funciones dinámicas de navegación, acercamiento, alejamiento, desplazamiento y extensión para visualizar las capas
Identificar objetos	Arroja como resultado, los atributos capturados en la base de datos de la capa seleccionada

Mantenimiento	Administrador es el único que puede actualizar y realizar modificaciones al sistema para potencializar su uso
----------------------	---

4.1.2.2.- ACTORES

Se tomaron en cuenta las agrupaciones uniformes de personas y sistemas que interactúan con el visualizador que se construyó, para lo cual se consideraron dos actores los cuales son:

a) Administrador

Está enterado de la estructura y composición del visualizador de principio a fin, por ende tiene la obligación de actualizar y ver que corra de forma organizada el visualizador.

b) Usuario

Es el que tiene acceso a la información que el administrador apruebe, en donde el usuario puede revisar y consultar la información de forma dinámica las veces que así lo decida.

En la **(Figura 13)** se muestra la interacción de los usuarios con el visualizador.



Figura 13 Actores

4.1.2.3.- DIAGRAMAS DE CASO DE USO

En la **(Figura 14)** se presenta el diagrama de caso de uso.

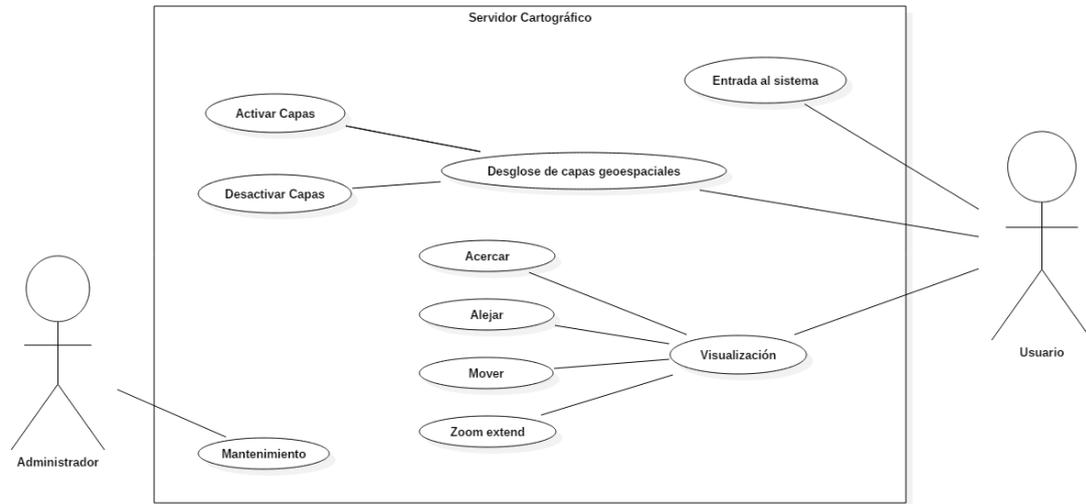


Figura 14 Diagrama caso de uso

En las siguientes tablas **(Tabla 4 a la 13)**, se expone con detalle la función de cada caso de uso.

Tabla 4 Caso de uso "Desglose de capas geoespaciales"

CASO DE USO	DESGLOSE DE CAPAS GEOESPACIALES
Actores	Usuario
Tipo	Básico
Propósito	El usuario puede consultar las capas y diagramas espaciales, así como la información de las mismas
Resumen	El usuario tiene la libertad de ver la información cartográfica existente
Flujo principal	Acceso para entrar a interfaz de inicio y posteriormente entrar al visualizador de capas
Subflujo	Interfaz gráfica de visualización y consulta

Tabla 5 Caso de uso "Activar capas"

CASO DE USO		ACTIVAS CAPAS
Actores	Usuario	
Tipo	Básico	
Propósito	Usuario tiene la habilidad de activar las capas y diagramas que desee consultar	
Resumen	El usuario tiene la habilidad de activar las capas y diagramas de información que desea revisar	
Flujo principal	Entrar a pantalla de inicio, entrar al visualizador, seleccionar capas y diagramas	
Subflujo	Interfaz de visualización	

Tabla 6 Caso de uso "Desactivar capas"

CASO DE USO		DESACTIVAR CAPAS
Actores	Usuario	
Tipo	Básico	
Propósito	Usuario tiene la habilidad de desactivar las capas que ya consultó	
Resumen	El usuario tiene la habilidad de desactivar las capas de información que ya consultó	
Flujo principal	Inicia en pantalla principal, entrar al visualizador y desactiva capas	
Subflujo	Interfaz del visualizador	

Tabla 7 Caso de uso "Visualizar"

CASO DE USO		VISUALIZAR
Actores	Usuario	
Tipo	Básico	
Propósito	El usuario mira en pantalla los mapas y diagramas de la base de datos	

Resumen	El usuario manipula el visualizador en la interfaz
Flujo principal	Entrar a pantalla de inicio y entrar al visualizador
Subflujo	Interfaz de visualización

Tabla 8 Caso de uso "Acercar"

CASO DE USO		ACERCAR
Actores	Usuario	
Tipo	Básico	
Propósito	El usuario puede acercar el objeto de su elección con la herramienta "zoom (+)" en el visualizador a la escala que este desee	
Resumen	El usuario tiene la posibilidad de acercar a la escala que guste los objetos en el visualizador	
Flujo principal	Entrar a pantalla de inicio y entrar al visualizador	
Subflujo	Interfaz del visualizador	

Tabla 9 Caso de uso "Alejar"

CASO DE USO		ALEJAR
Actores	Usuario	
Tipo	Básico	
Propósito	El usuario puede alejar el objeto de su elección con la herramienta "zoom (-)" en el visualizador a la escala que este desee	
Resumen	El usuario tiene la posibilidad de alejar a la escala que guste los objetos en el visualizador	
Flujo principal	Entrar a pantalla de inicio y entrar al visualizador	
Subflujo	Interfaz del visualizador	

Tabla 10 Caso de uso "Mover"

CASO DE USO		MOVER
Actores	Usuario	
Tipo	Básico	
Propósito	El usuario puede desplazar los elementos de forma uniforme con la herramienta en el visualizador	
Resumen	El usuario puede desplazar los elementos dentro de la interfaz	
Flujo principal	Entrar a pantalla de inicio y entrar al visualizador	
Subflujo	Interfaz del visualizador	

Tabla 11 Caso de uso "Pantalla completa"

CASO DE USO		PANTALLA COMPLETA
Actores	Usuario	
Tipo	Básico	
Propósito	El usuario puede hacer "zoom to full extent" y así extender la pantalla para ver todos los elementos	
Resumen	El usuario puede extender la pantalla como la encontró	
Flujo principal	Entrar a pantalla de inicio y entrar al visualizador	
Subflujo	Interfaz del visualizador	

Tabla 12 Caso de uso "Identificador"

CASO DE USO		IDENTIFICADOR
Actores	Usuario	
Tipo	Básico	
Propósito	El usuario con esta herramienta puede elegir un elemento e identifica los atributos de este	

Resumen	Herramienta que identifica el atributo por cada elemento seleccionado
Flujo principal	Entrada con la interfaz de inicio
Subflujo	Interfaz del visualizador

Tabla 13 Caso de uso "Mantenimiento"

CASO DE USO		MANTENIMIENTO	
Actores	Administrador		
Tipo	Básico		
Propósito	El administrador es el encargado de mantenimiento la base de datos y el servidor en orden, para posibles actualizaciones al visualizador		
Resumen	Administrador brinda mantenimiento a la base de datos y al visualizador		
Flujo principal	Entrar al servidor de datos y al visualizador		
Subflujo	El administrador es el encargado de brindar mantenimiento a la base de datos para alimentar al servidor		

4.1.2.4.- SECUENCIAS

En este paso se inicia con los diagramas de secuencia, los cuales son la unión con los casos de uso para brindar los procesos y utilidad del sistema. En las siguientes figuras (**Figura 15 a la 20**) se detallan cada una de las secuencias empleadas.

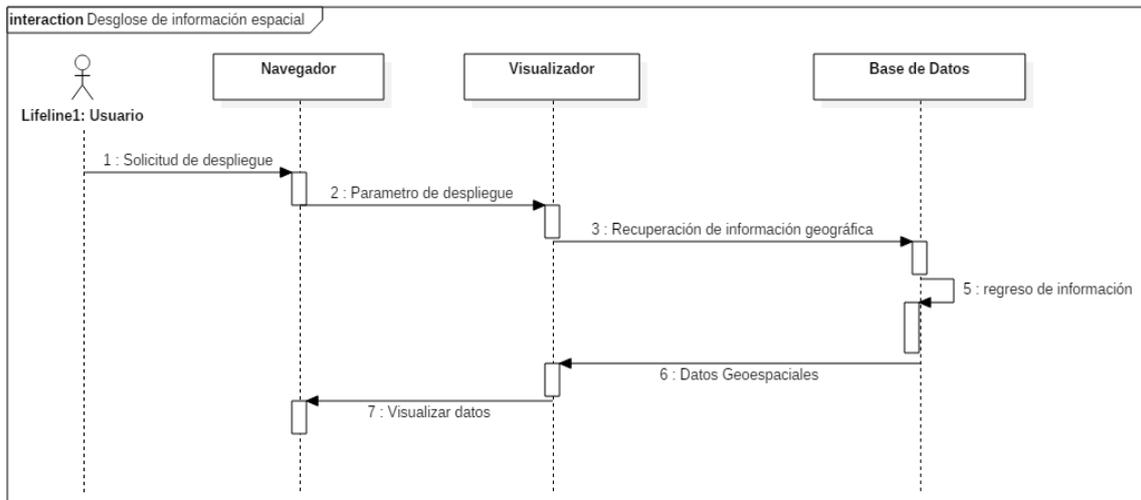


Figura 15 Secuencia de información especial.

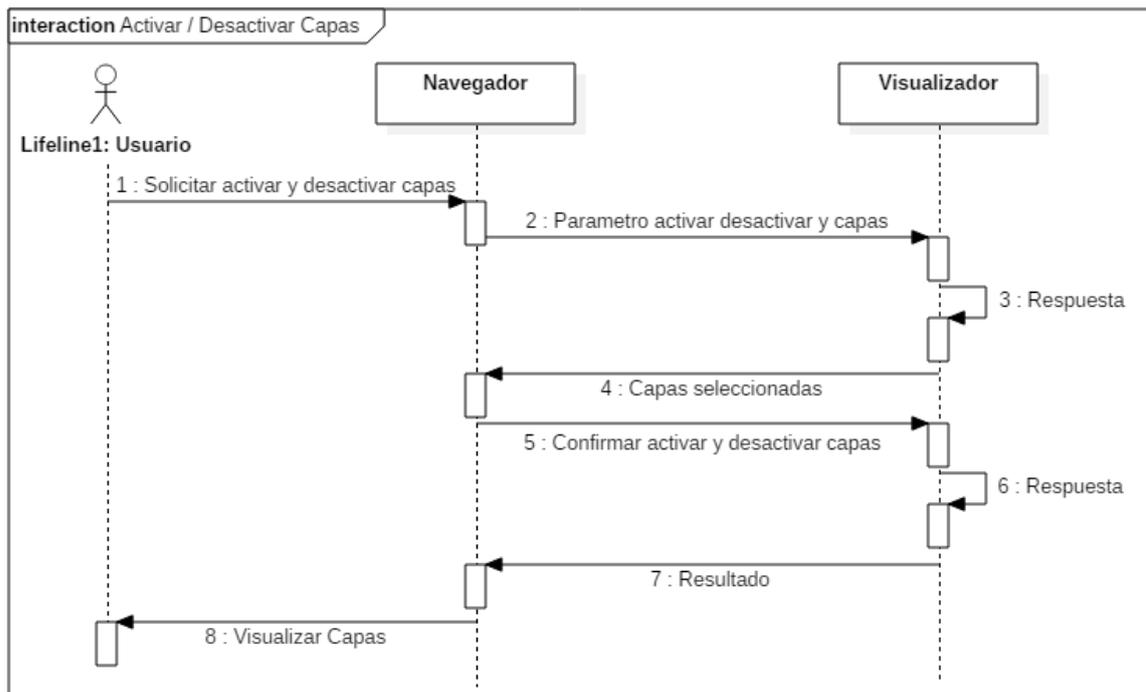


Figura 16 Secuencia Activar – Desactivar capas

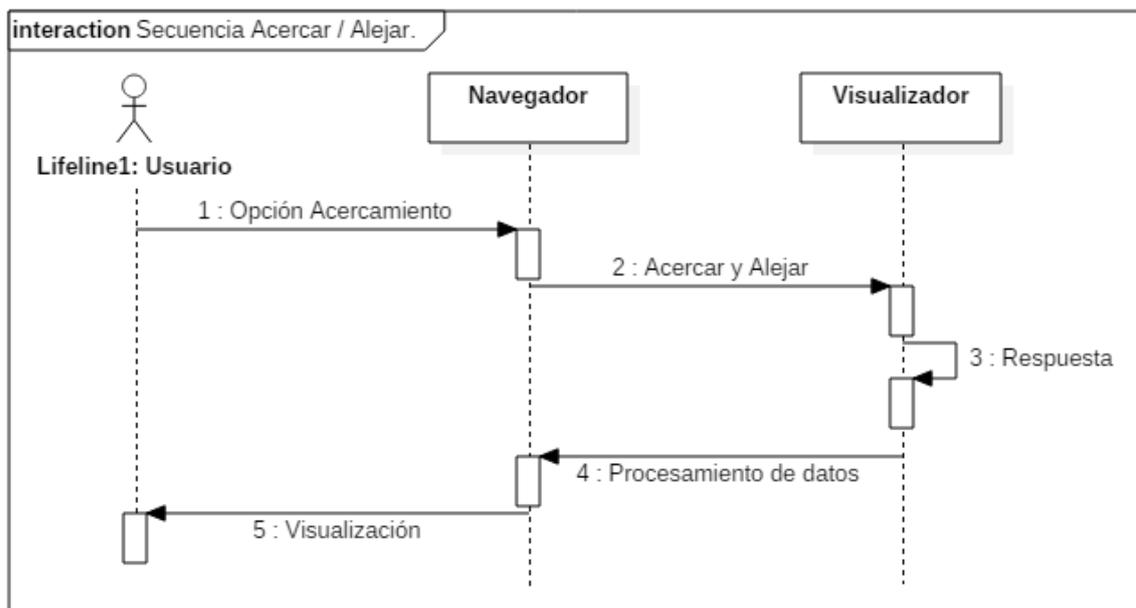


Figura 17 Secuencia Acercar - Alejar

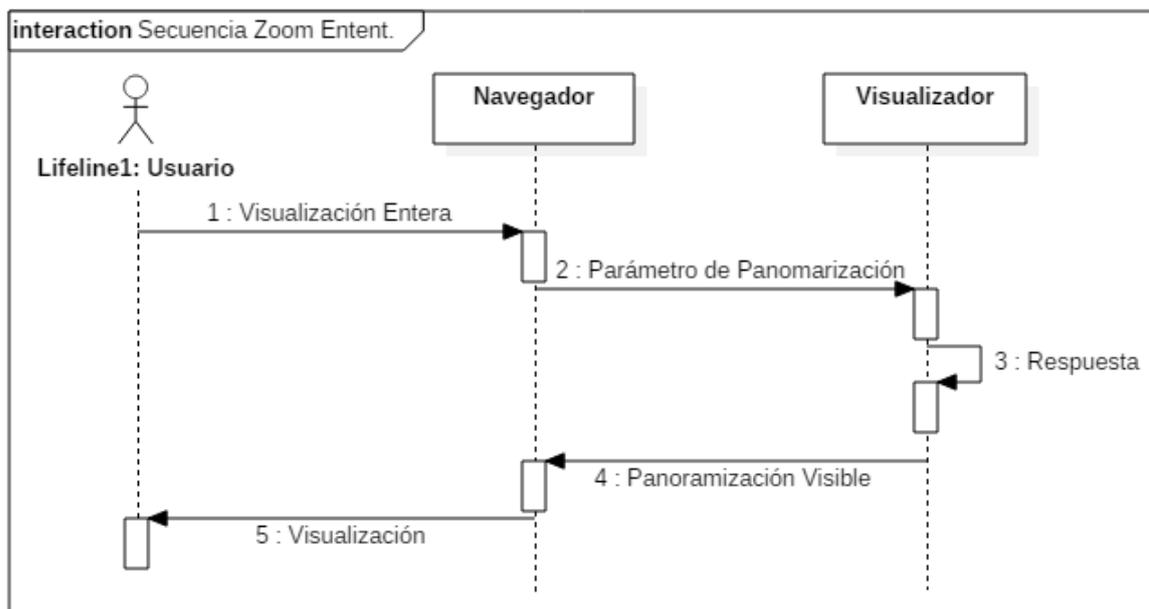


Figura 18 Secuencia Zoom Extent

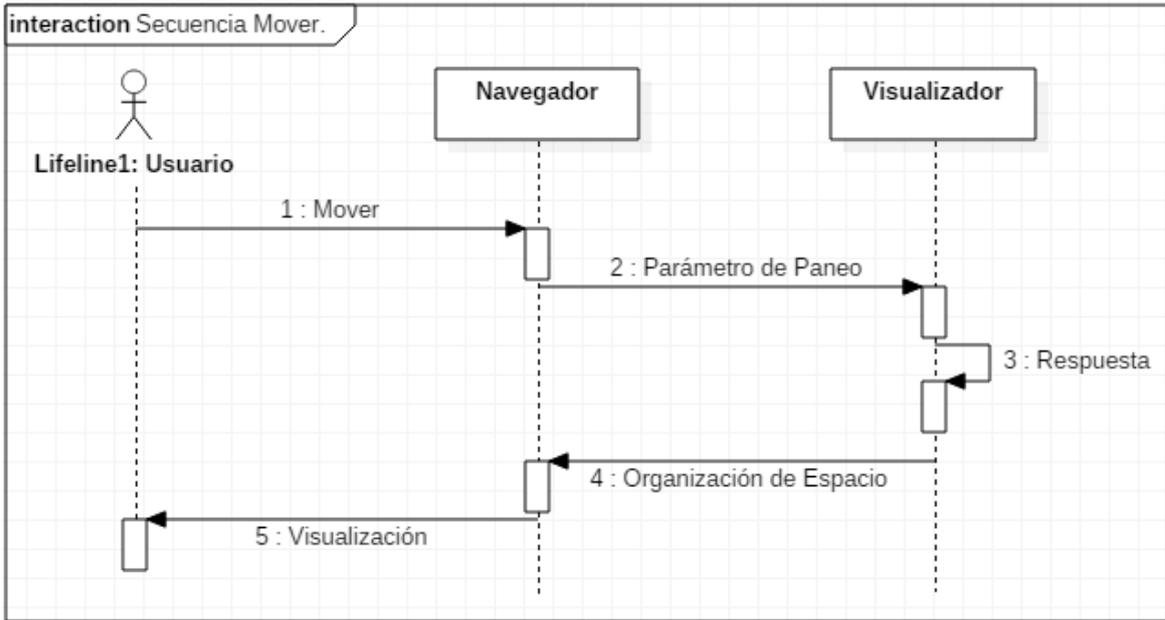


Figura 19 Secuencia Mover

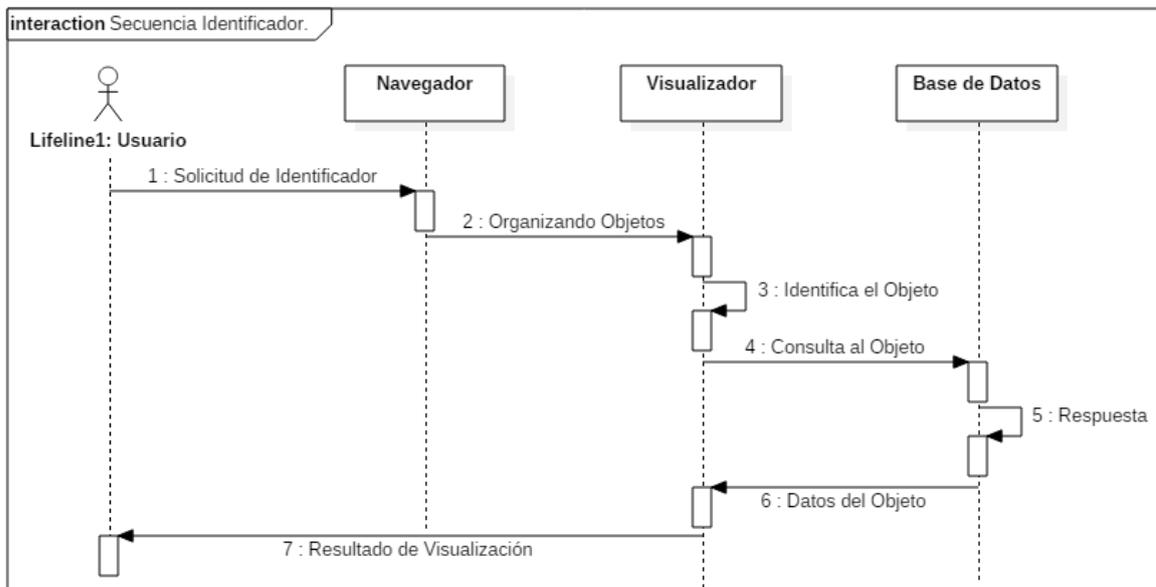


Figura 20 Secuencia Identificador

4.1.3.- DISEÑO DE LA ARQUITECTURA

Los clientes (entidades que necesitan servicios) y los servidores (programas que proporcionan servicios) son objetos separados desde el punto de vista lógico y

que se comunican a través de una red de comunicaciones para realizar una o varias tareas de forma conjunta.

Desde el punto de vista funcional, se puede definir Cliente/Servidor como una arquitectura distribuida que permite a los usuarios finales obtener acceso a la información de manera transparente aún en un entorno multiplataforma.

En este modelo el cliente envía un mensaje solicitando un determinado servicio a un servidor (petición) y este envía uno o varios mensajes con respuesta (provee el servicio) (**Figura 21**).



Figura 21 Arquitectura Cliente - Servidor

Cliente

Es el proceso que permite al usuario formular los requerimientos y pasarlos al servidor, se le conoce con el término *front-end*.

El cliente normalmente maneja todas las funciones relacionadas con la manipulación y despliegue de datos, por lo que están desarrollados sobre plataformas que permiten construir interfaces gráficas.

Las funciones que lleva a cabo el proceso cliente son:

- ✚ Administrar la interfaz de usuario.
- ✚ Interactuar con el usuario.
- ✚ Procesar la lógica de la aplicación y hacer validaciones locales.
- ✚ Generar requerimientos de base de datos.
- ✚ Recibir resultados del servidor.
- ✚ Formatear resultados.

Servidor

Es el proceso encargado de atender a múltiples clientes que hacen peticiones de algún recurso administrado por él. Al proceso servidor se le conoce con el término *back-end*.

El servidor normalmente maneja todas las funciones relacionadas con la mayoría de los recursos de datos.

Las funciones que lleva a cabo el proceso servidor se resume en los siguientes puntos:

- ✚ Aceptar los requerimientos de bases de datos que hacen los clientes.
- ✚ Procesar requerimientos de bases de datos.
- ✚ Alistar datos para transmitirlos a los clientes
- ✚ Procesar la lógica de la aplicación y realizar validaciones a nivel de bases de datos.

En la **(Figura 22)** se muestra la secuencia que define la arquitectura cliente/servidor.

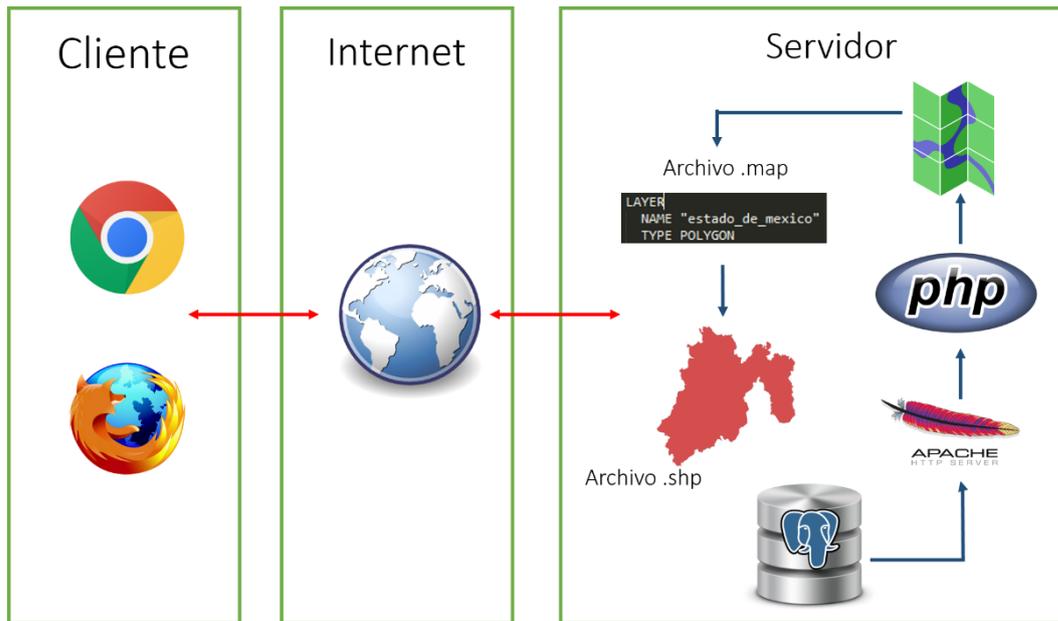


Figura 22 Arquitectura Cliente / Servidor

4.1.4.- INSUMOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Para la realización del visualizador se necesitaron las siguientes herramientas:

- ✚ Computadora con Windows 8
- ✚ Servidor Apache 2.2.22 (con OpenSSL 0.9.8t)
- ✚ PHP 5.4.3
- ✚ MapServer versión 3.0.6
- ✚ P.mapper 4.3.2
- ✚ Archivos shape
- ✚ Diagramas

4.1.5.- DISEÑO LÓGICO

Una vez definidas las necesidades del sistema, y estableciendo los requerimientos para la realización del visualizador, se llega al punto de dar una estructura a la base de datos (el cual es el motor del sistema representado en un esquema conceptual). Para este paso se cuadra la entidad / relación a partir de la creación de tablas, dejándolas a punto para que solo representen los datos

que se necesiten. Se logra estandarizando los datos espaciales y alineando las variables que se ocupan para el repositorio de datos, con ello se da inicio a la edificación de la base de datos, arrojando como resultado las tablas estandarizadas para que no se repita información, tal y como se presenta en las (Tablas 14, 15, 16).

Tabla 14 Tabla campos del Estado de México

Variable	Tipo	Descripción
ID	Varchar	Contiene el identificador único de cada registro
gid	Integer	Contiene el identificador de cada registro
cve_ent	Integer	Contiene la clave de la entidad federativa
nom_ent	Varchar	Contiene nombre de la entidad federativa

Tabla 15 Atributos de Municipios

Variable	Tipo	Descripción
ID	Varchar	Contiene el identificador único del municipio
cve_ent	Varchar	Contiene la clave de la entidad federativa
cve_mun	Varchar	Contiene la clave del municipio
nom_mun	Integer	Contiene el nombre del estado de México

Tabla 16 Atributos Cuerpos de Agua

Variable	Tipo	Descripción
ID	Varchar	Contiene el identificador único del municipio
Nombre	Varchar	Nombre del cuerpo de agua
Localidad	Varchar	Nombre de la localidad
Municipio	Varchar	Nombre del municipio
F_muestreo	Date	Contiene fecha del muestreo
HCO3	Varchar	Contiene cantidad de bicarbonato
Cl	Varchar	Contiene cantidad de cloruro
NO3	Varchar	Contiene cantidad de nitrato
SO4	Varchar	Contiene cantidad de sulfato
Na	Varchar	Contiene cantidad de sodio
Ca	Varchar	Contiene cantidad de calcio
Mg	Varchar	Contiene cantidad de magnesio
K	Varchar	Contiene cantidad de potasio

4.1.6.- DISEÑO FÍSICO

Llegado a este punto, la construcción física se inicia desde dentro hacia afuera. Se inició depurando la base de datos en Excel, para de esta manera transformarlo en formato *shapefile* en el software “*Qgis 2.18 Las Palmas*”. Siguiendo con PostGIS 2.0 para cargar las capas creadas en la base de datos espacial “*pg Admin*”. Continuando con gvSIG para traer las capas directamente de la base de datos espacial y de este modo transformarlas en archivo “.map”, y a continuación transferir los archivos a MapServer, que funge como servidor web apoyado por el Framework P.mapper, que tiene la capacidad de mediar con MapServer mediante la interfaz gráfica en web, y alimentado con la base de datos espacial PostgreSQL, para lograr el objetivo final, que es optimizar el tratamiento de información espacial, fungiendo como servidor para autorizar las peticiones de los usuarios que desean consultar la información y consecuentemente brindando respuestas a las peticiones.

4.1.6.1.- REFERENCIA DE MAPAS

La base de datos en Excel fue proporcionada por el CIRA, y a partir de ahí se crearon las capas de los cuerpos de agua. Los mapas base del Estado de México y de los municipios que forman parte de la zona de estudio fueron extraídos de Conabio. Cada uno de estos elementos fue estandarizado para ser funcional la representación en el visualizador. En **(Tabla 17)** se muestran las principales características de proyección.

Tabla 17 Proyección Cartográfica

PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA	
PROYECCIÓN	UTM
ZONA	14
DATUM	WGS 1984
MERIDIANO	Greenwich

4.1.7.- ELABORACIÓN DE BASE DE DATOS GEOESPACIAL

Para el almacenamiento de los datos espaciales se utilizó el software “*pg Admin III*”, que es una aplicación gráfica para gestionar las bases de datos PostgreSQL. Para empezar se creó una nueva base de datos (**Figura 23** y **Figura 24**) para almacenar los elementos a implementar.

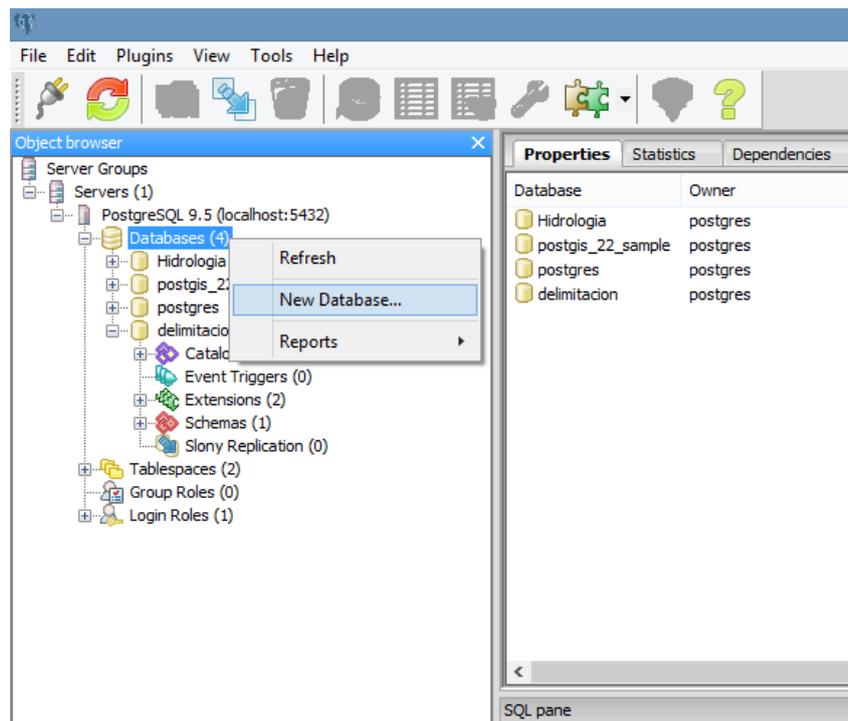


Figura 23 Creación de nueva Base de Datos.

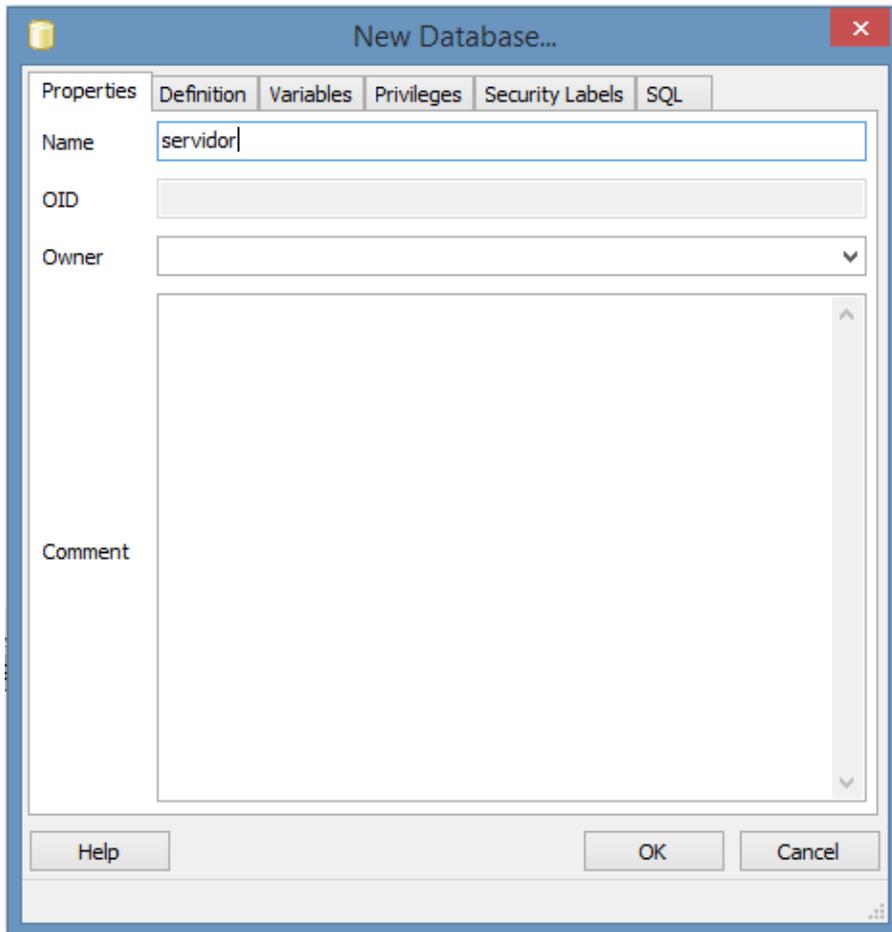


Figura 24 Base de Datos llamada "servidor"

Ahora se necesita importar los shapefile a la base de datos espacial, para ello se ocupa la opción "PostGIS Shapefile and DBF loader 2.2", y entonces aparece una ventana en donde se presionamos "Add File" (Figura 25).

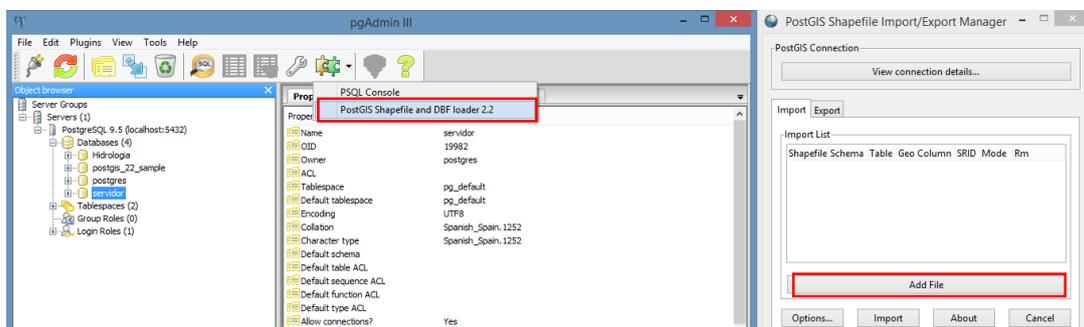


Figura 25 Inicio de Importación de shapefile

Se agrega los shapefile que se necesitan e se importan. Una vez se finalice aparecerá un mensaje de completado (**Figura 26**).

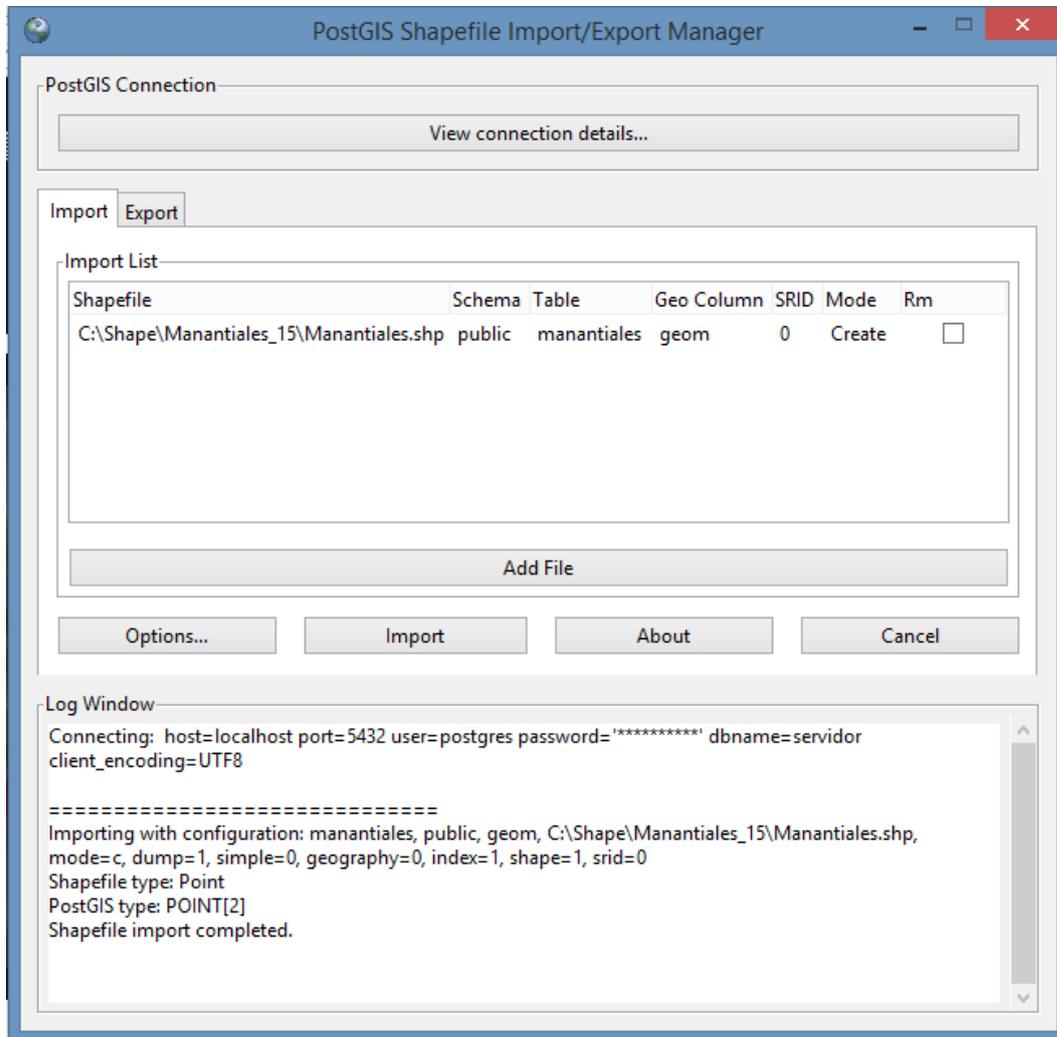


Figura 26 Importación de shapefile completada

Para verificar que los datos se han transferido con éxito se comprueba en la base de datos “servidor” que se realizó (**Figura 27**).

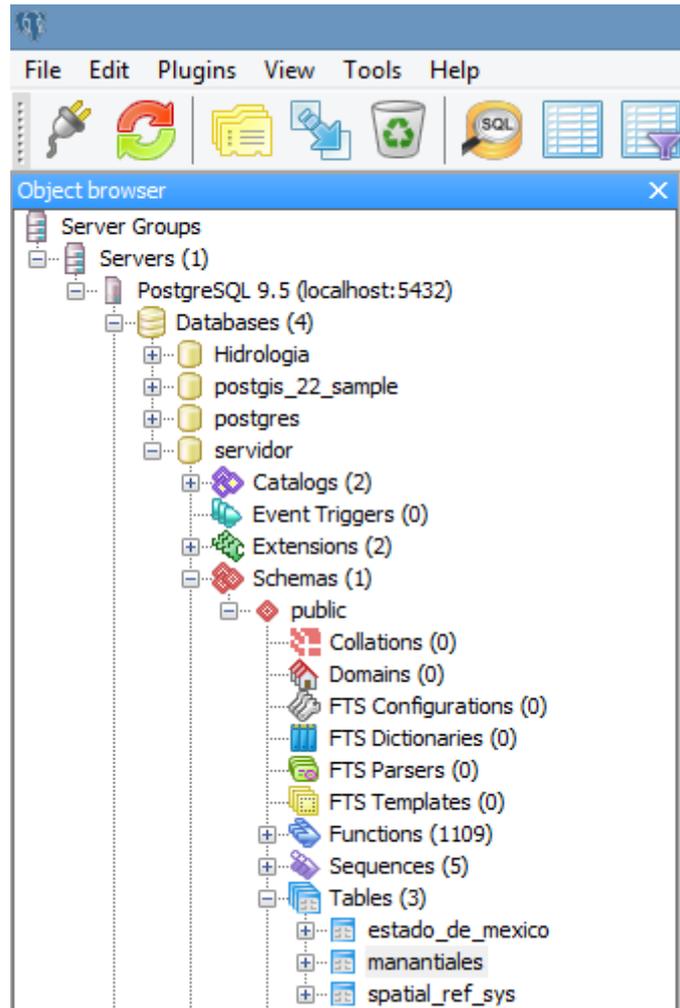


Figura 27 Shape agregado a la base de datos

Para ello se revisa la tabla de atributos del cuerpo de agua que importamos a la base de datos (**Figura 28**).

	ID	MANANTIAL	LOCALIDAD	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	FECHA	HCO3	Cl	NO3	SO4	Ca	k	Mg	Na
1	M01-E	Municipal de Ixta...	Ixtapan de la Sal	Ixtapan de la Sal	18.84296300000...	-99.6750440000...	13/01/2015	1413.0	2363.5	<0.23	918.4	646	137.56	97.36	1342.8
2	M04-E	Municipal Tonatico	Tonatico	Tonatico	18.81471000000...	-99.6675000000...	13/01/2015	1368.0	2300.7	<0.23	739.9	621	136.62	88.96	1348.2
3	M08-E	Ixtamil	Ixtamil	Ixtapan de la Sal	18.82606300000...	-99.6697089999...	21/01/2015	1377.0	2480.3	<0.23	814.4	675	144.60	96.04	1463.4
4	M13-E	Laguna verde	Barrio San Gaspar	Ixtapan de la Sal	18.85587299999...	-99.6764819999...	21/01/2015	1386.0	2628.7	<0.23	904.8	622	160.30	89.86	1327.6
5	EM-01	Los Banitos Apaxco	Apaxco de Ocampo	Apaxco	19.97639100000...	-99.1800389999...	27/01/2015	726.3	530.0	1.6	1141.8	431	64.03	84.44	0330.2
6	EM-03	Ixtapan del Oro ...	Ixtapan del Oro	Ixtapan del Oro	19.26269440000...	-100.267499999...	28/01/2015	2529.0	2162.3	<0.23	<5.0	361	138.72	97.88	1294.0
7	EM-04	Ixtapan del Oro (...)	Ixtapan del Oro	Ixtapan del Oro	19.26205556000...	-100.269111100...	28/01/2015	2614.5	2204.7	4.6	26.0	375	157.56	111.00	1405.8
8	EM-05	Ixtapan San Miguel	San Miguel Ixtapan	Tejupilco	18.80397221999...	-100.153444399...	13/02/2015	729.0	520.8	<0.23	18.0	2336	838.00	161.65	12210.0
9	EM-06	Sultepec	SL	Sultepec	18.77516667000...	-100.014055600...	14/02/2015	118.0	9.6	<0.23	<5.0	7.41	0.387	0.754	34.09
10	EM-07	El Borbollon rio	Ixtapa	Temascalcingo	20.02610299999...	-100.102389000...	30/01/2015	1170.0	4204.0	<0.23	<5.0	333	479.2	66.77	2410.0
11	EM-08	El Borbollon alberca	Ixtapa	Temascalcingo	20.02526699999...	-100.101810000...	30/01/2015	1206.0	4120.4	<0.23	7.7	292	439.6	68.47	2172.0

Figura 28 Tabla de atributos de capa manantial

Se abre qGIS 2.18 Las Palmas para establecer la conexión a la base de datos (Figura 29).



Figura 29 Conexión qGIS con PostgreSQL

Los datos son representados mediante un mapa (Figura 30).

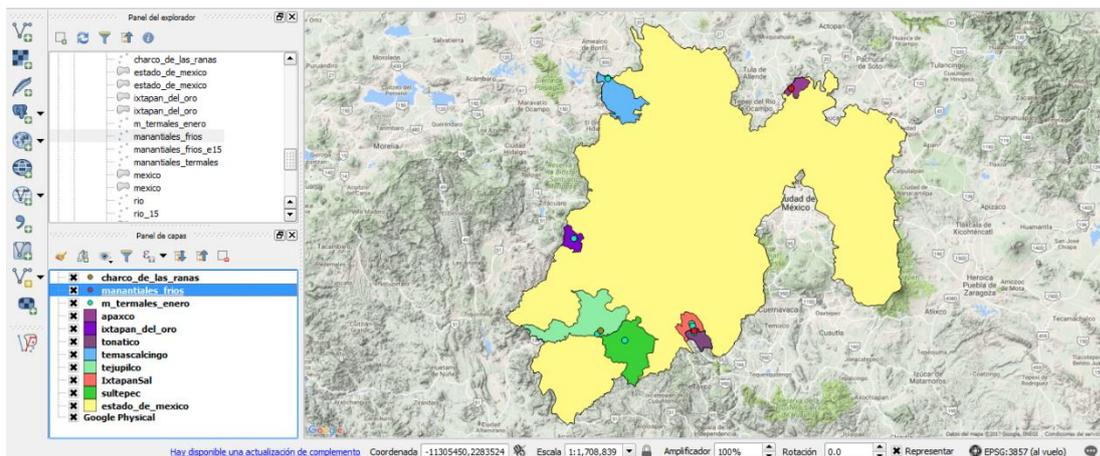


Figura 30 Capas almacenadas en PostgreSQL

4.1.8.- MAPSERVER Y P.MAPPER

A continuación se expone como se implementa Mapserver y Framework P.mapper.

Se descargan los elementos de la página oficial <http://www.maptools.org/>, obteniendo los archivos que se detallan en la **(Figura 31)**.

Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
ms4w	01/11/2015 02:08 ...	Carpeta de archivos	
ms4w-3.0.6-setup	05/09/2015 04:31 ...	Aplicación	141 KB

Figura 31 Archivos Mapserver y Framework P.mapper

Para corroborar que el servidor se instaló correctamente se abre el motor de búsqueda Google Chrome o Fire Fox, escribiendo el siguiente link <http://localhost/> **(Figura 32)**.

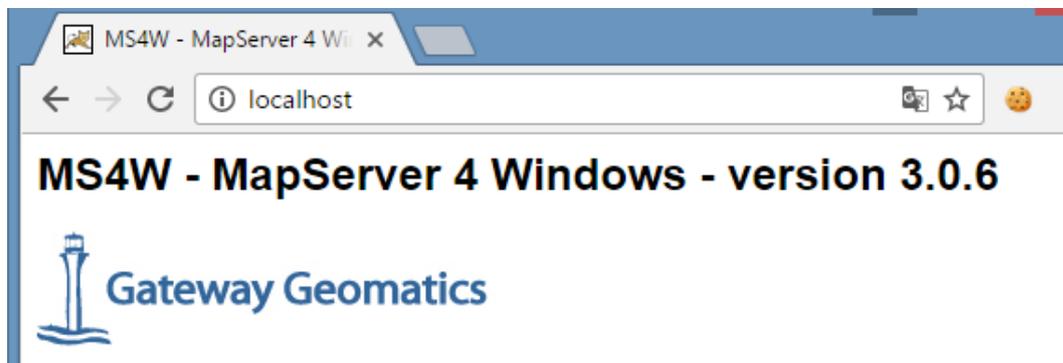


Figura 32 Mapserver instalado correctamente.

En el momento en que se agregan capas a Mapserver, se necesita editar tres archivos para dar de alta cada elemento que se visualiza en la interfaz. Estos archivos son **(Figura 33, 34 y 35)**:

Archivo .xml: Establece los grupos y lugar en donde aparecen las capas.

Archivo .map: Atributos del shape que aparecerán en el visualizador.

Archivo .php: Nombre que tendrá el shape en la leyenda del visualizador.

```

config_default.xml x
4      <pm:itle>visualizador</pm:itle>
5      <debugLevel>3</debugLevel>
6      <plugins>export</plugins>
7      <plugins>scalebar</plugins>
8      <plugins>transparency</plugins>
9
10     </pm:map>
11     <config>
12       <pm_config_location>default</pm_config_location>
13       <pm_javascript_location>javascript</pm_javascript_location>
14       <pm_print_configfile>common/print.xml</pm_print_configfile>
15       <pm_search_configfile>inline</pm_search_configfile>
16     </config>
17     <map>
18       <mapFile>pmapper_demo.map</mapFile>
19       <tplMapFile>common/template.map</tplMapFile>
20       <categories>
21         <category name = "cat_estado">
22           <group>estado_de_mexico</group>
23         </category>
24
25         <category name="cat_nature">
26           <group>rivers</group>
27         </category>
28         <category name="cat_raster">
29           <group>dem</group>
30           <group>jpl_wms_global_mosaic</group>
31         </category>
32       </categories>
33       <allGroups>
34         <group>estado_de_mexico</group>
35

```

Figura 33 Archivo .xml

```

pmapper_demo.map x
18 #
19 MAP
20 #EXTENT 138184.701739 -3066738.533141 699121.732452 -2465136.900219
21 EXTENT -101.61922191370093 18.183273448303023 -97.61089798906633
22 20.488725333318328
23
24 UNITS meters
25 #EXTENT -15 30 40 70
26 #UNITS dd
27 SIZE 600 500
28 SHAPEPATH "../..../pmapper_demodata"
29 SYMBOLSET "../common/symbols/symbols-pmapper.sym"
30 FONTSET "../common/fonts/msfontset.txt"
31 RESOLUTION 96
32 IMAGETYPE png
33 INTERLACE OFF
34 #CONFIG "PROJ_LIB" "C:/proj/nad/"
35 PROJECTION
36 # ETRS-LAEA
37 "init=epsg:4326"
38 "#+proj=laea +lat_0=52 +lon_0=10 +x_0=4321000 +y_0=3210000 +ellps=GRS80
39 +units=m +no_defs no_defs"
40 END

```

Figura 34 Archivo .map

```
language_es.php x
1 <?php
2 $_sl['Add location description'] = 'Adicionar descripción de la
  ubicación';
3 $_sl['Add Point of Interest'] = 'Adicionar un punto de interés';
4 $_sl['Add WMS layers'] = 'Agregar capas WMS';
5 $_sl['Administrative Entity'] = 'Unidad administrativa';
6 $_sl['Advanced (PDF only)'] = 'Avanzada (Solo PDF)';
7 $_sl['Altitude'] = 'Altura';
8 $_sl['Apply on Layer'] = 'Aplicar a la capa';
9 $_sl['Area'] = 'Área';
10 $_sl['Auto Identify'] = 'Autoidentificar';
11 $_sl['Available Layers'] = 'Capas Disponibles';
12 $_sl['Back'] = 'Anterior';
13 $_sl['BACK'] = 'ANTERIOR';
14 $_sl['Below exiting layers'] = 'Debajo de las capas existentes';
15 $_sl['Capital'] = 'Capital';
16 $_sl['cat_admin'] = 'Datos administrativos';
17 $_sl['Category Info'] = 'Información de categoría';
18 $_sl['cat_infrastructure'] = 'Infraestructura';
19 $_sl['cat_nature'] = 'Recursos naturales';
20 $_sl['cat_raster'] = 'Datos raster';
21 $_sl['cat_estado'] = 'Estado';
22 $_sl['cat_satimages'] = 'Imágenes de satélite';
23 $_sl['cat_srtm'] = 'Datos SRTM';
24 $_sl['Cities'] = 'Ciudades';
25 $_sl['City'] = 'Ciudad';
26 $_sl['Clear'] = 'Borrar';
27 $_sl['Coastlines'] = 'Líneas de costa';
28 $_sl['Collapse'] = 'Comprimir';
29 $_sl['Commune'] = 'Comuna';
30 $_sl['Communes'] = 'Comunas';
31 $_sl['Copy Path'] = 'Copiar ruta';
32 $_sl['Countries'] = 'Países';
```

Figura 35 Archivo .php

4.1.9.- DIAGRAMAS HIDROLÓGICOS

Parte importante que caracteriza a un visualizador es la temática de la que trata, en este trabajo es meramente “hidrológico”, para lo cual se emplearon tres diagramas que son los más usados para la interpretación de análisis hidroquímico:

- ✚ Diagrama de Stiff.
- ✚ Diagrama de Piper.
- ✚ Diagrama de Schoeller.

Los diagramas son de utilidad por que brindan un panorama sobre el origen y calidad del agua, además de los principales factores que determinan las concentraciones en base a la geología y el flujo del agua.

Para la elaboración de los diagramas, se empleó el software de uso libre “*Diagrammes*”, creado por la Universidad de Avignon, es liviano y fácil de usar. Lo mejor es que abastece los diagramas para el análisis de forma gratuita.

La versión 6.51 del programa se puede descargar desde la página <http://www.lha.univ-avignon.fr/> como se muestra a continuación (**Figura 36**).

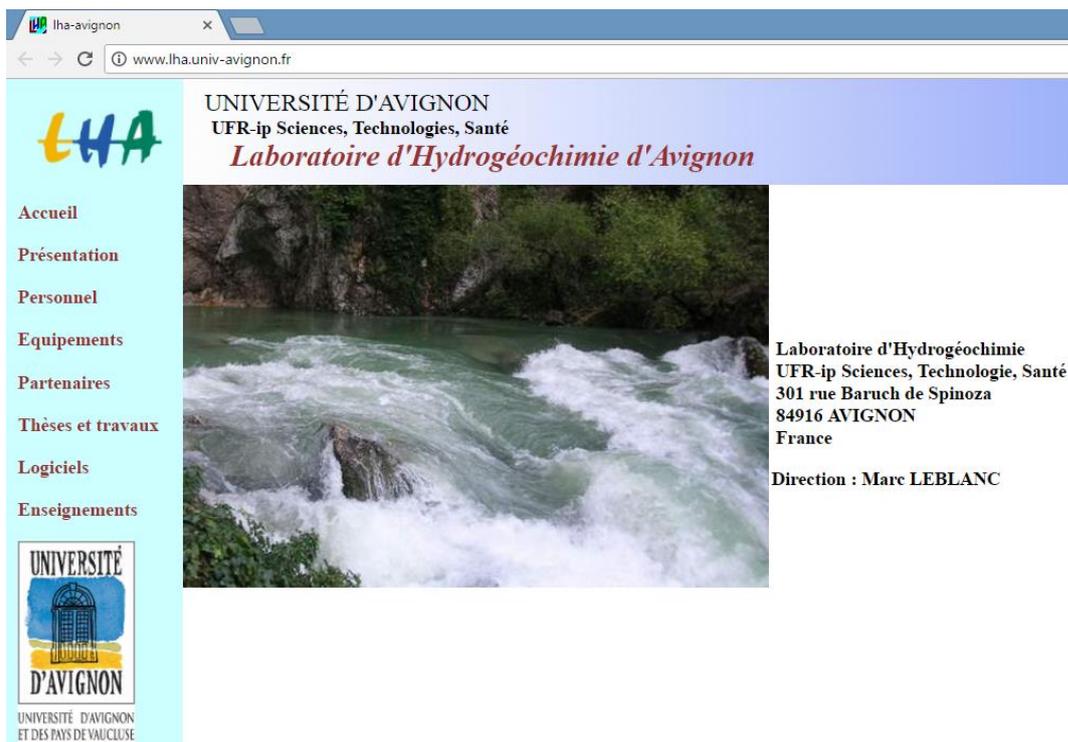


Figura 36 Página para descargar “Diagrammes”

Descargado e instalado el software, nos muestra la interface del programa (Figura 37).

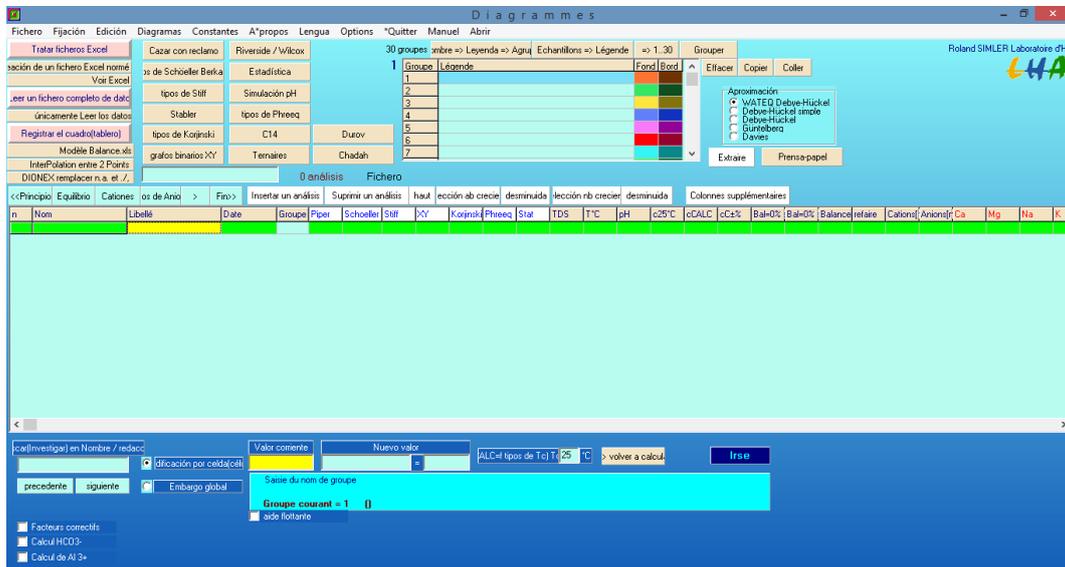


Figura 37 Interfaz de la aplicación

Lo primero que se realizó es la obtención de la plantilla que viene el programa para colocar nuestros datos en formato Excel. La cual se descarga dando clic en el botón “creación de un fichero Excel” (Figura 38).

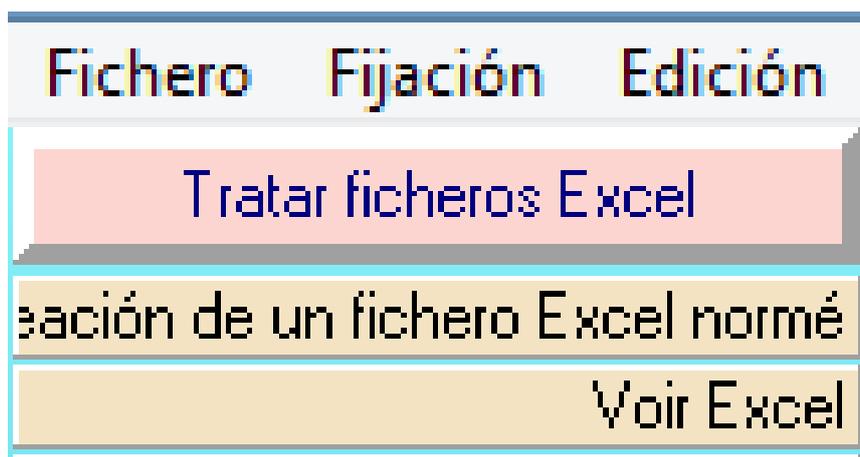


Figura 38 Descarga de plantilla en formato Excel

Se abre la plantilla de Excel donde se muestran los siguientes campos:

Nom: Nombre del sitio donde se tomó la muestra

Libellé: código de la muestra o del sitio

Groupe: el software permite crear grupo de cuerpos de agua similares

Para los demás parámetros es necesario colocar los datos recopilados por el CIRA y lo guardamos como “Datos.xls” (Figura 39).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
1																							
2		Lieu Avignon																					
3																							
4		Nom des échantillons	Libellé	Groupe	T°C	pH	c25°C	eH	O2	Ca	Mg	Na	K	HCO3-	CO3	CO2	F	Cl	Br	SO4	PO4	NO2	NO3
5		Municipal de Ixtapan	M01-E	1						659.5	84.490	1354.00	129.95	1323				2424.8		952.7			<0.23
6		Municipal Tonatico	M04-E	1						635.0	80.130	1286.50	124.30	1260				2020.7		871.1			2.5
7		Ixtamil	M08-E	1						598.0	81.330	1216.00	118.35	1251				2586.4		852.6			<0.23
8		Olincalli	M12-E	1						596.5	76.560	1220.50	118.85	1359				2367.4		835.5			<0.23
9		Laguna verde	M13-E	1						625.5	78.240	1287.50	123.95	1287				2788.5		897.1			<0.23
10		Los Bañitos Apaxco	EM-01	1						305.4	72.880	297.10	50.18	657				137.6		1054.1			1.4
11		Ixtapan del Oro Alberca	EM-03	1						367.7	88.450	1242.00	122.50	1845				2424.8		<0.5			<0.23
12		Ixtapan del Oro (Palapa)	EM-04	1						400.6	90.580	1301.50	129.70	2160				2828.9		<0.5			<0.23
13		Ixtapan San Miguel	EM-05	1						824.0	69.210	4348.50	236.95	729				8210.6		17.4			<0.23
14		Sultepec	EM-06	1						6.69	0.0336	29.42	0.49	117				8.6		<5.0			<0.23
15		El Borbollón río	EM-07	1						300.8	55.620	2087.00	354.75	918				4095.9		<5.0			<0.23
16		El Borbollón alberca	EM-08	1						295.1	57.990	2073.00	347.55	918				4227.4		<5.0			<0.23
17		El carrizal	M11-E	2						120.1	17.200	201.00	27.23	342				214.2		128.0			5.1
18		Los Bañitos Frios	EM-10	2						300.3	106.900	601.50	128.45	378				502.0		2180.6			23.3
19		Balneario Las Ranas	EM-11	3						20.86	24.420	16.53	4.14	189				12.20		10.5			<0.23

Figura 39 Plantilla en formato Excel

Para importar los datos del archivo creado nos dirigimos al menú principal donde se seleccionó la pestaña “Fichero” y después “Abrir un fichero completo de datos” (Figura 40).

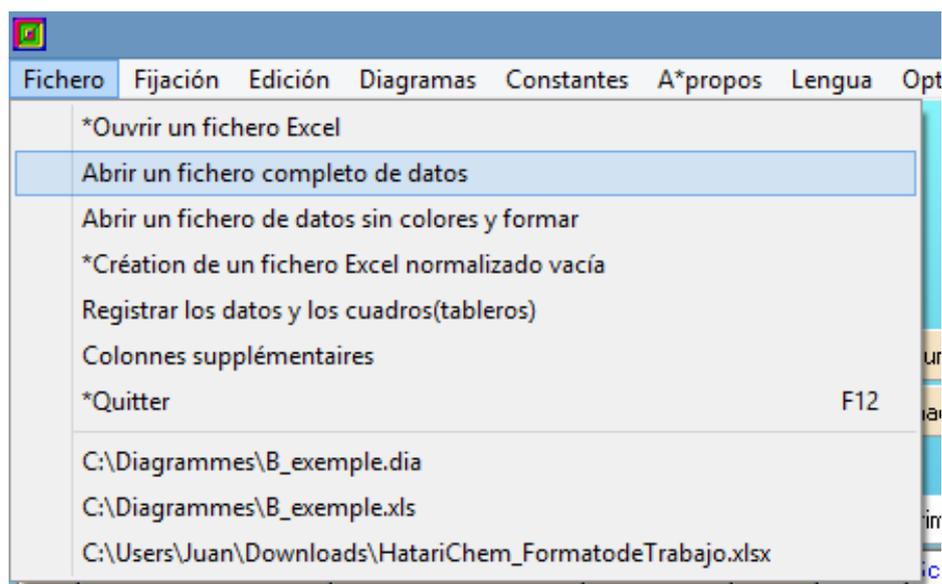


Figura 40 Importar datos a “Diagrammes”

Se abre el siguiente cuadro de diálogo donde se seleccionó “Datos” y damos clic en el botón “Abrir” (Figura 41).

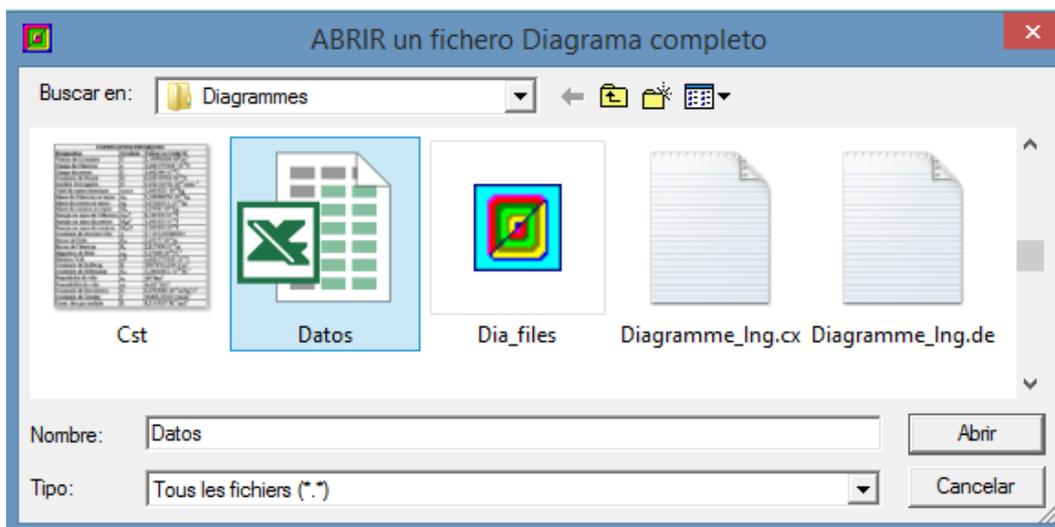


Figura 41 Cuadro de diálogo para importar tabla de Excel

Aparece una ventana donde se selecciona la hoja de Excel donde están los datos así como las unidades de medida. En este caso se seleccionó mg/l y damos clic en Traiter (Figura 42).

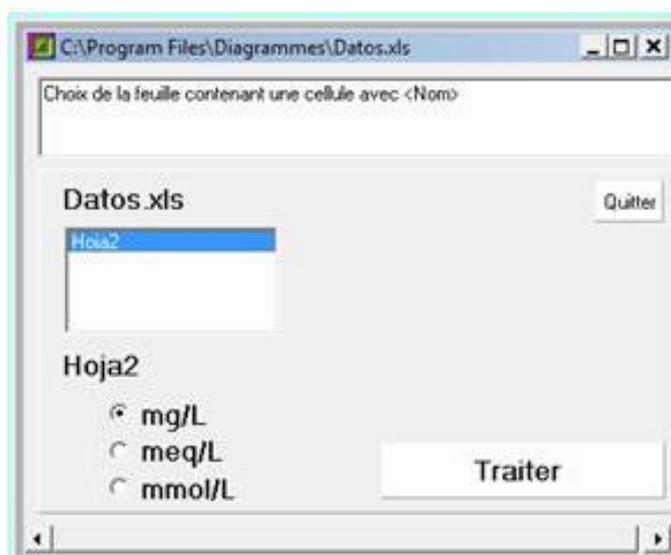


Figura 42 Selección de hoja de datos y unidad de medida

El resultado es el siguiente (Figura 43).

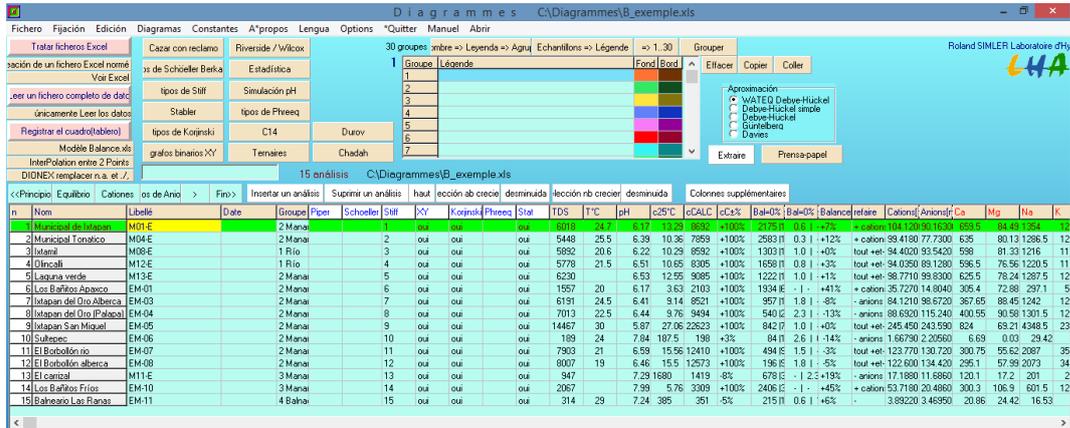


Figura 43 Datos de Excel dentro de "Diagrammes"

Empezamos a crear grupos de diferentes tipos de agua para realizar cada uno de los diagramas (Figura 44).

Groupe	Légende	Fond	Bord
1	Manantiales Termales	Orange	Brown
2	Manantiales Fríos	Light Green	Dark Green
3	Balneario	Yellow	Olive

Figura 44 Creación de grupos de agua

Dimos clic a cada celda del campo "Groupe". De esta forma cambia de color conforme al grupo seleccionado (Figura 45).

n	Nom	Libellé	Date	Groupe
1	Municipal de Ixtapan	M01-E		1
2	Municipal Tonatico	M04-E		1
3	Ixtamil	M08-E		1
4	Olincalli	M12-E		1
5	Laguna verde	M13-E		1
6	Los Bañitos Apaxco	EM-01		1
7	Ixtapan del Oro Alberca	EM-03		1
8	Ixtapan del Oro (Palapa)	EM-04		1
9	Ixtapan San Miguel	EM-05		1
10	Sultepec	EM-06		1
11	El Borbollón rio	EM-07		1
12	El Borbollón alberca	EM-08		1
13	El carrizal	M11-E		2
14	Los Bañitos Fríos	EM-10		2
15	Balneario Las Planas	EM-11		3

Figura 45 Asignación de grupos a las muestras

Con los grupos ya creados, damos clic en el botón “Cazar con reclamo” para realizar el diagrama de Piper (Figura 46).

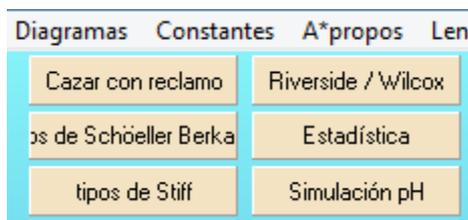


Figura 46 “Cazar con reclamo” para diagrama de Piper

Se despliega el siguiente gráfico en el que se observa la colocación de los grupos creados (Figura 47).

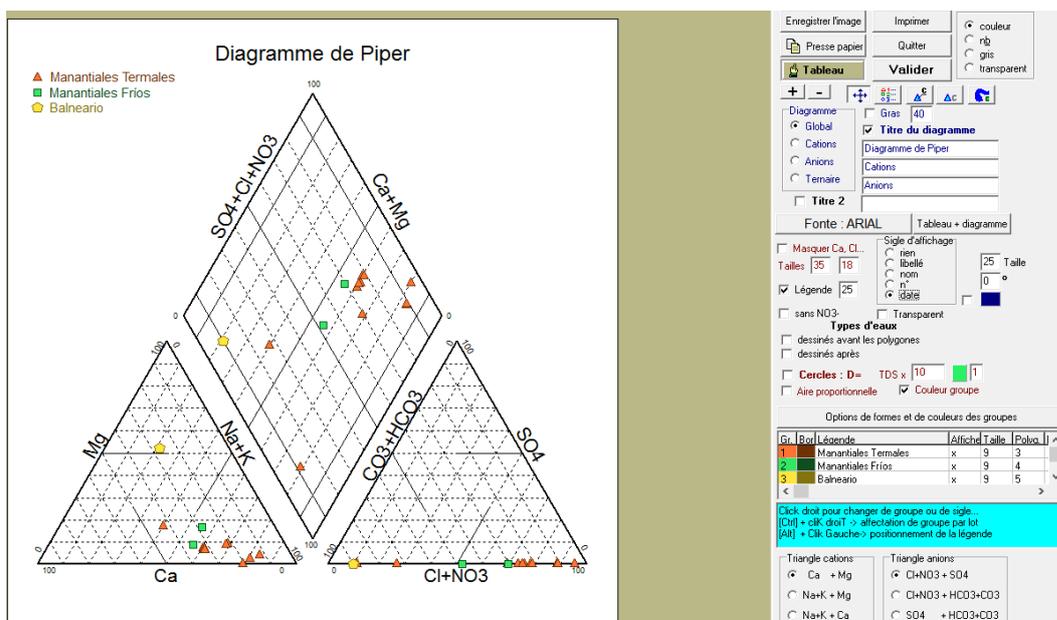


Figura 47 Diagrama de Piper

En el gráfico podemos hacer que no se muestren uno o varios grupos con solo dar doble clic a la “x” del campo grupos (Figura 48).

Options de formes et de couleurs des groupes					
Gr.	Bor	Légende	Affiche	Taille	Polva.
1		Manantiales Termales	x	9	3
2		Manantiales Fríos		9	4
3		Balneario	x	9	5

Figura 48 Grupos que mostrará el diagrama de Piper

Para guardar el diagrama, damos clic a “Enregistrer l’image” para después elegir el formato y finalizar con “OK” (Figura 49).

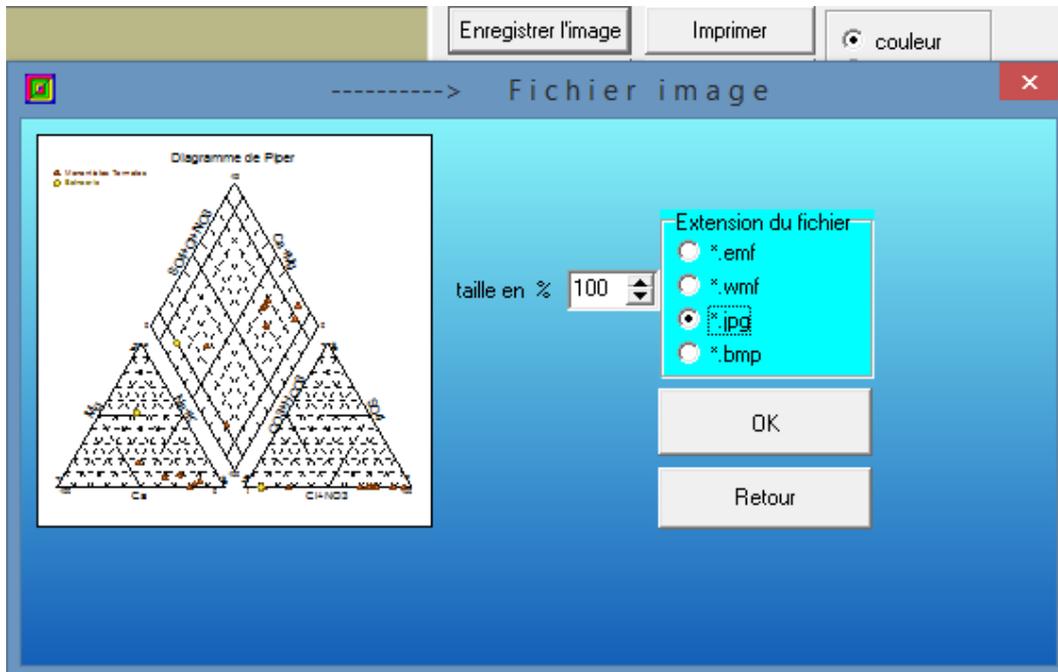


Figura 49 Descargar diagrama de Piper

Para hacer el diagrama de Schoeller Berkaloff damos clic en el botón “Schoeller Berkaloff” (Figura 50).



Figura 50 Botón Diagrama de Schoeller Berkaloff

Nos desplegó la siguiente ventana (Figura 51).

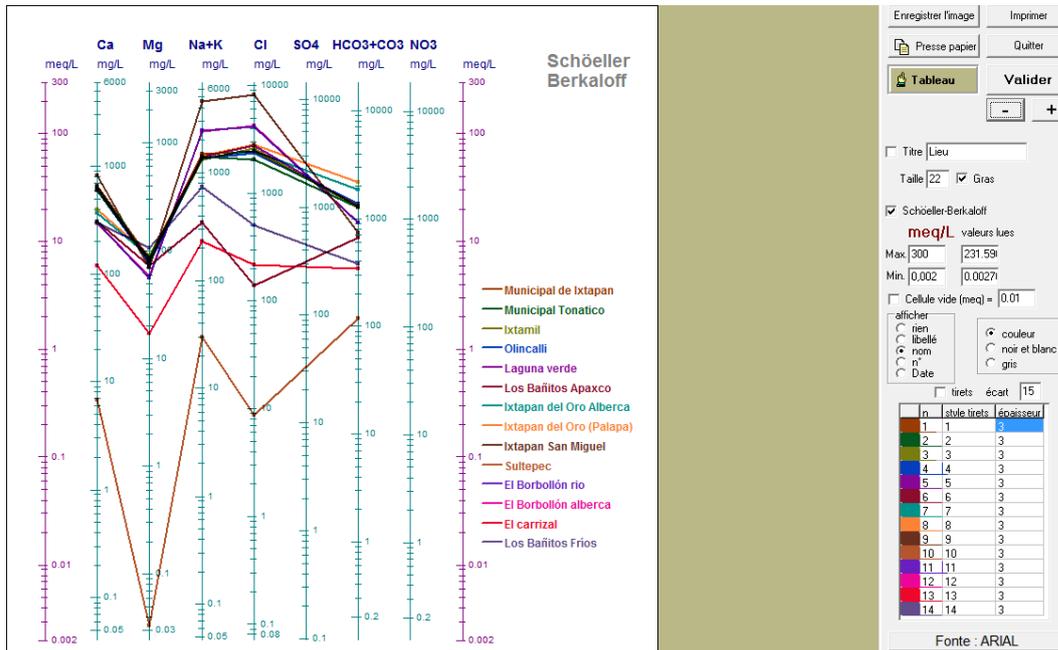


Figura 51 Diagrama de Schoeller Berkaloff

Finalmente para ver el diagrama de Stiff se da clic en el botón “Stiff” (Figura 52).

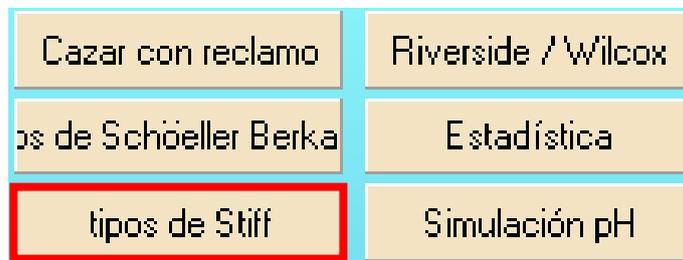


Figura 52 Botón diagrama de Stiff

Tuvimos como resultado (Figura 53).

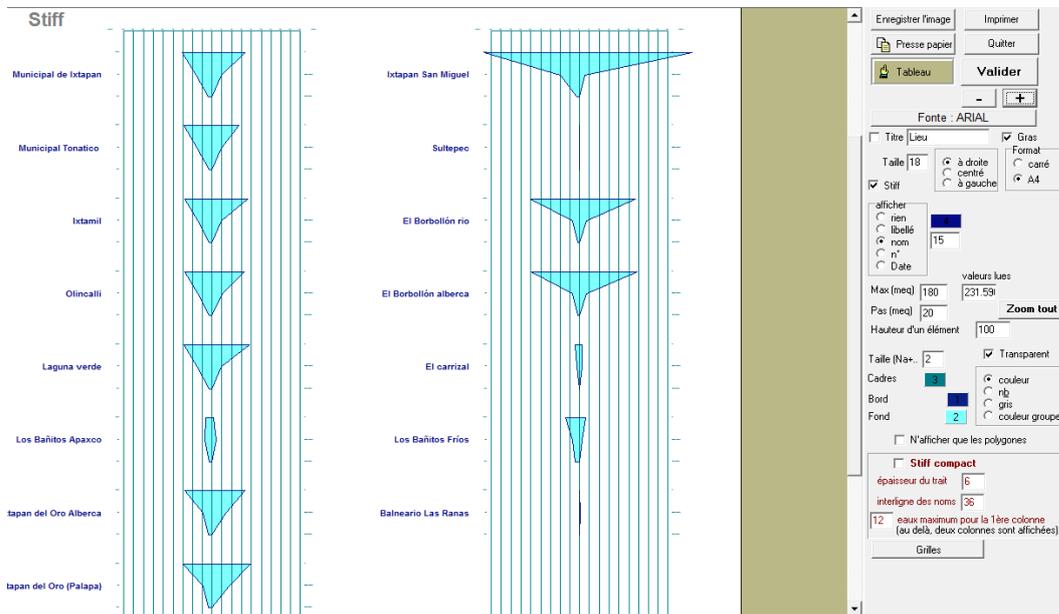


Figura 53 Diagramas de Stiff

4.1.10.- DISEÑO DE INTERFAZ

El objetivo de este punto es mostrar la interfaz que verá el usuario final, describiendo cada apartado, y explicando las funciones de cada herramienta que completa la interfaz del visualizador, con la firme intención que sea de fácil uso.

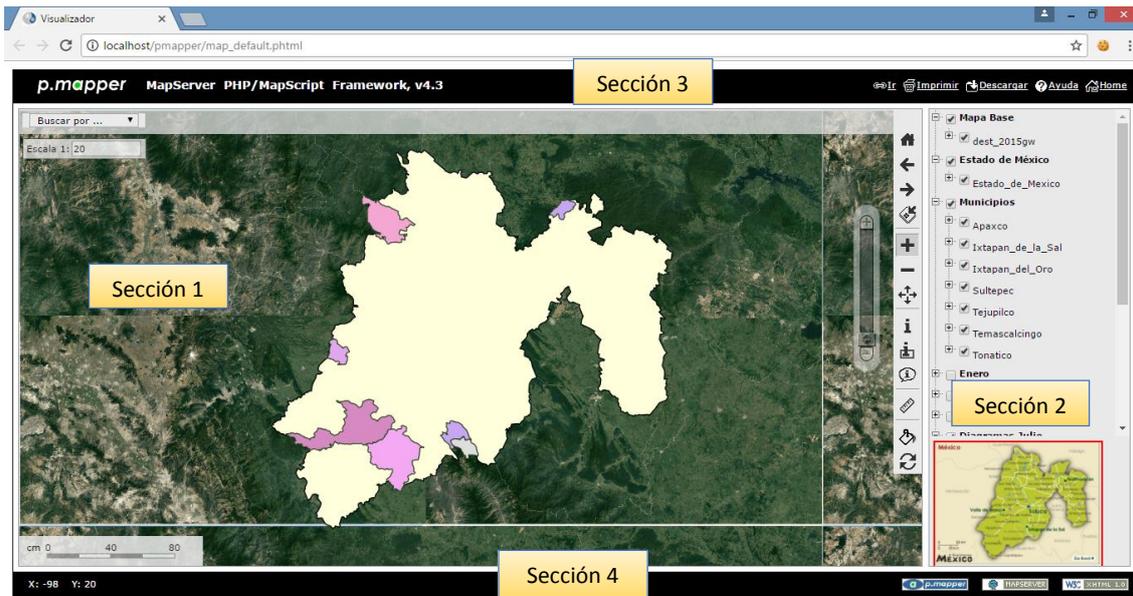


Figura 54 Interfaz de usuario

En la (Figura 54) se muestra la interfaz principal de la aplicación, seccionándola por grado de utilidad:

🚦 Sección 1: Visualización y Consulta.

Es la pantalla principal, donde se concentran las capas de visualización, del lado derecho está una barra de transparencia para ver mejor cuando se han agregado más capas y sea fácil la visualización, además hay una barra de herramientas que facilitan la consulta de las capas, (Tabla 18).

Tabla 18 Herramientas del Visualizador

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN
🏠	Visualización 100%
←	Regresar a vistas anteriores
→	Corre vistas siguientes
📍	Zoom a la selección
+	Acercar

	Alejar
	Movimiento uniforme
	Identificar
	Seleccionar
	Autoidentificar
	Medida
	Transparencia
	Refrescar el mapa
<input type="text" value="Escala 1: 20"/>	Escala de la cartografía
<input type="text" value="Buscar por ..."/>	Buscador de capas espaciales

Sección 2: Leyenda y Simbología.

Inicia con un el menú desplegable de las capas cargadas en el servidor divididas por categorías para ser activadas y desactivadas por el usuario con comodidad.

Mapa de ubicación: Está situado con la intención de identificar la zona de observación cuando el usuario hace zoom y así mismo no tenga la necesidad de regresar, ahorrando tiempo.

Sección 3: Banner.

En esta sección se contempla el encabezado del visualizador, así como herramientas de ubicación del mapa, imprimir, descargar mapa, ayuda y un enlace de soporte de mapserver.

Sección 4: Coordenadas.

En la barra inferior se contemplan las coordenadas del mapa en unidades métricas basando en el sistema de referencia que es WGS84 UTM zona 14N, ya es el área geográfica que le corresponde al Estado de México.

4.2.- IMPLEMENTACIÓN

4.2.1.- FUNCIONES

Visualización y consulta de capas

Esta sección se creó implementando previamente los archivos (capas, diagramas) sobre los cuerpos de agua en siete municipios del Estado de México, agregando leyenda de colores y símbolos para optimizar las consultas y la visualización.

Herramientas Navegación

Cuando las capas son seleccionadas, desde la leyenda en la pantalla principal, aparece el elemento gráfico para ver los atributos de cada elemento.

Visualización Completa: Si se acerca a un elemento y se desea iniciar la consulta desde la extensión máxima de la zona de estudio.

Anterior / Siguiente: Es una línea del tiempo de las consultas. Con esta función se puede retroceder o regresar a la última consulta realizada por el usuario.

Mover: La herramienta cumple con la labor de que el usuario pueda desplazarse de forma uniforme por el espacio abarcado en la zona de estudio.

Identificar / Seleccionar / Autoidentificar: Se ven los atributos por capas de los elementos seleccionados, sean objetos puntuales o por zona.

Medida: Se utiliza para encontrar la distancia de un punto a otro; o bien puede ser la superficie, trazando un polígono deseado por el usuario.

Refrescar el Mapa: Tiene la función de restablecer las consultas y selecciones de elementos al punto de origen.

Imprimir:

En la barra superior derecha, está el enlace de imprimir, el cual sirve de punto de partida para tener una vista previa en tamaño del mapa que se desea tener en papel.

Descargar:

A un lado del ícono de impresión se encuentra la opción de descargar el mapa o en formato PDF. Cabe destacar que viene con la leyenda incluida.

4.2.2.- PRODUCTOS FINALES

-  El visualizador implementado está en el CIRA.
-  Se desarrolló un visualizador web con software libre.
-  Se desarrolló la temática hidrológica “Manantiales en el Estado de México”.
-  Los datos que tenían formato alfanumérico y se transformaron en elementos gráficos geoespaciales.



CAPÍTULO 5

5.- RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- RESULTADOS

Para poder demostrar los resultados obtenidos, se han realizado operaciones en el visualizador para observar hasta qué grado se ha cumplido satisfactoriamente lo establecido en los objetivos y planteamiento inicial.

En la **(Figura 55)** se muestra la interfaz de inicio, al cual se ingresa dando clic en el botón *Entrar*.



Figura 55 Interfaz de Inicio

Una vez dentro del visualizador, a mano derecha aparece el control de las capas, donde se puede activar o desactivar los elementos que se deseen. En este caso se activan tres categorías: Mapa Base, Estado de México y Municipios **(Figura 56)**.

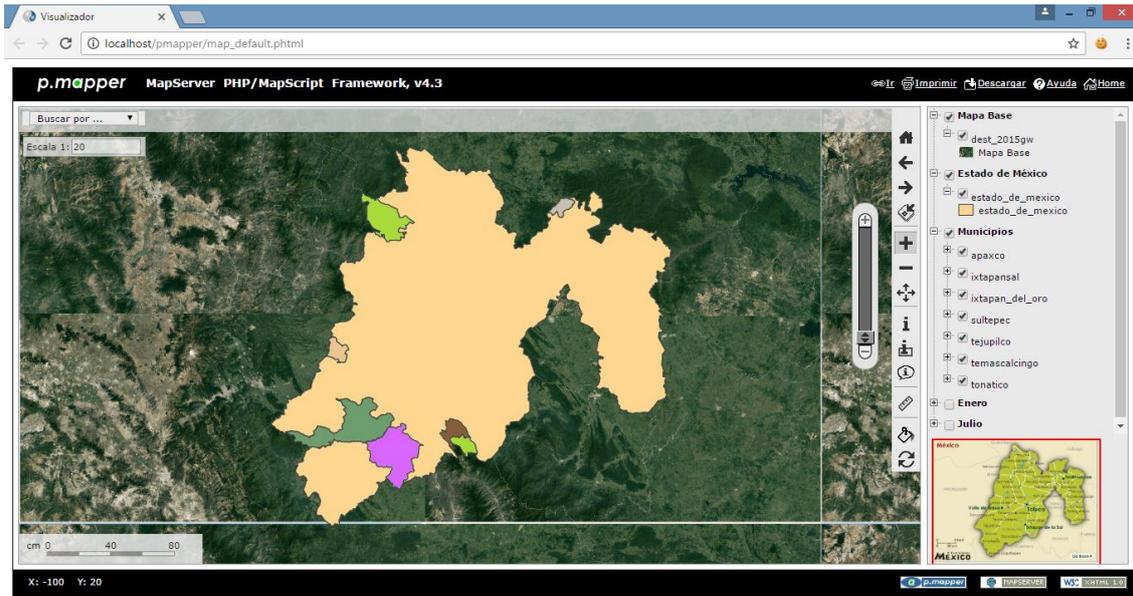


Figura 56 activar o desactivar capas

En la (Figura 57) se hace uso de la herramienta *identificar* para las consultas espaciales de los elementos implementados, para lo cual están los atributos de los manantiales.

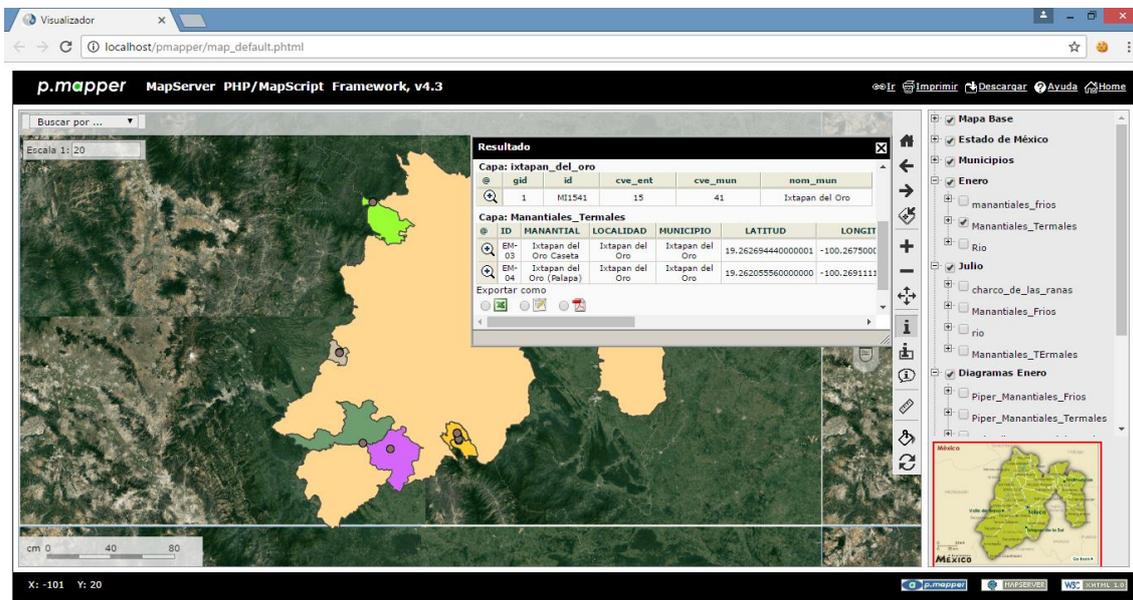


Figura 57 Consultas espaciales

En la **(Figura 58)** se emplea de la herramienta *Autoidentificar* la cual sirve para mostrar los atributos de la capa seleccionada en la esquina inferior derecha.

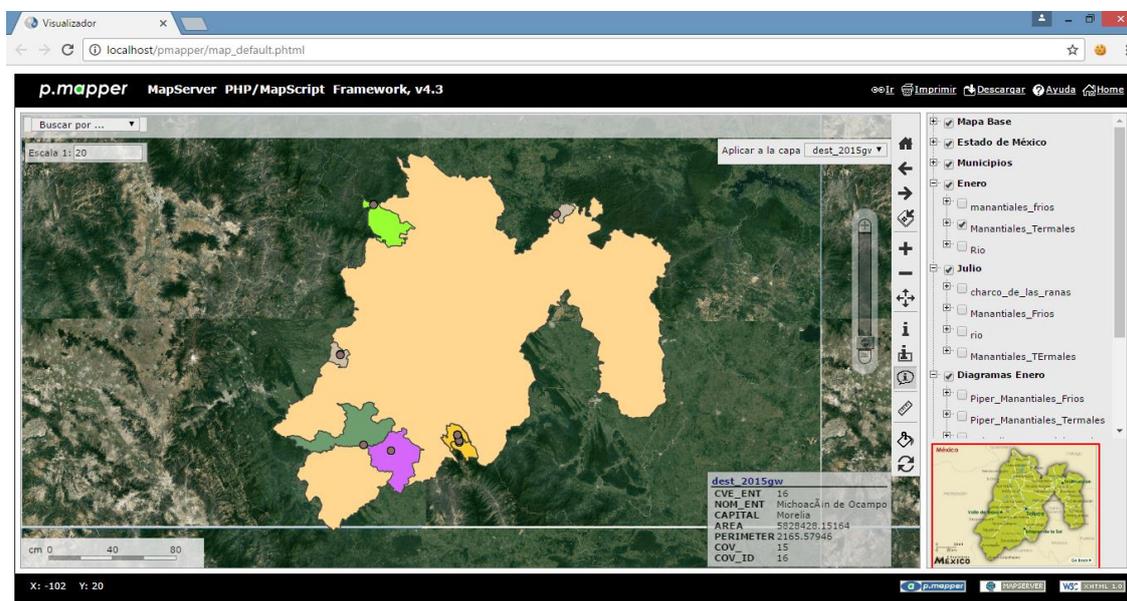


Figura 58 Herramienta Autoidentificador

En la **(Figura 59)** se elige la herramienta *seleccionar*, para seleccionar la capa de interés, posteriormente se debe dibujar un recuadro con el cursor sobre la zona cartográfica para elegir los objetos que quedaron dentro del recuadro dibujado. Se desglosara una pequeña pantalla mostrando los objetos contenidos.

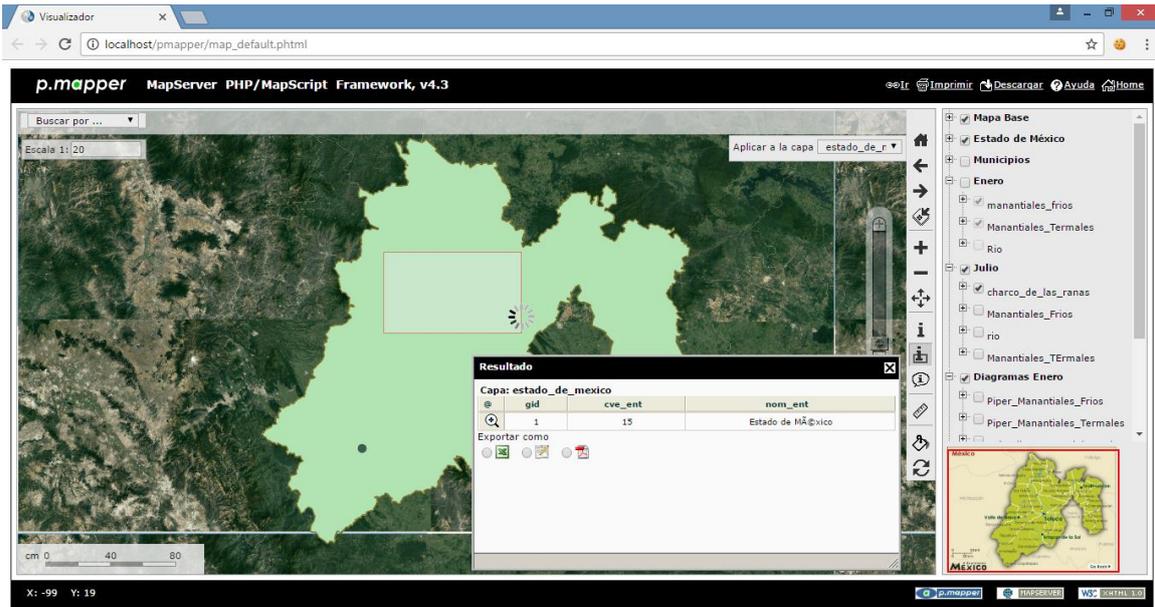


Figura 59 Herramienta seleccionar

En la (Figura 60) se usa la alternativa de descargar atributos de los elementos seleccionados en los formatos XLS, CVS y PDF.

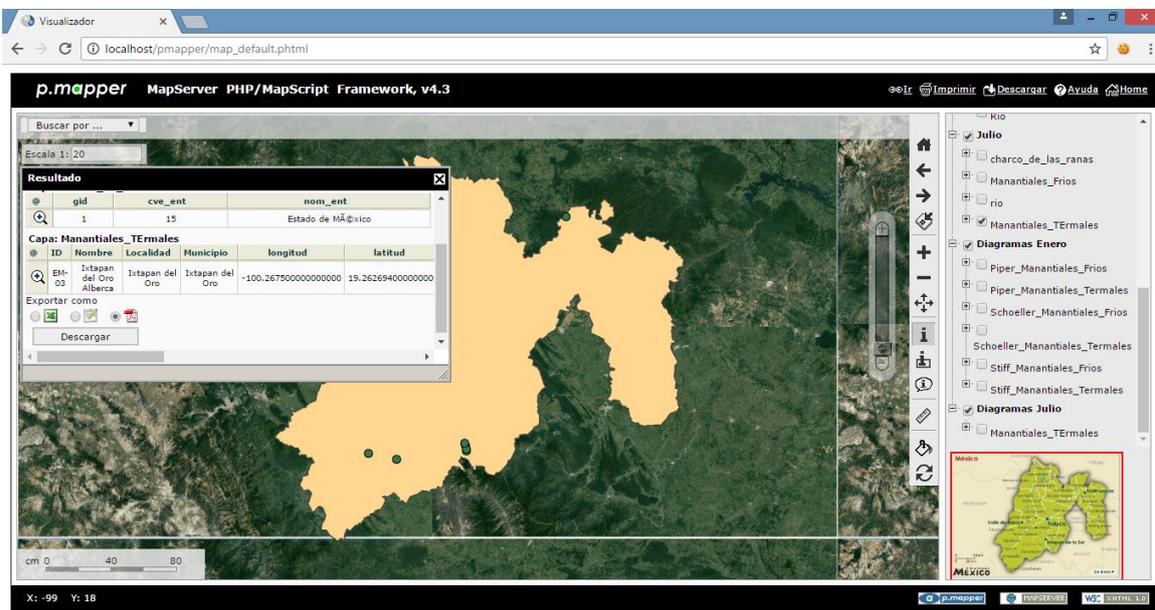


Figura 60 Descarga de atributos

Las (Figura 61 y 62) muestran un PDF listo para descargar con los atributos que el usuario haya elegido.

dest_2015gw

CVE_ENT	NOM_ENT	CAPITAL	AREA	PERIMETER	COV_	COV_ID
15	Mexico	Toluca de Lerdo	2222657.66545	1446.49493	14	15

Figura 61 PDF Estado de México por atributos

Manantiales_Termales

ID	MANANTIAL	LOCALIDAD	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	FECHA	HCO	CI	NO	SO	C	M	N
08-E	Ixtamil	Ixtamil	Ixtapan de la Sal	18.826063000000000	-99.669709000000000	21/01/2015	1377.0	2480.3	<0.23	814.4	675	9604	1434

Figura 62 PDF de manantiales por atributos

En la (Figura 63) se presentan activadas las capas con los diagramas de Piper.

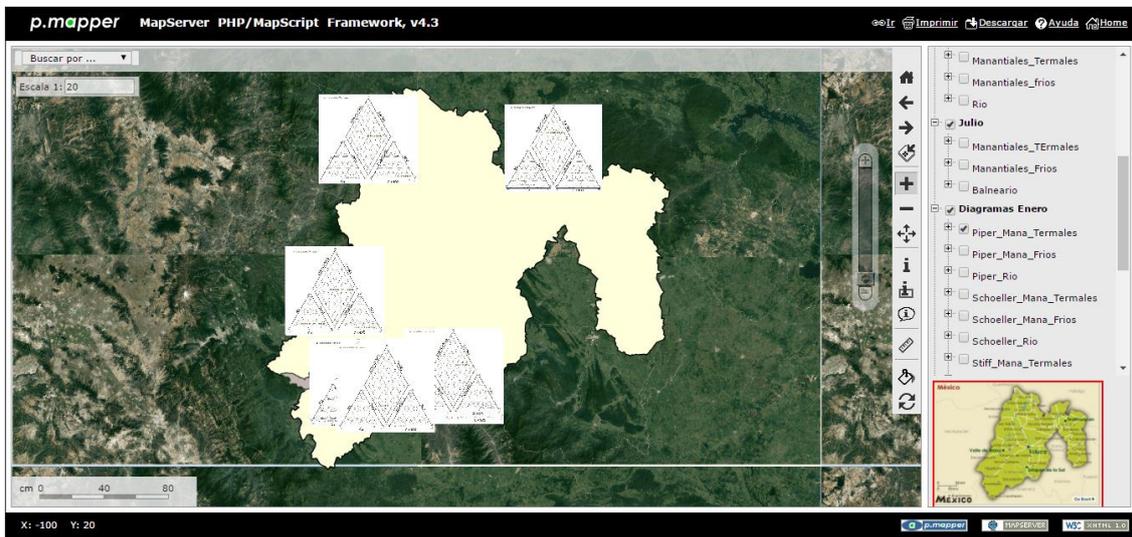


Figura 63 Diagramas de Piper activados

En la (Figura 64) se muestran activadas las capas con los diagramas de Schoeller.

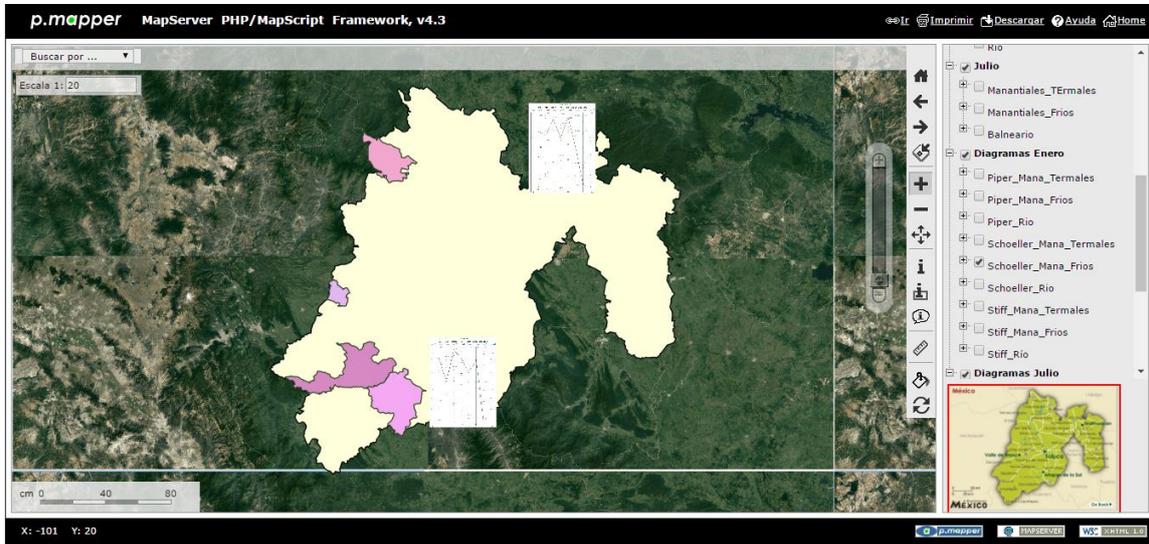


Figura 64 Diagramas de Schoeller activados

En la (Figura 65) se observan activadas las capas con los diagramas de Stiff.

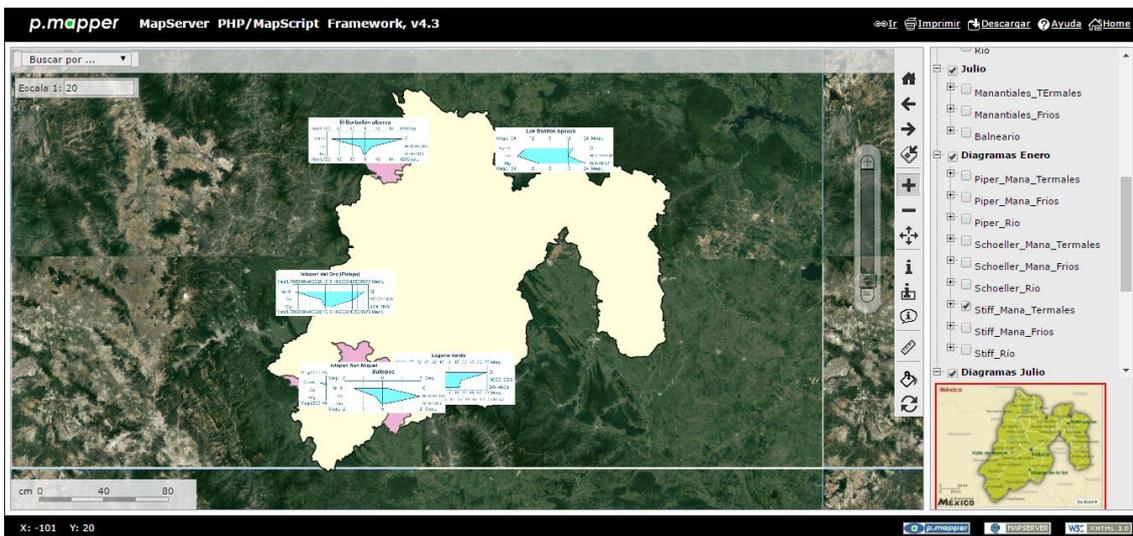


Figura 65 Diagramas de Stiff activados

5.2.- CONCLUSIONES

Las tecnologías geoinformáticas no solo deben ser utilizadas como instrumento de cálculo, sino que presenta nuevos modelos para el abordaje de la realidad espacial. Los Sistemas de Información Geográfica, así como el desarrollo de aplicaciones Web Mapping, en nuestro día a día son de vital importancia, ya que si orientan a niveles institucionales de carácter público o privado, pueden brindar facilidades al momento de administrar y gestionar información geoespacial; además se ocupa software libre, provocando una reducción de costos.

Se demuestra que el desarrollo e implementación del visualizador web mapping cumple satisfactoriamente tanto con el objetivo general como con los objetivos específicos expuestos en el análisis de requerimientos planteados en el capítulo I. El visualizador sirve como punto de partida para la implementación de nuevos elementos que a su vez pueden perfectamente ser integrados para visualizar y consultar información.

Como se puede apreciar a lo largo de este trabajo, se han descrito y planteado los problemas existentes que se resuelven en este proyecto. A continuación se presentan las conclusiones finales:

- ✚ Se ha propuesto y definido un método para el desarrollo e implementación del visualizador web que permite la gestión de cuerpos de agua, la cual facilita el diseño y análisis de planificación.
- ✚ El desarrollo e implementación del visualizador web brinda una alternativa para utilizar aplicaciones informáticas adaptadas a las necesidades del CIRA, aprovechando la visualización de datos geográficos e información del objeto relacionado.
- ✚ Se pone a prueba el software libre, destacando las siguientes características:

- Se redujeron costos para la institución.
 - No fue necesario el pago de licencias.
 - Se realizó bajo código abierto, por ende no hay secretos para otros desarrolladores.
 - Es escalable, favoreciendo que se tendrá la última versión del visualizador en todo momento.
 - No fue necesario grandes requerimientos de hardware para la implementación del visualizador.
 - Se pueden realizar cambios con rapidez.
- ✚ Se incentiva a las instituciones públicas o privadas para que cuenten con herramientas geotecnológicas para obtener los beneficios deseados que puedan satisfacer sus necesidades.
- ✚ Se demuestra el funcionamiento eficaz respecto al uso de herramientas geotecnológicas para resolver problemáticas de gestión de información, observándose como una opción óptima en la exploración de datos espaciales.

Las tecnologías de la información otorgan la oportunidad de consultar y analizar de manera dinámica y gráfica datos espaciales sin la necesidad de ser usuarios con conocimientos específicos para poder utilizar el sistema.

5.3.- RECOMENDACIONES

Se recomienda a futuros estudiantes que tengan interés por el desarrollo de aplicaciones Web Mapping y también por el proyecto, que realicen la complementación de este visualizador considerando que:

- ✚ Se deberán incluir más indicadores de cuerpos de agua, así como ampliar el periodo temporal para contar con una base de datos más extensa, lo cual permitirá que los usuarios dispongan de un visualizador más completo.

- ✚ Es necesario consolidar y mejorar la base de datos geoespacial para tomar en cuenta todos los recursos disponibles por venir durante su implementación.

- ✚ Mejorar la interfaz Web Mapping para que los usuarios finales descarguen un reporte de cuerpos de agua por mes, de manera conjunta o particular.

Establecidas las recomendaciones anteriores, esta aplicación Web Mapping queda abierta a futuras modificaciones según las necesidades de los usuarios potenciales.

Bibliografía

Vázquez, O. (2017). "Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México" en *página Estado de México, Tonalico*. [En línea]. Tonalico, disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15107a.html>
[Accesado el día 2 de julio de 2017]

Garduño, J. y S. Sánchez, (2017). "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México" en *página Estado de México, Temascalcingo*. [En línea]. Temascalcingo, disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15085a.html>
[Accesado el día 26 de junio de 2017]

Cardoso, A. y A. Agallo, (2017). "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México" en *página Estado de México, Tejupilco*. [En línea]. Tejupilco, disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15082a.html>
[Accesado el día 20 de abril de 2017]

Joaquín, S. et al (2017). "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México" en *página Estado de México, Sultepec*. [En línea]. Sultepec, disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15080a.html>
[Accesado el día 27 de abril de 2017]

Velázquez, F. (2017). "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México" en *página Estado de México, Ixtapan del Oro*. [En línea]. Ixtapan del Oro, disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15041a.html>
[Accesado el día 9 de abril de 2017]

Arizmendi, L. (2017). "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México" en *página Estado de México, Ixtapan de la Sal*. [En línea]. Ixtapan de la Sal, disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15040a.html>
[Accesado el día 8 de marzo de 2017]

Dorantes, O. (2017). "Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México" en *página Estado de México, Apaxco*. [En línea]. Apaxco, disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15010a.html>
[Accesado el día 6 de marzo de 2017]

Morales, A. (2016). “7 motivos para utilizar PostGIS” en *página Mapping GIS*. [En línea]. Noviembre 2016, Valladolid, disponible en: <https://mappinggis.com/2012/09/por-que-utilizar-postgis/> [Accesado el día 2 de mayo de 2017]

Martínez, R. (2017). “Postgres SQL-es” en *página Emc2Net*. [En línea]. Noruega, disponible en: <https://e-mc2.net/es/postgresql-es> [Accesado el día 17 de marzo de 2017]

Gvsig, (2010). “Sistemas de Información Geográfica, tipos y aplicaciones empresariales” en *página GvSIG*. [En línea]. Abril, Valencia, disponible en: <http://sig.cea.es/gvsig> [Accesado el día 28 de abril de 2017]

Padrón, D. (2017). “Desarrollo de un servidor de mapas con Mapserver” en *Guía de desarrollo de servidores de mapas con software libre*. [En línea]. México, disponible en: https://download.tuxfamily.org/tuxgis/geodescargas/pMapper_MapServer_Guia.pdf [Accesado el día 8 de marzo de 2017]

Php Group. (2017). “PHP” en *página PHP prefacio*. [En línea]. Junio, USA, disponible en: <http://php.net/manual/es/preface.php> [Accesado el día 17 de abril de 2017]

Márquez, J.; Sanpedro, L. y F. Vargas. (2002). “Instalación y configuración de Apache, un servidor web gratis” en *Revista Ingeniería y Desarrollo*. [En línea]. No. 12, Diciembre 2002, Colombia, disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/852/85201202.pdf> [Accesado el día 26 de junio de 2017]

Conagua, (2009). “Subgerencia de Información del Agua (SIGA)” en *página CONAGUA - Servicios WFS*. [En línea]. Febrero, México, disponible en: <http://siga.cna.gob.mx/serviciowfs.aspx> [Accesado el día 25 de junio de 2017]

Infraestructura de datos espaciales de canarias, (2015). “El OGC y el estándar WMS” en *página IDE Canarias*. [En línea]. Junio, Las Palmas, disponible en: https://www.idecanarias.es/documentacion/ogc_wms [Accesado el día 25 de junio de 2017]

Shekhar, S. y H. Xiong, (2008). *Encyclopedia of Gis*. Primera edición, Texas, Springer.

Fundación os geo, (2017) “Estándares del Open GeoSpatial Consortium”. *OS Geo Live* [En línea], junio, Chicago, disponible en: <https://live.osgeo.org/es/standards/standards.html> [Accesado el día 14 de marzo de 2017]

Delgado, G. y M. Gutiérrez, (2017) *Manual del uso del Internet y Herramientas Tecnológicas*, Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Administrativas y económicas [En línea], disponible en: <http://www.utm.edu.ec/seguimosavanzando/wp-content/uploads/carrusel/manuales/fcae/uso.int.her.tec.pdf>

[Accesado el día 24 de junio de 2017]

Cobo, A. (2007). *Diseño y programación de bases de datos*, Primera edición, Madrid, Visión Libros.

Larman, C. (2003). *UML y Patrones, una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y proceso unificado*, Segunda edición, Madrid, Pearson.

Braude, E. (2003). *Ingeniería de software, una perspectiva orientada a objetos*. Primera edición, Boston, Alfaomega.

Stallman, R., (2004). *Software libre para una sociedad libre*. Primera edición, Madrid, Traficantes de sueños.

Peña, A., (2009). *Ingeniería de software: Guía para crear sistemas de información*. Primera edición, México, Instituto Politécnico Nacional.

Rojas, O., (1999) "Sistemas de Información Geográfica" en *revista Industrial Data*. Vol. 2, No. 2, pp. 66.

Puig, A. y A. Varela., (2009) "Tecnologías de la Información Geográfica" en *cuadernillos internacionales de tecnologías para el desarrollo humano*, No. 8, febrero 2009, pp. 1-2.

Info resources., (2007) "Tecnologías de Información Geográfica para el Manejo de los Recursos Naturales" en *artículos Focus* [En línea], No. 3, marzo, Suiza, disponible en: http://www.inforesources.ch/pdf/focus07_3_s.pdf [Accesado el día 16 de mayo de 2017]

CIRA., (2017) "Centro Interamericano de Recursos del Agua" en *página web CIRA/descripción* [En línea], abril, Estado de México, disponible en: <http://cira.uaemex.mx/inicio/descripcion> [Accesado el día 5 de abril de 2017]

Buzai, G., (2005) "Geografía Automatizada, Ciencias de la Información Geográfica y ciencias Sociales Integradas Espacialmente. Avances cuantitativos para los estudios territoriales del siglo XXI" en *artículo Fronteras* [En línea], No. 4, febrero, Buenos Aires, disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/237401464_Geografia_Automatizada_Ciencias_de_la_Informacion_Geografica_y_Ciencias_Sociales_Integradas_Espacialmente

[Accesado el día 22 de junio de 2017]

Ayuntamiento de Mérida Yucatán., (2016) “SIG” en *Sistema de información geográfica. Mérida, Yucatán, México* [En línea], agosto, Yucatán, disponible en: <http://sigweb25.merida.gob.mx/map.phtml> [Accesado el día 10 de agosto de 2016]

IDE Chile., (2017) “Geoportal de Chile”. *Geoportal de Chile-Visor de Mapas* [En línea], junio, Chile, disponible es: <http://www.geoportal.cl/Visor/> [Accesado el día 22 de junio de 2017]

UNESCO, (2014) “African drought monitor”, en *Artículo International hydrological programme. Division of wáter sciences* [En línea], Francia, disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002319/231937e.pdf> [Accesado el día 1 de mayo de 2016]

Junta de Andalucía., (2015) “Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio”, *Visualizador Playa de Andalucía* [En línea], mayo, Andalucía, disponible en: <http://laboratoriorediam.cica.es/VisorPlayasAndalucia/> [Accesado el día 12 de mayo de 2015]

Platzi., (2015), “La historia de Google”, en *el blog de cvander* [En línea], junio, México, disponible en: <https://platzi.com/blog/historia-de-google/> [Accesado el día 22 de abril de 2017]

Piscitelli, A. et al (2010) *El proyecto Facebook y la posuniversidad. Sistemas operativos sociales y entornos abiertos de aprendizaje*, Barcelona, Ariel.

Villacorta, A., (2005), *Enredados. El mundo de la internet*, primera edición, Perú, Estudio Gherisi.

Segarra, D. y A. Siavichay, (2017) “yahoo mail”, en *página yahoo Servicio de correo electrónico* [En línea], junio, México, disponible en: <http://mailyahoooproject.blogspot.mx/>

Iturbe, A. et al., (2011) *Consideraciones conceptuales sobre los sistemas de información geográfica*. México, Palibrio.

Reyes, M. y J. Martínez, (2003) "Tecnologías de información, cartografía y geografía en la era digital" en *Boletín de política informática* [En línea], No. 2, México, disponible en: <http://files.especializacion-tig.webnode.com/200000018-5b8605c7f6/Tecnolog%C3%ADas%20de%20informacion%20geografica-cartografia%20y%20geografia%20en%20la%20era%20digital.pdf>
[Accesado el 18 de marzo del 2016]

Fernández, A. y R. Aguirre, (2000) "La geografía y las nuevas tecnologías" en *Revista ¿Cómo ves?* [En línea], No. 22, México, disponible en: <https://es.scribd.com/document/138342258/r58-63> [Accesado el 20 de marzo del 2017]

León, A. y A. Cubillos, (2008). "Ajax: Otra forma de ver las aplicaciones" en *Revista de Tecnología* [En línea] volumen 7, No. 2. Colombia, disponible en: <http://docplayer.es/5529590-Ajax-otra-forma-de-ver-las-aplicaciones-web.html>
[Accesado el 17 de marzo del 2017]

Gómez, A. (2007). "INECC" en artículo *Necesidades de investigación, desarrollo tecnológico y formación de recursos humanos en apoyo a la gestión integrada de recursos hídricos*. [En línea]. México, disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/cong_nal_06/tema_06/05_luis_gomez.pdf
[Accesado el 20 de junio del 2017]

ONU-agua, (2008). "Recursos Hídricos" en *2do Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. [En línea]. Septiembre, Bruselas, Green facts, disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>
[Accesado el 6 de junio 2017]



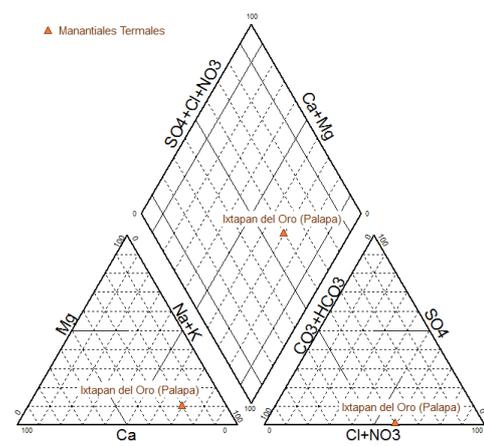
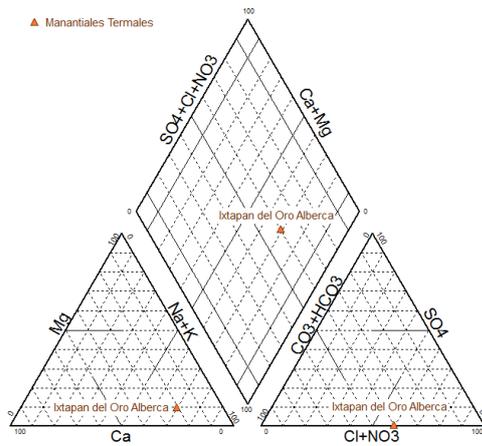
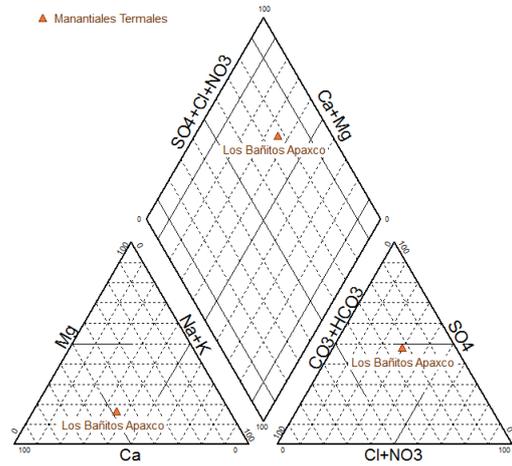
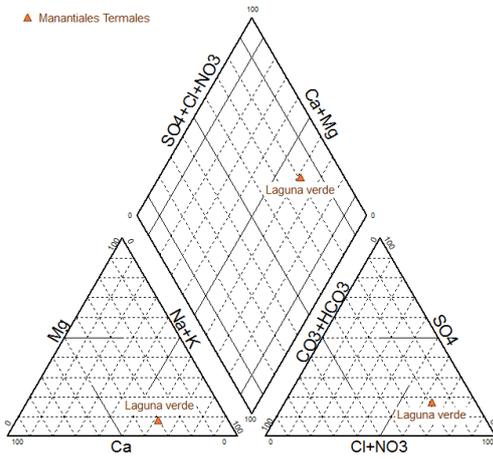
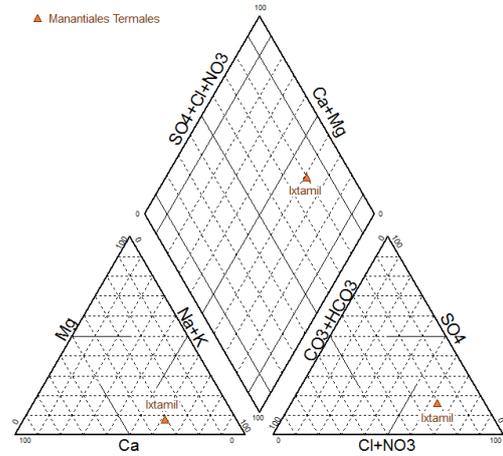
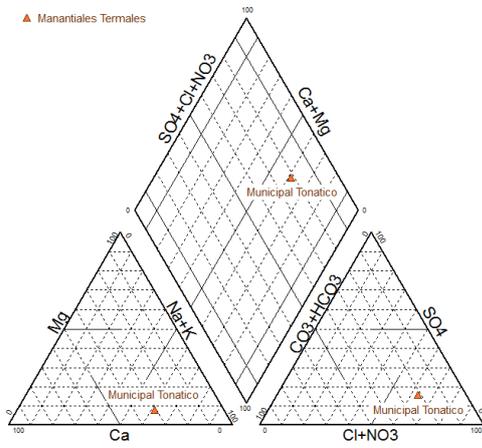
ANEXOS

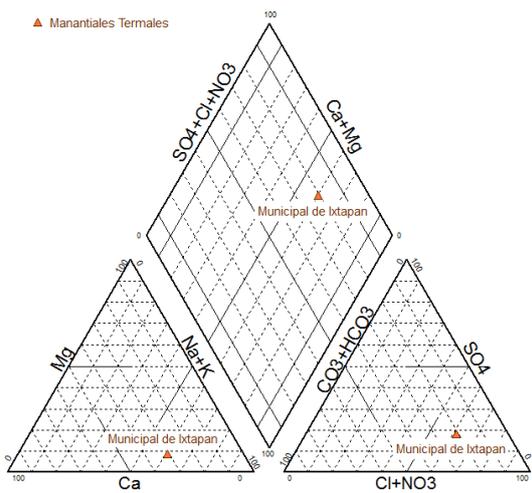
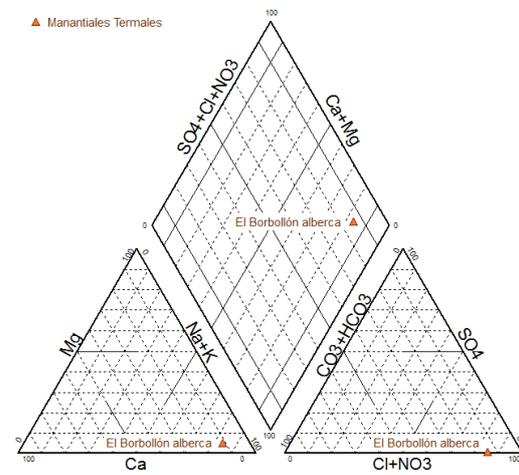
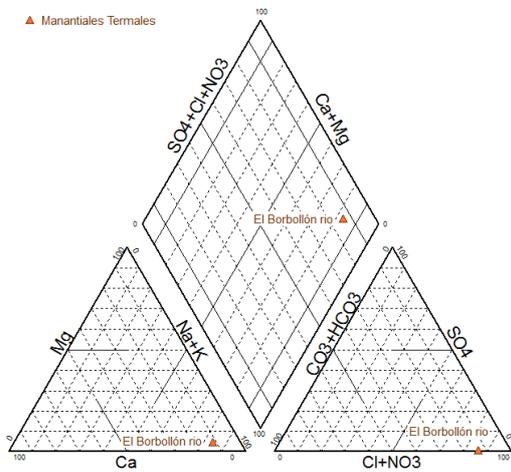
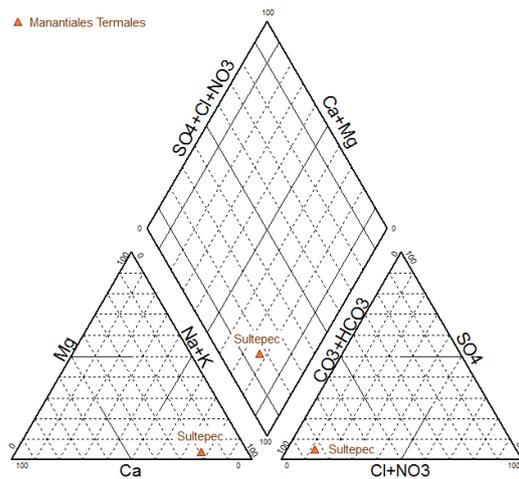
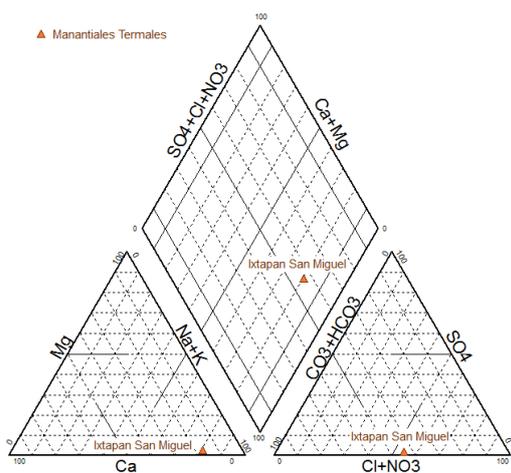
Se muestran los datos de los cuerpos de agua mediante diagramas

DIAGRAMAS

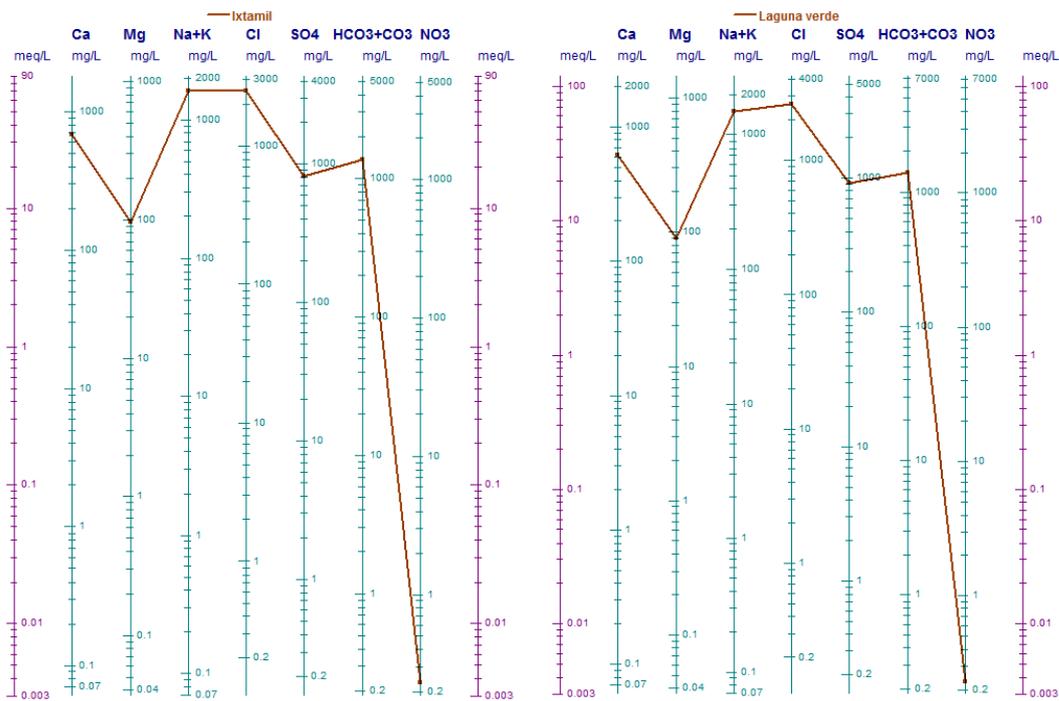
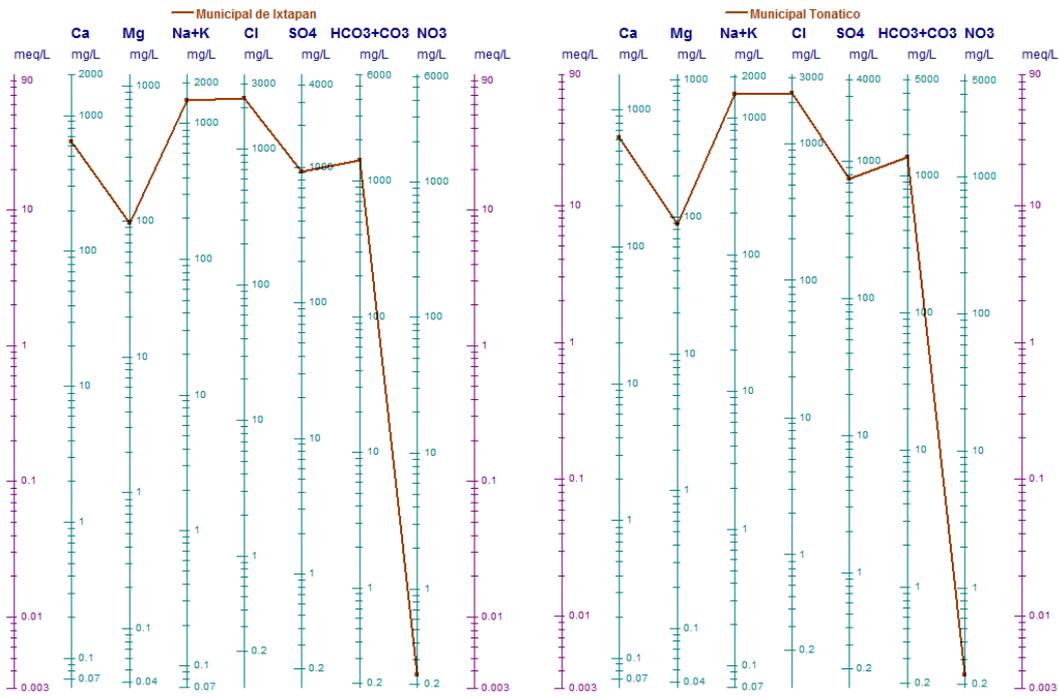
ENERO

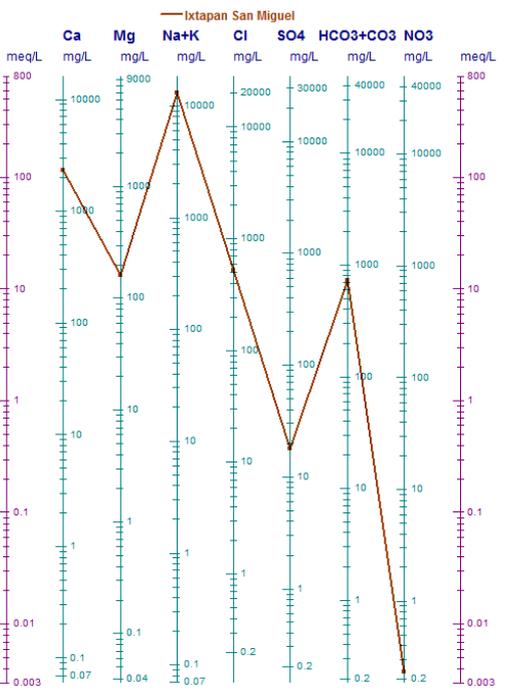
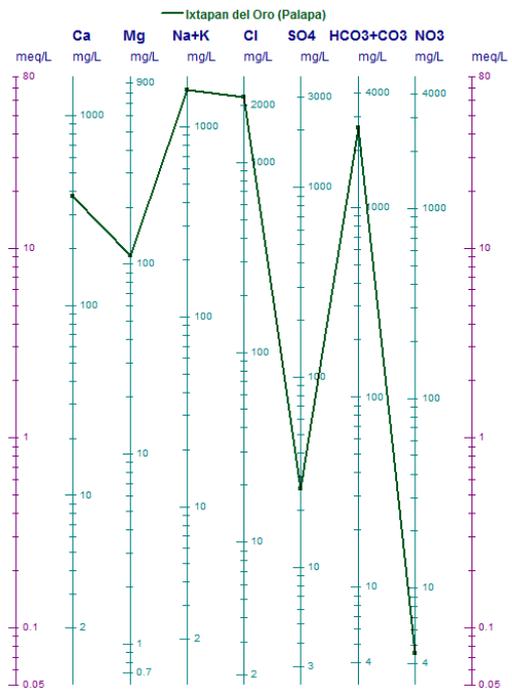
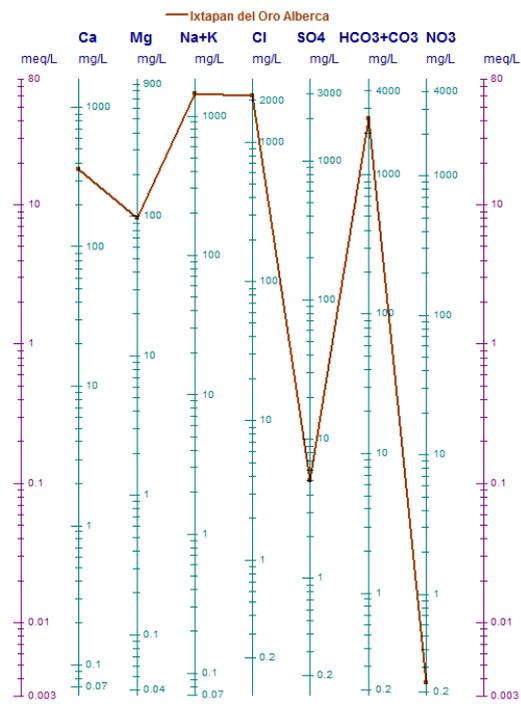
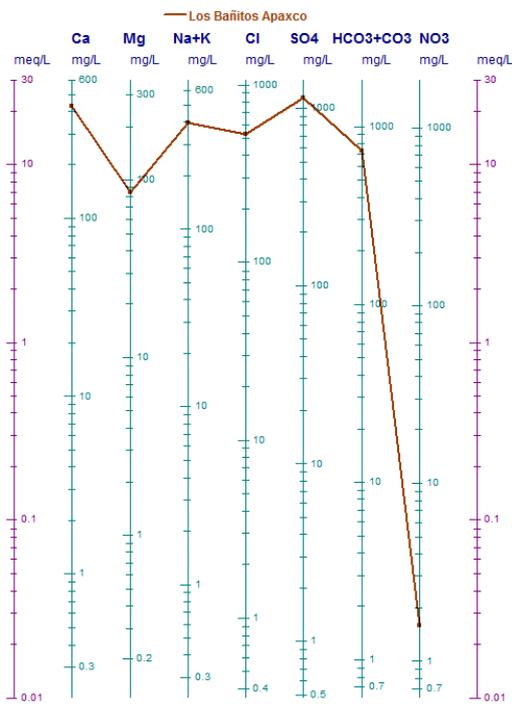
Diagramas de Piper – Manantiales Termales Enero

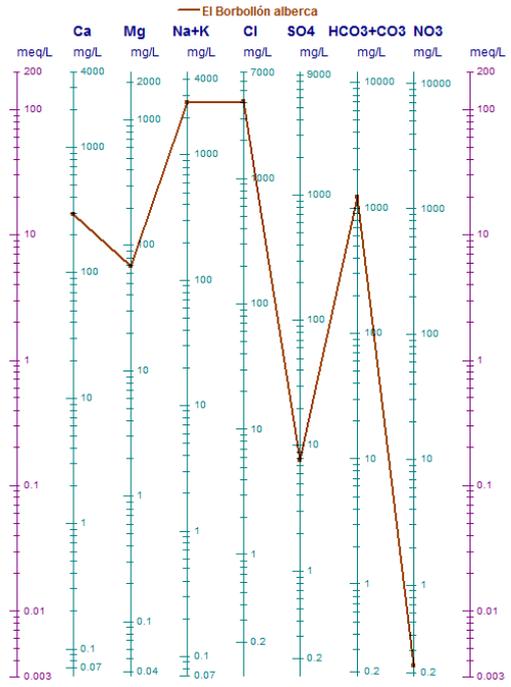
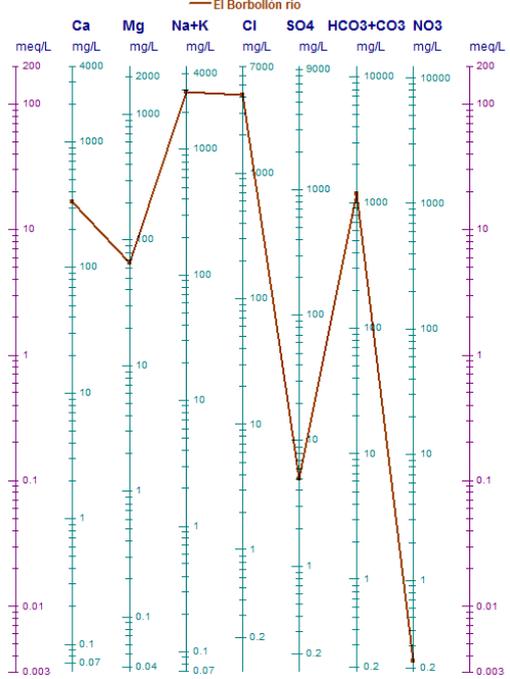
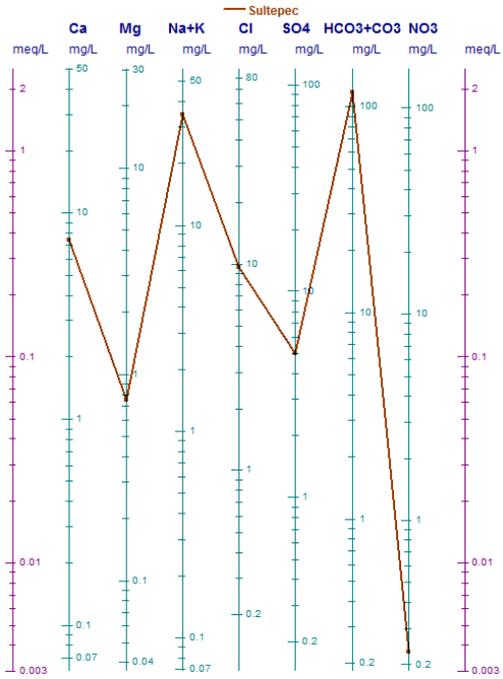




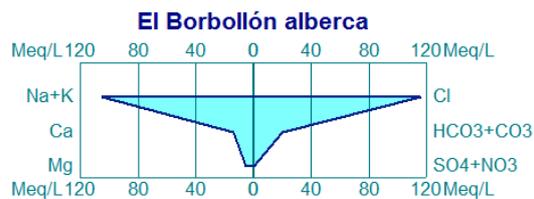
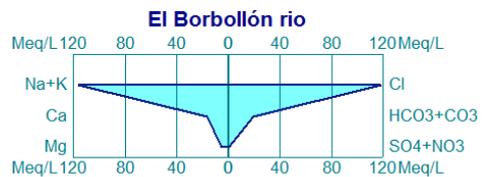
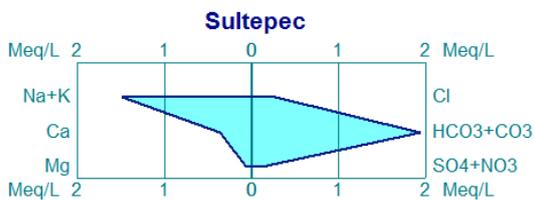
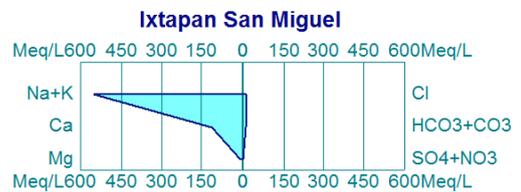
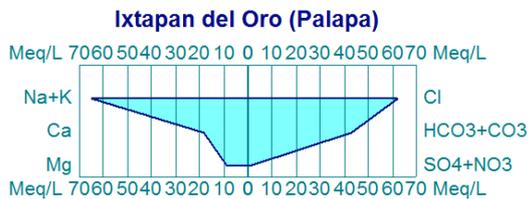
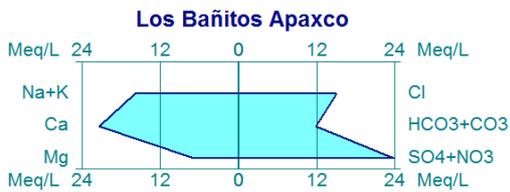
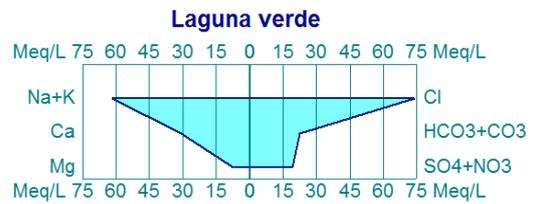
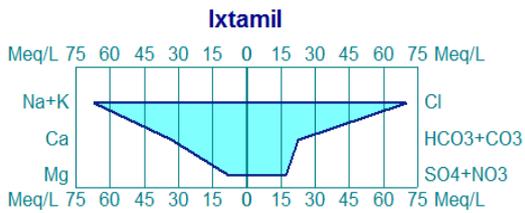
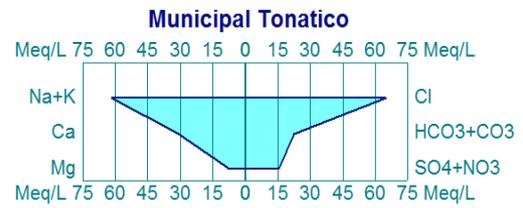
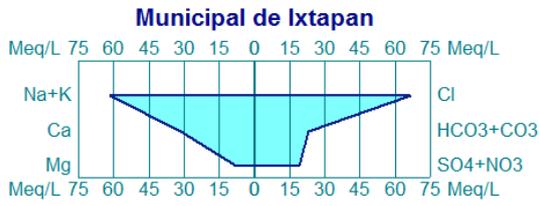
Diagramas de Schoeller – Manantiales Termales Enero



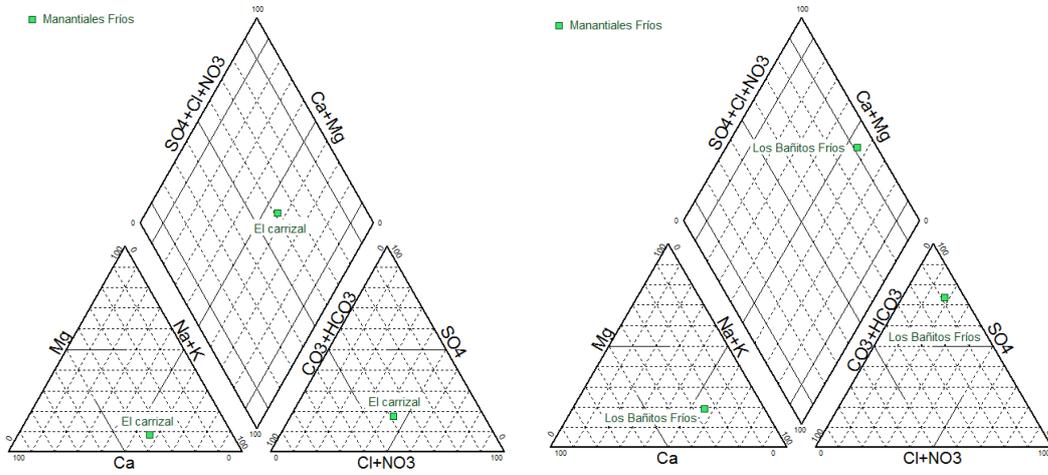




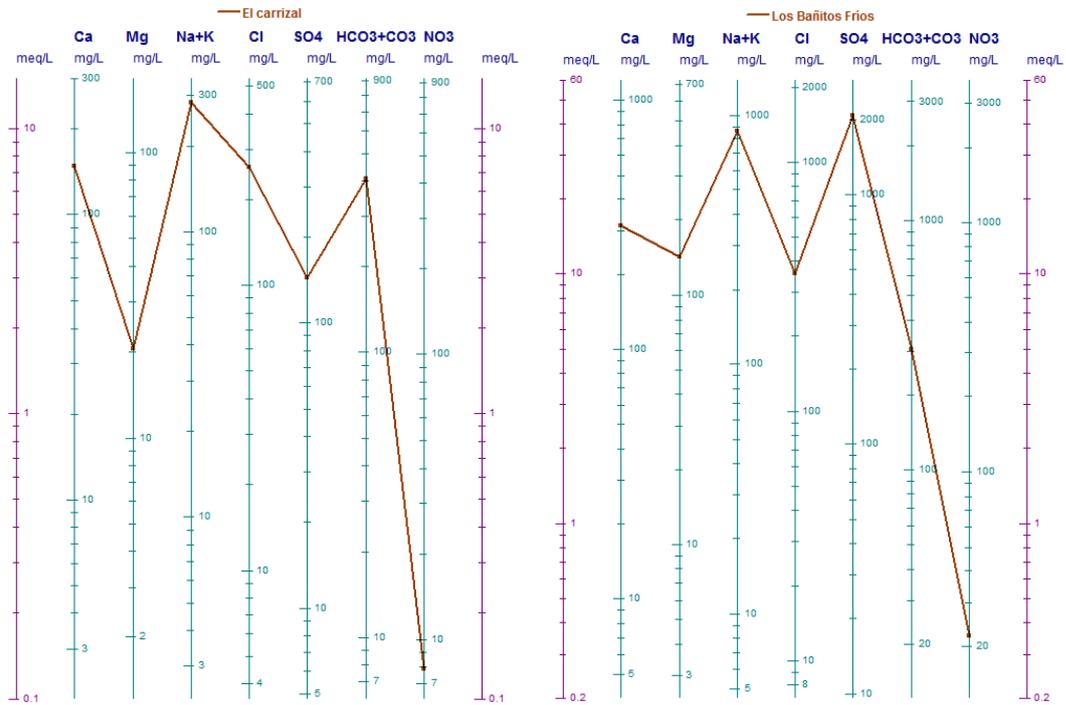
Diagramas de Stiff – Manantiales Termales Enero



Diagramas de Piper – Manantiales Fríos Enero



Diagramas de Schoeller – Manantiales Fríos Enero



Diagramas de Stiff – Manantiales Fríos Enero

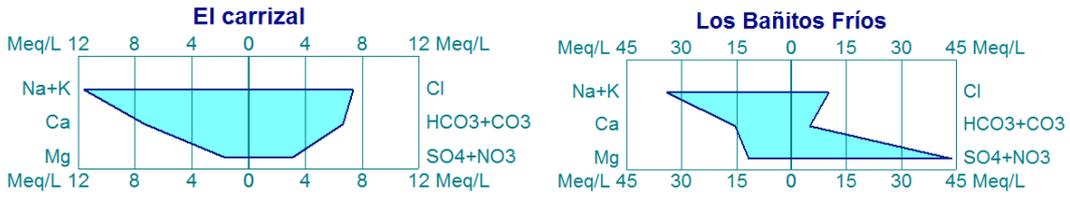


Diagrama de Piper – Río Enero

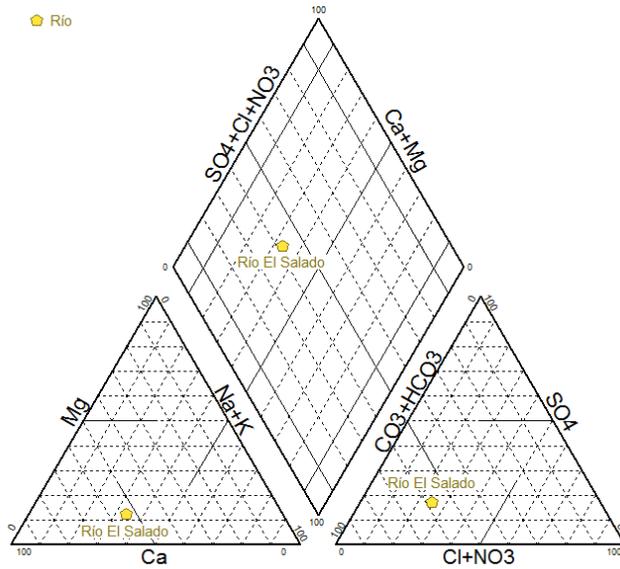


Diagrama de Schoeller – Río Enero

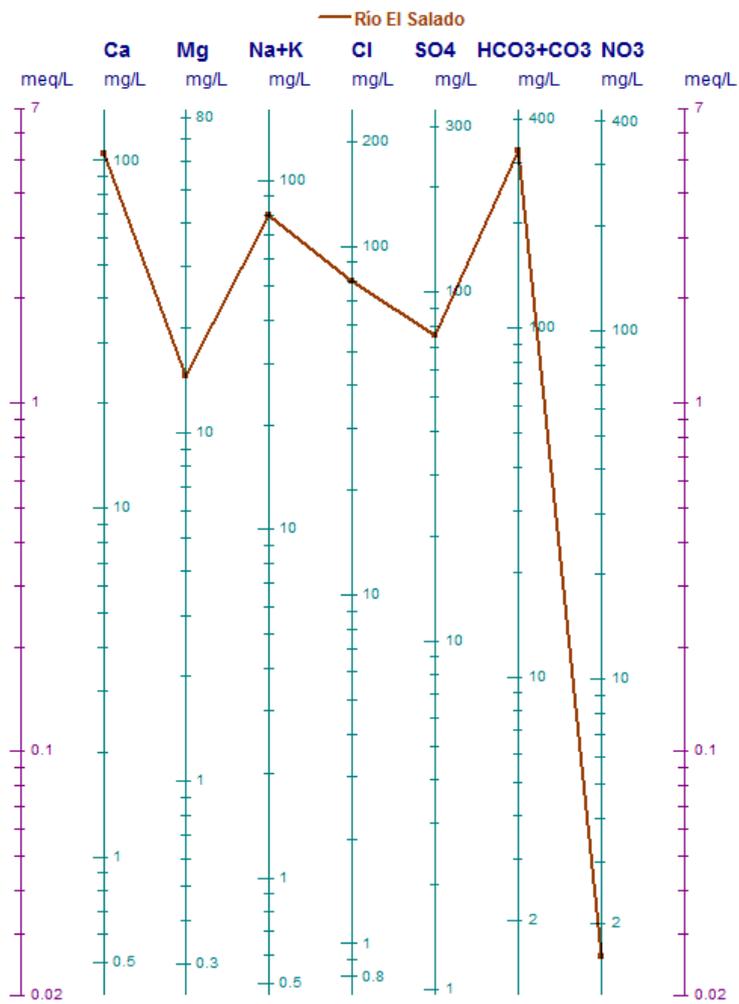
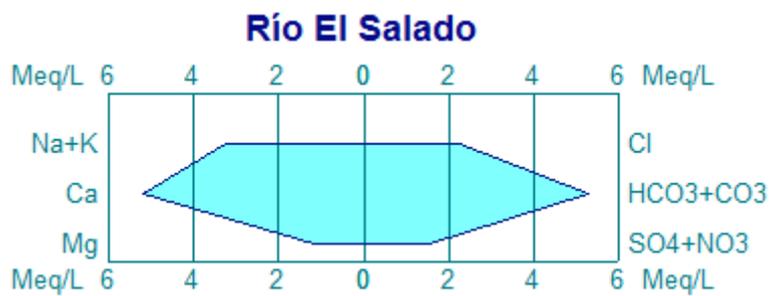


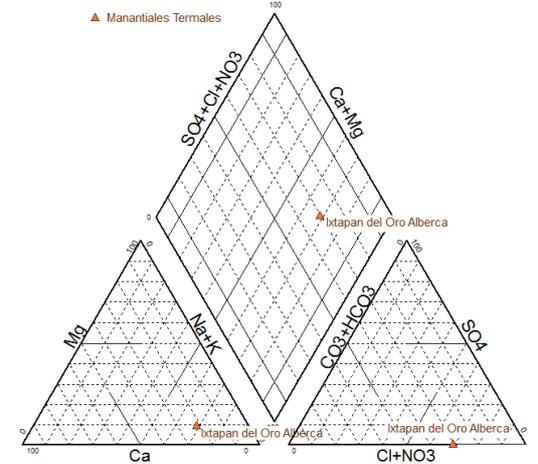
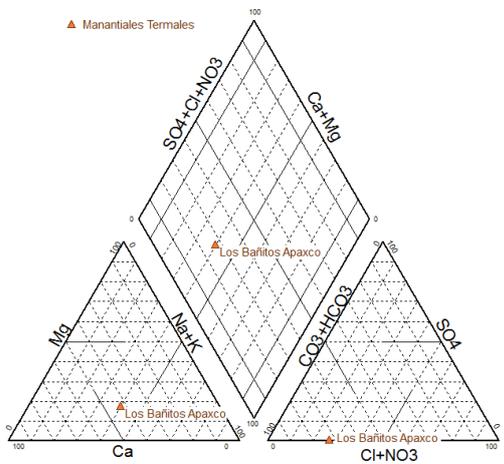
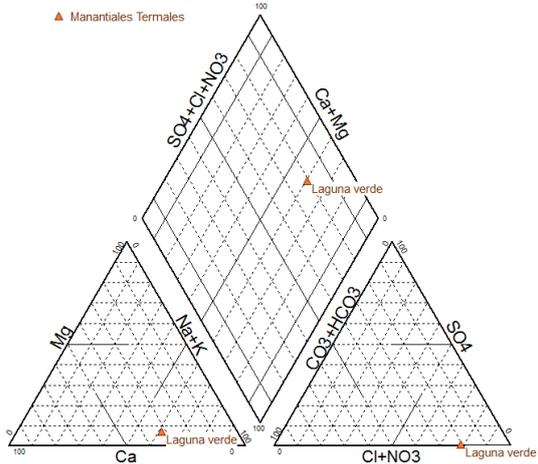
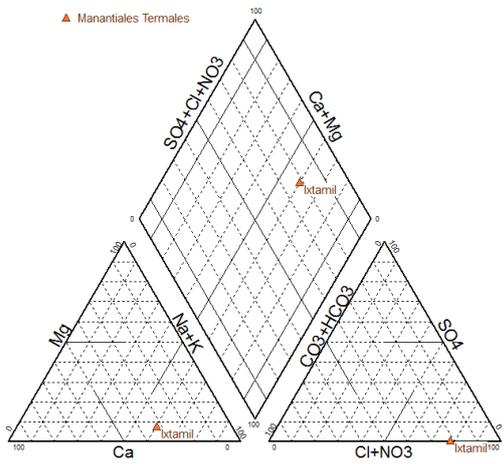
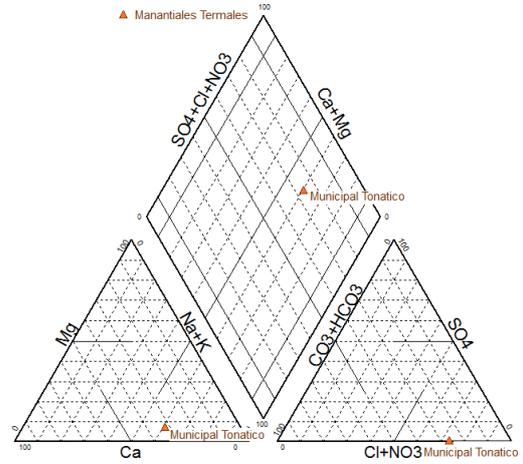
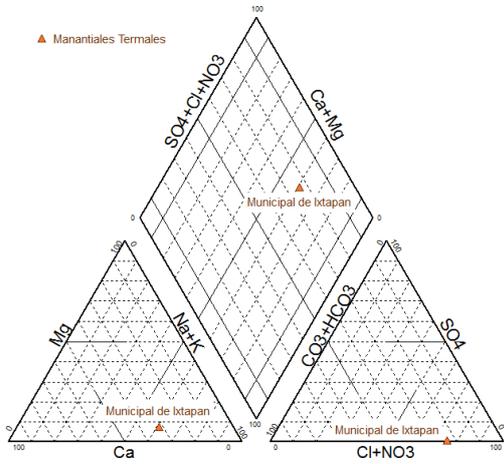
Diagrama de Stiff – Río Enero

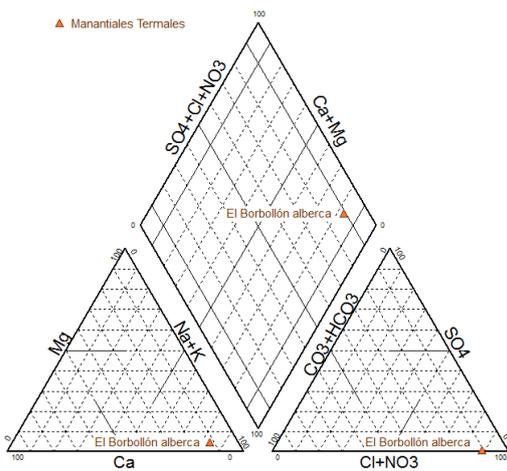
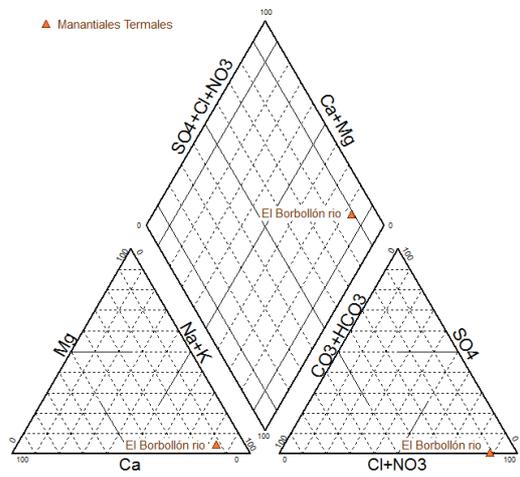
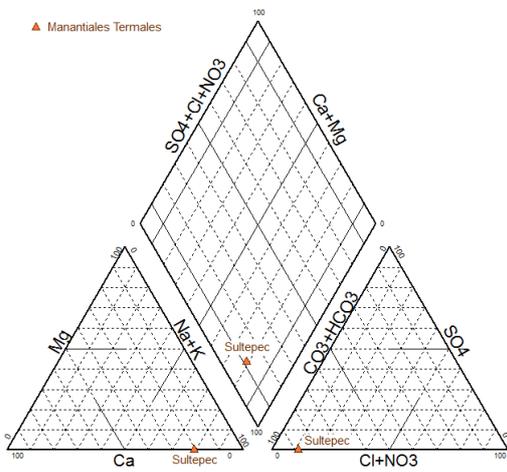
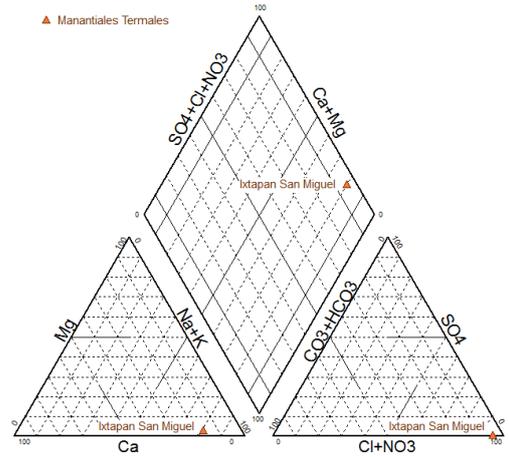
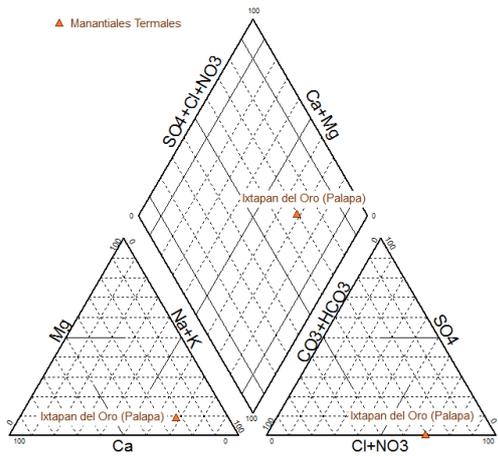




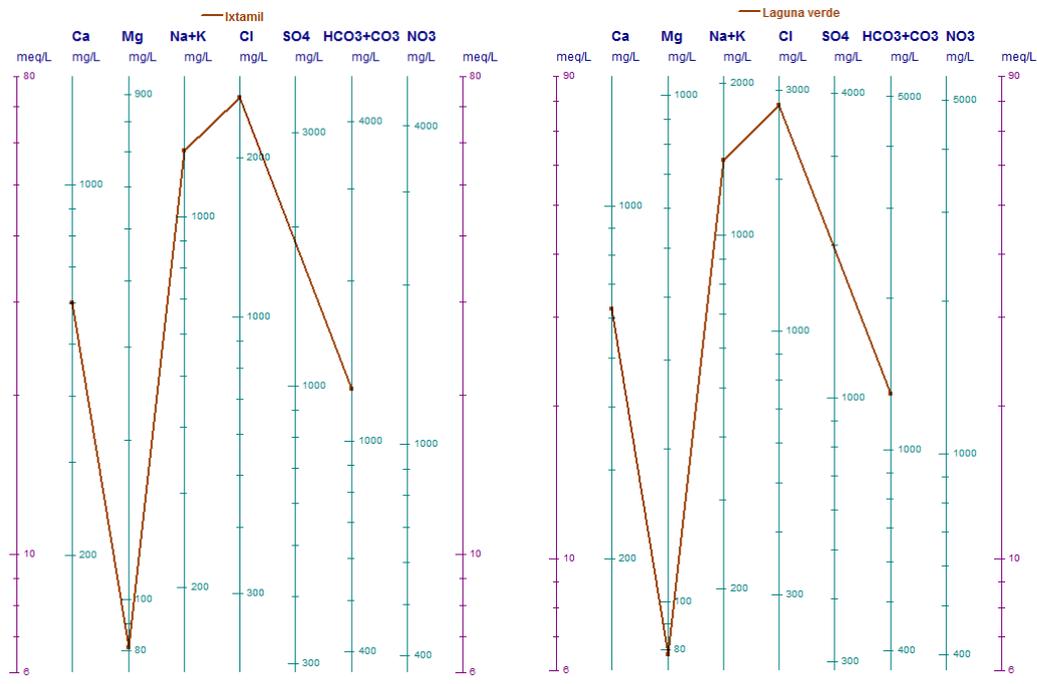
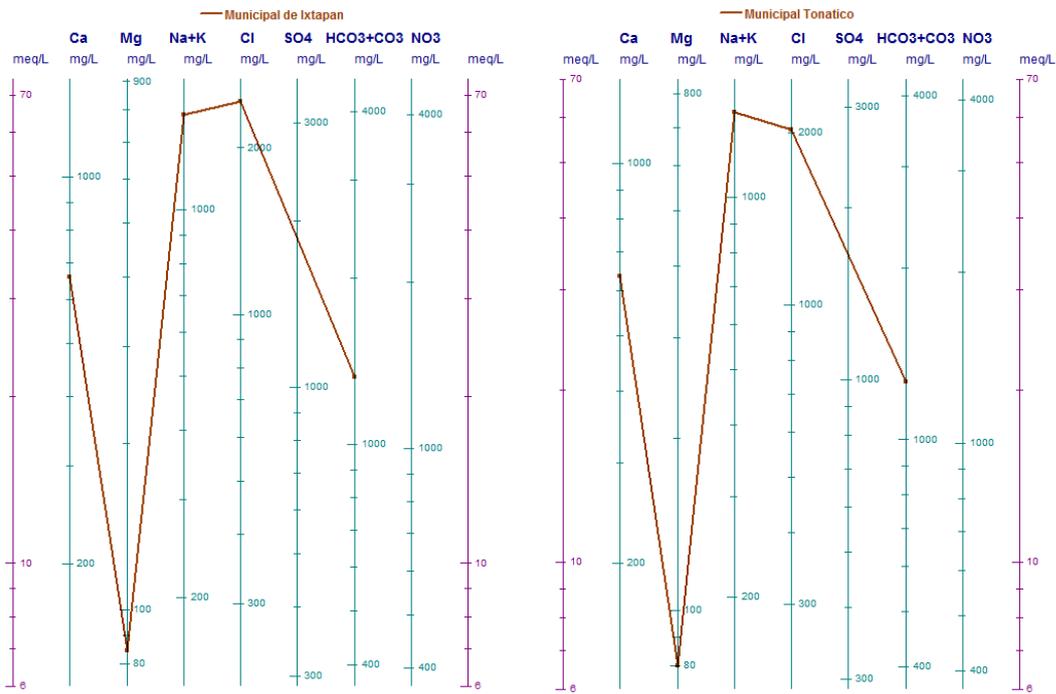
DIAGRAMAS JULIO

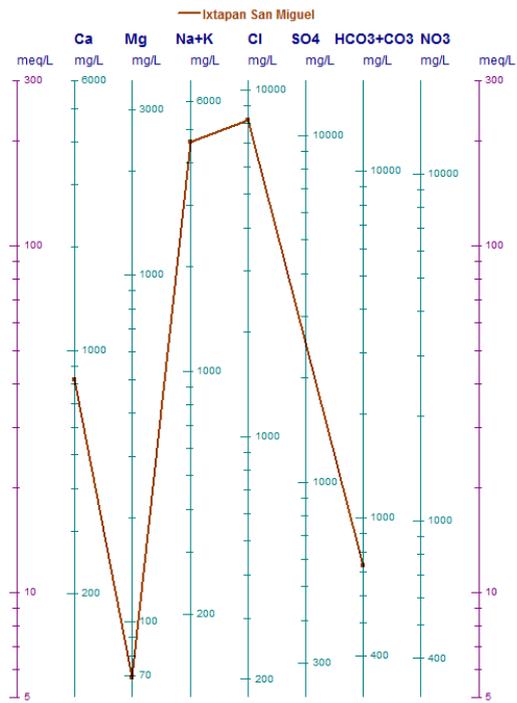
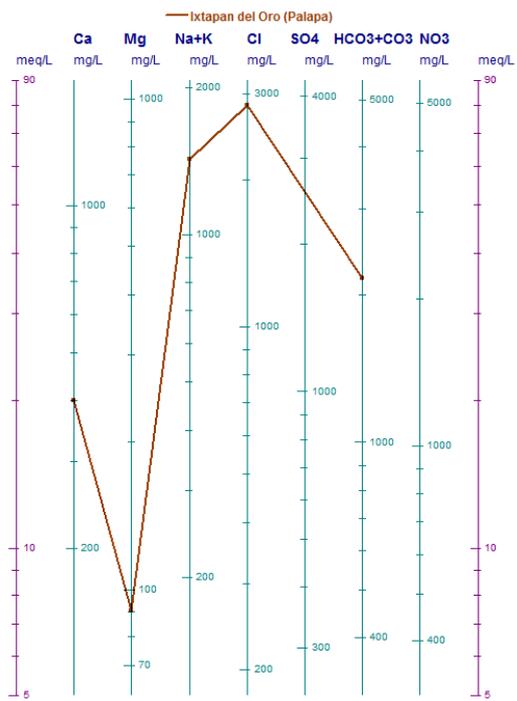
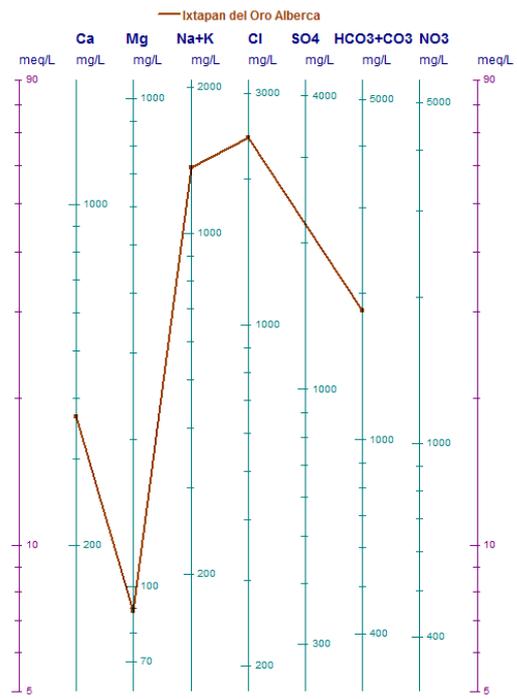
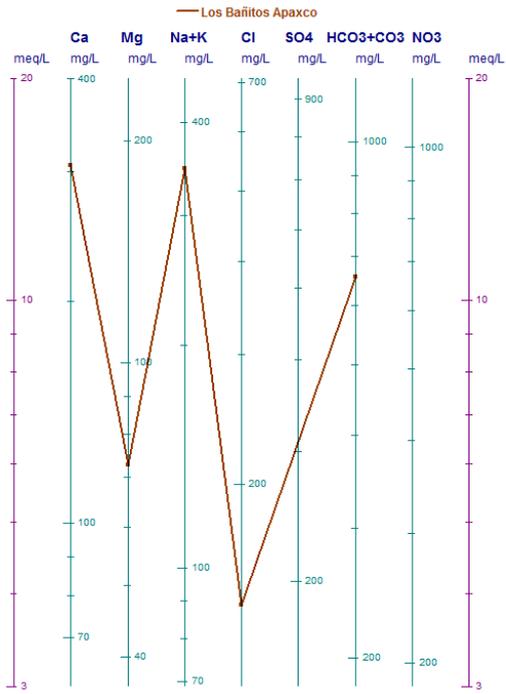
Diagramas de Piper – Manantiales Termales Julio

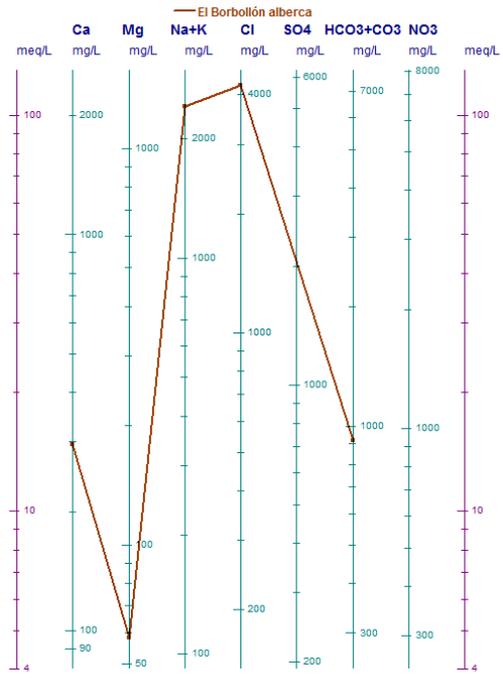
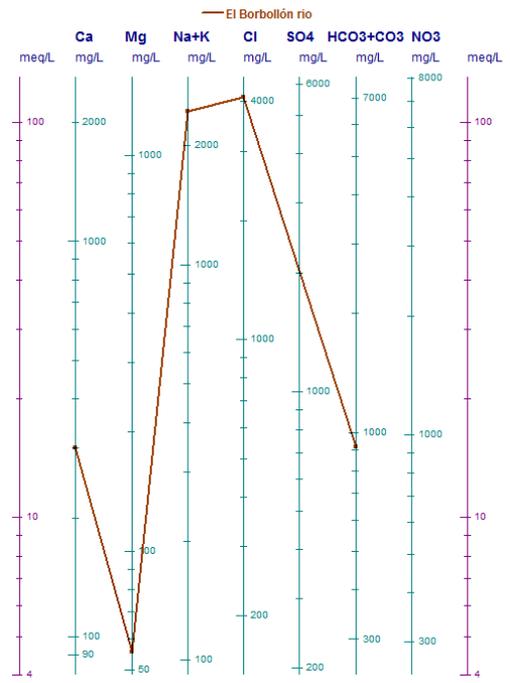
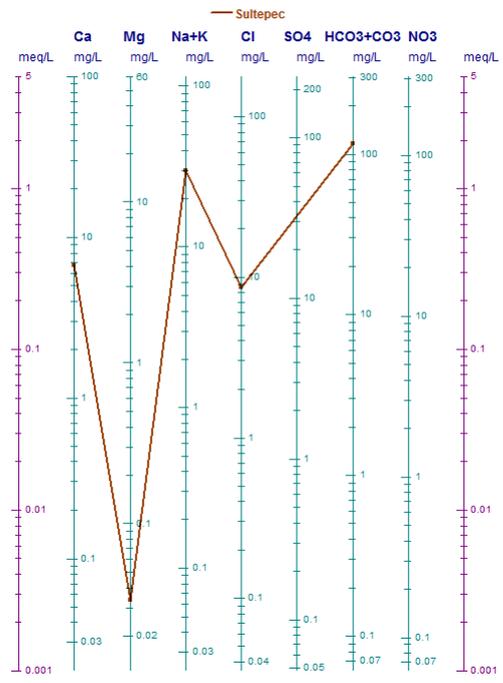




Diagramas de Schoeller – Manantiales Termales Julio

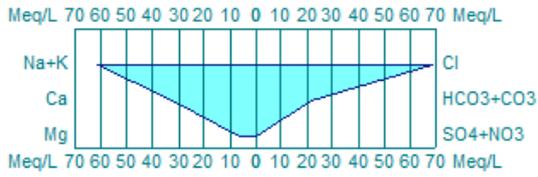




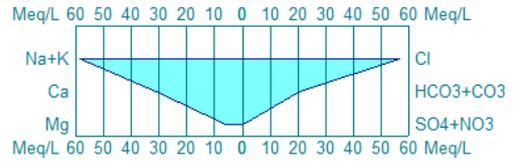


Diagramas de Stiff – Manantiales Termales Julio

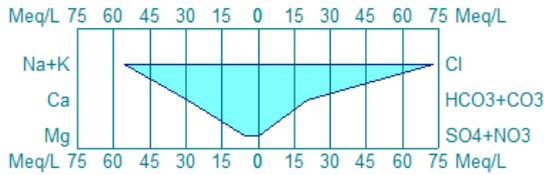
Municipal de Ixtapan



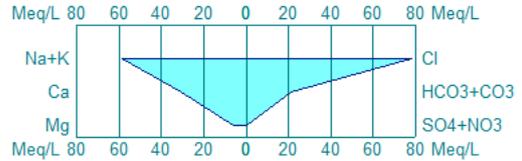
Municipal Tonatico



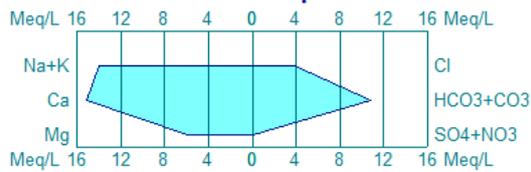
Ixtamil



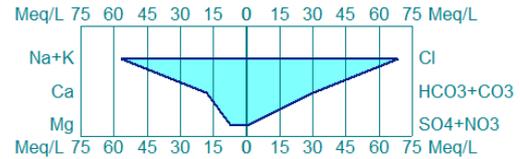
Laguna verde



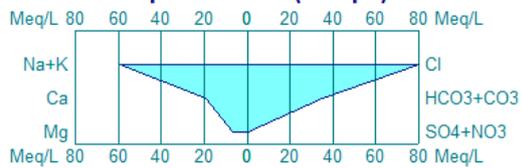
Los Bañitos Apaxco



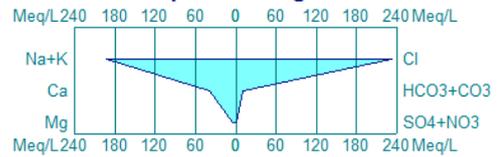
Ixtapan del Oro Alberca



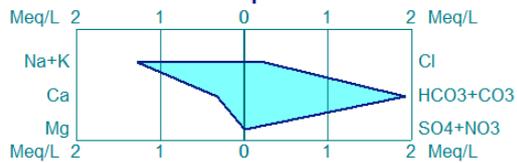
Ixtapan del Oro (Palapa)



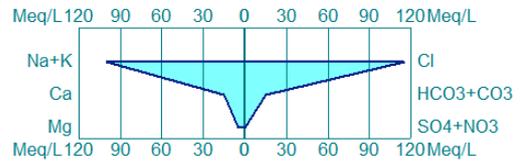
Ixtapan San Miguel



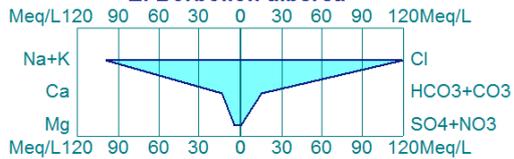
Sultepec



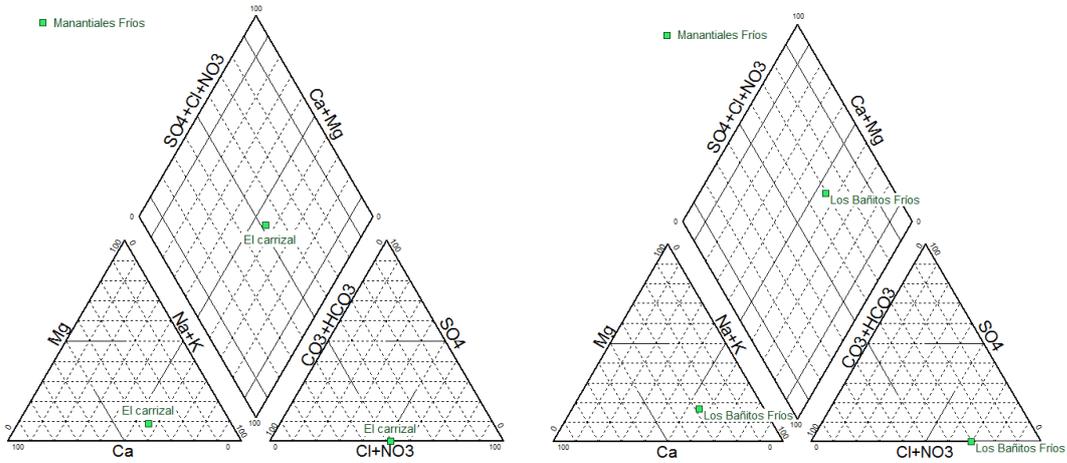
El Borbollón río



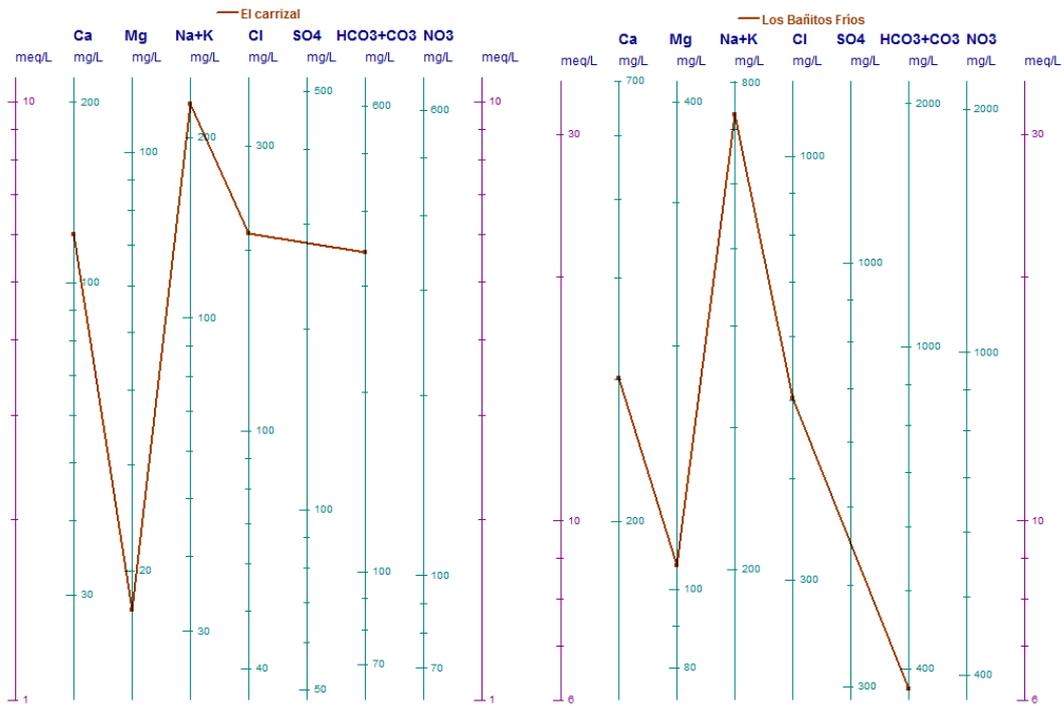
El Borbollón alberca



Diagramas de Piper – Manantiales Fríos Julio



Diagramas de Schoeller – Manantiales Fríos Julio



Diagramas de Stiff – Manantiales Fríos Julio

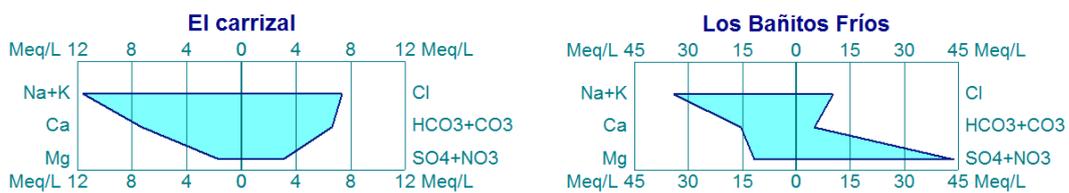


Diagrama de Piper – Balneario Julio

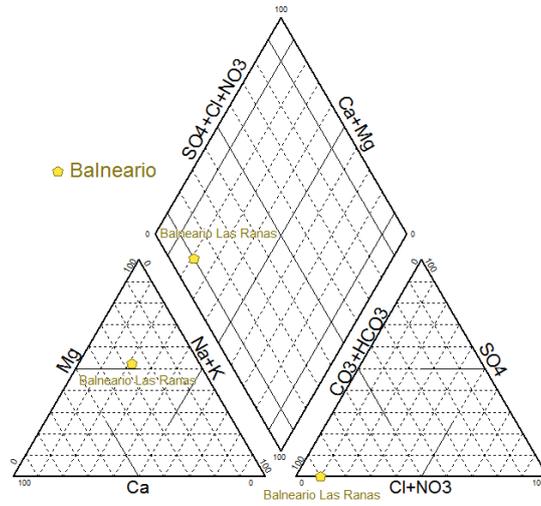


Diagrama de Schoeller – Balneario Julio

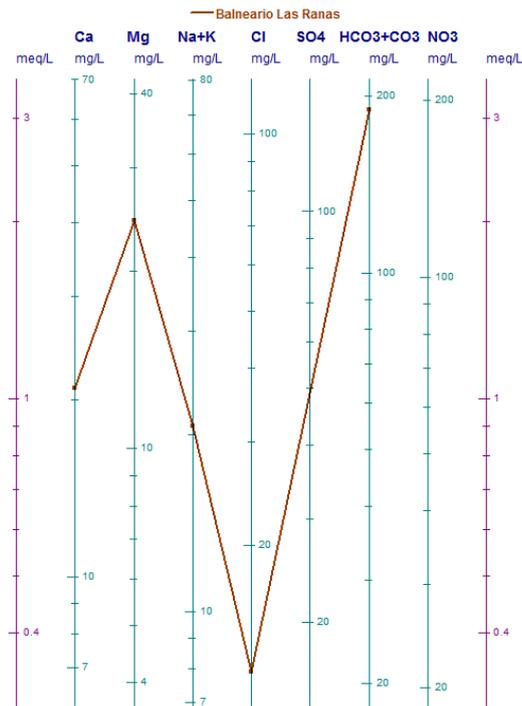


Diagrama de Stiff – Balneario Julio

