



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA BASE DE DATOS
GEOESPACIAL PARA EL ANÁLISIS DE
CONFLICTOS SOCIO-AMBIENTALES DERIVADOS
DE LA OPERACIÓN DE INDUSTRIAS CEMENTERAS
EN MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LIC. EN GEOINFORMÁTICA

P R E S E N T A:

MARÍA DE LOS ANGELES HERNÁNDEZ URIBE



**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. BRISA VIOLETA CARRASCO GALLEGOS**

**REVISORES DE TESIS:
MTRO. ALFREDO ESTRADA RAMÍREZ
DR. ALFONSO LEONARDO RAMOS CORONA**

2019

AGRADECIMIENTOS

Al lograr concluir este trabajo que me llevó más tiempo del previsto inicialmente, agradezco a mis padres, en primera instancia, por esperar y alentarme a concluir este proyecto, pero principalmente, por darme la oportunidad de poder obtener mis estudios universitarios en mi ahora alma máter.

A mis amigos y colegas que me apoyaron en los temas desconocidos, que me representaron desafíos nuevos y retadores, pero que, con su paciencia, experiencia, y ánimos, se alcanzaron solucionar, gracias Dave, Delia, Ely, Sara.

A mis profesores que ya fuesen de mi comité, o no, me apoyaron a aterrizar ideas, proponer nuevas, trazar límites, innovar desarrollos, resolver dudas, facilitar datos, en fin. Muchas gracias por acompañarme en mi trayecto como alumna universitaria.

Contenido

Introducción	8
Justificación	8
Objetivos.....	9
General.....	9
Específicos	9
Planteamiento del Problema	10
CAPÍTULO 1	11
1.1 La Ciencia Geográfica y las Bases de Datos.....	12
1.1.1 Ciencia Geográfica	12
1.1.2 Principios de la Geografía.....	13
1.1.3 Datos e información geográfica.....	14
1.1.4 Las BD en la Geografía.....	16
1.1.4.1 Bases de Datos	16
1.2 Bases de Datos Geoespaciales	17
1.2.1 Bases de Datos.....	17
1.2.1.1 Historia de Bases de Datos.....	17
1.2.1.2 Modelos de BD	19
1.2.2 Sistema Gestor de Bases de Datos	21
1.2.2.1 Componentes de un SGBD.....	24
1.2.3 Diseños de la Base de Datos	25
1.2.4. Bases de Datos Geoespaciales	26
1.2.4.1 Ventajas de las BDG	28
1.2.4.2 Sistemas Gestores de BDG.....	29
CAPÍTULO 2.....	31
2.1. Análisis de requerimientos.....	33
2.1.1 Identificación de la problemática.....	33
2.2. Diseño Conceptual: Modelo Entidad-Relación.....	34
2.2.1 Entidades.....	34
2.2.2 Atributos.....	35
2.2.3 Relaciones.....	36
2.2.4 Restricciones.....	36

2.3. Diseño lógico.....	38
2.3.1 Transformación de Entidades.....	39
2.3.2 Transformación de Interrelaciones.....	39
2.3.2.1 Relación 1:n.....	39
2.3.2.2 Relación 1:1	40
2.3.2.3 Relación m:n.....	41
2.4. Diseño físico.....	42
2.4.1 Sistema Gestor de la Base de Datos	43
2.4.2 Carga de datos	44
2.5. Mantenimiento.....	44
2.6. Acceso y explotación de la BDG.....	45
CAPÍTULO 3.....	46
3.1 Análisis de requerimientos	47
3.1.1 Identificación de la problemática	47
3.1.2 Recopilación de datos.....	48
3.1.2.1 Búsqueda de fuentes de información.....	48
3.1.2.2 Datos Espaciales y no espaciales.....	52
3.1.3 Tratamiento de datos	53
3.1.3.1 Estandarización, homologación, extracción	53
3.2 Modelo Entidad-Relación.....	57
3.2.1 Software para el diagrama E-R	58
3.2.2 Entidades.....	59
3.2.3 Atributos.....	60
3.2.4 Relaciones y Restricciones.	63
3.2.5 Resultado.....	64
3.3 Diseño lógico	66
3.3.1 Software DBDesigner.....	66
3.3.2 Transformación de Entidades	67
3.3.3 Transformación de Interrelaciones.....	71
3.3.3.1 Relación 1:n	71
3.3.3.2 Relación 1:1	72
3.3.3.3 Relación m:n.....	72

3.3.4 Resultado	72
3.4 Modelo Físico.....	74
3.4.1 SGBD PostgreSQL.....	74
3.4.2 Carga de Datos.....	75
3.5 Mantenimiento	77
3.6 Acceso y Explotación	77
3.6.1 GIS	78
3.6.2 Aplicación Web	107
Conclusiones	1123
Referencias.....	115

Índice de Figuras

Figura 1 Comparación entre modelos de base de datos.	2323
Figura 2 Esquema Metodológico.....	32
Figura 3 Entidad.....	34
Figura 4 Atributos.....	35
Figura 5 Relación.....	36
Figura 6 Cardinalidad.....	37
Figura 7 Interrelación 1:n	40
Figura 8 Relación 1:1, opción 1.....	40
Figura 9 Relación 1:1, opción 2.....	41
Figura 10 Relación m:n	42
Figura 11 Sitio web de INEGI.....	49
Figura 12 Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes.....	50
Figura 13 Repositorio Institucional	51
Figura 14 Bases de Datos del RI.....	51
Figura 15 Marco Geoestadístico Nacional (Descarga)	52
Figura 16 Tratamiento de Datos.....	54
Figura 17 Verificar falta de sistema de coordenadas.....	55
Figura 18 Definición de sistema de coordenadas	56

Figura 19 Verificación de sistema de coordenadas	57
Figura 20 Herramientas del software	59
Figura 21 Entidades resultantes.....	60
Figura 22 Atributos de la entidad Estado.....	60
Figura 23 Atributos de la entidad Municipios	61
Figura 24 Atributos de la entidad Cementeras	61
Figura 25 Atributos de la entidad Contaminantes	62
Figura 26 Atributos de las entidades de Censos de 1990 al 2015.....	63
Figura 27 Modelo Entidad-Relación	65
Figura 28 Ventana del software de apoyo	67
Figura 29 Llenado de datos.....	68
Figura 30 Tabla Estados	68
Figura 31 Tabla Municipios	69
Figura 32 Tabla Cementeras.....	69
Figura 33 Tabla Contaminantes	70
Figura 34 Tablas de los Censos de 1990 al 2015	71
Figura 35 Modelo Lógico.....	73
Figura 36 PostgreSQL y PostGIS.....	75
Figura 37 BDG	76
Figura 38 Datos en la BDG	77
Figura 39 Conexión qGIS con PostGIS	738
Figura 40 Datos en software GIS	79
Figura 41 Afectación por fábrica de cemento en Ensenada	80
Figura 42 Afectación por fábrica de cemento en Torreón.....	81
Figura 43 Afectación por fábricas de cemento en Tecomán	82
Figura 44 Afectación por fábrica de cemento en Guadalajara	83
Figura 45 Afectación por fábrica de cemento en Monterrey	84
Figura 46 Afectación por fábricas de cemento en Ciudad Valles y Tamiuín	85
Figura 47 Afectación por fábricas de cemento en Sonora.....	86
Figura 48 Afectación por fábrica de cemento en Mérida	87
Figura 49 Afectación por fábrica de cemento en Tepezalá.....	88

Figura 50 Afectación por fábrica de cemento en El Barrio de la Soledad	89
Figura 51 Afectación por fábrica de cemento en Chihuahua	90
Figura 52 Afectación por fábricas de cemento en Juárez.....	91
Figura 53 Afectación por fábrica de cemento de Tlalnepantla	92
Figura 54 Afectación por fábrica de cemento en Huichapan y Santiago de Anaya	93
Figura 55 Afectación por fábrica de cemento en Atotonilco de Tula, Tula y Apaxco	94
Figura 56 Afectación por fábricas de cemento en Cuautinchán.....	95
Figura 57 Afectación por fábrica de cemento en Acapulco de Juárez	96
Figura 58 Afectación por fábrica de cemento en Macuspana	97
Figura 59 Afectación por fábricas de cemento en Zapotiltic	98
Figura 60 Afectación por fábrica de cemento en Morelos.....	99
Figura 61 Afectación por fábrica de cemento en Cerritos.....	100
Figura 62 Afectación por fábrica de cemento en Campeche	101
Figura 63 Afectación por fábrica de cemento en Palmar de Bravo	102
Figura 64 Afectación por fábrica de cemento en Ixtaczoquitlán.....	103
Figura 65 Afectación por fábrica de cemento en Apazapán	104
Figura 66 Afectación por fábrica de cemento en Ramos Arizpe y Saltillo	105
Figura 67 Afectación por fábrica de cemento en Hidalgo, Nuevo León	106
Figura 68 Acceso a la aplicación.....	108
Figura 69 Pantalla de Inicio.....	109
Figura 70 Selección de Variables.....	110
Figura 71 Selección de tema.....	110
Figura 72 Descargar consulta	111
Figura 73 Consultas de Contaminantes	112
Figura 74 Municipio con afectación	112

Índice de Tablas

Tabla 1: Visión diacrónica de la Evolución de la tecnología de las BD.....	22
--	----

Introducción

Una colección de datos es cada vez más ineludible para poder lograr comprender, en diversos enfoques, muchas de las situaciones que nos aquejan día a día. Ya que una Base de Datos aloja diversas variables que están relacionadas entre sí, conduciendo a un tema en especial.

Actualmente en la Facultad de Geografía perteneciente a la UAEMex, donde se desarrollan varios proyectos de investigación; la presente tesis va orientada a desarrollar una Base de Datos Geoespacial, donde se deposite la información existente y que se considere pertinente utilizar para el desarrollo del proyecto de investigación con financiamiento SEP-CONACyT, en la Convocatoria de Investigación Científica Básica 2014, que lleva por título: *Movimientos sociales por la defensa del territorio; Caso de los movimientos sociales en contra de la industria cementera en México, 2002-2017*. Dicho proyecto requiere para su análisis, de la existencia de datos e información estructurada, organizada y accesible para su consulta y utilización por parte de los investigadores que desarrollan el proyecto antes mencionado, por lo que esta tesis tratará de los conceptos, técnicas, importancia, etapas y resultados esperados, derivado de la generación de la BDG, que sirva de herramienta para los distintos estudios y/o análisis, que los investigadores involucrados puedan derivar de la información incluida en ella.

Justificación

El principal aporte de este trabajo es la creación e implementación, de una base de datos que contenga y almacene la información correspondiente al proyecto

“Movimientos sociales por la defensa del territorio. Caso de los movimientos sociales en contra de la industria cementera en México, 2002-2017.”

El desarrollo de esta tesis aportará un proceso estructurado para la creación de una base de datos geográfica, el cual pueda ser utilizado posteriormente por la gente interesada en la materia. La justificación del proyecto en la disciplina Geoinformática parte de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la licenciatura, sobre los sistemas computacionales aplicados al análisis espacial.

Como un extra, dicho proyecto facilitará el acceso a la base de datos a través de un prototipo de sitio web, mediante el cual se pueda consultar, manipular y descargar, en forma ágil y eficiente, la información de interés para los investigadores involucrados en el proyecto.

Objetivos

General

Implementar una Base de Datos Geográfica que de forma estandarizada, homologada y accesible; coadyuve para los análisis y el desarrollo del proyecto de investigación involucrado, “Movimientos sociales por la defensa del territorio; Caso de los movimientos sociales en contra de la industria cementera en México, 2002-2017”, atendiendo las necesidades del proyecto, y proporcionando la información los estudiosos involucrados, lista para su análisis.

Específicos

- Delimitar los datos temáticos, que se deban incluir en el repositorio.

- Generar los modelos de la BDG y comprobar su correcto funcionamiento, realizando las pruebas necesarias.
- Presentar la Base de Datos geoespacial a los usuarios finales, y ponerla a su disposición.

Planteamiento del Problema

Los investigadores participantes en el desarrollo del proyecto denominado “Movimientos sociales por la defensa del territorio” requieren de información geográfica integrada y homogénea sobre la temática abordada para estar en posibilidades de plantear, organizar y diseñar el desarrollo del proyecto en forma adecuada, no obstante, el proyecto actualmente no cuenta con repositorio de información con tales características y en el entendido de que tal situación resulta necesaria, el presente proyecto de titulación, se orienta a dar solución a esta problemática o área de oportunidad mediante la integración e implementación de una base de datos de tipo geográfico sobre el tema.

Particularmente, la información a integrar en el Repositorio de Datos Geoespaciales, observará las siguientes tres características fundamentales:

- Que se encuentre estandarizada y homogénea, situación que permita realizar análisis y comparación de la información en un mismo contexto de georreferencia.
- Que sea de fácil acceso, para dar paso a consultas de manera rápida y oportuna.
- Que se encuentre actualizada, a fin de disponer de datos efectivos para tomar decisiones.



MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

CAPÍTULO 1



1.1 La Ciencia Geográfica y las Bases de Datos

1.1.1 Ciencia Geográfica

La Geografía es considerada como la ciencia que estudia la distribución y la disposición de los elementos que ocupan la superficie terrestre. La palabra de Geografía se supone que se adoptó en el siglo II a.C. por el griego Eratóstenes dándole el significado de: “Descripción de la Tierra”. Esta ciencia comprende los estudios tanto del medio físico como la relación del humano con dicho entorno. (Microsoft Encarta, 2009).

“La geografía intenta explicar cómo las distintas sociedades, pueblos y civilizaciones han modificado los paisajes que han habitado a lo largo de la historia...” (Barrera y Palma, 2012, p. 11)

Velázquez al respecto menciona que la Geografía tiene un pasado basto, ya que, desde la más remota antigüedad, el ser humano ha tenido interacciones con el medio que lo rodea tratando de comprenderlas. La geografía entonces, centra su estudio en el análisis de los fenómenos de la superficie terrestre, haciendo énfasis en la relación hombre - naturaleza, y en la organización del espacio que ocupa el ser humano. La importancia de esta ciencia, es la trascendencia que genera, ya que a partir de ella pueden realizarse distintos tipos de análisis y estudios que arrojen resultados para comprender los problemas que aquejan a la actual sociedad y así ayudar a los tomadores de decisiones a generar soluciones. (2009, p. 9)

Sabiendo entonces que a la Geografía la describen sus tantos autores, como una ciencia mixta, integradora, interdisciplinaria, etc., se divide en dos grandes ramas, a las que el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), describe

como la *Geografía Física*, que atribuye como los hechos que se originan sin la intervención de los seres vivos, por lo que es la naturaleza la que se encarga de ellos, por lo que se delega del estudio de la materia en la superficie terrestre; así como la *Geografía humana* o social, que determina como objeto de estudio al hombre en tres principales aspectos: social, política y económicamente, pues los hechos que se presentan son en virtud de la acción del hombre, quien es el ser más cambiante de la superficie de la tierra. (2016).

1.1.2 Principios de la Geografía

El estudio y acción de la ciencia mencionada se rige bajo normas o principios generados por diversos personajes, que permiten realizar una investigación eficiente de los hechos o fenómenos geográficos. Difieren estos principios, según el autor, aunque coinciden que cinco son fundamentales.

En este contexto, Velázquez menciona que esta ciencia basa sus estudios en la idea central de su concepto, retomando las ideas del geógrafo francés Emmanuel D'Martone, considerado como padre de la geografía moderna, de la que se desprenden 5 grandes principios básicos, que se consideran como la *Metodología Geográfica* y que se describen a continuación:

- El principio de la *Localización*, formulado por el geógrafo alemán Friedrich Ratzel, que consiste en ubicar el lugar exacto de un hecho o fenómeno geográfico tomando en cuenta aspectos espaciales, duración y alcance.

- La *Causalidad*, descrito por Alexander Von Humboldt, como aquél que investiga las causas que producen un fenómeno geográfico determinado y a su vez, éste le otorga carácter científico a la geografía.
- La *Relación*, extendido por Jean Brunhes, quien la menciona como quien busca la correlación existente entre los fenómenos y hechos físicos, bióticos y sociales que se producen en un lugar y los que ocurren en otros sitios de la Tierra.
- A la *Evolución*, que la describe también Jean Brunhes, menciona a este principio como la dinámica y la variación continua de los eventos naturales y sociales, teniendo como agente transformador al hombre o a la naturaleza.
- Por último, está el principio de la *Descripción*, formulado por Karl Von Ritter y Paul Vidal de la Blache, que lo describen como la el elemento que permite descubrir las características, así como la acumulación de informaciones, para su posterior análisis del objeto a estudiar. (2009, p. 22)

1.1.3 Datos e información geográfica

Gutiérrez define a los datos como los hechos que describen sucesos y entidades, que son comunicados por varios tipos de símbolos tales como las letras del alfabeto, números, movimientos de labios, puntos y rayas, señales con la mano, dibujos, etc., (s/f, p. 4). Para Madrid y Ortiz citan en su obra, que la real academia de la Lengua (1995), define al dato como un antecedente necesario para formar una idea de una cosa o deducir las consecuencias de un hecho, o bien, que puede ser

la herramienta para describir cualquier fenómeno (o idea) que parezca tener un valor suficiente para ser formulado y fijado con precisión”. (2005, p. 25).

Según Bosque, específicamente en la ciencia de la geografía, dice que los datos son antecedentes seleccionados para entender una idea, en este caso un fenómeno geográfico, y/o deducir su distribución y consecuencias, tienen dos características particulares. La primera de ellas consiste en hacer parte de una observación o soporte (unidad de observación, objeto geográfico, individuo) que tiene una posición espacial definida; y la segunda consiste en que dicho dato tiene la posibilidad de presentarse como una variable o atributo temático, “es decir que los objetos espaciales están dotados de propiedades intrínsecas las cuales se pueden medir”. (1997)

Madrid y Ortiz señalan que los datos son inherentes al análisis espacial, por lo que permiten identificar y caracterizar los componentes del *espacio*, y permiten someterse a un tratamiento adecuado para construir esquemas del funcionamiento espacial. Bosque aporta que se puede especular a los datos desde 3 perspectivas por el componente espacial, donde se permiten realizar análisis estadístico, análisis para estudiar sus características geométricas puras y la tercera busca integrar los dos anteriores. (1997)

Gutiérrez menciona que la importancia de los datos radica en su capacidad de someterse a contextos o procesos para convertirse en *información*, a la que describe como una colección de hechos significativos y pertinentes, para el organismo u organización que los percibe. O bien es un conjunto de datos significativos y pertinentes que describan sucesos o entidades. (s/f, pp. 4-5)

Como lo menciona Manso, los datos geográficos (espaciales), que se pueden visualizar, manipular y analizar, que posee un atributo espacial definido por coordenadas (location), y se distingue por dos características principales, que posee distintos CRS, pero se pueden integrar, y posee distintas niveles, propósitos y simbologías, (2010, párr. 3).

1.1.4 Las BD en la Geografía

1.1.4.1 Bases de Datos

Las Bases de Datos han pasado por distintos procesos a través del tiempo, por lo que han recibido distintas atribuciones, componentes, y definiciones, las cuales varían por el autor que las mencione.

Una base de datos es una estructura de datos que almacena información organizada, organizándose de distintas formas. (TechTerms, 2016, párr. 1)

Para Camps et. al., una Base de Datos puede verse como un conjunto de ficheros interrelacionados como estructuras complejas, que comparten procesos simultáneamente. (2005, pp. 7-8)

Al respecto Olaya menciona que una BD puede ser entendida como un conjunto de datos estructurados y almacenados de forma sistemática con objeto de facilitar su posterior utilización. (2010, p. 182)

Las bases de datos son un elemento fundamental en el entorno informático hoy en día y tienen aplicación en la práctica totalidad de campos... En nuestro ámbito particular..., los datos son cada día más voluminosos, debido no solo a una mayor cantidad de información, sino también a una mayor precisión en esta, la cual implica un mayor volumen de datos. Además, presentan otra serie de características (uso

múltiple, necesidad de acceso eficiente para análisis, necesidad de indexación, etc.), haciendo de todas ellas que sea recomendable el uso de bases de datos y tecnologías específicas para su manejo... El uso de las Bases de Datos, hoy en día representan una parte clave para la gestión de los datos geográficos, en especial dentro del marco de proyectos de cierta envergadura, que cada vez son más exigentes y modernos. (Olaya, 2010, p. 181)

1.2 Bases de Datos Geoespaciales

1.2.1 Bases de Datos

1.2.1.1 Historia de Bases de Datos

Alrededor de 1884 Herman Hollerit (1860-1929), quien es considerado como el primer ingeniero estadístico, inventó una computadora a quien llamó “Máquina Automática Perforadora de Tarjetas”, que tenía como fin resguardar y obtener datos del censo de 1880 de Estados Unidos de América. Esta máquina usaba sistemas mecánicos para procesar y tabular los datos. La mecánica era, que por cada perforación en la tarjeta representaba un número, y por cada dos, una letra. Ya que estaba compuesta por una lectora automática, que leía los orificios de las tarjetas y una perforadora que buscaba los orificios y al tocar las agujas la base de mercurio, enviaba los datos a la máquina. Este invento aumentó totalmente la visión del desarrollo de la tecnología. (Gutiérrez, s/f, p. 6)

En la década de 1950 y principios de la de 1960, se desarrollaban las cintas magnéticas que se utilizaban para el almacenamiento de datos, es decir una mejora de las tarjetas magnéticas. Posteriormente aquellos procesamientos de datos,

fueron automatizados, almacenando esta información en las cintas magnéticas. Este proceso consistía en leer los datos de una o más cintas y escribirlos en una nueva cinta. Los datos podían introducirse desde paquetes de tarjetas perforadas e impresos. Las tareas como las nóminas y aumentos de sueldos se automatizaron con este proceso.

A principios de 1970, se utilizaban discos fijos, los cuales cambiaron el procesamiento de los datos, ya que con estos discos se permitía el acceso directo a ellos librándose de la secuencialidad. Con esta herramienta se permitió el desarrollo de nuevos tipos de bases de datos que tuvieran la capacidad de almacenarse en los discos, permitiendo a los programadores que pudieran construir y manipular las estructuras de datos. Un acontecimiento relevante fue la participación de Edgar Frank Codd quien definió las bases del modelo relacional, dando nacimiento a las bases de datos *relacionales*.

En la siguiente década el modelo de Codd tuvo complicaciones para poder competir con los otros. Es cuando entonces IBM desarrolla un proyecto con el cual hizo que las bases de datos relacionales compitieran con las anteriores incluso en el área del rendimiento. La competencia entre los modelos de las bases de datos, gana el reinado supremo entre todos los modelos de datos, el modelo relacional, por su facilidad de uso y su rendimiento.

Para 1990, llega el lenguaje SQL (Structured Query Language), que se diseñó para las aplicaciones de ayuda a la toma de decisiones, que son intensivas en consultas. En esta década también llega la introducción de los productos de bases de datos relacionales orientadas a objeto. A finales de estos años, el acontecimiento explosivo es la llegada de World Wide Web, puesto que las bases de datos se

implantaron mucho más extensivamente que nunca antes, y los Sistemas de Bases de datos tuvieron interfaces web a los datos. (Silberschatz y otros, 2002, pp. 13-14)

En la actualidad, existen un sin número de plataformas para resguardar información, una de las tendencias más amplias, son las BD que cumplan con el protocolo de Open Archives Initiative – Protocol for Metadata Harvesting (OAIPMH), el cual permite el almacenamiento de una gran cantidad de elementos, que permiten mayor visibilidad, acceso y manejo de manera distribuida. Existen también muchas otras tendencias de las bases de datos modernas, así como nuevos tipos, orientados a usuarios específicos e incluyendo la globalización cada vez más. (Gutiérrez, s/f, p. 8)

1.2.1.2 Modelos de BD

En función de la estructura utilizada para construir una BD existen diferentes modelos de bases de datos, que definen paradigmas de almacenamiento, que establecen como se estructuran los datos y las relaciones que existen entre ellos, así como las operaciones de la BD. (Olaya, 2010, p. 182)

Camps et. al., por su lado, menciona que “El conjunto de componentes o herramientas conceptuales que un Sistema Gestor de Bases de Datos proporciona para modelar recibe el nombre de *modelo de BD*.” (2005, p. 29)

En cuanto a Silberschatz y colaboradores, un modelo de datos es una colección de herramientas conceptuales para describir los datos, las relaciones, la semántica y las restricciones de consistencia. (2002, p. 5)

En el entendido de que los autores, anteriormente mencionados, concuerdan con la escancia del modelo de las BD, es Camps et. al., quien menciona en su obra, que todos los modelos de BD, proporcionan tres tipos de herramientas, que son:

- Estructuras de Datos.
- Restricciones o reglas de integridad
- Operaciones (2005, p. 29)

Olaya menciona los modelos más habituales, así como una comparación esquemática entre ellos (Ver Figura1):

- Modelo Jerárquico, en el que los datos se recogen mediante una estructura basada en nodos interconectados. Cada nodo puede tener un único padre y cero, uno o varios hijos. La estructura que se crea es en forma de árbol invertido en el que todos sus nodos dependen de uno sólo, llamado raíz. Aunque se considera potente, presenta algunas carencias, como la poca independencia de sus registros y la abundante redundancia de datos.
- Modelo en Red, que soluciona el problema de la redundancia de datos del modelo anterior, pues permite la aparición de ciclos en la estructura de la BD. Aunque solucionó el problema del modelo jerárquico, el gran problema de este modelo es su complejidad, por lo que lo hace difícil de administrar.
- Modelo Relacional, siendo el modelo de bases de datos más utilizado en la actualidad, le dio solución a los problemas de los modelos anteriores, ya que el esquema que utiliza se basa en tablas que contienen campos y registros, lo que le da una estructura y acceso eficiente y clara.

- Modelo Orientado a Objetos, siendo uno de los modelos más actuales, se deriva como su nombre lo dice, de la POO. Este modelo expande las capacidades del modelo Relacional, de tal modo que estas pueden contener objetos, lo que permite integrar fácilmente su propia arquitectura. En el contexto de los SIG la fama de este modelo está en aumento, puesto que resulta más ventajoso que el modelo relacional.

Gómez et. al., clasifica y ordena los modelos de Bases de Datos diacrónicamente en su obra (Ver tabla 1), retomando los que Olaya mencionó con anterioridad, agregando también otros componentes que explican. (Ver imagen 1).

1.2.2 Sistema Gestor de Bases de Datos

En los inicios de las BD, el software de gestión de ficheros era demasiado elemental para satisfacer todas las necesidades que se tenían anteriormente. La utilización de estos conjuntos de ficheros por parte de los programas de aplicación era excesivamente compleja, de modo que, especialmente durante la segunda mitad de los años setenta, fue saliendo al mercado *software* más sofisticado: los *Data Base Management Systems*, que denominamos Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD). (Camps et. Al., 2005, p. 8)

Gutiérrez por su parte define a los DBMS, como los “programas que permiten almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada” (s/f, p. 3)

Tabla 1. Visión diacrónica de la Evolución de la tecnología de las BD.

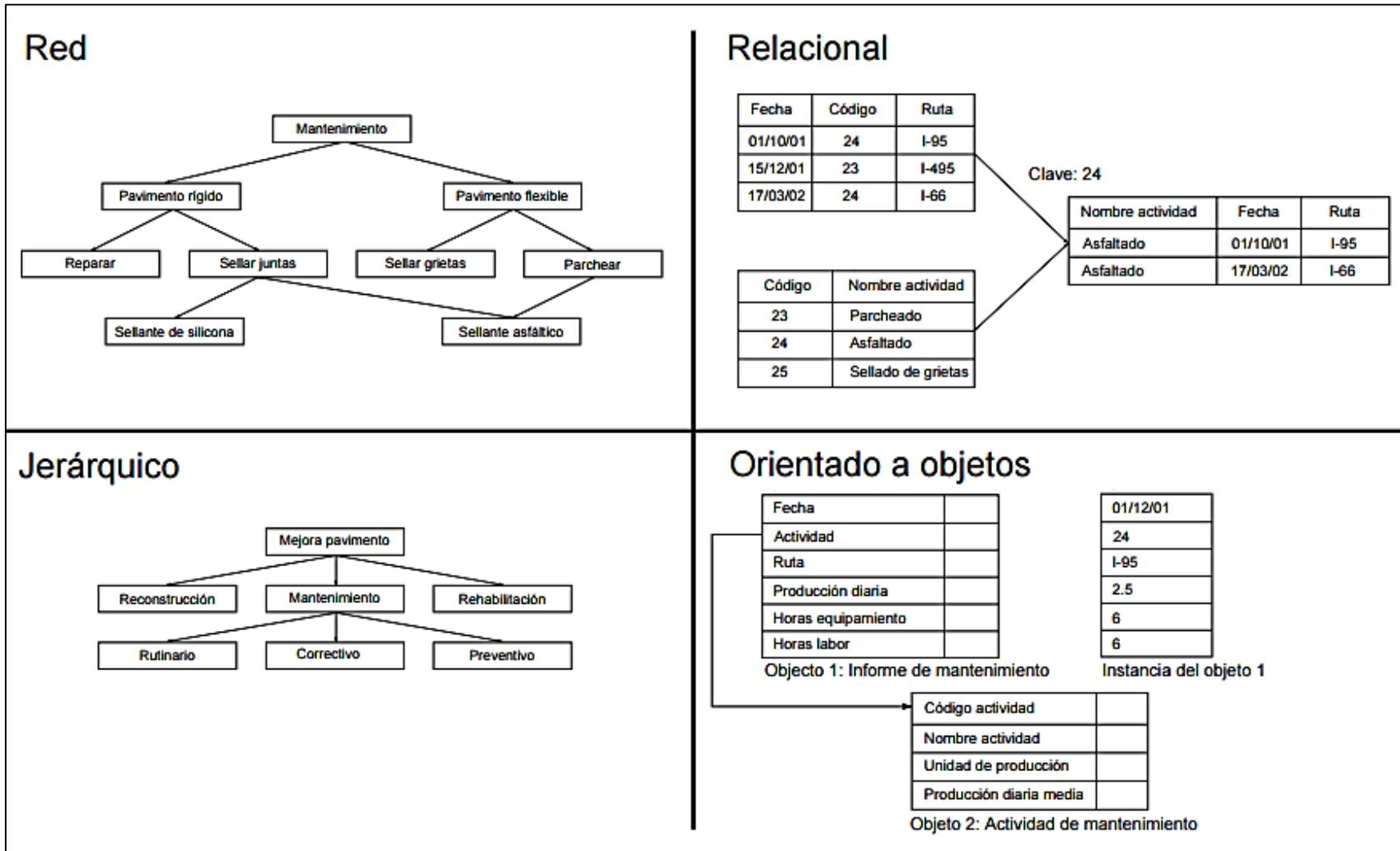
	1ª generación (Desde mediados de los 40 a mediados de los 50)	2ª generación (Desde mediados de los 50 a mediados de los 60)	3ª generación (Desde mediados de los 60 a mediados de los 70)	4ª generación (Desde mediados de los 70 a mediados de los 80)	5ª generación (Desde mediados de los 80 a mediados de los 90)
Modelos de datos			<ul style="list-style-type: none"> • Modelo jerárquico • Modelo red 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo relacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos semánticos. • Modelos Orientados a Objetos
Dispositivos de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Programas + datos • tarjetas perforadas • Cintas magnéticas (1945) 	<ul style="list-style-type: none"> • Discos magnéticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Tambores • SGI • Discos 		
Acceso de datos	Ficheros secuenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Ficheros de a. directo • Ficheros indexados • Ficheros hash 	<ul style="list-style-type: none"> • Ficheros integrados • Ficheros invertidos • Ficheros secuencial-indexado 		
Avances destacados de la generación	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de datos apoyado en aplicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Integración de información • Independencia de datos • SGBD prerelacionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de gestión de bases de datos relacionales 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de gestión de bases de datos postrelacionales 	

Fuente: Elaboración propia a partir de la Evolución de la tecnología según Gómez y colaboradores.

Silberschatz y compañía, menciona que “un SGBD consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. Éstos a su vez deben de proporcionar la fiabilidad de la información almacenada, a pesar de las caídas del sistema o intentos de acceso sin autorización” (2002, p. 1)

Olaya por su parte, considera que son sistemas que representan un elemento intermedio entre los propios datos y los programas que van a hacer uso de ellos, facilitando las operaciones a realizar sobre ellos. Un SGBD debe de perseguir los siguientes objetivos que se muestran en la Tabla 1.

Figura 1. Comparación entre modelos de base de datos.



Fuente: Olaya, 2010, p. 186.

- Acceso transparente a los datos
- Protección a los datos
- Eficiencia
- Gestión de transacciones. (2010, pp. 190-191)

1.2.2.1 Componentes de un SGBD

Como todo sistema, éste contiene, según Hernández cinco componentes: el Hardware, Software, Datos, Procedimientos y Personas. El primer componente mencionado, hace referencia a la plataforma física donde se va a ejecutar el SGBD. El segundo hace referencia al propio SGBD, los programas de aplicación y el Sistema operativo. El tercer elemento se considera como el componente más importante de un entorno SGBD, ya que es el puente entre los componentes ligados a la máquina y a los usuarios. El cuarto elemento son las instrucciones y reglas que gobiernan el diseño y utilización de la BD, así como las reglas de negocio que pueden verse como las políticas, normas, operaciones, definiciones y restricciones presentes en una organización y que son de vital importancia para alcanzar los objetivos misionales. Por último, pero no menos importante, el quinto componente se entiende que son las personas o más bien los usuarios que van a desempeñar roles o funciones dentro del SGBD. (2013)

Cruz, añade que el quinto componente, se divide en 3 tipos, que son primero el Programador de aplicaciones, que se encarga de escribir programas para el manejo de la DB usando un lenguaje de alto nivel, después está el Usuario final, que es quien utiliza un lenguaje de comandos de aplicación, y por último está el

responsable de definir las políticas y normas de acceso a la BD, el Administrador de la BD. (s/f, p. 9)

1.2.3 Diseños de la Base de Datos

Los diseños de las BD, se interpretan en 3, el diseño conceptual, el diseño lógico y el diseño físico. Las fases del diseño como lo contempla Silberschatz y compañía, mencionan que un modelo de datos de alto nivel sirve al diseñador de la base de datos para proporcionar un marco conceptual en el que se especifica de forma sistemática los requisitos de datos de los usuarios de la base de datos que existen, y cómo se estructurará la base de datos para completar estos requisitos. Siendo esta la fase inicial del diseño de bases de datos, caracteriza completamente las necesidades de datos esperadas por los usuarios de la base de datos. El resultado de esta fase es una especificación de requisitos del usuario.

A continuación, el diseñador elige un modelo de datos y, aplicando los conceptos del modelo de datos elegido, traduce estos requisitos a un esquema conceptual de la base de datos. El esquema desarrollado en esta fase de diseño conceptual proporciona una visión detallada del desarrollo. Este esquema especifica todos los conjuntos de entidades, conjuntos de relaciones, atributos y restricciones de correspondencia.

El diseñador revisa el esquema para confirmar que todos los requisitos de datos se satisfacen realmente y no hay conflictos entre sí. También se examina el diseño para eliminar características redundantes. Lo importante en este punto es

describir los datos y las relaciones, más que especificar detalles del almacenamiento físico.

El proceso de trasladar un modelo abstracto de datos a la implementación de la base de datos consta de dos fases de diseño finales. En la fase de diseño lógico, el diseñador traduce el esquema conceptual de alto nivel al modelo de datos de la implementación del sistema de base de datos que se usará. El diseñador usa el esquema resultante específico a la base de datos en la siguiente fase de diseño físico, en la que se especifican las características físicas de la base de datos. Estas características incluyen la forma de organización de los archivos y las estructuras de almacenamiento interno. (2002, p. 40)

1.2.4. Bases de Datos Geoespaciales

En el caso de las BDG, como Morales las menciona, las refiere como una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones en ambiente SIG, esta BD comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y no espaciales. (2001, p. 10) Manso por su parte describe la clasificación de los datos espaciales:

- Datos geográficos (espaciales), que se pueden visualizar, manipular y analizar, que posee un atributo espacial definido por coordenadas (location), y se distingue por dos características principales, que posee distintos CRS, pero se pueden integrar, y posee distintas escalas, propósitos y simbología.
- Datos referenciados geográficamente (no espaciales), que son aquellos que no se pueden utilizar directamente, que necesitan un procesamiento previo.

También menciona que la estructura de los datos espaciales se divide en los conceptos de Geometría, haciendo alusión a la representación espacial y la Topología que atribuye las relaciones espaciales.

La geometría, (Geometry), es el campo matemático que distingue las relaciones y propiedades de los elementos en distintas dimensiones. Cita que la OGC, define a esta estructura como una jerárquica de tipo de datos para almacenar objetos con una propiedad geométrica en una BD (2010, párr. 3).

El Modelo Geo-Relacional que menciona Manso, supone que los datos espaciales se modelan en capas, y cada una de ellas contiene un tipo de elementos, que si son distintos tipos de geometrías se clasifican en puntos, líneas o polígonos, almacenando los atributos en una BD relacional.

Es ESRI, compañía direccionada a trabajar bajo contexto GIS, quien ha desarrollado un módulo especial a quien llama *geodatabase*, a quien menciona que “En su nivel más básico, una geodatabase de ARCGIS es una colección de datasets geográficos de varios tipos contenida en una carpeta de sistema de archivos común, una base de datos de Microsoft Access o una base de datos relacional multiusuario DBMS (por ejemplo Oracle, Microsoft SQL Server, POSTGRESQL, Informix o IBM DB2). Las geodatabases tienen diversos tamaños, distinto número de usuarios, pueden ir desde pequeñas bases de datos de un solo usuario generadas en archivos hasta geodatabases de grupos de trabajo más grandes, departamentos o geodatabases corporativas a las que acceden muchos usuarios.” (2016)

El Instituto Superior del Medio Ambiente (ISM), cita que “Las bases de datos espaciales se han convertido en una alternativa a los software SIG tradicionales y

SQL es el lenguaje que utilizan los SGBD para gestionar sus bases de datos tanto alfanuméricas como espaciales.” (2016)

Jimpako, blogger reconocido y Geoinformático de profesión, quien realiza publicaciones en lo referente a conceptos espaciales, define a las Geodatabase como un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica, ya sea en archivos dentro de un sistema de ficheros o en una colección de tablas en un Sistema Gestor de Base de Datos. (2008)

1.2.4.1 Ventajas de las BDG

Algunas de las ventajas que tienen las BDG, sobre otras, menciona Jimpako, entre las más relevantes, la Gestión de Datos Centralizada, dado que todos los datos de una Geodatabase son almacenados directamente en sistemas gestores de bases de datos comerciales o en sistemas de ficheros, éstos constituyen un repositorio común y centralizado para todos los datos geográficos de una organización. (2008, párr. 1)

La edición multiusuario, que a través del mecanismo de versiones que se implementa sobre el Sistema Gestor de Bases de Datos (Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2 o Informix), es posible realizar tareas de edición multiusuario.

La Implementación de comportamiento en los elementos geográficos incluidos en la geodatabase, permite trabajar con elementos más intuitivos, ya que la definición de su comportamiento les hace más cercanos a la realidad. Otro punto a favor para las BDG, son las tecnologías COM, ya que éstas han sido desarrolladas siguiendo estándares COM, lo que permite que sea posible la integración con otros

sistemas. Por tanto, se rompe la barrera existente entre los Sistemas de Información Geográfica y el resto de sistemas de información de una organización.

En cuanto a la replicación que permite distribuir la información geográfica en dos o más geodatabases, de manera que los datos estén sincronizados. Basado en el entorno de versiones, incluye el modelo completo de la geodatabase, incluyendo topologías y redes geométricas, y puede ser usado en entornos conectados y desconectados, entre otros, que dependen del desarrollo y estructura que tenga la GDB. (2008)

1.2.4.2 Sistemas Gestores de BDG

Según Ralf Hartmut Güting, un DMBS, puede concebirlo como un sistema de base de datos espacial es un sistema de base de datos, que ofrece tipos de datos espaciales en su modelo de datos y consulta idioma. Es compatible con los tipos de datos espaciales en su aplicación, generando algoritmos de indexación, al menos espacial y eficientes para la Unión espacial. (1994)

GISMÉXICO, enlista algunas plataformas de aprovechamiento de as BDG, como lo son: Oracle Spatial: Oracle Database proporciona una plataforma (Oracle Spatial) que soporta una amplia gama de aplicaciones de cartografía automatizada y facilidades de administración de sistemas de información geográfica (SIG) para clientes que ofrecen servicios de localización inalámbrica y negocios inteligentes a partir de la geolocalización.

POSTGRES/PostGis: POSTGIS añade el soporte de objetos geográficos a la base de datos POSTGRES, permitiendo que sea utilizado como una base de datos back-end

espacial para los sistemas de información geográfica (SIG), al igual que la SDE de ESRI o la extensión espacial de Oracle. POSTGIS sigue los estándares de OPENGIS para la compatibilidad de diferentes tipos de geometrías y funciones de análisis geográfico.

MYSQL Spatial: MYSQL incorpora funciones espaciales para permitir la generación, almacenamiento y análisis de las entidades geográficas, ideal para desarrolladores de aplicaciones que desean expandirse en los sistemas de información geográfica (SIG).

SQL Server Spatial: SQL Server es uno de los gestores de base de datos utilizado para los sistemas de información geográfica (SIG), ofrece un balance adecuado entre calidad/precio de tal manera que es una excelente solución para sistemas de información. Con la llegada de SQL Server 2008 se crean dos nuevos tipos de datos los cuales son Geometry y Geography los cuales brindan las capacidades necesarias para convertirlo en una excelente alternativa geográfica.



MARCO METODOLÓGICO

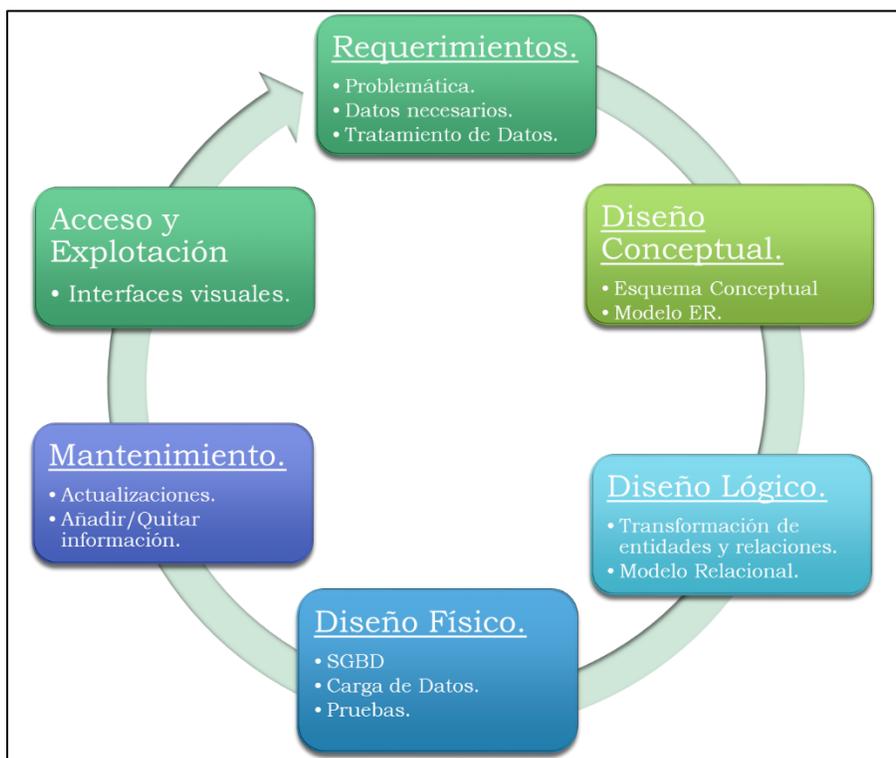
CAPÍTULO 2



RESUMEN

En este capítulo, se mencionarán de forma esquemática, y organizada, las etapas, que se retomaron a partir de la comparación y agrupación de las necesarias para la generación de una Base de Datos, según indicadas por Silberschatz, Costal y Sánchez, en sus diferentes obras, que concuerdan y se complementan entre sí. Esto para generar una metodología más completa y detallada, para cumplir el objetivo de generar la Base de Datos Geoespacial. Las etapas consideradas para el desarrollo del proyecto; en forma resumida esquemáticamente pueden apreciarse en la siguiente imagen. (Ver figura 2.)

Figura 2. Esquema Metodológico.



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El esquema metodológico, muestra en manera simplificada los pasos a seguir para lograr el objetivo del proyecto.

2.1. Análisis de requerimientos.

Esta etapa, es fundamental, ya que como Silberschatz lo menciona, “la especificación inicial de los requisitos de usuario se puede basar en entrevistas con los usuarios de la base de datos y en el análisis propio del diseñador del desarrollo. La descripción que surge de esta fase de diseño sirve como base para especificar la estructura conceptual de la base de datos.” (2002, 41) Se verá que el diseñador de bases de datos necesita un buen entendimiento del cliente para la toma de futuras decisiones. (2002, 40)

2.1.1 Identificación de la problemática.

La problemática o temática se va a identificar con la ayuda de los encuentros o entrevistas con el cliente, puesto es quien debe de plantear lo que se necesita. “La fase inicial del diseño de bases de datos, por tanto, es caracterizar completamente las necesidades de datos esperadas por los usuarios de la base de datos. El resultado de esta fase es una especificación de requisitos del usuario.” (Silberschatz, 2002)

A continuación, el diseñador elige un modelo de datos y, aplicando los conceptos del modelo de datos elegido, traduce estos requisitos a un esquema conceptual de la base de datos. (Silberschatz, 2002, 40)

2.2. Diseño Conceptual: Modelo Entidad-Relación.

Este modelo refiere a los modelos lógicos basados en objetos, éste se basa en una percepción del mundo real que consta de una colección de objetos básicos.

El modelo de datos entidad-relación (E-R) está basado en una percepción del mundo real que consta de una colección de objetos básicos, llamados entidades, y de relaciones entre estos objetos. La estructura mediante se puede expresar un diagrama entidad-relación, por sus siglas E-R, consta de los siguientes componentes que se etiquetan con la entidad o relación que representa. (Silberschatz, 2002)

2.2.1 Entidades

Silberschatz, menciona que una entidad es una *cosa* u *objeto* en el mundo real que es distinguible de todos los demás objetos. (2002, 19). Costal, sin embargo, indica que por entidad entendemos un objeto del mundo real que podemos distinguir del resto de objetos y del que nos interesan algunas propiedades Las entidades en el modelo E-R se representan en rectángulos, con el nombre de la entidad dentro de la forma. (Costal, 2005, 13) (Ver figura 3)

Figura 3. Entidad.



Fuente: Elaboración propia.

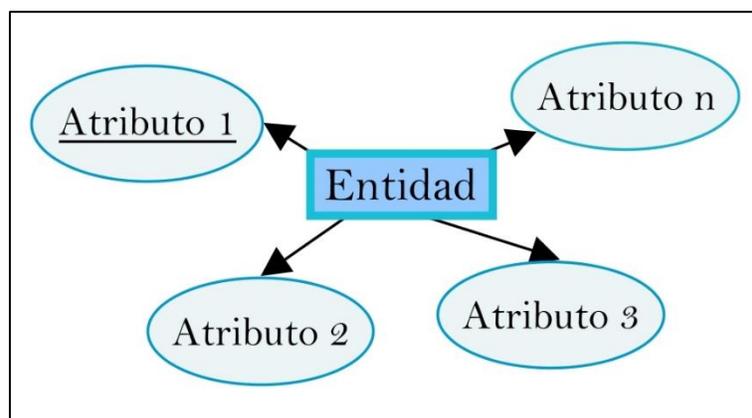
2.2.2 Atributos

Una entidad se representa mediante un conjunto de atributos. Los atributos describen propiedades que posee cada miembro de un conjunto de entidades.

La designación de un atributo para un conjunto de entidades expresa que la base de datos almacena información similar concerniente a cada entidad del conjunto de entidades; sin embargo, cada entidad puede tener su propio valor para cada atributo. (Silberschatz, 2002, p. 5).

Camps menciona que una entidad debe ser distinguible del resto de objetos del mundo real. Esto hace que para toda entidad sea posible encontrar un conjunto de atributos que permitan identificarla. Este conjunto de atributos forma una clave principal (llamada también primaria), es decir, un atributo que permita distinguirla del resto. Se debe de elegir una clave primaria y se representa subrayada como se ve en la figura 4 para distinguirla del resto de las claves. (2005, p. 12)

Figura 4. Atributos.



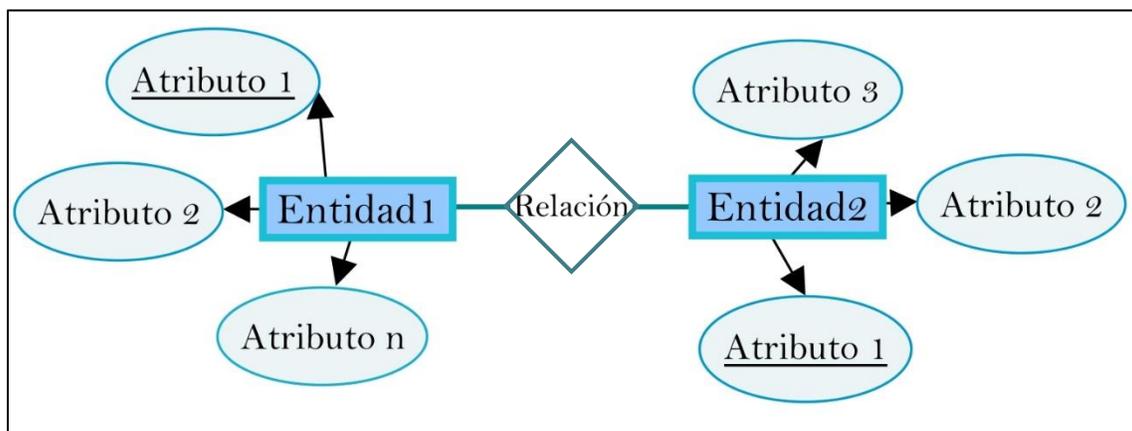
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Ejemplos de los atributos que pertenecen a una entidad.

2.2.3 Relaciones.

Una relación es una asociación entre diferentes entidades según Silberschatz y colaboradores (2002, 21). Estas interrelaciones se representan en los diagramas del modelo ER mediante un rombo. (Ver figura 5). Junto al rombo o dentro de él, se indica el nombre de la interrelación. (Camps, 2005, 24)

Figura 5. Relación.



Fuente: Elaboración propia.

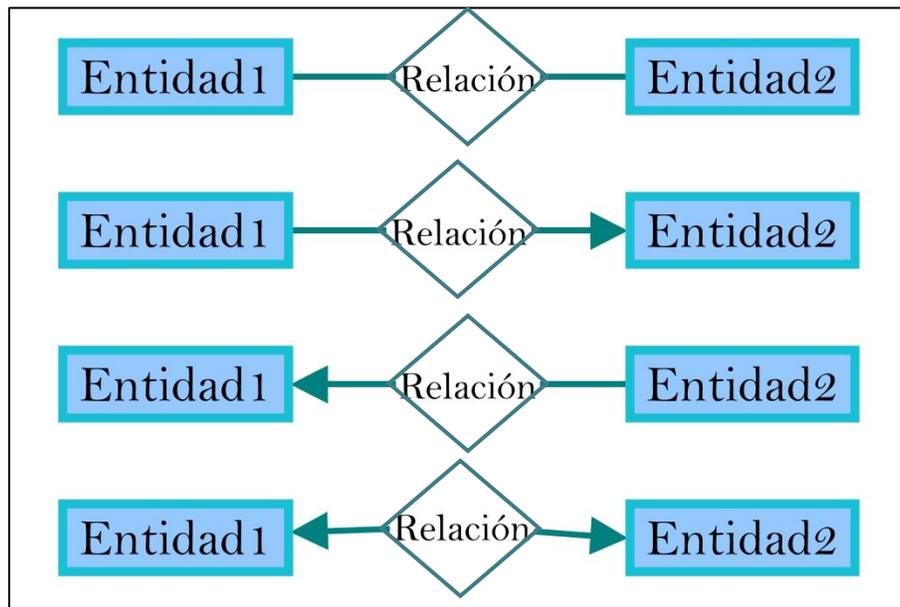
2.2.4 Restricciones.

Para Silberschatz y colaboradores, en un esquema de desarrollo E-R puede definir ciertas restricciones a las que los contenidos de la base de datos se deben adaptar. Los autores mencionan que existen cuatro tipos de cardinalidades, (ver figura 6) que se enlistan a continuación:

- *Uno a uno.* Una entidad (1a), se asocia con una entidad (1b), y una entidad (1b) se asocia con una entidad (1a). Se muestran sólo líneas.

- *Uno a varios*. Una entidad (1) se asocia con cualquier número de entidades (n) y una entidad (n), se puede asociar con una entidad (1). Se muestra una línea con flecha del lado de la entidad *n*.
- *Varios a uno*. Una entidad en (n) se asocia con una entidad (1). Una entidad en (n), sin embargo, se puede asociar con cualquier número de entidades (1). Se muestra una línea con flecha del lado de la entidad *n*.
- *Varios a varios*. Una entidad (n), se asocia con cualquier número de entidades (n), y viceversa. Se muestra una línea con flecha de ambos lados de la línea de la relación. (2002, 23)

Figura 6. Cardinalidad.



Fuente: Elaboración propia.

Este modelo es el primer resultado de la Base de Datos, pues es el primer esquema que se concibe del repositorio, con los espacios necesarios y las variables que contemplará, así como las interacciones que tendrán entre sí.

2.3. Diseño lógico.

En esta fase, se traduce el esquema conceptual de alto nivel al modelo de datos de la implementación del sistema de base de datos que se usará. El diseñador usa el esquema resultante específico a la base de datos en la siguiente fase del diseño restante. (Silberschatz, 2002, 5)

Este diseño consta en transformar las entidades, quienes, dependiendo de sus argumentos y relaciones, se representarán en tablas, que se simbolizan gráficamente como una estructura rectangular formada por filas y columnas. Cada columna almacena información sobre una propiedad determinada de la tabla (se le llama también atributo). Cada fila posee una ocurrencia o ejemplar de la instancia o relación representada por la tabla (a las filas se las llama también tuplas). (Sánchez, 2004, 12)

Blázquez menciona que “los campos de una tabla de una base de datos son fundamentales para guardar la información de manera completamente estructurada y ordenada.” Es decir, definir las, características y aspectos que se deben de tomar en cuenta para poder procesar cada uno de los elementos a incluir en el repositorio, es fundamental. (2014, 2)

Tanto para entidades, como para relaciones que existen en la base de datos, existe una única tabla a la que se asigna el nombre del conjunto de entidades o del conjunto de relaciones correspondiente. Cada tabla tiene varias columnas, cada una de las cuales tiene un nombre único. (Silberschatz, 2002, 43)

2.3.1 Transformación de Entidades.

Silberschatz considera que una entidad con los atributos descriptivos se representa mediante una tabla llamada del mismo nombre de la entidad con n columnas distintas, cada una de las cuales corresponde a uno de los atributos de la entidad. (2002, 43)

Según Sánchez las entidades del modelo Entidad-Relación son transformadas al modelo relacional siguiendo estas instrucciones: (Sánchez, 2004, 17)

- Las entidades pasan a ser tablas
- Los atributos pasan a ser columnas.
- Los identificadores principales, pasan a ser claves primarias
- Los identificadores candidatos o secundarios, pasan a ser claves candidatas o foráneas.

2.3.2 Transformación de Interrelaciones.

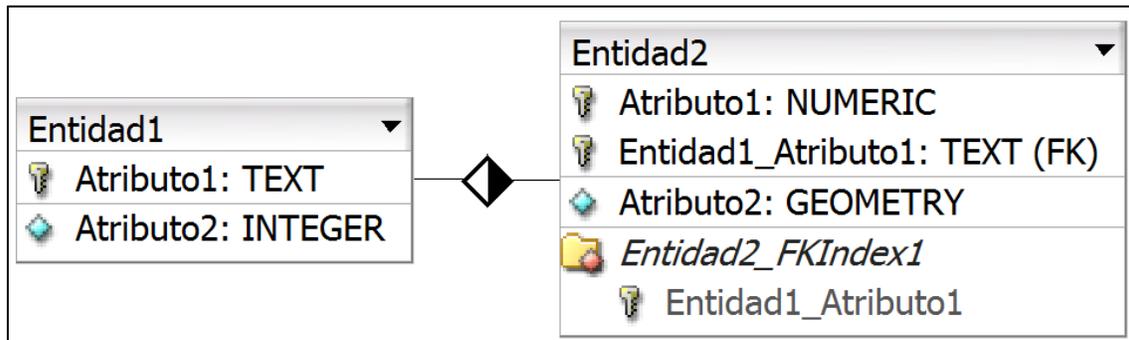
En cuanto a la transformación de las interrelaciones, se deben de identificar, y en base a eso, buscar cómo será la transformación, con que datos se constituirá y la forma en la que deben de colocarse.

2.3.2.1 Relación 1:n.

Las relaciones de varios a uno entre A y B pueden representarse mediante una tabla que consista en los atributos de A y en los atributos (si hay) del conjunto de relaciones. La clave primaria de la entidad que corresponda a *varios* se

transforma en la clave primaria de la tabla. (Silberschatz, 2002, 57) Como ejemplo se puede ver la imagen siguiente. (Ver figura 7)

Figura 7. Interrelación 1:n.



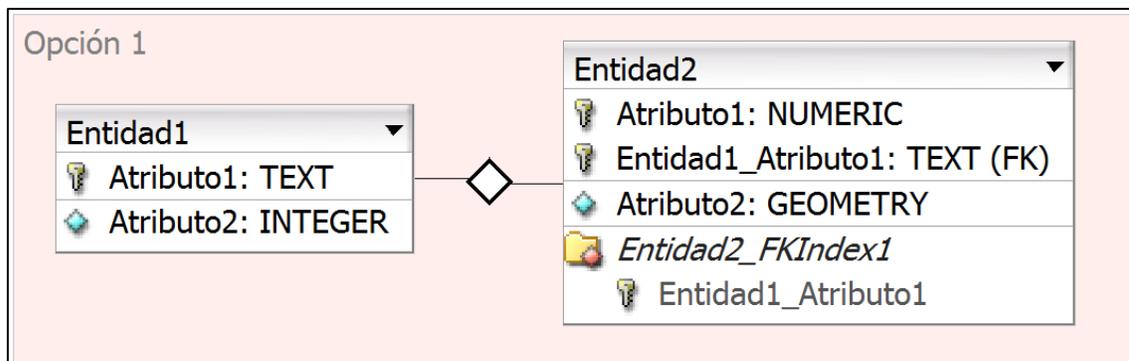
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Ejemplo de interrelación, uno a varios.

2.3.2.2 Relación 1:1

“Para los conjuntos de relaciones de uno a uno la relación se construye igual que en el conjunto de relaciones de varios a uno. Sin embargo, cualquiera de las claves primarias del conjunto de entidades puede elegirse como clave primaria de la relación, dado que ambas son claves candidatas.” (Silberschatz, 2002, 57) Ver las imágenes 8 y 9, como ejemplos.

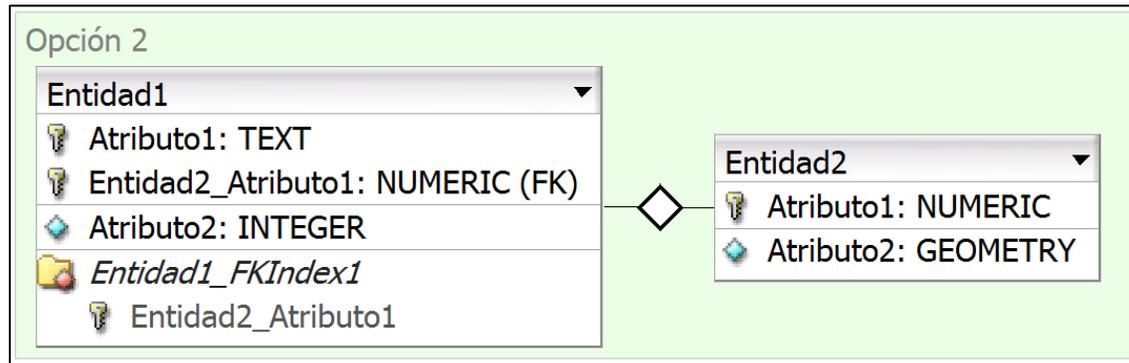
Figura 8. Relación 1:1, opción 1.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Opción 1 de hacer la relación de entidades.

Figura 9. Relación 1:1, opción 2.



Fuente: Elaboración propia.

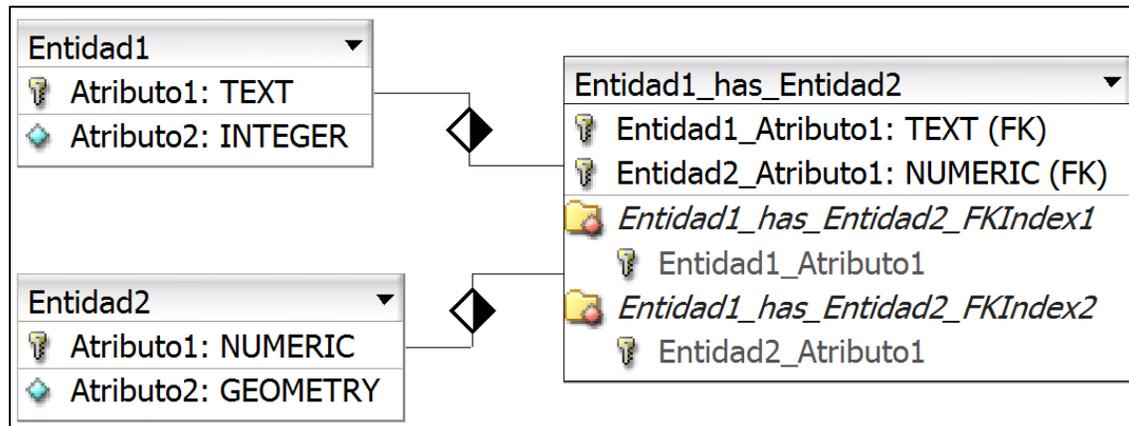
Nota: Opción 2 de hacer la relación de entidades.

2.3.2.3 Relación m:n

Costal menciona que una interrelación m:n se transforma en una relación. Su clave primaria estará formada por los atributos de la clave primaria de las dos entidades interrelacionadas. Los atributos de la interrelación serán atributos de la nueva relación. (2010, 38)

Sánchez explica que “en las relaciones varios a varios, la relación se transforma en una tabla cuyos atributos son: los atributos de la relación y las claves de las entidades relacionadas (que pasarán a ser claves externas). La clave de la tabla la forman todas las claves externas.” (2004, 17). En la siguiente figura (10) se puede observar una relación de muchos a muchos, y como se hace la transformación de las entidades.

Figura 10. Relación m:n.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Ejemplo de relación varios a varios

2.4. Diseño físico

Este esquema llamado también de nivel interno, según Silberschatz, “responde a las cuestiones de rendimiento (espacio y tiempo) planteadas al hacer el diseño físico de la BD y al ajustarlo posteriormente a las necesidades cambiantes.” (2002, 22)

En esta etapa del diseño de una base de datos que transforma la estructura obtenida en la etapa del diseño lógico con el objetivo de conseguir una mayor eficiencia y que, además, la completa con aspectos de implementación física que dependerán del SGBD que se debe utilizar. (2002, 60) Se especifican las características físicas de la base de datos. Estas características incluyen la forma de organización de los archivos y las estructuras de almacenamiento interno. (2002, 17)

Camps menciona que en esta etapa se transforma la estructura obtenida en la etapa del diseño lógico, con el objetivo de conseguir una mayor eficiencia;

además, se completa con aspectos de implementación física que dependerán del SGBD. Los aspectos de implementación física que hay que completar consisten normalmente en la elección de estructuras físicas de implementación de las relaciones, la selección del tamaño de las memorias intermedias (buffers) o de las páginas, etc.

“El resultado de la etapa del diseño físico se sitúa en el mundo de las representaciones, al igual que el resultado de la etapa del diseño lógico. La diferencia con respecto a la etapa anterior es que ahora se tienen en cuenta aspectos de carácter más físico del mundo de las representaciones.” (2005, 8)

2.4.1 Sistema Gestor de la Base de Datos

Gilbert y Pérez, mencionan que es necesario permitirse conocer las bondades y características del gestor de bases de datos, a elegir, que tenga el soporte para el objetivo del repositorio y comentar tanto sus características comunes a otros gestores de bases de datos, como las que lo distinguen de sus competidores. (2005, 6)

Silberschatz señala que una de las principales razones de usar SGBDs es tener un control centralizado tanto de los datos como de los programas que acceden a esos datos. (2002, 9) También resalta que:

Los sistemas de bases de datos se diseñan para almacenar grandes cantidades de información. La gestión de los datos implica tanto la definición de estructuras para el almacenamiento de la información como la provisión

de mecanismos para la manipulación de la información. Además, los sistemas de bases de datos deben proporcionar la seguridad de la información almacenada, en caso de caídas del sistema o intentos de accesos sin autorización. Si los datos están compartidos por varios usuarios, el sistema debe evitar posibles resultados anómalos. (14)

2.4.2 Carga de datos

Habiendo seleccionado el SGBD, se procederá a la carga de datos. Es importante recalcar que dependerá de cada gestor de bancos de datos, para realizar el procedimiento, aunque, varios coinciden con los pasos a seguir, comenzando por la creación de las tablas, eligiendo los tipos de datos (que se definen en el modelo lógico), y realizando la carga de información a la estructura de la base de datos.

2.5. Mantenimiento

Hay una serie de actividades que el administrador de un sistema gestor de bases de datos debe tener presentes constantemente, y que deberá realizar periódicamente. Dependiendo del SGBD, éstas se limitan a un mantenimiento y limpieza de los identificadores internos y de las estadísticas de planificación de las consultas, a una reindexación periódica de las tablas, y al tratamiento de los ficheros de registro. (Gilbert, 2005, 72).

2.6. Acceso y explotación de la BDG

Camps, considera que, para poder comunicarse con el SGBD, el usuario, ya sea un programa de aplicación o un usuario directo, se vale de un lenguaje y medio que difiere según el usuario.

Puede que existan tanto usuarios informáticos muy expertos, con habilidades profesionales, que les permitan escribir procesos complejos mediante lenguajes complejos; como otros que no sean informáticos, que sólo harán consultas en lenguajes muy sencillos. También podrá haber usuarios finales no informáticos; es decir usuarios cotidianos quienes necesitarán lenguajes e interfaces muy eficientes y compactas, especializadas en tipos concretos de diferentes tareas. (2005, 32)

“Las herramientas o interfaces visuales fáciles de utilizar, que permiten usar las BD siguiendo el estilo de diálogos con ventanas, iconos y ratón, puesto de moda por las aplicaciones Windows. No sólo son útiles a los usuarios no informáticos, sino que facilitan mucho el trabajo a los usuarios informáticos: permiten consultar y actualizar la BD, así como definirla y actualizar su definición con mucha facilidad y claridad.” (2005, 33)



RESULTADOS

CAPÍTULO 3



3.1 Análisis de requerimientos

3.1.1 Identificación de la problemática

Recientemente, en la búsqueda de una mayor competitividad comercial la industria cementera en México, está promoviendo la incineración de residuos peligrosos, como combustible *alternativo*, en sus hornos, para disminuir los costos de producción; idea proveniente de empresas extranjeras en donde el reciclaje de residuos peligrosos se ha convertido en un gran negocio, y puede verse como una idea ecológica, ya que alienta al reciclaje y disminuye la producción de combustible fósil y recursos naturales. Esta idea foránea llevada a la práctica demuestra que es todo lo contrario, ya que es un proceso sucio y tóxico, que, sumando la mala operación de estas técnicas, generan un resultado peor, ocasionando más problemas y empeorando los ya existentes. (Schermbeck, 2018)

“La producción convencional del cemento puede ocasionar problemas ambientales: la extracción continua de la piedra caliza y otros materiales provoca una enorme erosión del área de las canteras; el transporte inadecuado de materiales para su almacenamiento y su molienda en la planta, produce una gran cantidad de polvos, el proceso de calcinación en el horno como todo proceso de combustión, produce emisiones contaminantes al aire - como monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas muy finas, dependiendo del tipo de combustible el proceso empleado. El polvo de los residuos del horno en la formación del clinker puede contener metales pesados y otros contaminantes. Si el polvo del clinker se tira en las canteras donde se extrajo la caliza, o en un relleno sanitario puede contaminar las aguas subterráneas.

La exposición a monóxido de carbono afecta el sistema nervioso central y comparte los efectos de los óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y partículas suspendidas que provocan la irritación de los tejidos del aparato respiratorio y agrava los síntomas de personas con enfermedades pulmonares (asma, bronquitis crónica), y pueden aumentar los padecimientos cardíacos y pulmonares y las enfermedades respiratorias agudas.” (Schermbeck, 2018)

La información existente de esta temática es poca en nuestro país, en comparación con otros donde la temática tiene años siendo estudiada y existen datos y cifras más cercanas a la realidad; contrastándolo con México, en nuestro país no existe tal información, ya que además de que el tema no es muy conocido a gran escala o siquiera difamado en zonas donde no se perciben las consecuencias de la mala operación de la industria de forma directa. Actualmente se cuenta con información geoespacial, ambiental y social, que abarca una gran cantidad de variables en diversas fuentes, que cruzándolas, se puede obtener así, información de interés que posibilite la realización de análisis de diversas maneras y poder así, ahondar en algún tema en particular, derivado de la BDG, que sirvan para el proyecto de “Movimientos sociales por la defensa del territorio. Caso de los movimientos sociales en contra de la Industria cementera en México, 2002-2017”.

3.1.2 Recopilación de datos

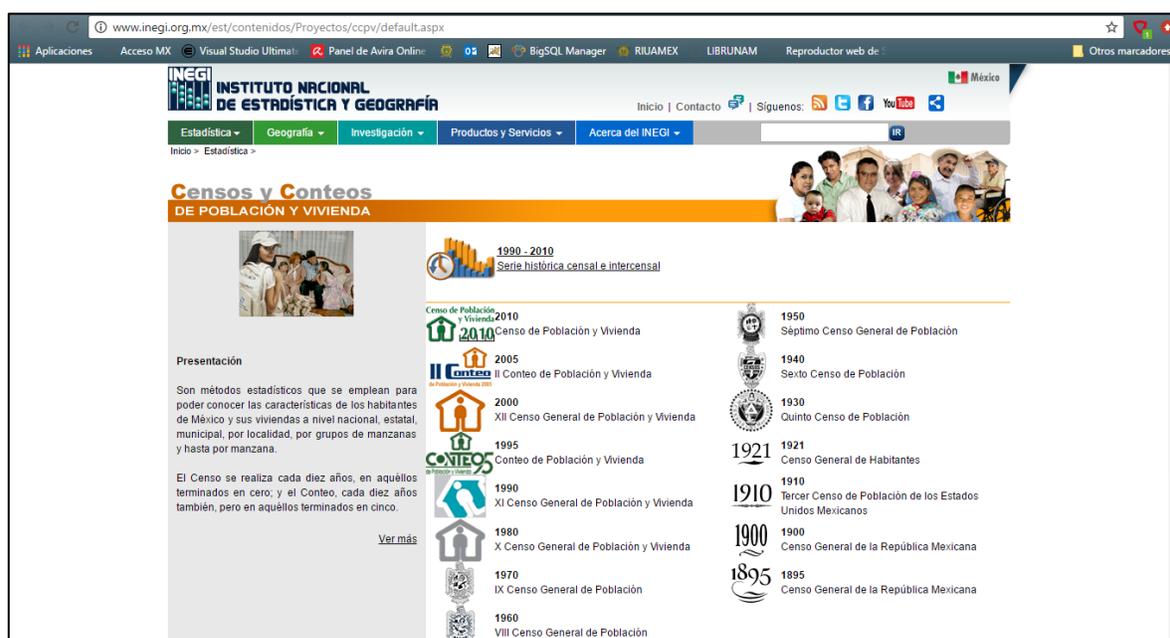
En esta etapa, se menciona los datos que se necesitaron recopilar para incluirlos en la BDG. Los datos necesarios tanto geoespaciales, como no espaciales; y se define a esta etapa, como fundamental para la generación de la base de datos.

3.1.2.1 Búsqueda de fuentes de información

Ya que los datos que se necesitan incluir en la BDG, son las variables sociales, que informen acerca de la población, servicios de salud, vivienda, educación, natalidad y fecundidad, y de mortalidad. Para ello, se acudió al portal del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, y se ocuparon los datos que están a disposición pública de los Principales Resultados por localidad (ITER), de los Censos

de Población y Vivienda 2000 y 2010, así como los tabulados del cuestionario básico del Censo de Población y Vivienda 2005; y la muestra Inter Censal del 2015 hecha por la misma institución. Los datos se consiguieron de la página web del instituto, como se puede observar en la siguiente figura (Ver figura 11).

Figura 11. Sitio web de INEGI.

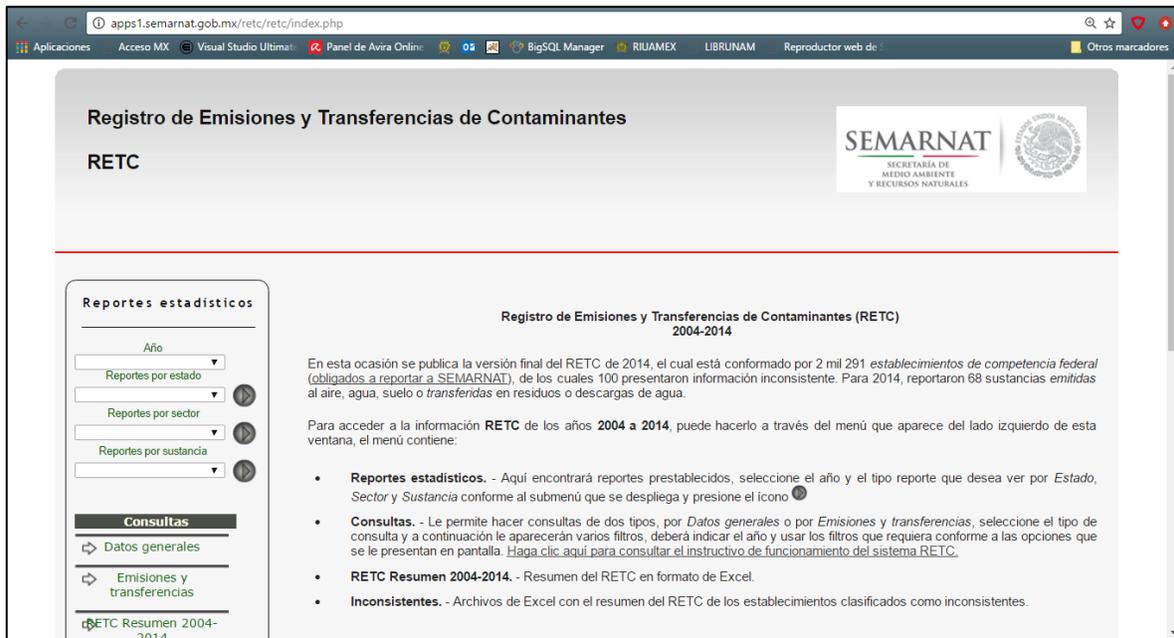


Fuente: INEGI (2017), <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/default.aspx>

Nota: Se muestran los censos y conteos que están disponibles para su descarga.

En cuanto a los datos que indican los contaminantes, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por sus siglas SEMARNAT, proporciona en su portal (Ver Figura 12), el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), que contiene los registros desde 2004 al 2013, por establecimiento, las emisiones y transferencias de contaminantes que genera.

Figura 12. Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes.

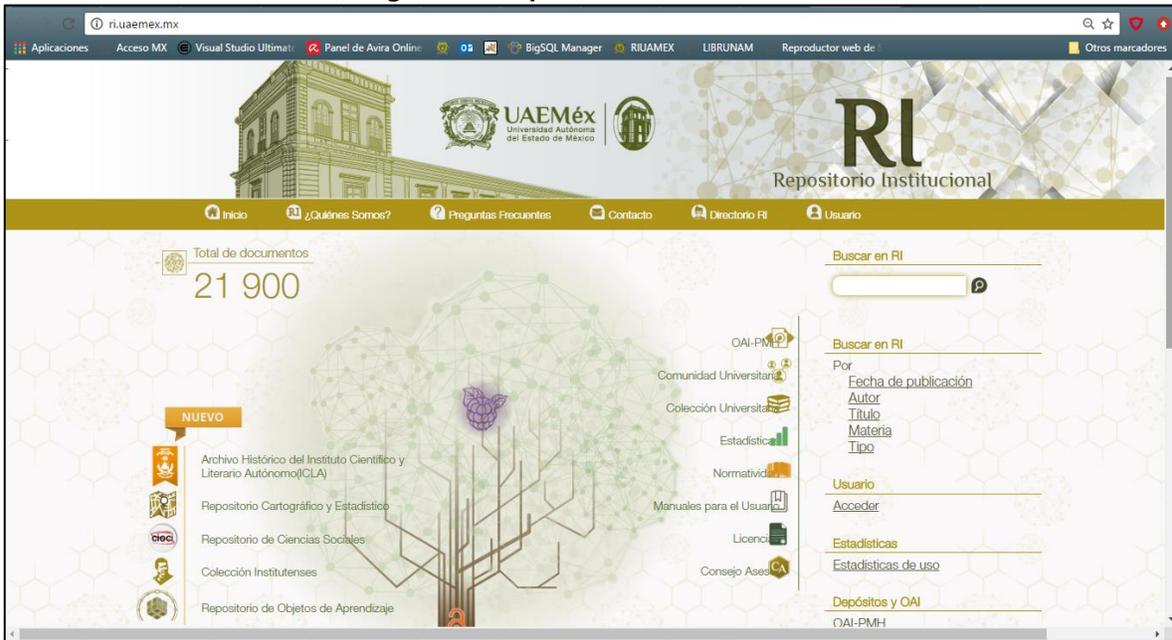


Fuente: SEMARNAT (2017), <http://apps1.semarnat.gob.mx/retc/retc/index.php>

Nota: Página web de donde se recuperarán los datos de los contaminantes.

Los datos económicos, se rescataron del Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México (Ver figura 13), ya que cuenta con datos tanto cartográficos como estadísticos, proporcionados por docentes de la Facultad de Geografía perteneciente a la UAEM, quienes proporcionaron material como el que se muestra en la figura 14, que tiene un tratamiento previo, conjuntando y estandarizando el contenido de la información.

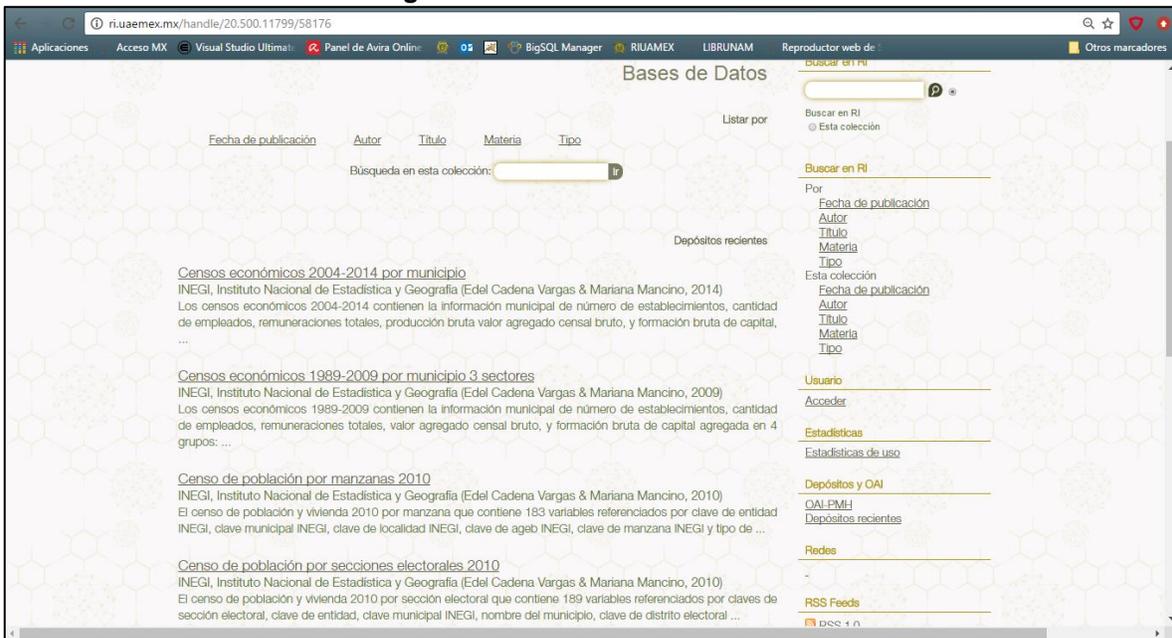
Figura 13. Repositorio Institucional.



Fuente: UAEM (2017), <http://ri.uaemex.mx/>

Nota: Página principal del Repositorio Institucional de la UAEM.

Figura 14. Bases de Datos del RI.

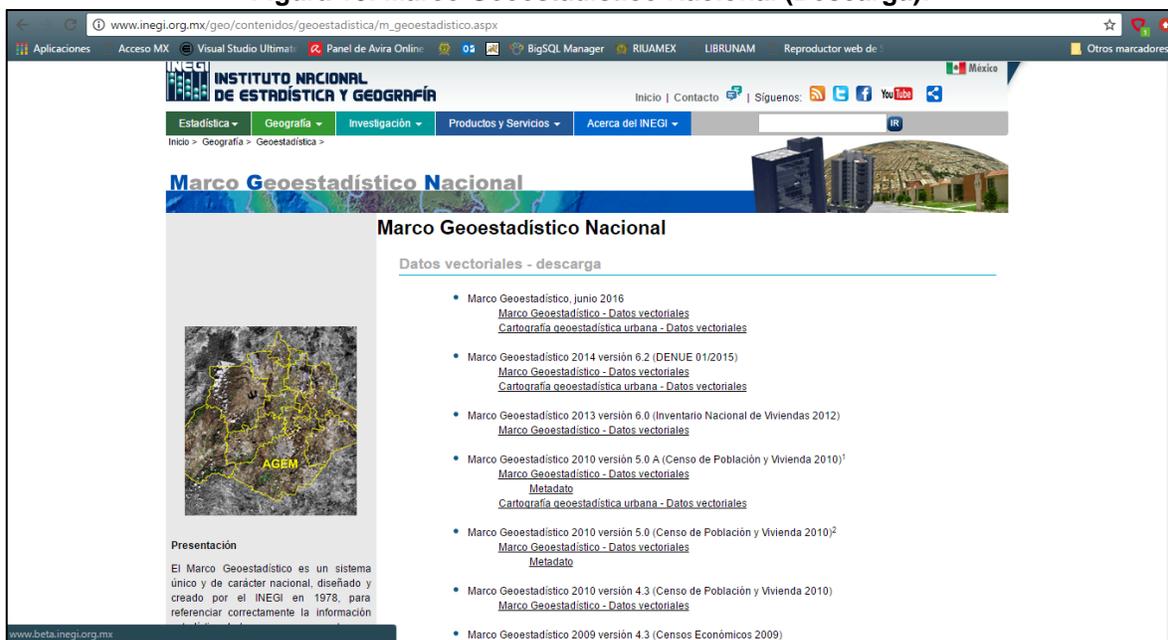


Fuente: UAEM (2017), <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58176>

Nota: Bases de Datos que están disponibles para la descarga en el Repositorio Institucional.

Las escalas a trabajar para este proyecto serán dos: a nivel municipal y a nivel estatal, ocupando la cartografía correspondiente a dichas capas, obteniéndolas del portal de INEGI, del marco Geoestadístico Nacional 2010. (Ver figura 15)

Figura 15. Marco Geoestadístico Nacional (Descarga).



Fuente: INEGI (2017), http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx
Nota: Sitio web donde se permite la descarga del MGN en sus diferentes versiones.

3.1.2.2 Datos Espaciales y no espaciales

Como se mencionó anteriormente, para Manso, los datos geográficos (espaciales), son los que se pueden visualizar, manipular y analizar, que posee un atributo espacial definido por coordenadas (location), y se distingue por dos características principales, que posee distintos CRS, pero se pueden integrar, y posee distintas niveles, propósitos y simbologías, (2010).

En este trabajo, se contaron con tres capas de datos espaciales, la capa de Cementeras, la de Municipios y la capa de Estados.

En cuanto a los datos no espaciales o llamados también datos referenciados geográficamente, es decir que se atribuyen a un espacio específico, pero no contienen ningún campo espacial, y que necesitan un previo procesamiento para utilizarlos como espaciales. En esta categoría se tienen los datos de los censos, con las variables requeridas, es decir, las que contengan los datos de población, servicios de salud, vivienda, educación, natalidad y fecundidad, y de mortalidad. Se tomarán en cuenta todos los campos que existan y posean cada censo, ya que entre más actual es el censo, se cuentan con mayor cantidad de datos cada vez más específicos, lo cual permite al usuario obtener información a mayor detalle. En este tipo de datos también se incluyen los datos de los registros de emisiones y transferencias de contaminantes, descargados del sitio web de SEMARNAT

3.1.3 Tratamiento de datos

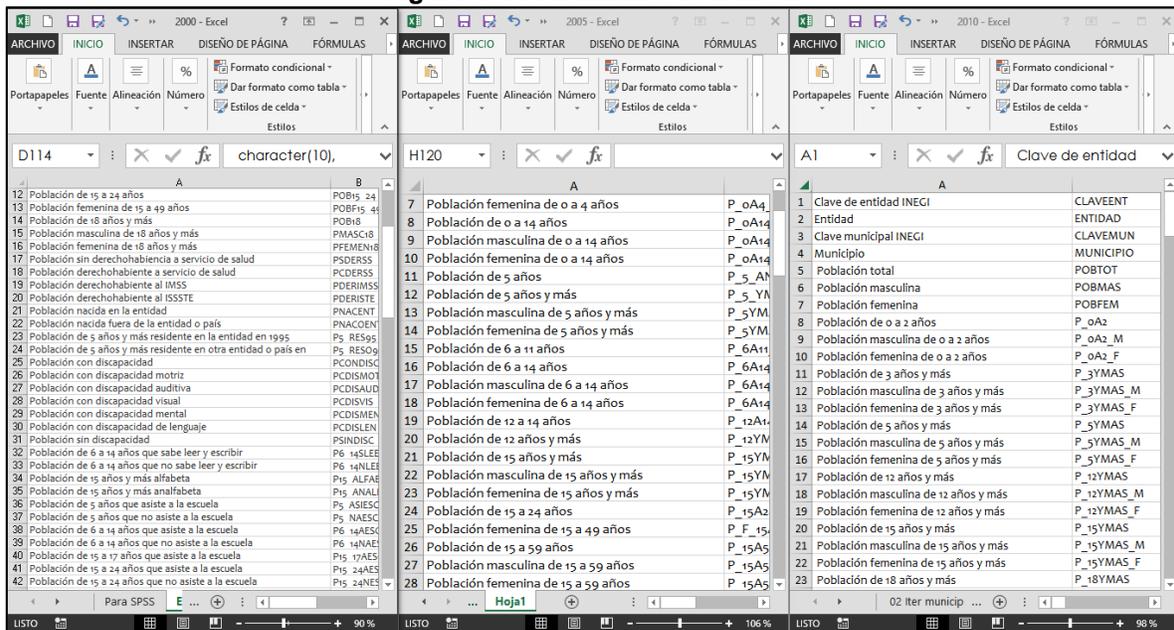
El tratamiento que se le dio a los datos, dependió del tipo de dato que era, y las variables que contienen. Se realizó la extracción de datos necesaria, así como la estandarización u homologación, según fue el caso, para todas las variables que se descargaron, ya que provienen en diferentes formatos, con diferentes tipos y nombres de las variables, por lo que esta es una etapa importante para homogenizar la información.

3.1.3.1 Estandarización, homologación, extracción

Habiendo obtenido los datos, se procedió con la elección de las variables que eran de interés. Comenzando con los datos de los Censos de Población y Vivienda,

del 2000, 2005 y 2010, se extrajeron únicamente los que se mencionaron antes, (población, servicios de salud, vivienda, educación, natalidad y fecundidad, y de mortalidad). Para este proceso, se trabajó en Excel, realizando filtros de las variables que se ocuparán. Posteriormente se seleccionaron y copiaron los datos de interés en un archivo nuevo, (Ver figura 16), cuidando que las claves tanto del municipio, como del estado estén en las tablas correspondientes.

Figura 16. Tratamiento de Datos.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de los censos publicados por INEGI (2000, 2005 y 2010)

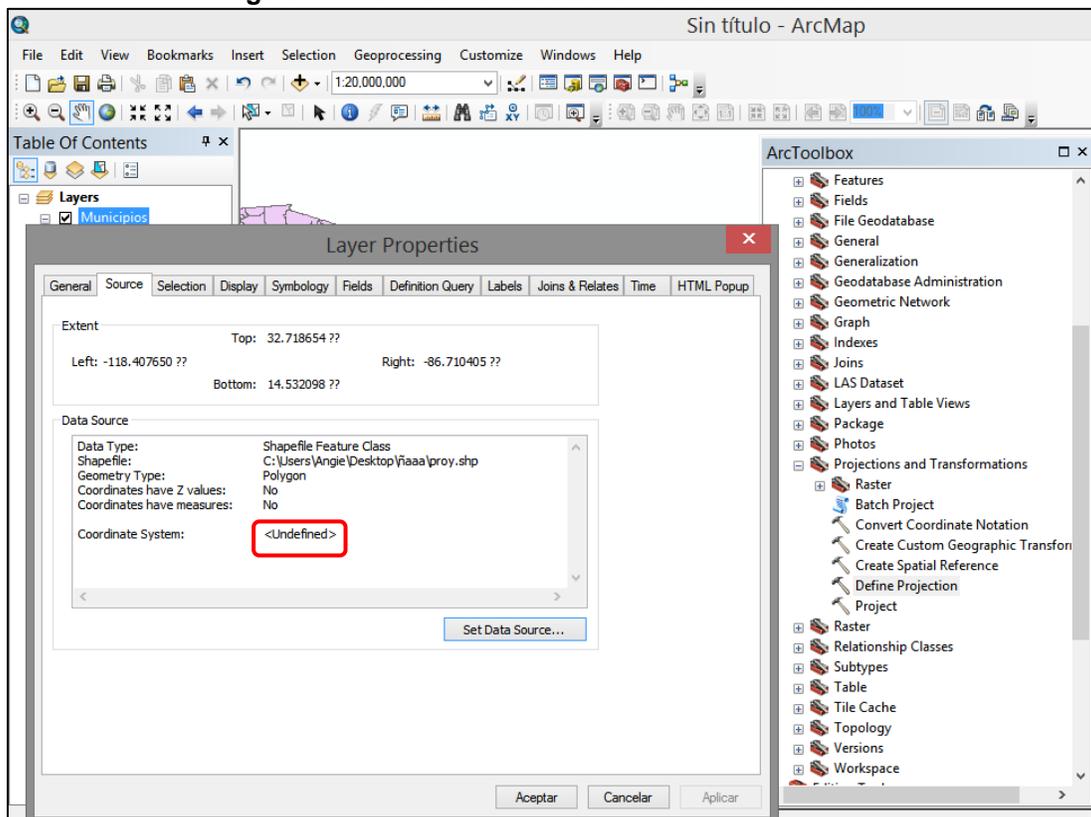
Nota: Bases de Datos con los valores

Para el caso de la muestra Inter Censal 2015, se expandieron los resultados a nivel municipio, eligiendo las variables que se requieren. Para este proceso se utilizó el software IBM SPSS Statistics, llevando las tablas personalizadas al formato de Excel (xls), para tener las tablas en un solo formato.

En cuanto a los datos del RETC, se filtraron los que pertenecen a los establecimientos de las cementeras en el país, en el programa Excel.

A las capas espaciales, se estandarizaron en el ESPG: 4326, el cual refiere al Sistema de Coordenadas Geográficas, WGS 1984, con ayuda del software ArcMap 10.3, incluido en la paquetería de ArcGis 10.3 puesto que aunque es un software licenciado sus herramientas son menos complejas que otros SIG. Este proceso se hizo, siguiendo los siguientes pasos. Primero se llamó a la capa a proyectar y se verificó que no tuviera un sistema de coordenadas ya definido (Ver figura 17).

Figura 17. Verificar falta de sistema de coordenadas.



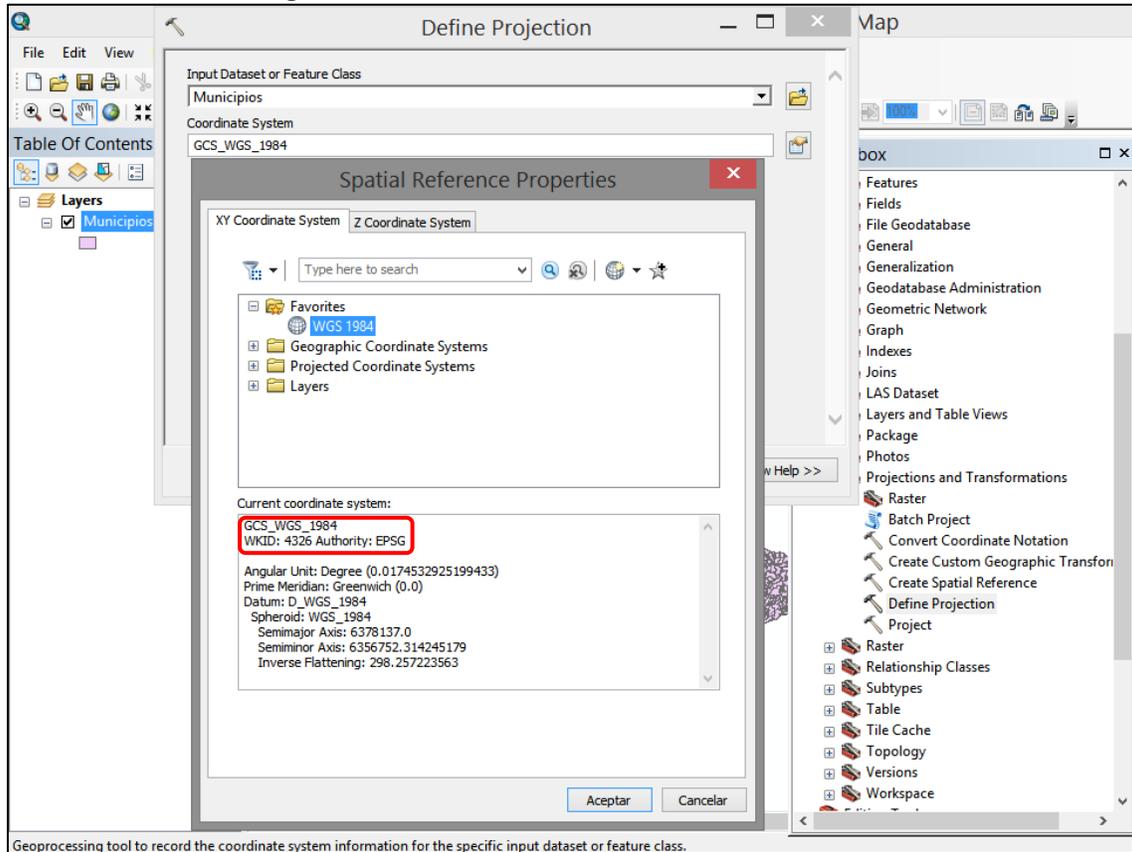
Fuente: Elaboración propia.

Nota: En las propiedades del shape, en la pestaña de source, se valida que no tenga asumido el archivo ningún sistema de coordenadas, como aparece en el recuadro de color rojo.

En seguida se llamó la herramienta de *Define Projection*, del toolbox del mismo programa. Se eligió la capa que se está trabajando y el sistema de coordenadas que se le quiere asignar como se puede apreciar en la figura 18. Una vez llenados

los rubros que la herramienta pide, se hace clic en aceptar y el programa le asigna el EPSG elegido a la capa.

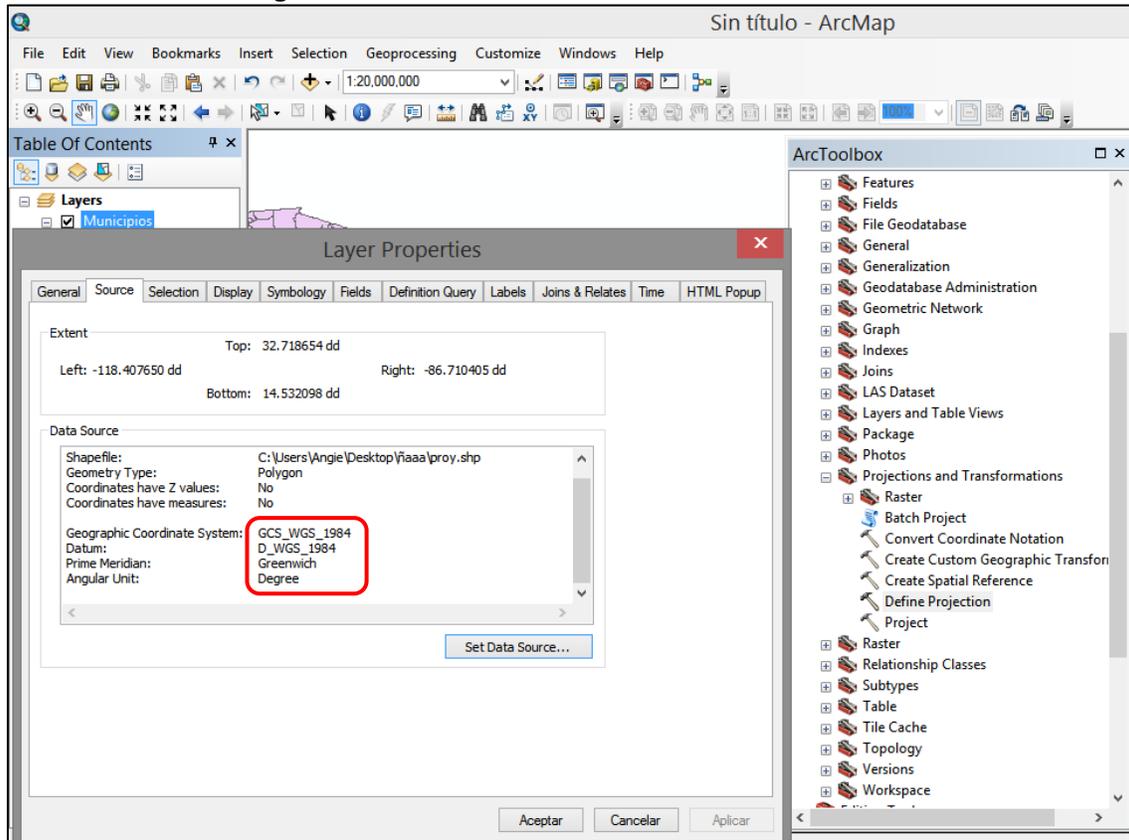
Figura 18. Definición de sistema de coordenadas.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se comprobó que el archivo tenga ya un sistema de coordenadas definido, realizando el mismo ejercicio cuando se verificó no tener ninguno. La ventana de propiedades tiene que sacar un resultado semejante al de la figura 19.

Figura 19. Verificación de sistema de coordenadas.



Fuente: Elaboración propia.

Este mismo proceso se realizó con las dos capas restantes, la de cementeras y la de Entidades, logrando así tener homologada la información espacial.

3.2 Modelo Entidad-Relación

Este modelo es el primer resultado que se obtiene de la Base de Datos, pues es el primer esquema que se concibió del repositorio, con los espacios necesarios y las variables que contemplaron, así como las interacciones entre sí.

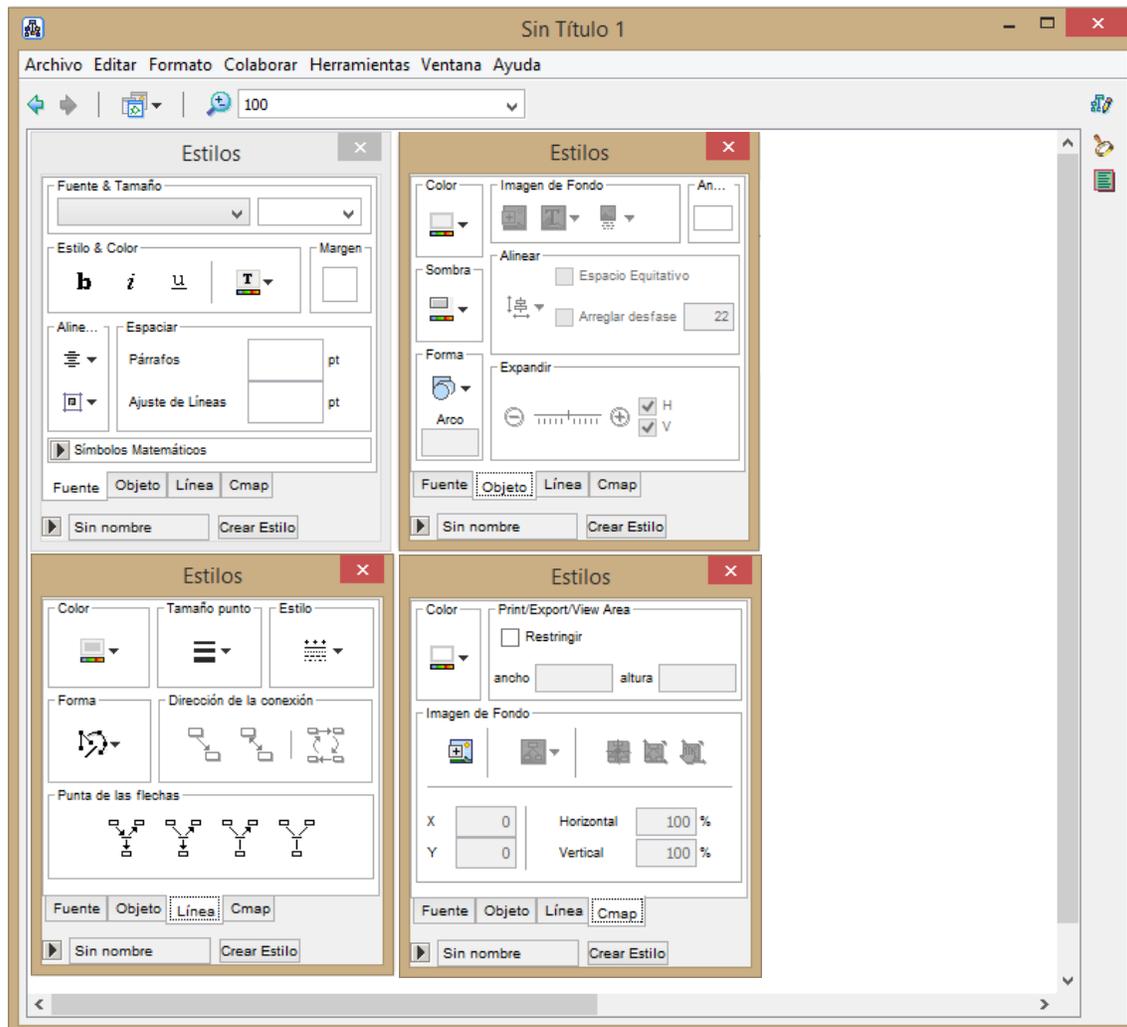
3.2.1 Software para el diagrama E-R

Este diagrama, se apoyó para su creación del software *IHMC CmapTools*, el cual permite a los usuarios construir, navegar, compartir y criticar modelos de conocimiento representados como mapas conceptuales. Permite también a los usuarios, entre muchas otras características, construir mapas conceptuales en su ordenador personal, y compartirlos en servidores (CmapServers) en cualquier lugar en Internet.

Tras instalar el programa, por medio de su sitio oficial,¹ en la máquina en que se trabajó, se siguieron las instrucciones del Asistente de Instalación; al finalizar la instalación, se abre el programa para comenzar a trazar nuestra información. El uso de este programa es muy sencillo e intuitivo, donde basta manejar la caja de herramientas con la que cuenta, para poder editar los campos que se requieran. (IHMC, 2004) Se eligió esta herramienta por el impacto visual que tienen sus productos, y por el fácil manejo del software. Como se aprecia en la figura 20, el menú de herramientas resulta intuitivo y de fácil manejo.

¹ <http://cmap.ihmc.us/cmaptools/cmaptools-download>

Figura 20. Herramientas del software.

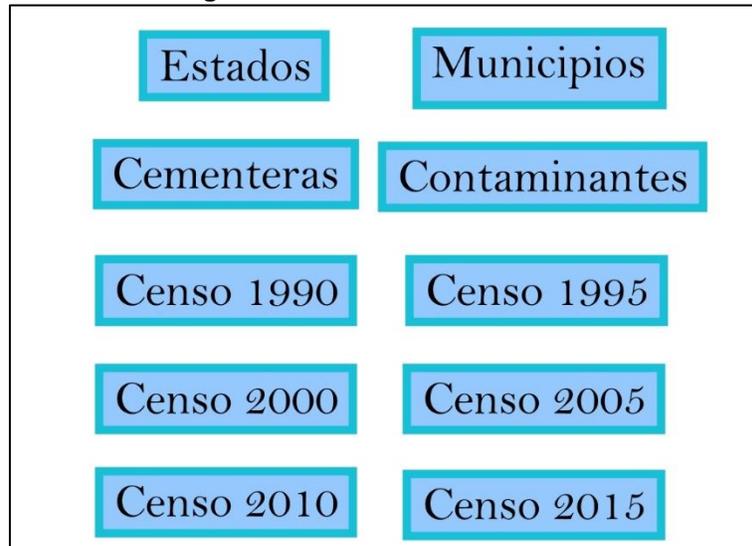


Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Entidades

En este trabajo, los datos que se convirtieron en entidades, fueron los municipios, los estados, las cementeras, los contaminantes, y los censos de 1990, 2000, 2005, 2010 y 2015. Para este ejercicio, se muestran coloreadas de color azul. (Ver figura 21).

Figura 21. Entidades resultantes.

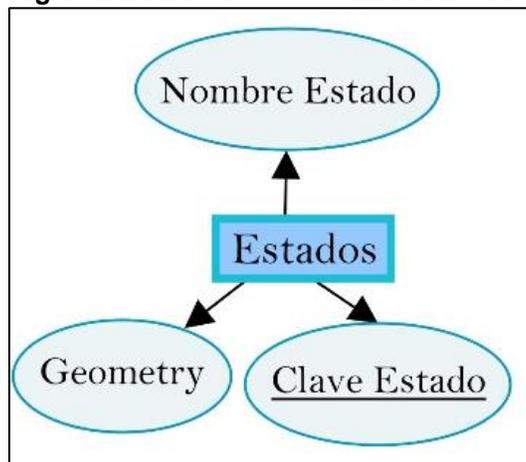


Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Atributos

Los atributos, se muestran como óvalos de color azul cielo, que salen o pertenecen a las entidades, indicando con una flecha o línea que indique cuál provienen. Los atributos resultantes a cada entidad se muestran a continuación.

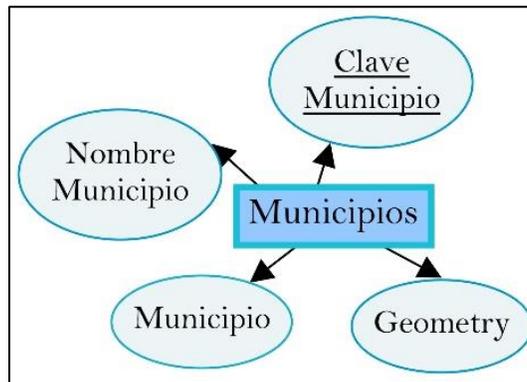
Figura 22. Atributos de la entidad Estado.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los atributos que se consideraron para la entidad Estado, fueron los tres que se muestran, asignando como clave primaria a la Clave del Estado

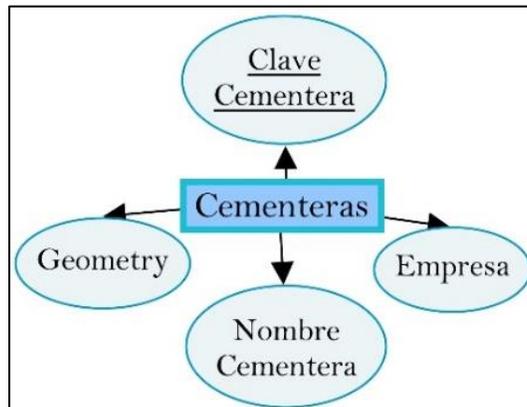
Figura 23. Atributos de la entidad Municipios.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para la entidad de Municipios, se consideraron cuatro atributos: la clave principal que es la clave del municipio compuesta por 5 caracteres, el nombre del municipio, municipio, que hace referencia a la clave del municipio, pero solo las tres cifras que no incluye los dígitos que hacen alusión al estado que pertenece y el campo de geometría

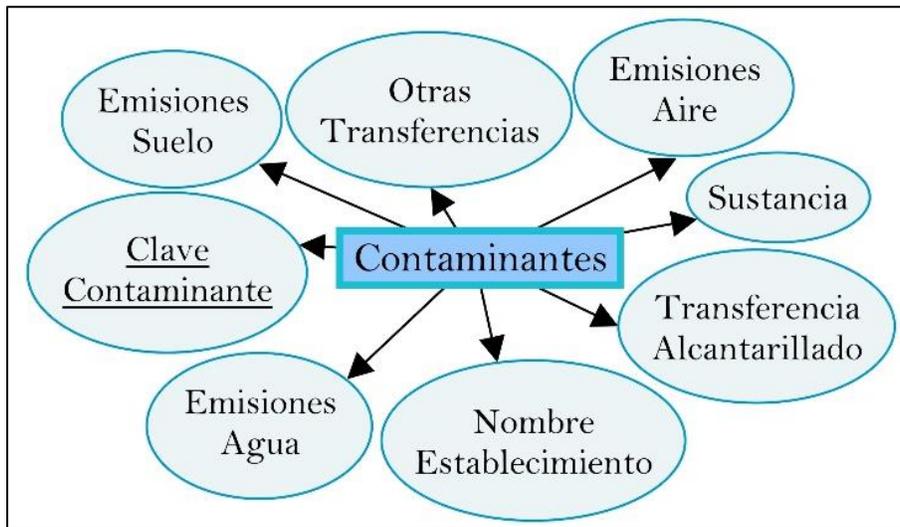
Figura 24. Atributos de la entidad Cementeras.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La entidad de Cementeras se conforma por cuatro atributos. La llave primaria es la clave de la cementera que indica el ID de la cementera en el país, la empresa, que indica el nombre de la empresa a quien pertenece la cementera, el nombre de la cementera, y el campo geoespacial que es el geometry.

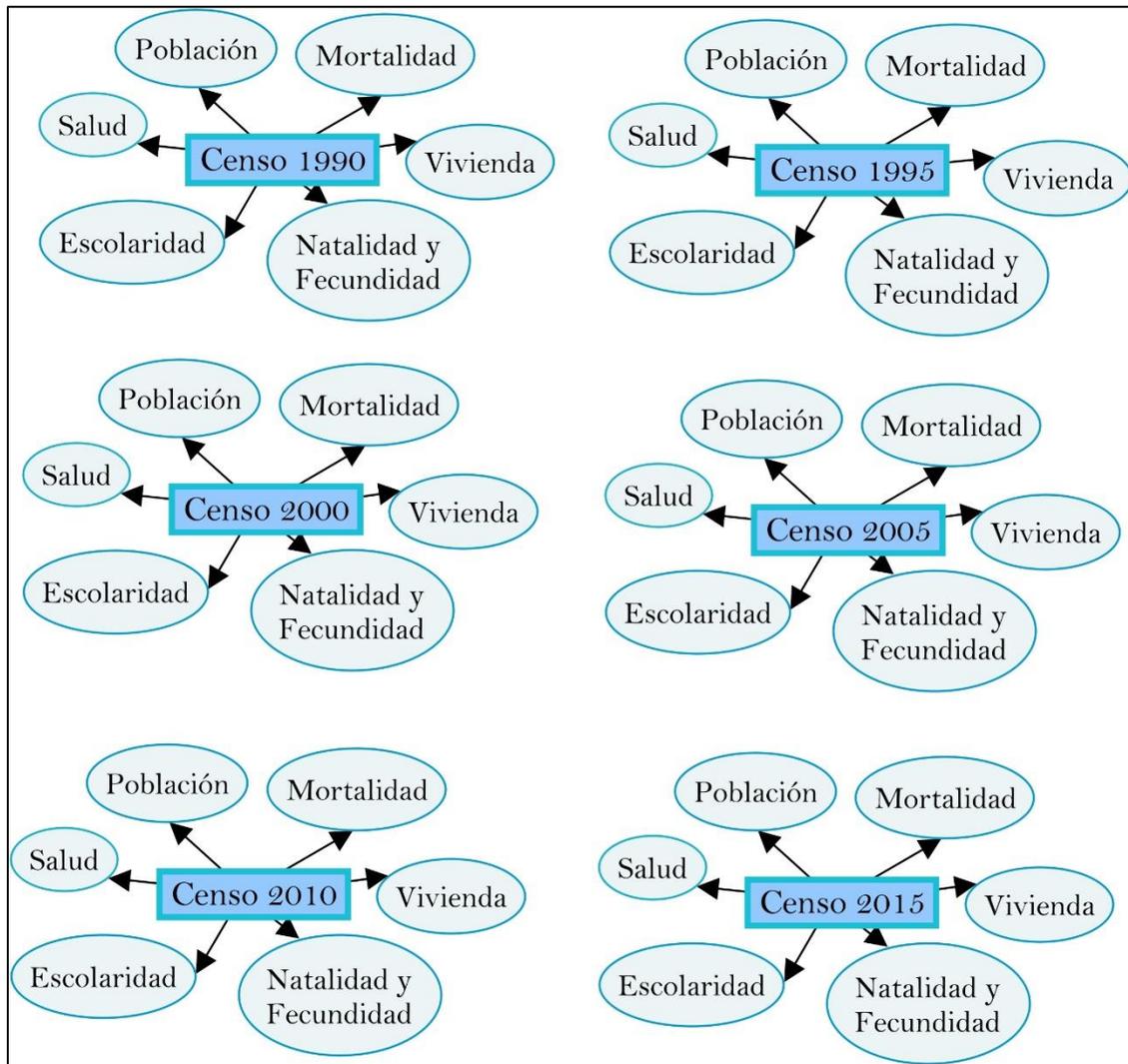
Figura 25. Atributos de la entidad Contaminantes.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para esta entidad se consideraron ocho atributos, cinco de ellas describen la proporción que cada cementera arroja, según SEMARNAT, de contaminantes en los diferentes medios que se mencionan, así como indican si es por emisión o transferencia. La llave primaria es la clave del contaminante. Los atributos restantes mencionan el nombre de la sustancia y el nombre del establecimiento o de la cementera de donde provienen los contaminantes.

Figura 26. Atributos de las entidades de Censos de 1990 al 2015.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los atributos para cada entidad que representa los censos serán los mismos. Se consideraron seis atributos que hacen referencia a la información que se necesita integrar a la base de datos. Los temas que se necesitan de cada censo, se reflejan en las variables de población, mortalidad, salud, vivienda, escolaridad, y de natalidad y fecundidad.

3.2.4 Relaciones y Restricciones.

En cuanto a las relaciones, fueron representadas en forma de rombos y la cardinalidad como flechas que conectan líneas a las entidades, ambos de color verde. Las entidades que resultaron relacionadas fueron las siguientes.

La entidad de Municipios fue la que tuvo la mayor parte de las relaciones con las demás entidades, ya que la escala más pequeña de trabajo es esta, por lo que la información de las demás capas, se disgrega hasta este nivel municipal. La entidad de Municipios, se relacionó entonces con la entidad de Estados, indicando que muchos municipios conforman a un Estado, y que un estado tiene muchos municipios. Municipios también se relaciona con la entidad de Cementeras, indicando que muchos municipios albergan a muchas cementeras; y por ende muchas cementeras se encuentran en diferentes (varios) municipios.

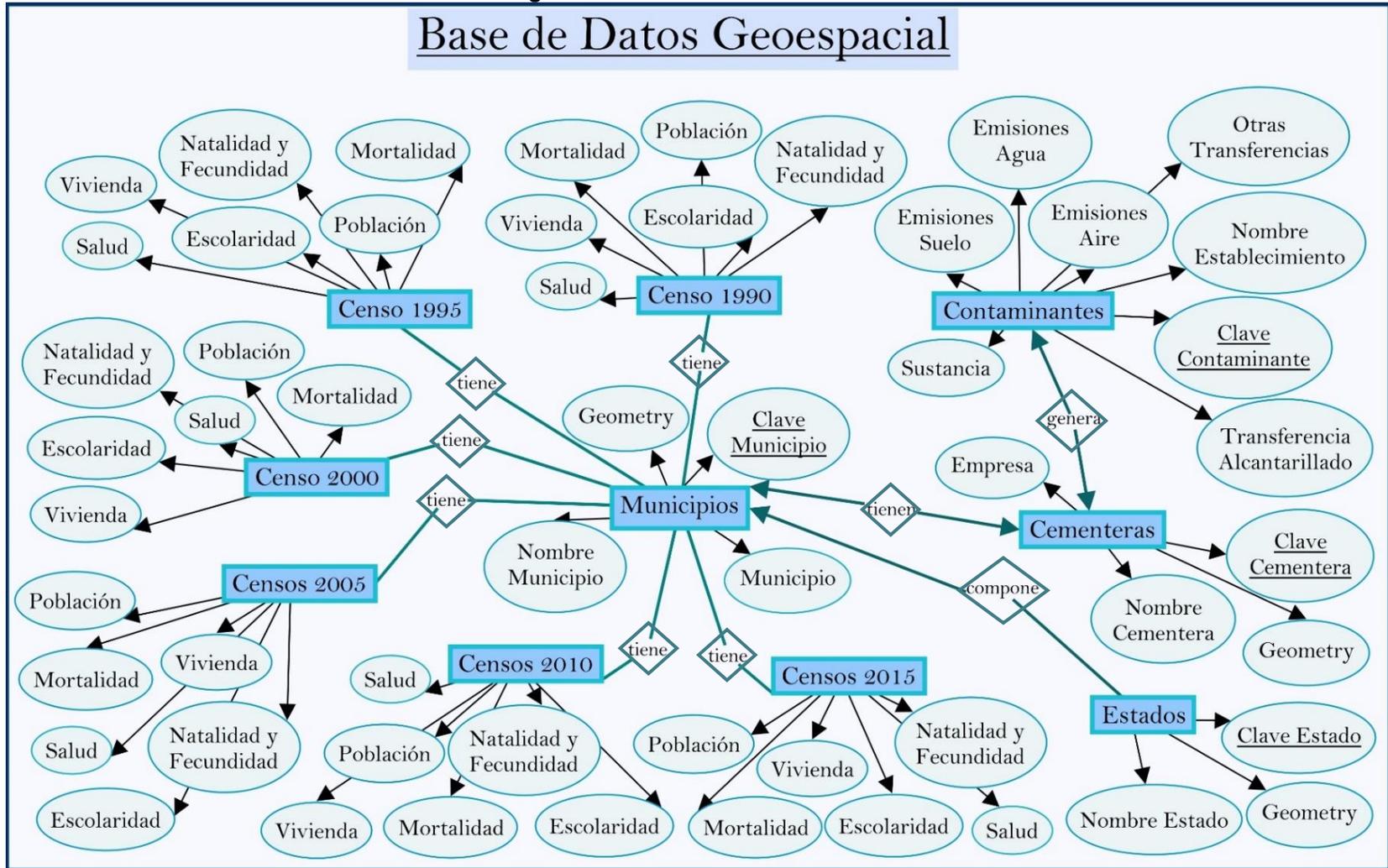
Esta última entidad se relaciona con la de Contaminantes, donde se señala que de muchas Cementeras se generan muchos contaminantes; y a su vez, que muchos contaminantes provienen de muchas cementeras.

Las entidades que corresponden a los Censos de 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 y 2015, se relacionan sólo con la entidad de municipios, puesto que, para cada Censo, corresponde un Municipio, ya que estos censos son únicos, y por ende cada municipio tiene un censo.

3.2.5 Resultado.

Con base a las características mencionadas en los pasos anteriores, se logró elaborar el siguiente esquema, que muestra de forma resumida, la información y variables que se necesitaron para la base de datos formando el modelo Entidad-Relación, como primer producto de la Base de Datos Geoespacial.

Figura 27. Modelo Entidad-Relación.



Nota: Resultado del modelo Entidad-Relación de la Base de Datos Geoespacial
 Fuente: Elaboración propia

3.3 Diseño lógico

Este diseño, es el segundo resultado que se obtiene de la Base de Datos, en donde se realizó la transformación del primer modelo, como se mencionó en el capítulo 2, donde se realizaron las transformaciones del modelo conceptual.

3.3.1 Software DBDesigner.

Para realizar este diseño, se va a trabajar con el software DBDesigner 4 que es un sistema de diseño de base de datos visual que integra el diseño de bases de datos, modelado, creación y mantenimiento en un único entorno sin fisuras. Combina características profesionales y una interfaz de usuario clara y sencilla para ofrecer la forma más eficiente para manejar sus bases de datos. DBDesigner 4 se compara con productos como de Oracle Designer, Rose racional de IBM, ERwin de Computer Associates y DataArchitect de theKompany pero es un proyecto de código abierto disponible para Microsoft Windows 2k / XP y Linux KDE / Gnome. Es la liberación de la GPL. (fabFORCE.net, 2003)

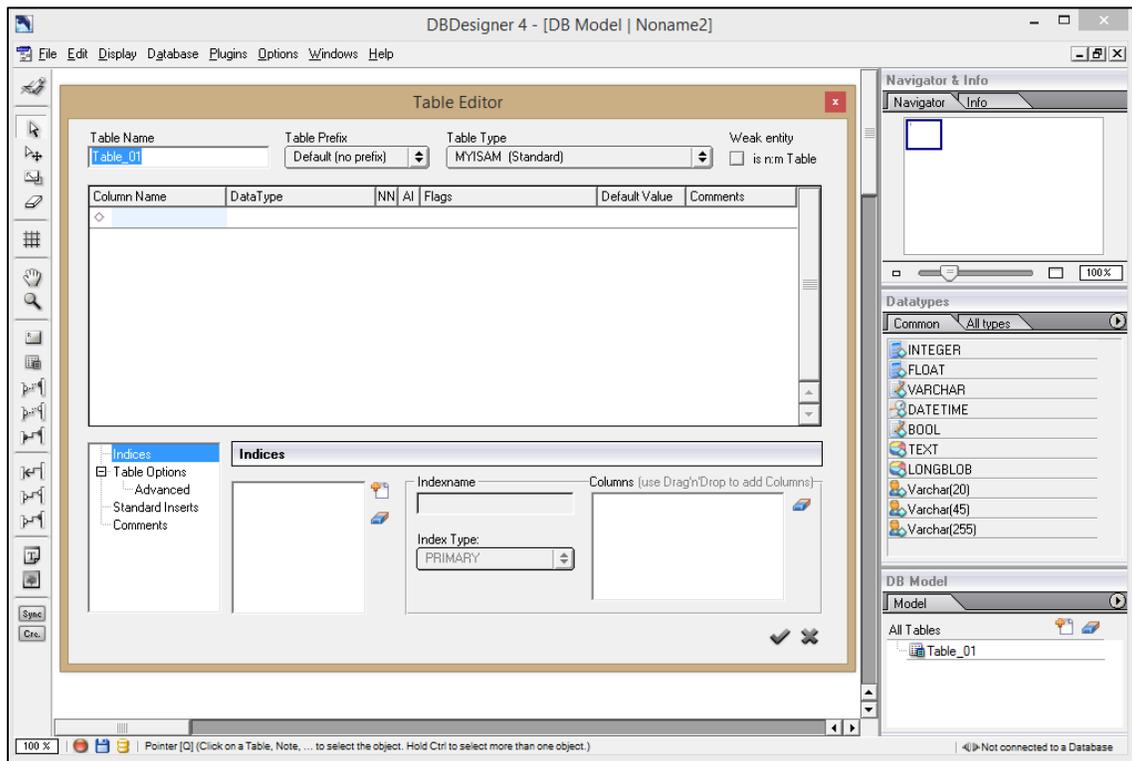
El software se descargará de la página de fabFORCE.net,² y siguiendo los pasos del asistente de instalación, se finalizará y se creará el proyecto, que se irá trabajando con forme a los pasos a seguir de la metodología.

² <http://fabforce.eu/downloads.php>

3.3.2 Transformación de Entidades

Se comenzó con la transformación de entidades utilizando las herramientas proporcionadas por el software DBDesigner, como se muestra en la siguiente imagen. (Ver figura 28)

Figura 28. Ventana del software de apoyo.

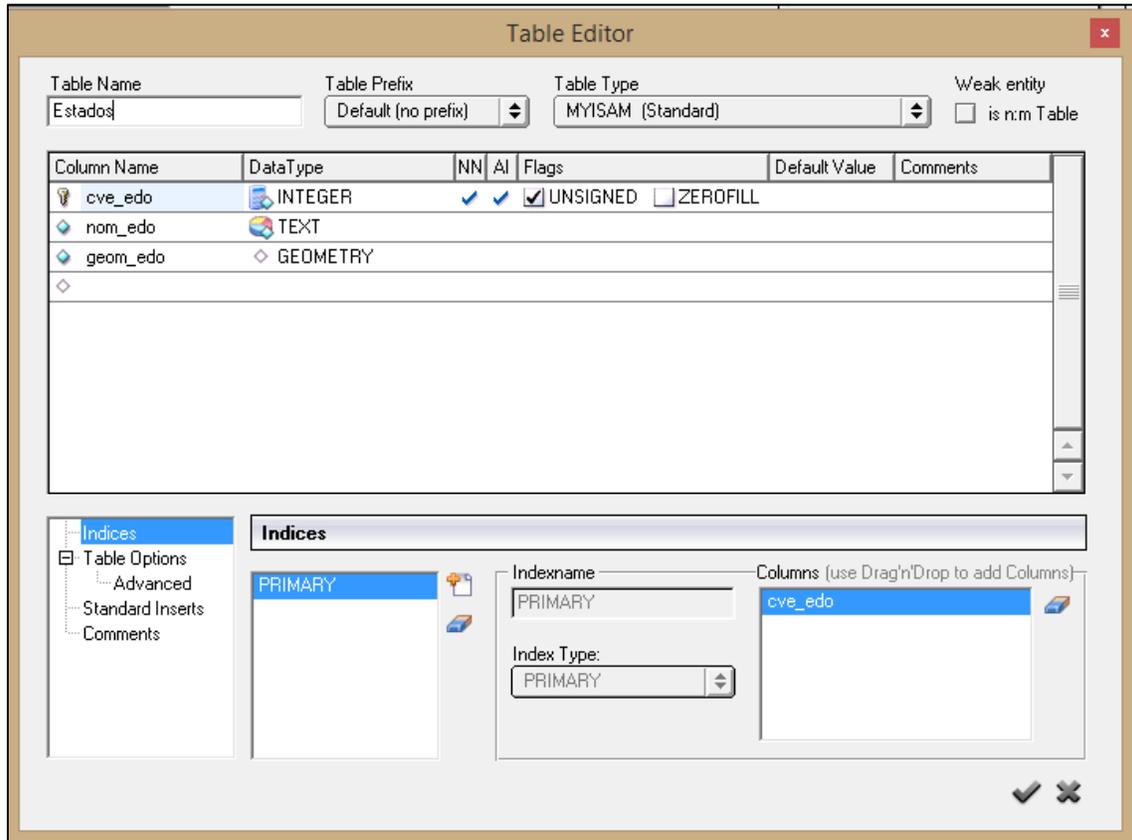


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se muestra la interfaz de las opciones y campos a llenar, indicando la información que se requiera en el software de DBDesigner.

La primera entidad del modelo E-R, que se convirtió fue la de Estados, con sus respectivos atributos. (Ver figura 22). Como se observa en la figura 29, se comienza a llenar la tabla, con los nombres, tipo y características requeridas. Cuando se termina la edición, queda tabla como se muestra en la figura 30.

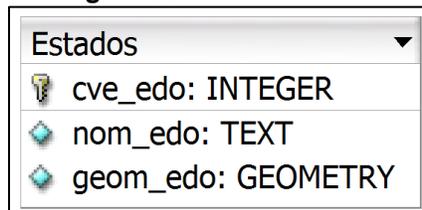
Figura 29. Llenado de datos.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se muestra la ventana de opciones que proporciona el software de diseño, con los datos y tipos de ellos que se requieren, indicando la llave primaria de la entidad

Figura 30. Tabla Estados.



Fuente: Elaboración propia.

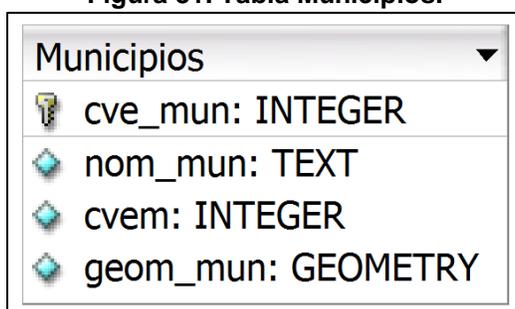
Nota: Tabla resultante que arroja el software, como transformación de la entidad de Estados.

La tabla Estados, referencia que posee tres atributos. Su identificador o llave primaria, se señala con un símbolo de una llave a lado izquierdo del nombre, nombre de la variable, en este caso es *cve_edo*, el dato identificador. Este proceso, se

realizó con los demás objetos del diagrama E-R, obteniendo los siguientes resultados:

La tabla de municipios (ver figura 31) señala sus cuatro atributos, la llave principal de la entidad es la clave del municipio (en cinco cifras) de tipo entero, al igual que la clave del municipio en tres cifras. El nombre del municipio es de tipo texto y el campo espacial es tipo geometry.

Figura 31. Tabla Municipios.

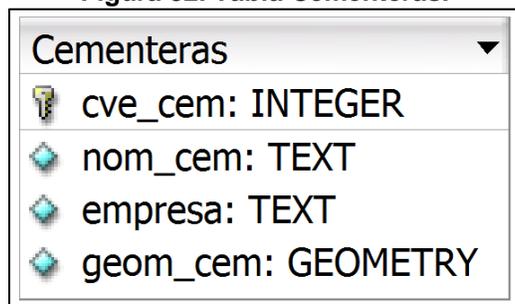


Municipios	
 cve_mun: INTEGER	
 nom_mun: TEXT	
 cvem: INTEGER	
 geom_mun: GEOMETRY	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla de Cementeras (ver figura 32), posee cuatro atributos, la llave primaria es la clave de la cementera, de tipo entero, el nombre de la cementera y el de la empresa son de tipo texto, y por último el campo espacial de tipo geometry.

Figura 32. Tabla Cementeras.

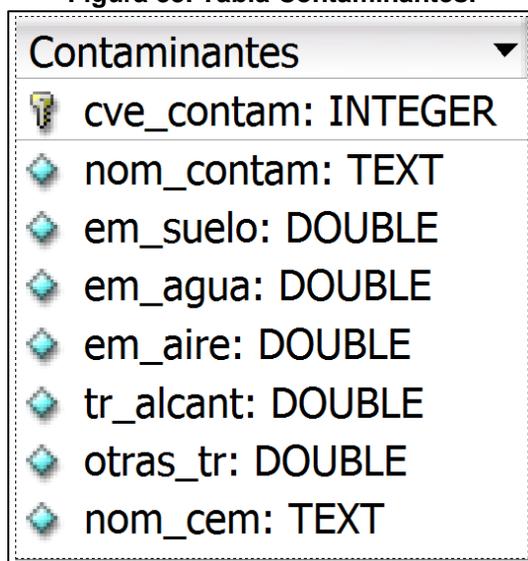


Cementeras	
 cve_cem: INTEGER	
 nom_cem: TEXT	
 empresa: TEXT	
 geom_cem: GEOMETRY	

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la tabla de Contaminantes (ver figura 33) posee ocho atributos, la llave primaria es la clave del contaminante, que es de tipo entero, las variables tanto del nombre del contaminante o de la sustancia, como el de la cementera o establecimiento, son de tipo texto. Tanto los campos que refieren a las emisiones de suelo, agua y aire, como los de transferencia al alcantarillado y otras transferencias son de tipo *double*.

Figura 33. Tabla Contaminantes.



Contaminantes	
	cve_contam: INTEGER
	nom_contam: TEXT
	em_suelo: DOUBLE
	em_agua: DOUBLE
	em_aire: DOUBLE
	tr_alcant: DOUBLE
	otras_tr: DOUBLE
	nom_cem: TEXT

Fuente: Elaboración propia.

Las tablas que resultaron de las entidades que corresponden a los censos, tienen seis variables que albergan la información referente a salud, educación, población, vivienda. Natalidad y fecundidad., y de mortalidad, todas estas serán de tipo entero. (Ver figura 34)

Figura 34. Tablas de los Censos de 1990 al 2015.

Censo1990 ▼ ◆ salud: INTEGER ◆ educacion: INTEGER ◆ pob: INTEGER ◆ vivienda: INTEGER ◆ natyfec: INTEGER ◆ mortalid: INTEGER	Censo2000 ▼ ◆ salud: INTEGER ◆ educacion: INTEGER ◆ pob: INTEGER ◆ vivienda: INTEGER ◆ natyfec: INTEGER ◆ mortalid: INTEGER	Censo2010 ▼ ◆ salud: INTEGER ◆ educacion: INTEGER ◆ pob: INTEGER ◆ vivienda: INTEGER ◆ natyfec: INTEGER ◆ mortalid: INTEGER
Censo1995 ▼ ◆ salud: INTEGER ◆ educacion: INTEGER ◆ pob: INTEGER ◆ vivienda: INTEGER ◆ natyfec: INTEGER ◆ mortalid: INTEGER	Censo2005 ▼ ◆ salud: INTEGER ◆ educacion: INTEGER ◆ pob: INTEGER ◆ vivienda: INTEGER ◆ natyfec: INTEGER ◆ mortalid: INTEGER	Censo2015 ▼ ◆ salud: INTEGER ◆ educacion: INTEGER ◆ pob: INTEGER ◆ vivienda: INTEGER ◆ natyfec: INTEGER ◆ mortalid: INTEGER

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Transformación de Interrelaciones.

La transformación de las interrelaciones fueron las que se describen a continuación.

3.3.3.1 Relación 1:n

La tabla de municipios se interrelaciona con la de Estados, de uno a varios, por lo que se decidió colocar la llave foránea correspondiente, a la tabla de municipios, para que cuando esta última se interrelacionara con las demás tablas, la clave del estado se coloque como llave foránea.

3.3.3.2 Relación 1:1

Las interrelaciones de tipo uno a uno, fueron entre las tablas de Municipios, con las seis tablas de los censos, por lo que las llaves foráneas que se le asignaron a las tablas de los censos, fueron la clave del municipio y la clave del estado, que tiene la tabla con la que se interrelacionan.

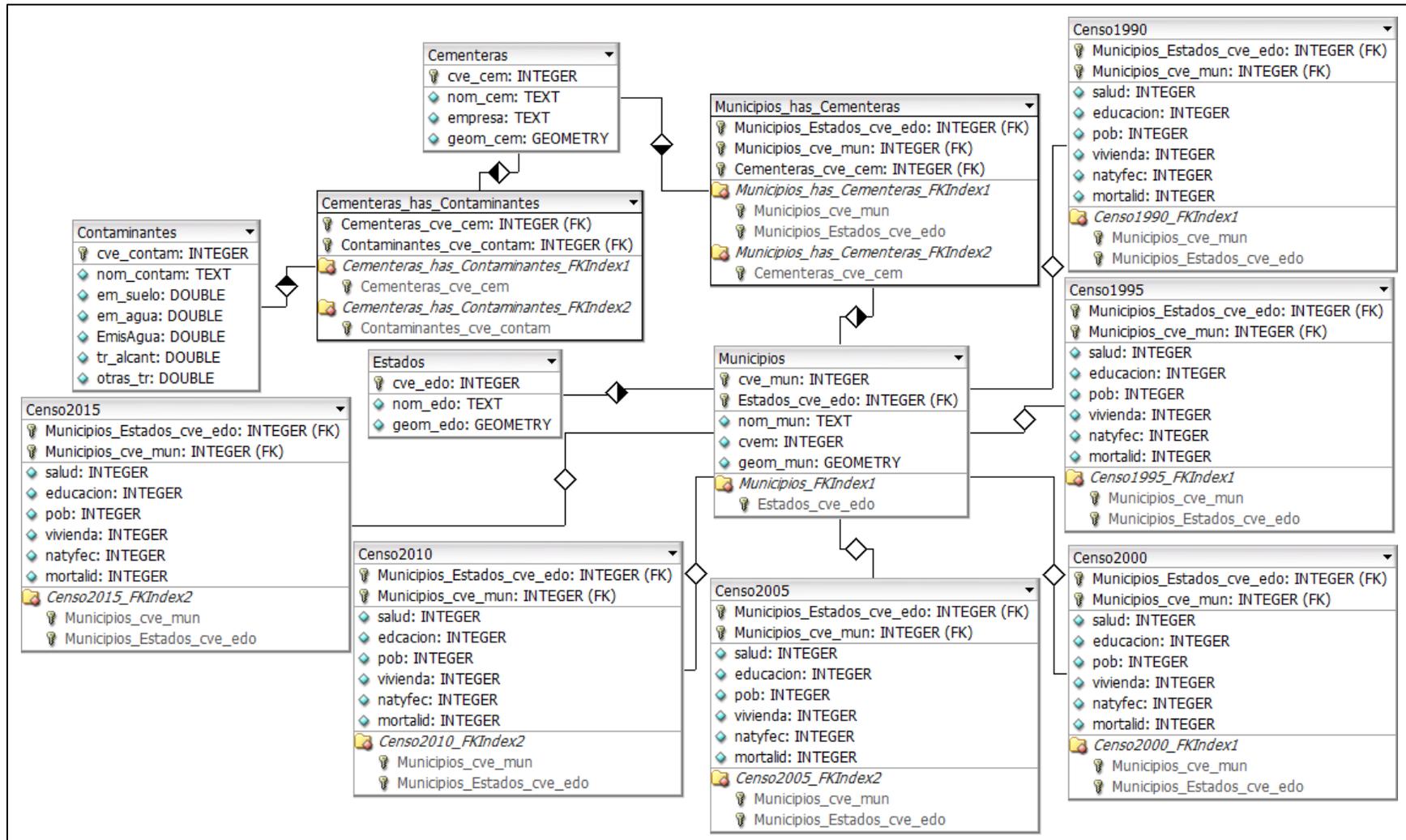
3.3.3.3 Relación m:n

Las interrelaciones de tipo de varios a varios, fueron dos. Comenzando con las tablas de municipios con la de cementeras, que, a partir de esta relación, se crea una nueva tabla que contenga las claves de estas dos tablas. Lo mismo sucede con las tablas de cementeras con contaminantes.

3.3.4 Resultado

En la figura 35 se observa el diseño lógico como resultado de la transformación del modelo conceptual a éste, indicando sus ocho tablas finales con sus respectivas interrelaciones, del cual se obtendrá la arquitectura para implementarla en el próximo modelo (físico). Este modelo es el segundo producto de la Base de Datos Geoespacial.

Figura 35. Modelo Lógico.



Fuente: Elaboración propia

3.4 Modelo Físico

3.4.1 SGBD PostgreSQL

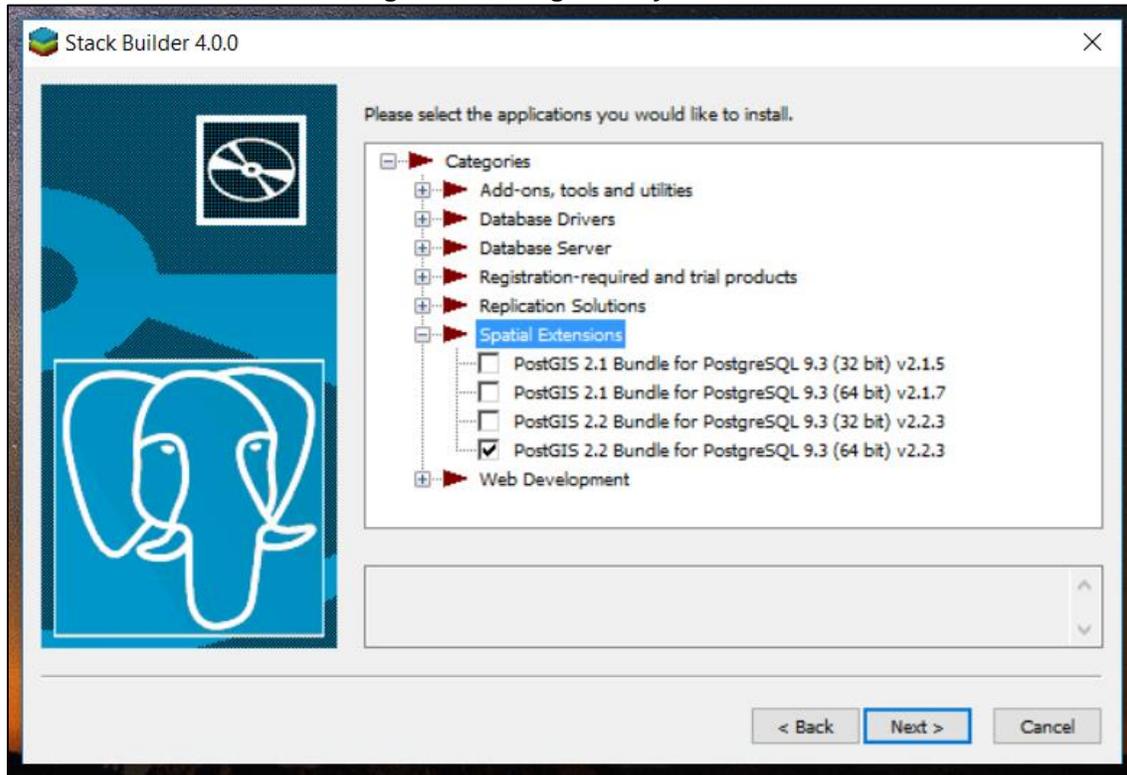
El sistema Gestor de Bases de Datos que se eligió fue PostgreSQL, con su respectiva extensión espacial PostGIS, como se aprecia en la figura 36. Este SGBD es un poderoso sistema de base de datos de tipo relacional de objetos de código abierto. Cuenta con más de 15 años de desarrollo activo y una arquitectura probada que le ha valido una sólida reputación de fiabilidad, integridad de datos y corrección y que además se ejecuta en todos los principales sistemas operativos.

La implementación SQL, de este software se ajusta en gran medida al estándar ANSI-SQL: 2008. PostgreSQL tiene un catálogo de sistemas totalmente relacional que por sí mismo soporta múltiples esquemas por base de datos, su catálogo también es accesible a través del Information Schema como se define en el estándar SQL. También tiene una gran cantidad de extensiones y características avanzadas. PostgreSQL admite índices compuestos, únicos, parciales y funcionales que pueden usar cualquiera de sus métodos de almacenamiento. (PostgreSQL, 2017)

PostGIS es un extensor de base de datos espacial para la base de datos objeto-relacional de PostgreSQL. Añade soporte para objetos geográficos permitiendo que las consultas de ubicación se ejecuten en SQL. PostGIS es una extensión opcional que debe habilitarse en cada base de datos en la que desea usarlo antes de poder usarlo.

PostGIS hereda automáticamente las características de las bases de datos empresariales, así como los estándares abiertos que implementan un Sistema de Información Geográfica dentro del motor de base de datos. (PostGIS, 2017)

Figura 36. PostgreSQL y PostGIS.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la instalación del SGBD

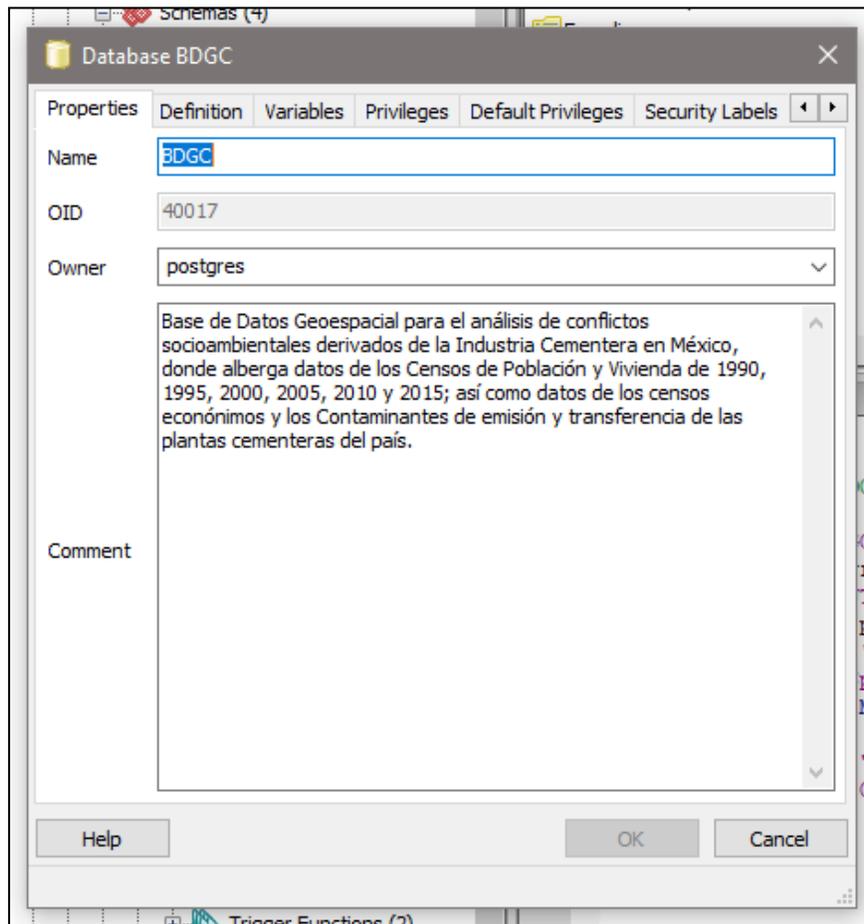
Nota: La extensión espacial de este SGBD, se descarga, en seguida de este paquete de software.

3.4.2 Carga de Datos

Se comenzó con la creación de la Base de Datos, como se puede observar en la figura 37. Y posteriormente se crearon las tablas, con las variables y sus características, vía SQL, puesto que se extrajeron esos datos del modelo lógico.

Los primeros datos que se cargaron fueron los vectoriales, Cementeras, Municipios y Estados. Estos datos se cargaron mediante el símbolo del sistema, ya que la información de los polígonos es extensa, se realizó con esta operación.

Figura 37. BDG.



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se trasladaron los datos no espaciales que estaban contenidos en archivos .xlsx, en las tablas, con las delimitaciones correspondientes a cada caso. Los datos que se exportaron fueron los de los censos por municipio y los contaminantes, mediante la instrucción en SQL de realizar una copia de los datos indicando los valores correctos en la sintaxis de la consulta. Como resultado se tienen las tablas listas, con sus respectivos datos. (Ver figura 38)

Figura 38. Datos en la BDG.

	gid [PK] serial	objectid integer	id integer	cementera character varying(100)	mpio character varying(50)	estado character varying(50)	cve_mun character varying(5)
1	1	1	2	CEMEX, Torreón	Torreón	Coahuila	05035
2	2	2	1	CEMEX, Ensenada	Ensenada	Baja California	02001
3	3	3	3	CEMEX, Barrientos, Tlalnepantla	Tlalnepantla de Baz	Estado de México	15104
4	4	4	4	CEMEX, Huichapan	Huichapan	Hidalgo	13029
5	5	5	5	CEMEX, Atotonilco	Atotonilco de Tula	Hidalgo	13013
6	6	6	6	CEMEX, Zapotiltic	Zapotiltic	Jalisco	14121
7	7	7	7	CEMEX, Guadalajara	Guadalajara	Jalisco	14039
8	8	8	8	CEMEX, Monterrey	Monterrey	Nuevo León	19039
9	9	9	9	CEMEX, Hidalgo, N.L.	Hidalgo	Nuevo León	19047
10	10	10	10	CEMEX, Cuautinchán	Cuautinchán	Puebla	21040
11	11	11	11	CEMEX, Ciudad Valles	Ciudad Valles	San Luis Potosí	24013
12	12	12	12	CEMEX, Tamuín	Tamuín	San Luis Potosí	24040
13	13	13	13	CEMEX, Hermosillo	Hermosillo	Sonora	26030

Fuente: Elaboración propia a partir de la BDG.

Nota: Se pueden observar los datos correspondientes a la tabla de Cementeras, con sus características prediseñadas.

3.5 Mantenimiento

En cuanto al mantenimiento que se le dará a la Base de Datos, se dejó abierto el proyecto tanto de la Base de Datos, como la plataforma para el acceso, con las credenciales solicitadas por el responsable del proyecto, la base de datos aceptará altas, bajas o modificaciones, siempre y cuando sea desde el SGBD.

3.6 Acceso y Explotación

Para tanto el acceso, como la explotación de los datos que se incluyeron en la Base de Datos Geoespacial, se otorgaron dos opciones a los usuarios de la misma, ya que la BDG está alojada de forma local en un computador, estas formas, serán permitidas sólo con la autorización previa del administrador o líder del proyecto.

3.6.1 GIS

Ya que los Sistemas de Información geográfica actuales, pueden realizar llamados de las capas de información contenidas en distintos SGBD, en el caso de PostgreSQL no es la excepción, pues basta con realizar una conexión a la BDG, colocando los parámetros que cada software GIS requiere.

Para este proyecto se sugirió hacer uso de qGIS, el cual es un software libre, de código abierto y además tiene un módulo especial para trabajar conexiones con PostgreSQL; tiene también una interfaz amigable e intuitiva. En la siguiente figura (ver figura 39), puede observarse la conexión a la Base de Datos Geoespacial.

Figurara 39. Conexión qGIS con PostGIS

Crear una nueva conexión a PostGIS

Información sobre la conexión

Nombre: BDGC

Servicio:

Anfitrión: localhost

Puerto: 5433

Base de datos: BDGC

Modo SSL: deshabilitar

Autenticación

Configuraciones | **Básica**

Nombre de usuario: postgres Guardar

Contraseña: Guardar

Advertencia: credenciales guardadas en texto simple en archivo de proyecto.

Convertir a configuración

Probar conexión

Mostrar capas sólo en los registros de capa

No resolver el tipo de columnas sin restricción (GEOMETRÍA)

Buscar sólo en el esquema "público"

Listar también tablas sin geometría

Utilizar metadatos de tabla estimados

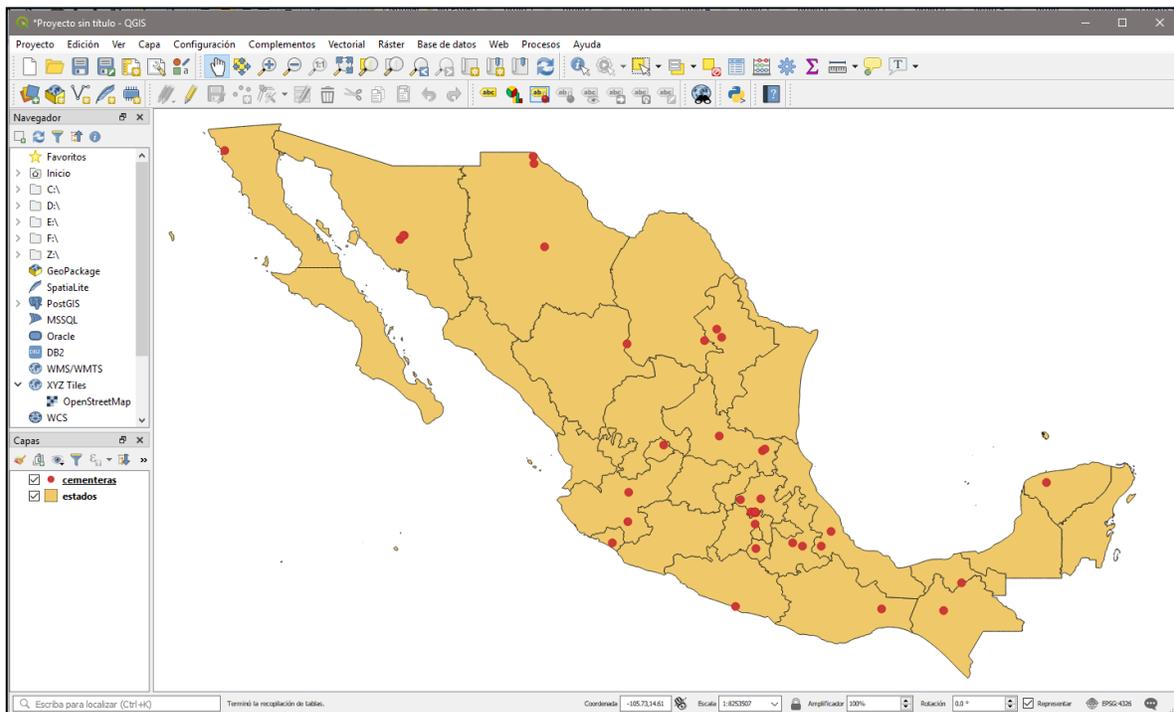
Permitir guardar / cargar proyectos de QGIS en la base de datos

Aceptar Cancelar Ayuda

Fuente: Elaboración propia a partir de la conexión establecida.

Una vez teniendo la conexión exitosa con el SIG, este permite añadir todas las capas que contengan información espacial en la base de datos, así como las que no posean ese campo, pero se visualizarán en forma de tablas. Cuando se añaden las capas espaciales, se visualizan en el área del mapa trayendo todos sus atributos, permitiendo entonces la posibilidad de generar cartografía temática, o realizar algún otro proceso geográfico. (Ver figura 40)

Figura 40. Datos en software GIS



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se aprecia sólo un ejemplo de los datos que se incluyeron en la Base de Datos, siendo utilizados con el software GIS.

En base a esto último, se realizó la cartografía temática de Afectación por fábricas de cemento en el país, consumiendo la información de la BDG, tras realizar varios geoprocesamientos para conocer los grados de afectación que aquejan las mismas.

Los valores que se consideraron para obtener los radios de afectación, se basaron en una publicación del Instituto Carlos III, en donde García Pérez y colaboradores,

utilizando diversos modelos de regresión combinados entre sí, dieron como resultado una evaluación del riesgo de morir por cáncer en un área de 5 km alrededor de la industria. Se analizó también en esta publicación, el efecto de la actividad industrial en un radio de 50 km. (2013, pág. 1)

Para este proyecto, se consideraron ambos grados de afectación, ya que, hasta 50 km a la redonda, pueden llegar los efectos de la industria. Se tomó la cantidad de 5 km de radio, como la distancia en donde las afectaciones de las cementeras son más fuertes y/o causan mayores daños. Se cuenta con la información entonces, de las afectaciones que se derivan de las 36 industrias cementeras operando en el país, tanto de primer (a 5 km), como de segundo grado de impacto (a 50 km).

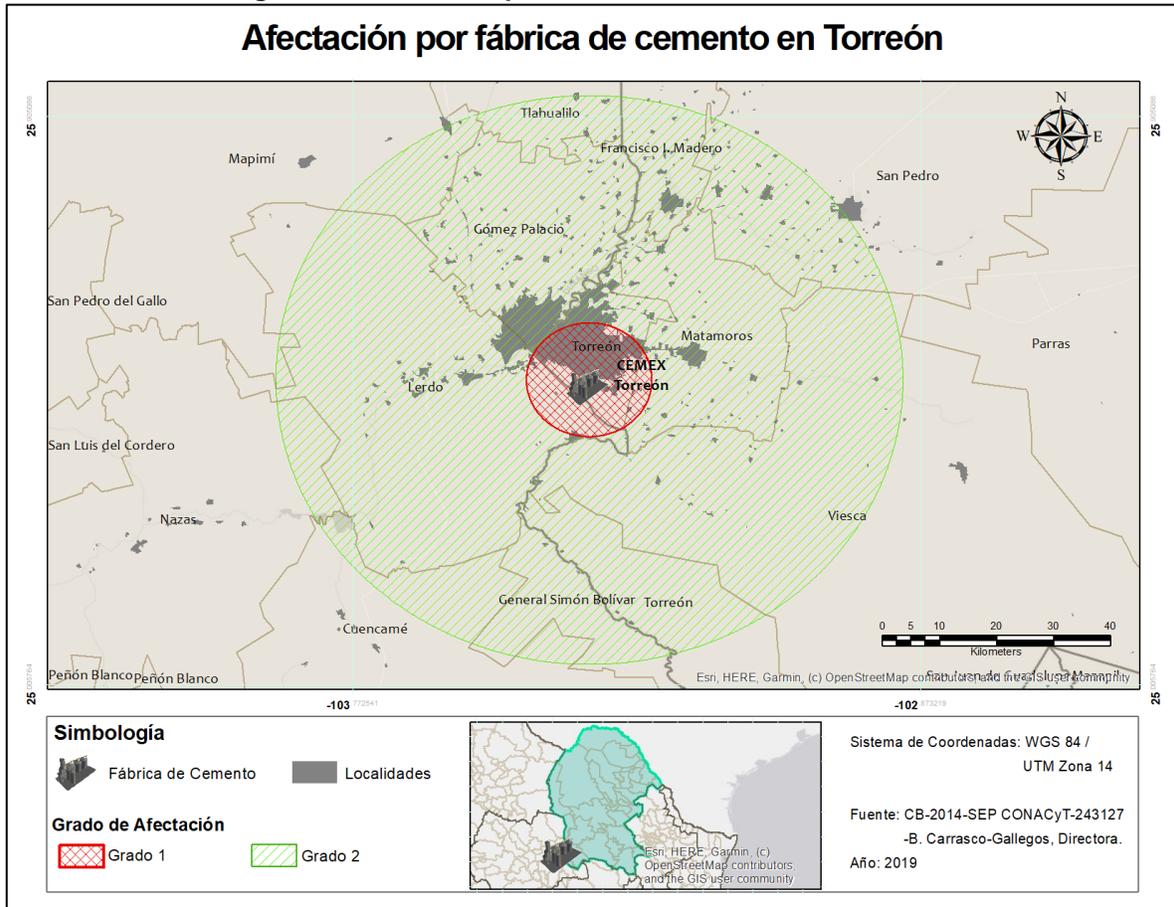
Figura 41. Afectación por fábrica de cemento en Ensenada



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En el caso de Baja California, La ciudad de Ensenada, se ve afectada mayormente por el grado 1 de afectación, mientras que el grado 2, llega a los municipios de Playas de Rosarito, Tijuana y una parte al suroeste de Tecate.

Figura 42. Afectación por fábrica de cemento en Torreón.

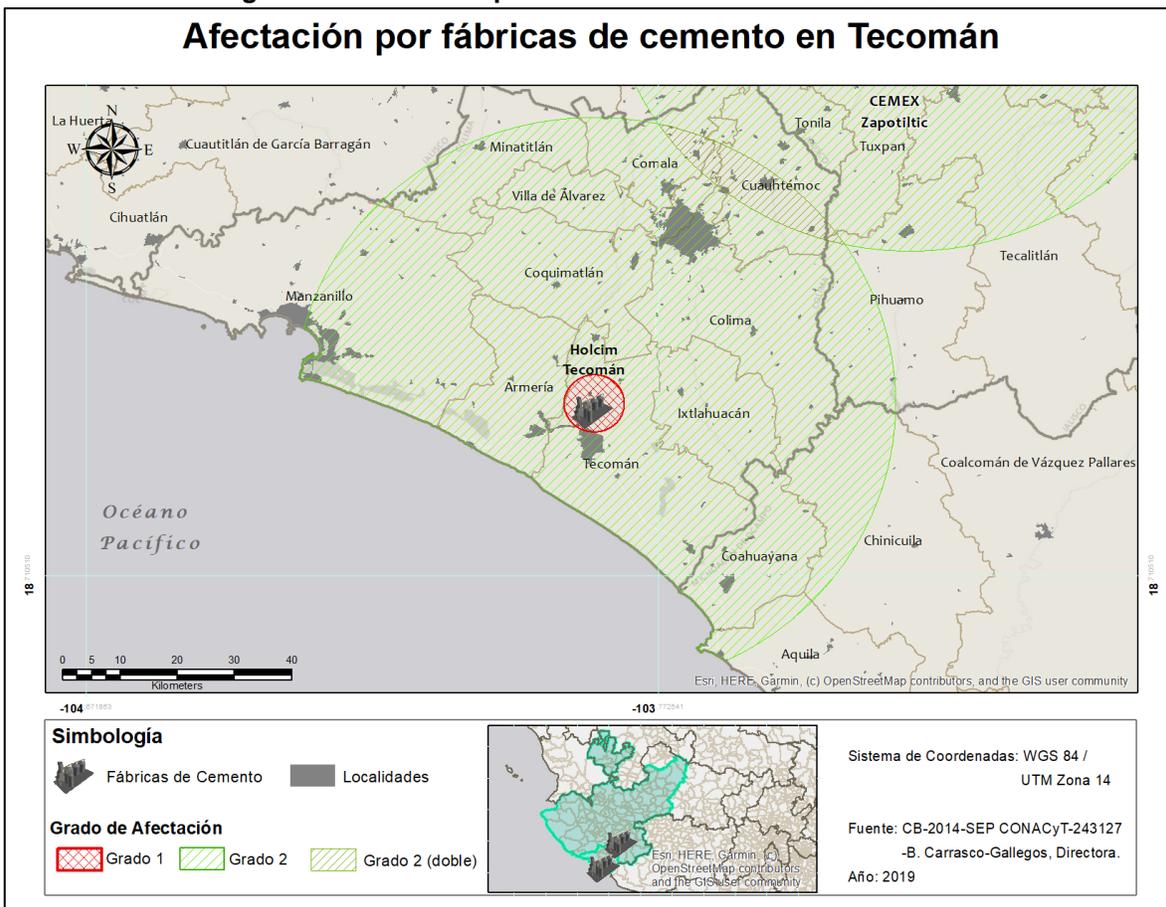


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para Torreón, el grado 1 de afectación, perturba la parte sureste de la mancha urbana, y el grado 2, el resto de la misma, tocando también otras localidades urbanas aledañas de Coahuila, y de Durango.

Figura 43. Afectación por fábricas de cemento en Tecomán

Afectación por fábricas de cemento en Tecomán

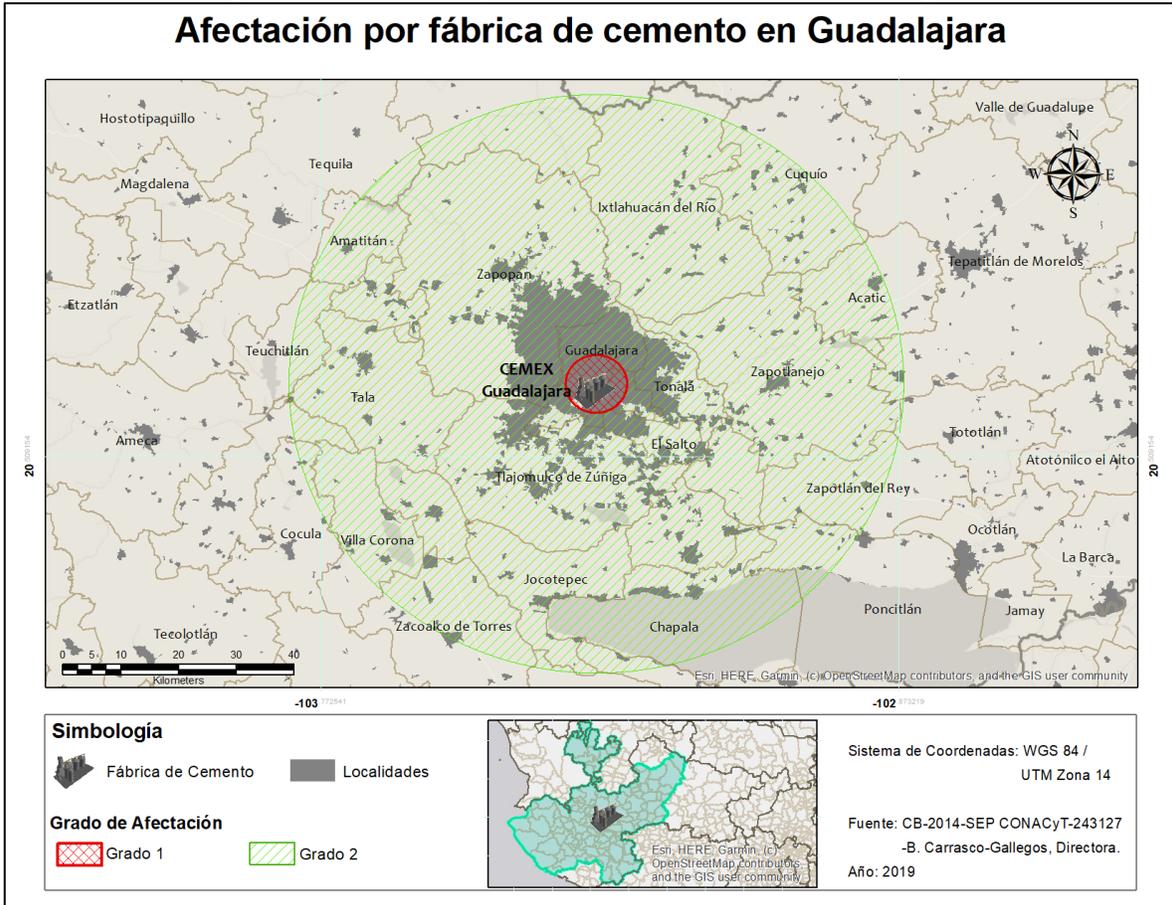


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En esta cartografía se puede apreciar que los radios de afectación grado 2, se traslapan, lo que genera un doble grado 2 de afectación, es decir, la población y superficie de esta zona, están siendo afectados dos veces por las fábricas cementeras. La cementera de Colima, afecta en primer grado a la población de Tecomán, mientras que su grado 2, afecta a casi todo el estado, llegando tanto a la mancha urbana del municipio de Manzanillo, como al de Colima, que son las más grandes del estado.

Figura 44. Afectación por fábrica de cemento en Guadalajara

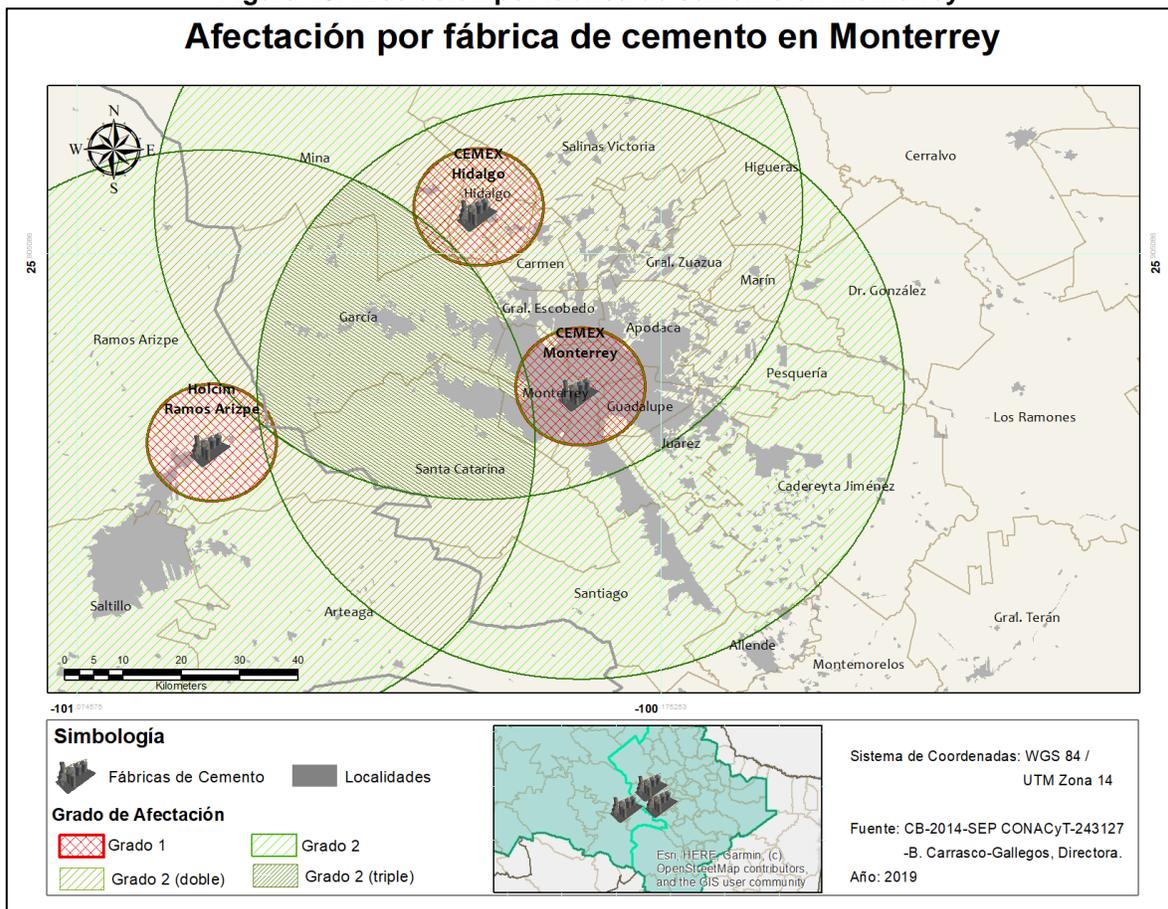
Afectación por fábrica de cemento en Guadalajara



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En este caso, la fábrica de Guadalajara, alcanza a perjudicar a grado 1 al sur del municipio de Guadalajara y al centro de Tlaquepaque, estos municipios se catalogan como localidades urbanas, es decir, la población que radica en estos lugares es mayor. La afectación de grado 2 abarca al resto de Guadalajara, Zapopan, Tonalá, entre otros municipios urbanizados.

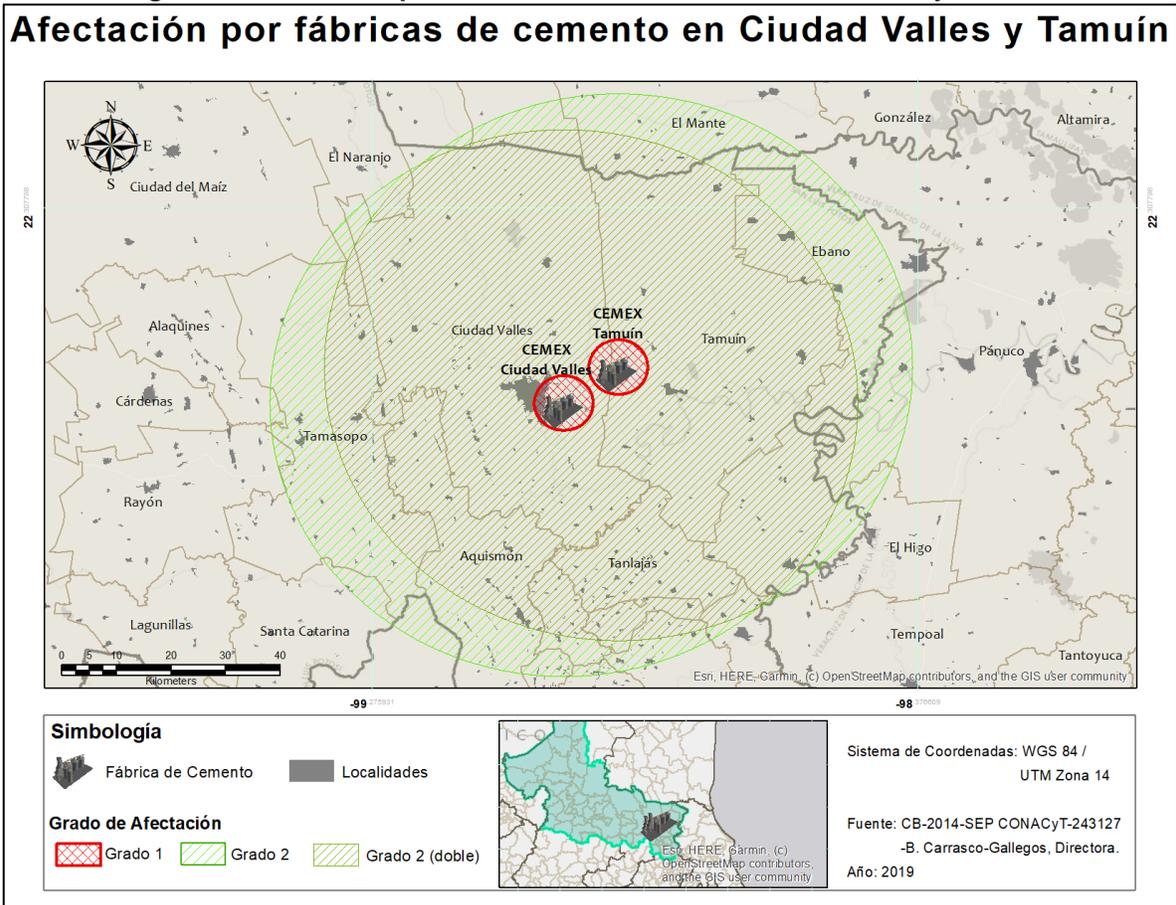
Figura 45. Afectación por fábrica de cemento en Monterrey



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las cementeras representadas, se encuentran entre 30 km y 57 km de distancia, por lo que sus radios de afectación de segundo grado, forman una zona con tripe afectación grado 2, al municipio García y Santa Catarina, pertenecientes a Nuevo León. La cementera de Monterrey, afecta en grado 1 a gran parte de la mancha urbana de ese municipio, junto a los alrededores, que son localidades urbanas.

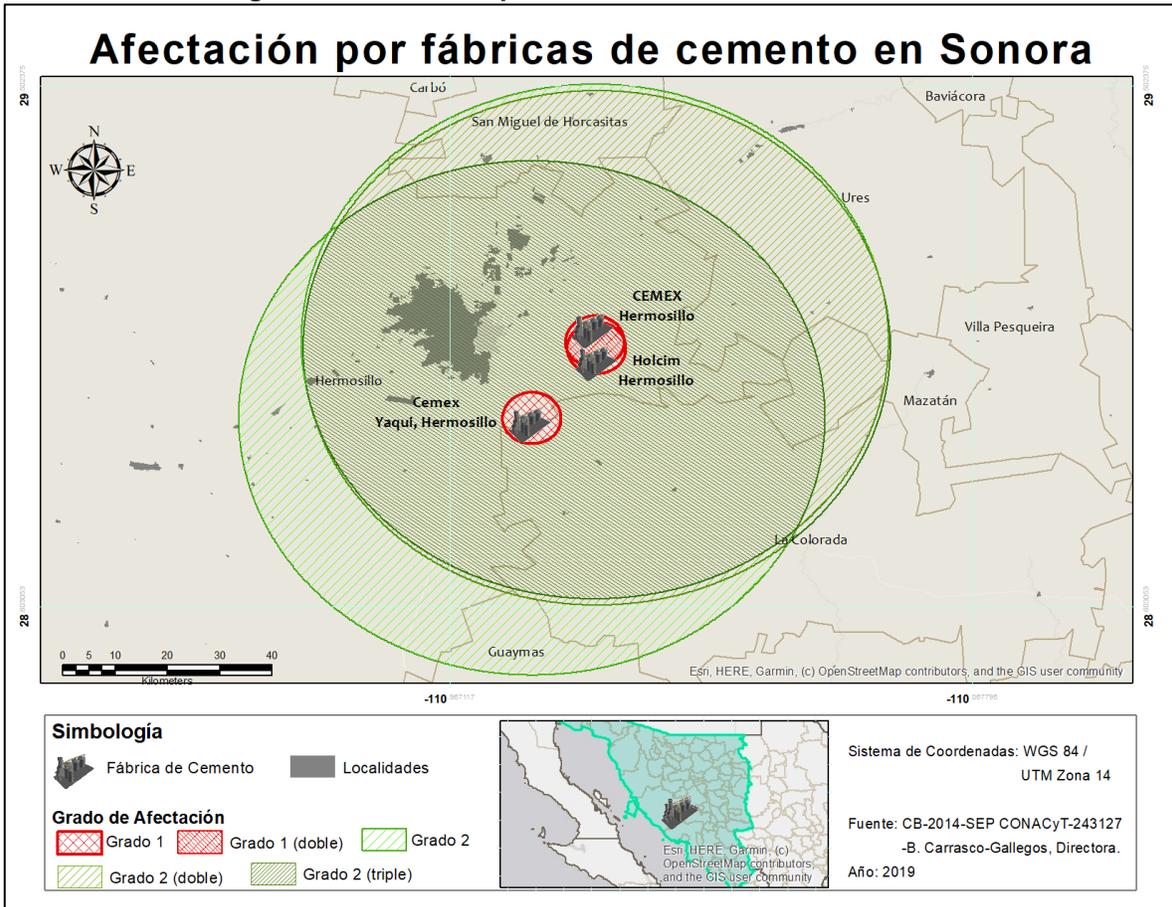
Figura 46. Afectación por fábricas de cemento en Ciudad Valles y Tamuín



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Estas fábricas están a 11.3 km de distancia, por lo que sus grados de afectación de segundo grado forman una zona importante con doble grado de afectación grado 2. Dicha zona la compone casi todo el municipio de Tamuín, Tanlajás y San Antonio, que poseen varias localidades, el municipio de Ciudad Valles también se ve comprometido, ya que gran parte del municipio cae en la zona afectada. Las afectaciones grado 1 por la fábrica de Ciudad Valles, afecta la parte sureste de su mancha urbana del lugar, y la fábrica de Tamuín, afecta de mismo modo a toda la localidad.

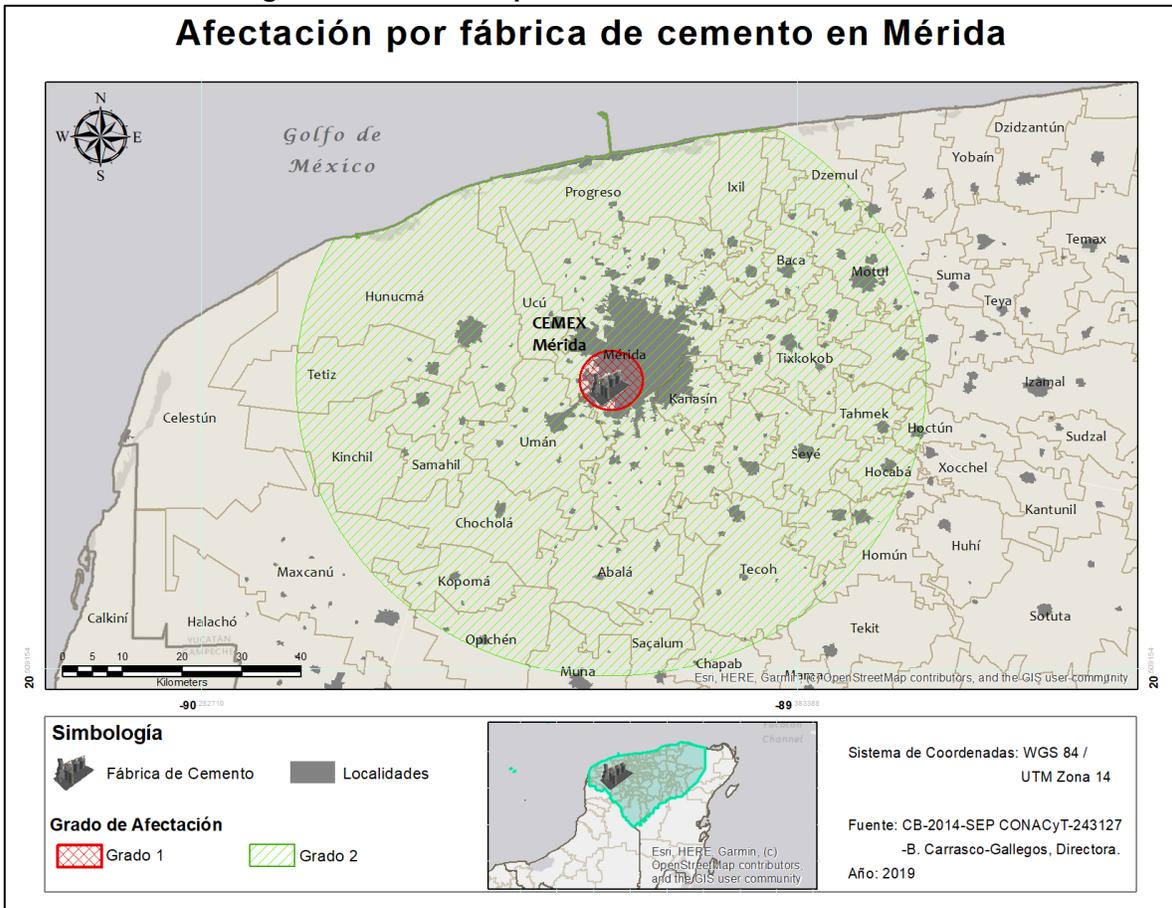
Figura 47. Afectación por fábricas de cemento en Sonora.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se representan 3 fábricas de cemento, que se encuentran relativamente cerca, La CEMEX Hermosillo y la Holcim Hermosillo, sólo tienen 1.3 km de distancia entre ellas, por lo que sus radios de afectación de primer grado se solapan, creando una zona de doble afectación de primer grado, aunque no se reporta mancha urbana en esta zona, en la zona donde se traslapan estas dos fábricas con la CEMEX Yaqui, Hermosillo, crean una zona de triple afectación de grado 2, afectando a la ciudad de Hermosillo en su totalidad, ya que abarca esta zona, la mancha urbana del municipio.

Figura 48. Afectación por fábrica de cemento en Mérida



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La fábrica en Yucatán, se localiza en el centro de la ciudad de Mérida, por lo que la afectación de grado 1, abarca la zona centro del municipio. El grado de afectación 2 abarca el resto de la ciudad, junto a los municipios vecinos, en donde también existe un número importante de localidades urbanas.

Figura 49. Afectación por fábrica de cemento en Tepezalá

Afectación por fábrica de cemento en Tepezalá

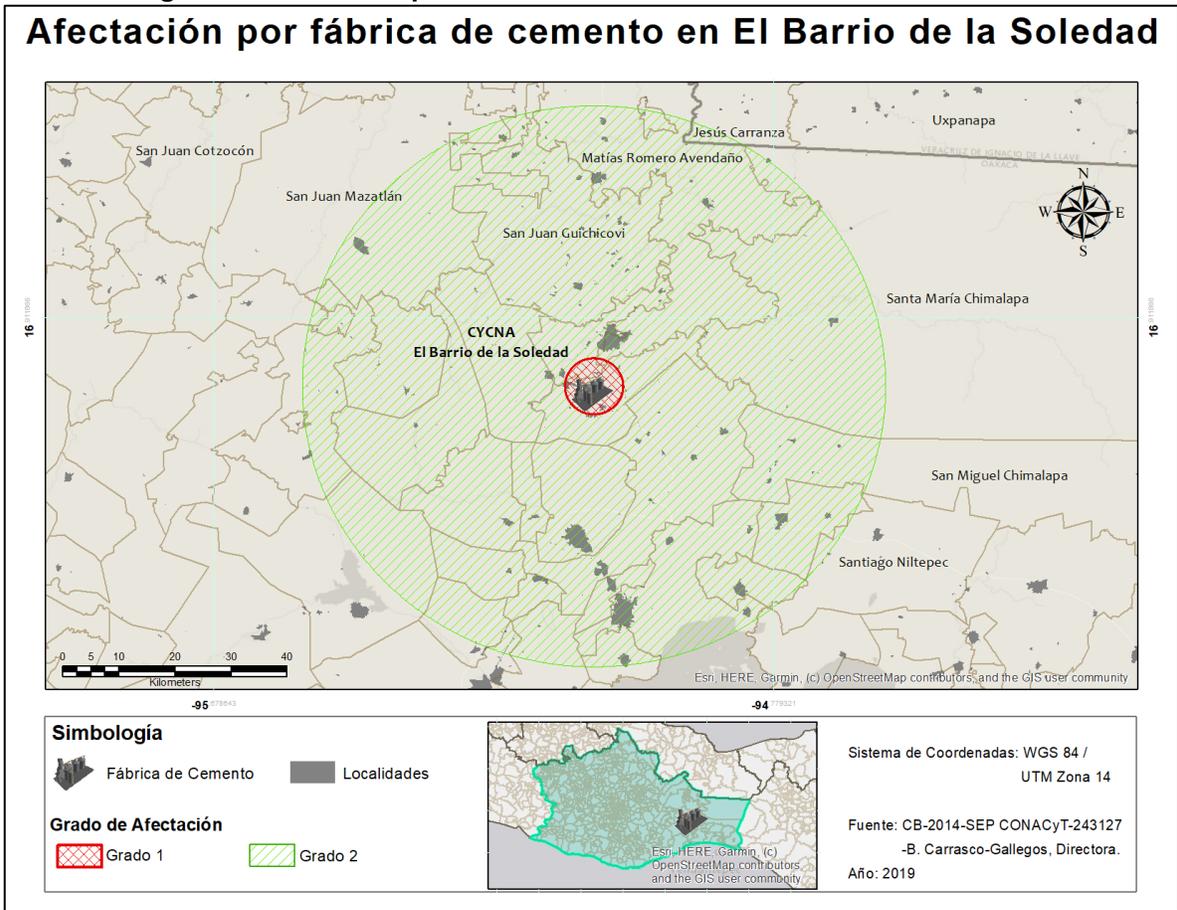


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En este estado, la fábrica se ubica al noreste, el municipio afectado por el grado 1, es el mismo donde se ubica la cementera, Tepezalá; el grado de afectación 2, se extiende casi a todo el estado, con orientación al noreste, cubriendo la ciudad de Aguascalientes, y las demás localidades vecinas. Esta afectación secundaria se expande hacia algunos municipios al sur de Zacatecas, y algunos de Jalisco.

Figura 50. Afectación por fábrica de cemento en El Barrio de la Soledad

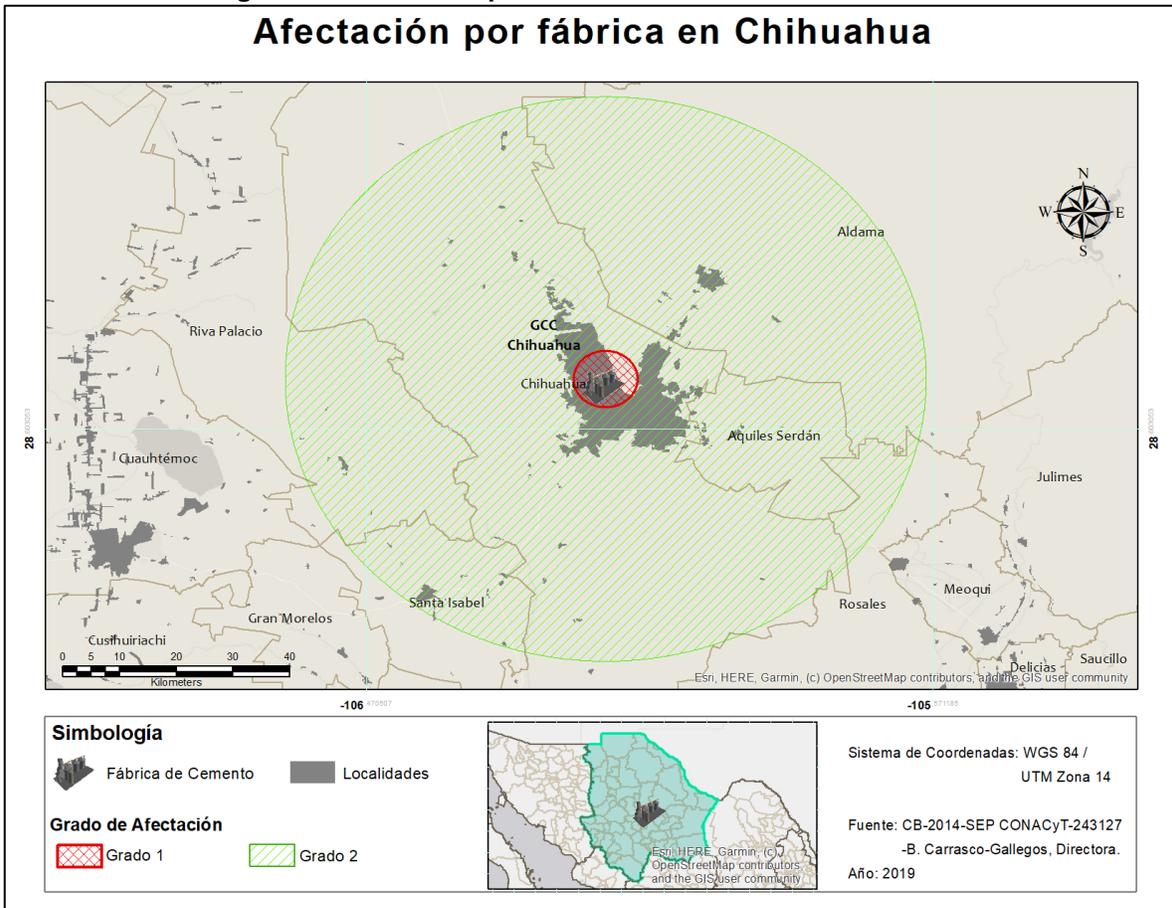
Afectación por fábrica de cemento en El Barrio de la Soledad



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Aunque esta fábrica se encuentra al este del estado, las afectaciones de primer grado alcanzan a una localidad dentro del municipio de El Barrio de la Soledad, que es donde se encuentra la cementera. Las afectaciones de grado 2 alcanzan algunas localidades cercanas al sur.

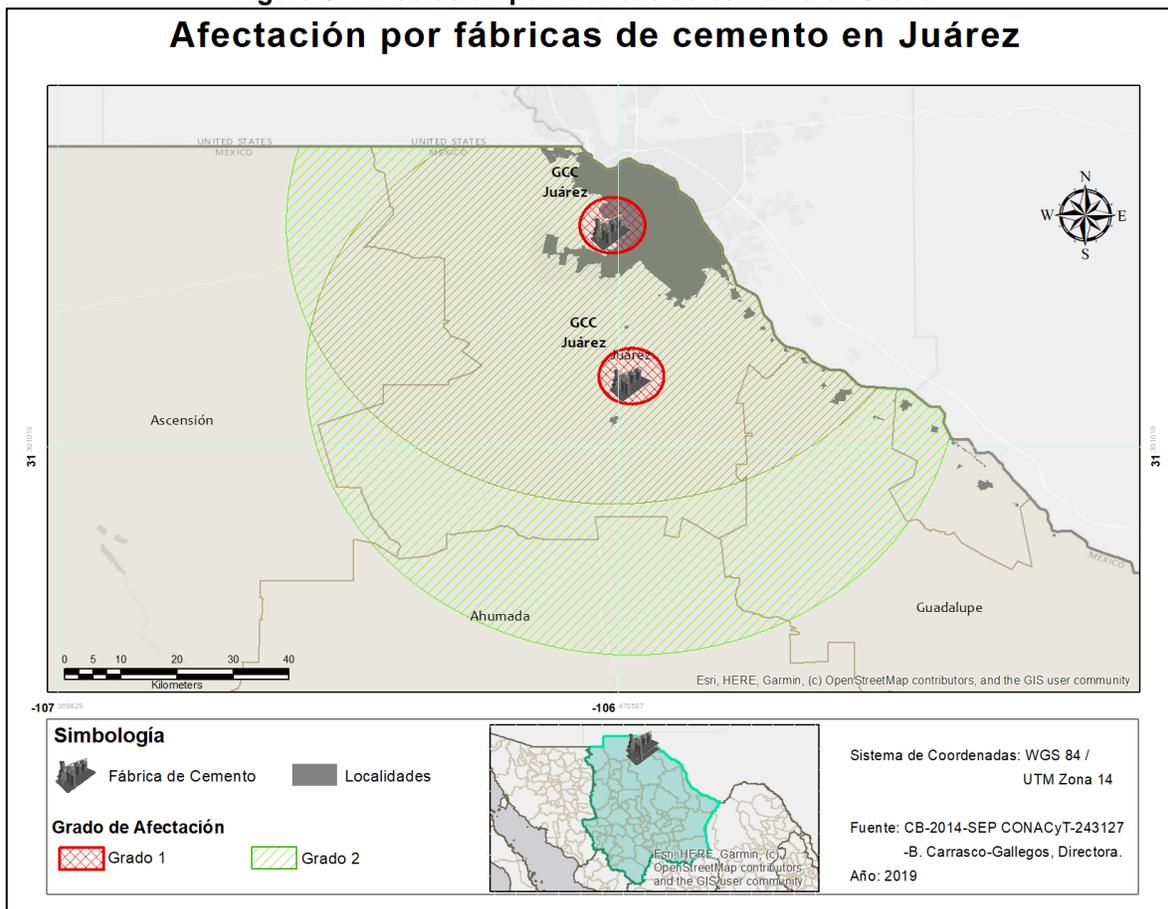
Figura 51. Afectación por fábrica de cemento en Chihuahua



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Al centro del estado, se ubica esta fábrica, en el municipio de Chihuahua. El grado de afectación primario afecta a la parte oeste de la ciudad, mientras que el resto de la mancha urbana, se ve afectado por el grado 2, alcanzando también a otros municipios, que poseen localidades urbanas también.

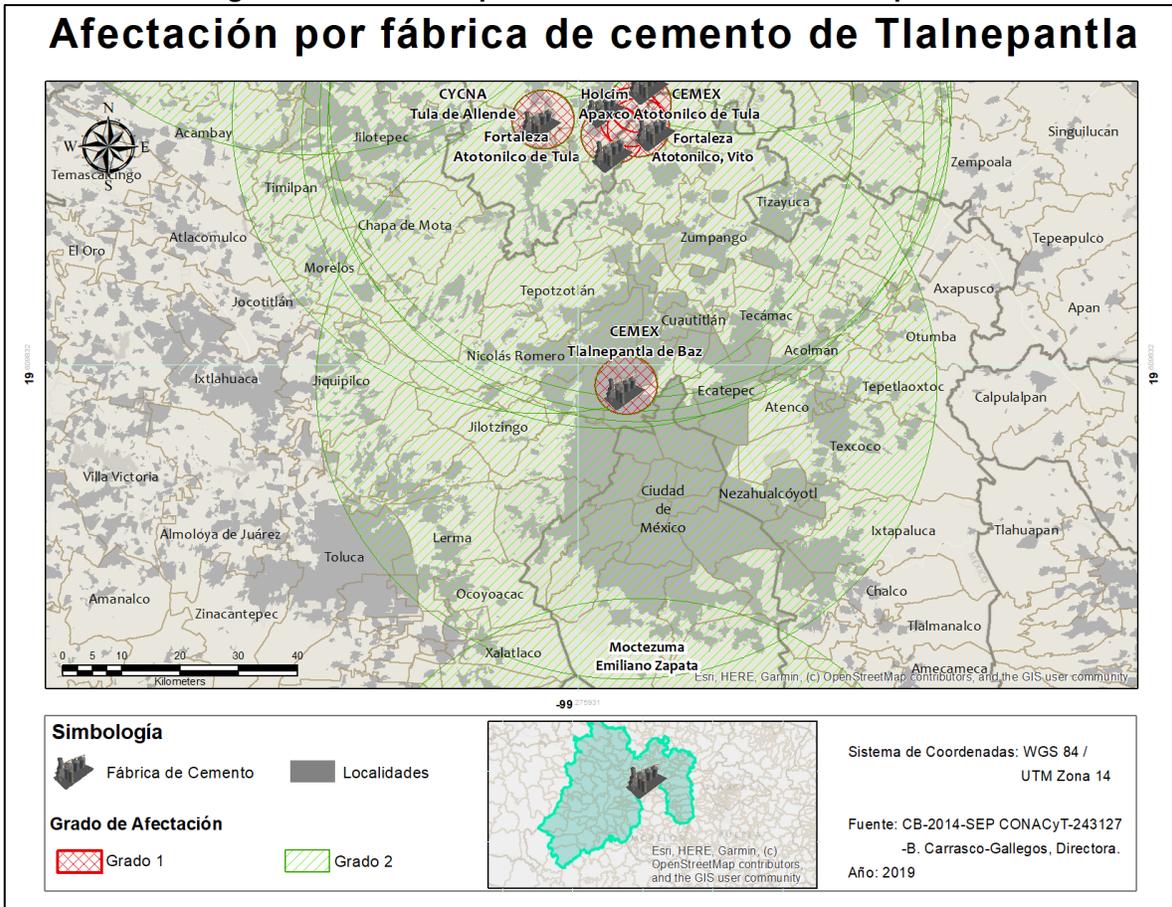
Figura 52. Afectación por fábricas de cemento en Juárez



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En el norte de Chihuahua, se localizan dos cementeras, la GCC Juárez, afecta en grado 1 el este de Ciudad Juárez, mientras que la fábrica de GCC, Samalayuca, Juárez, afecta en grado 1, en una zona donde no hay mancha urbana. Donde se superponen los grados de afectación 2 de ambas cementeras, generan una zona de doble afectación grado 2, que compromete a la mancha urbana de Ciudad Juárez, e incluso, parte de Texas, y Nuevo México, así como el radio de afectación grado 2 de la fábrica GCC, Juárez, ya que la cementera se encuentra casi a límites del país.

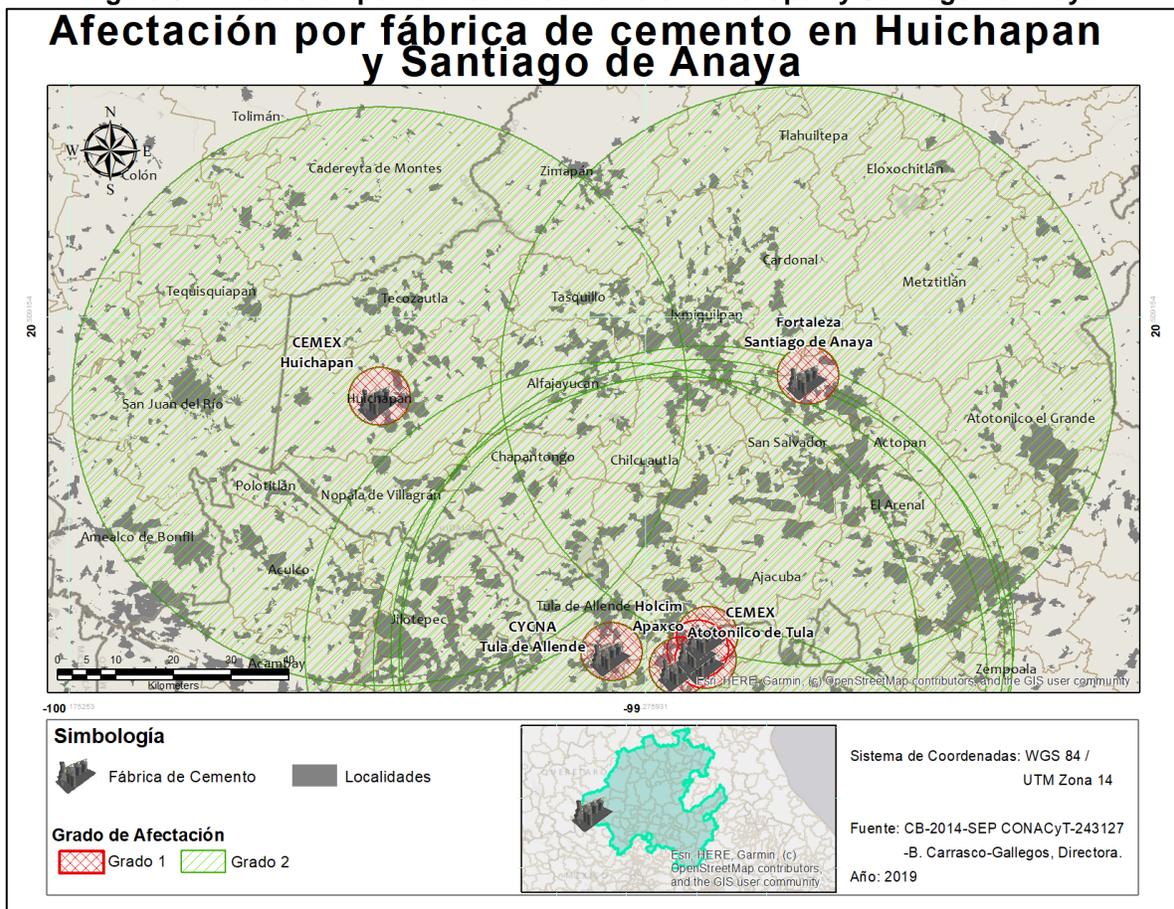
Figura 53. Afectación por fábrica de cemento de Tlalnepantla



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La empresa se encuentra al centro este del estado, colindando con la Ciudad de México hacia el sur, por lo que los grados de afectación tienen un alto impacto en las zonas conurbadas tanto del Estado de México, como en la Ciudad de México, en donde la mancha urbana es aún mayor. En el mapa se puede apreciar que no sólo los radios de afectación de esta planta son los que se muestran, ya que las afectaciones de otras plantas ubicadas en el estado de Hidalgo, alcanzan también a la mitad norte del radio de afectación grado dos de esta cementera.

Figura 54. Afectación por fábrica de cemento en Huichapan y Santiago de Anaya

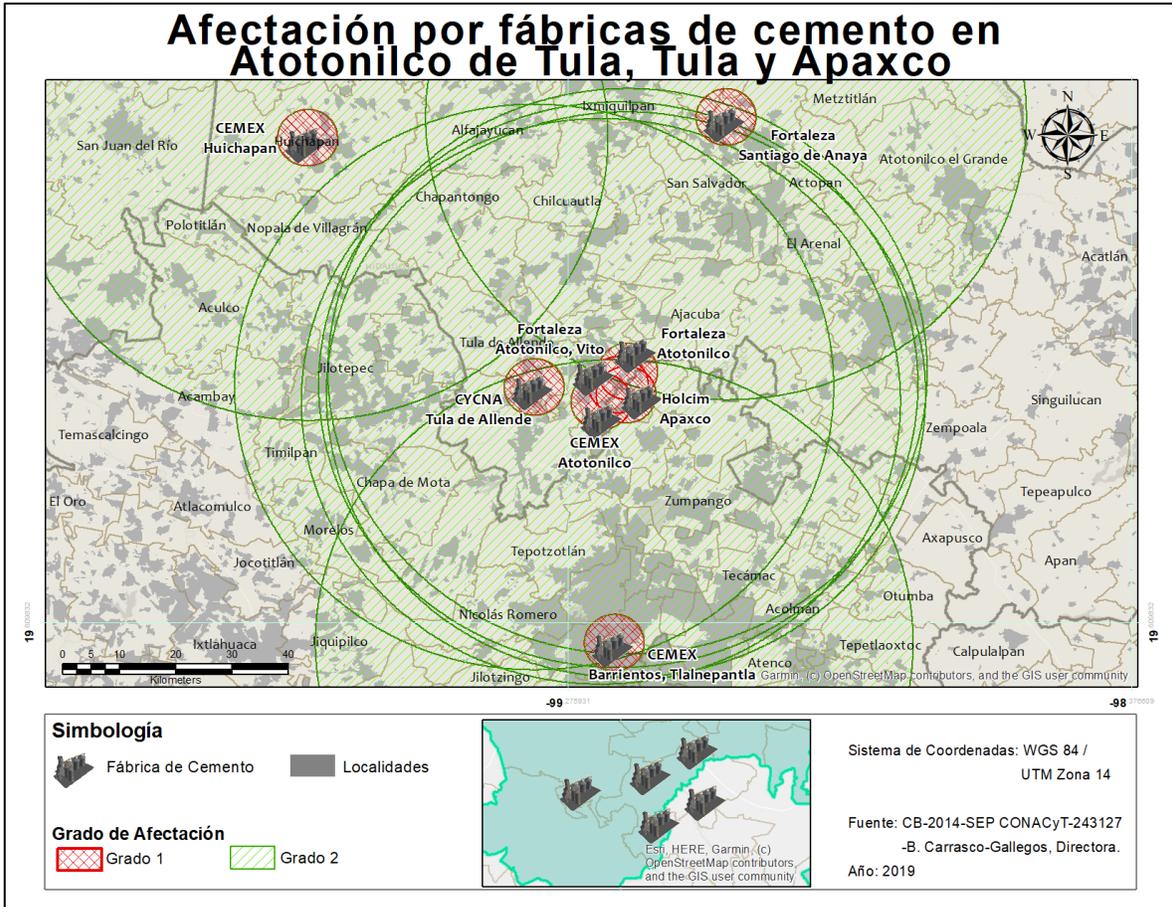


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Al suroeste del estado, se encuentra la planta de CEMEX, en Huichapan, la cual afecta en grado uno a la localidad de Huichapan, casi en su totalidad, dejando el resto en segundo grado de afectación. Llega también estas afectaciones de segundo grado a otros municipios tanto de Hidalgo, como del Estado de México. Esta planta se encuentra cerca de las plantas de Hidalgo (centro), en donde casi una cuarta parte de este radio de afectación se traslapa con los radios de estas cementeras, creando regiones de hasta siete veces afectador por grado dos, haciendo de la zona, una bastante afectada, como lo es la localidad de Chicuautla.

En el municipio de Santiago de Anaya, perteneciente al estado de Hidalgo, se encuentra esta planta cementera, quien afecta en primer grado a parte de la localidad urbana del municipio antes mencionado, esta zona es afectada también por las plantas que se encuentran al suroeste de la que se describe, haciendo de esta, un área bastante dañada por las cementeras que se encuentran en el lugar. El grado dos de esta planta alcanza a afectar a zonas donde otras cementeras también llegan, generando hasta siete veces afectaciones de grado dos.

Figura 55. Afectación por fábrica de cemento en Atotonilco de Tula, Tula y Apaxco

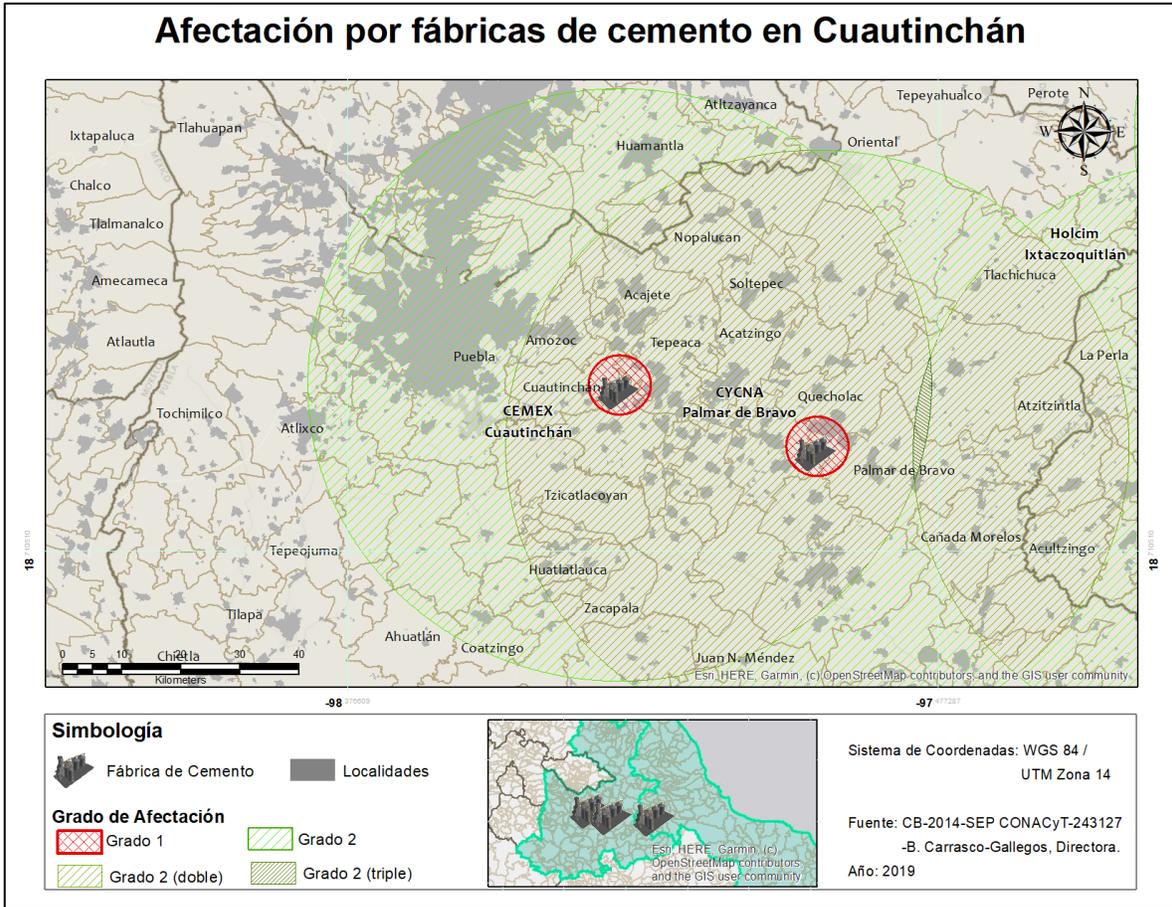


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En este mapa se pueden apreciar a cuatro de las cementeras que se encuentran en el estado de Hidalgo, y una que pertenece al Estado de México, ubicada en el municipio de Apaxco. Un total de cinco cementeras que se encuentran juntas prácticamente, haciendo una zona de *sacrificio*, puesto que al menos tres municipios se ven afectados por cuatro de las cementeras en su grado primario, y son afectados también por los grados secundarios del resto de las cementeras del lugar, generando zonas que son afectadas hasta siete veces por el grado dos de las cementeras de Huichapan (al noroeste) y Santiago de Anaya (al noreste). Se puede apreciar que es incluso difícil diferenciar los radios de afectaciones, ya que están muy cerca las plantas cementeras. Esta zona es la más conflictiva del país, ya que las afectaciones a las localidades son bastante altas.

Figura 56. Afectación por fábricas de cemento en Cuautinchán

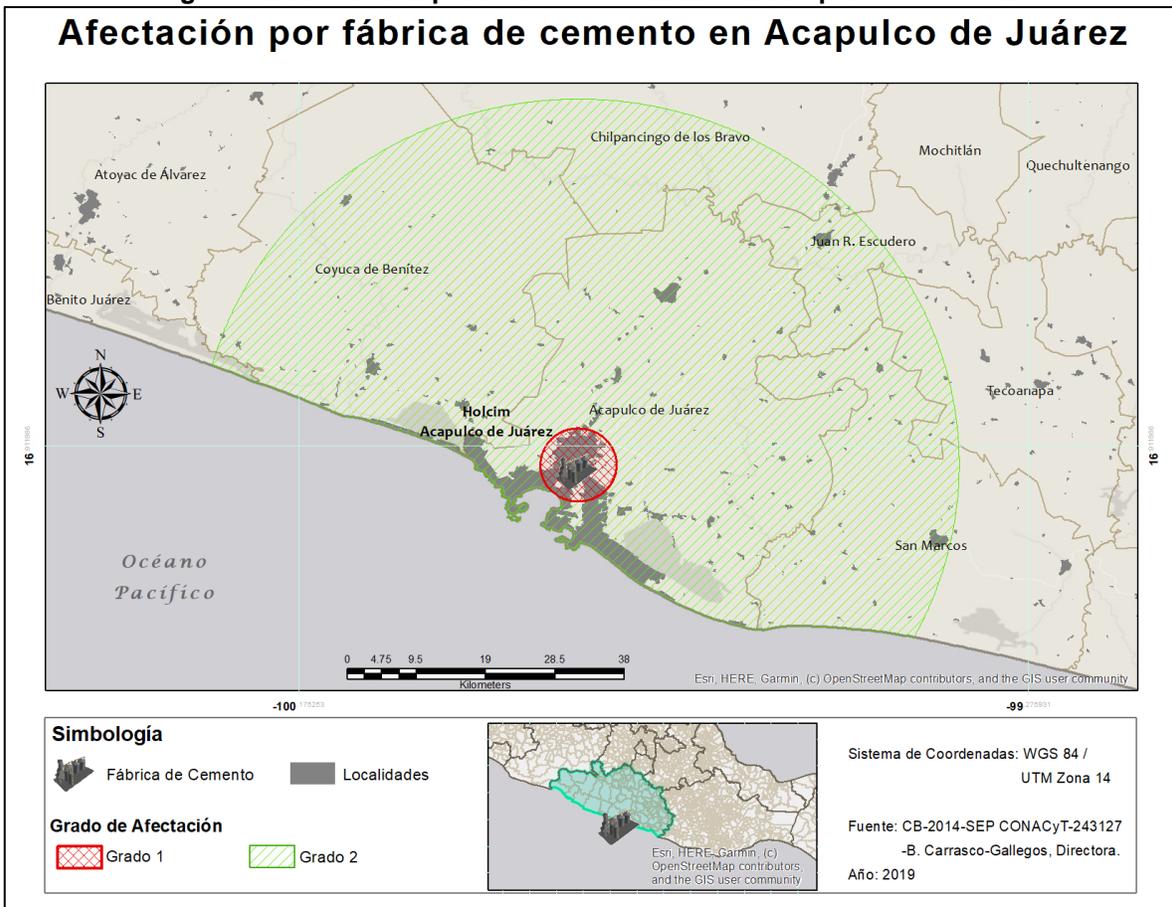
Afectación por fábricas de cemento en Cuautinchán



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se muestran las cementeras ubicadas al este de Puebla, en donde sus radios de afectación tipo dos, se traslapan, y generan zonas de afectación de este grado, dos veces, entendiéndose que las zonas que se encuentran en esa situación, poseen mayor afectación proveniente de diferentes plantas de cemento. La planta de Cuautinchán afecta en su grado dos a casi todo el municipio de Puebla.

Figura 57. Afectación por fábrica de cemento en Acapulco de Juárez

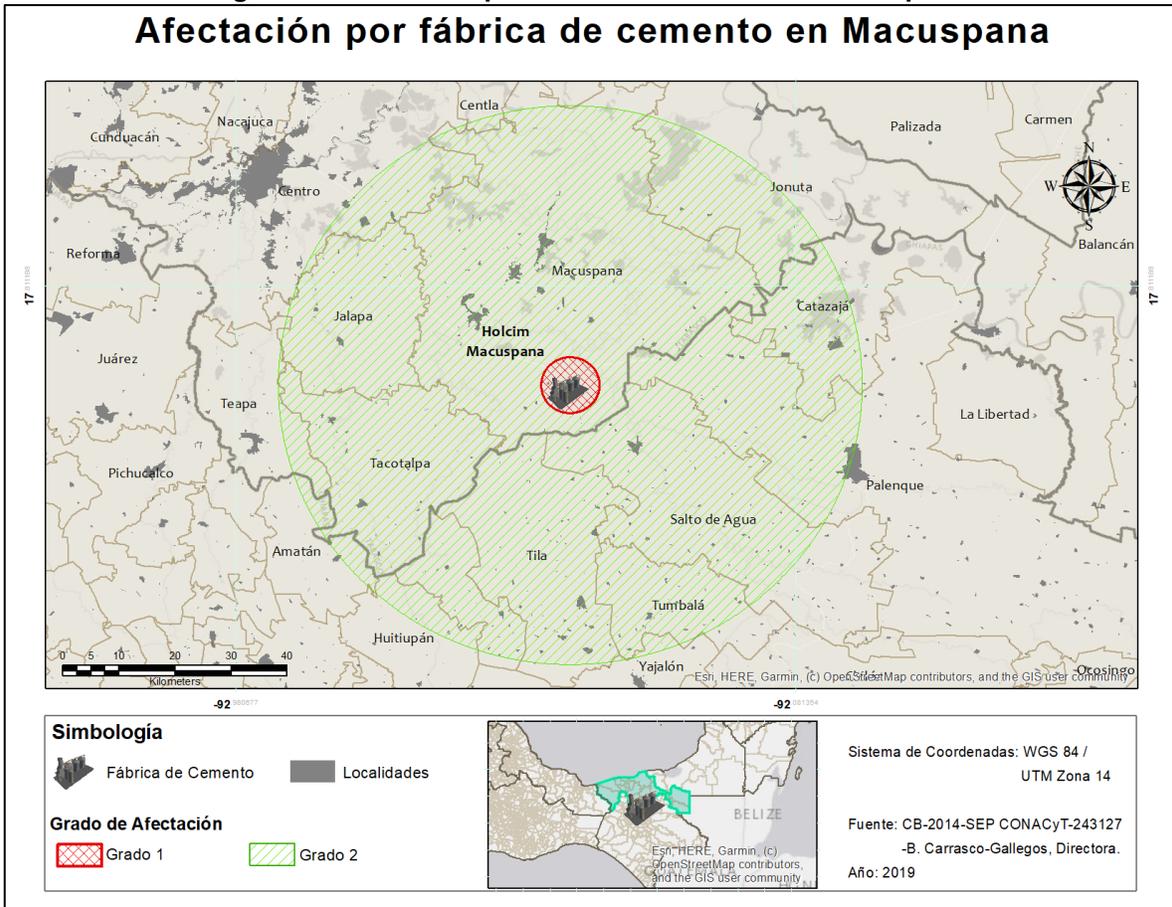


Fuente: Elaboración propia.

Nota: La cementera de Guerrero está ubicada en el municipio de Acapulco de Juárez, afectado en grado uno a una porción de la mancha urbana del lugar, una zona turística y con mayor población que el resto de municipio y del estado en cuanto al grado de afectación dos, se expande, tocando el resto de la mancha urbana, y tocando también a cinco municipios cercanos más.

Figura 58. Afectación por fábrica de cemento en Macuspana

Afectación por fábrica de cemento en Macuspana



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La planta cementera está ubicada en el municipio de la Macuspana. El grado primario se expande dentro del mismo municipio, pero es el grado dos, quien alcanza a afectar a las localidades que se encuentran en el lugar, además de municipios vecinos que se encuentran en el estado de Chiapas, así como a algunas localidades que se muestran en el mapa.

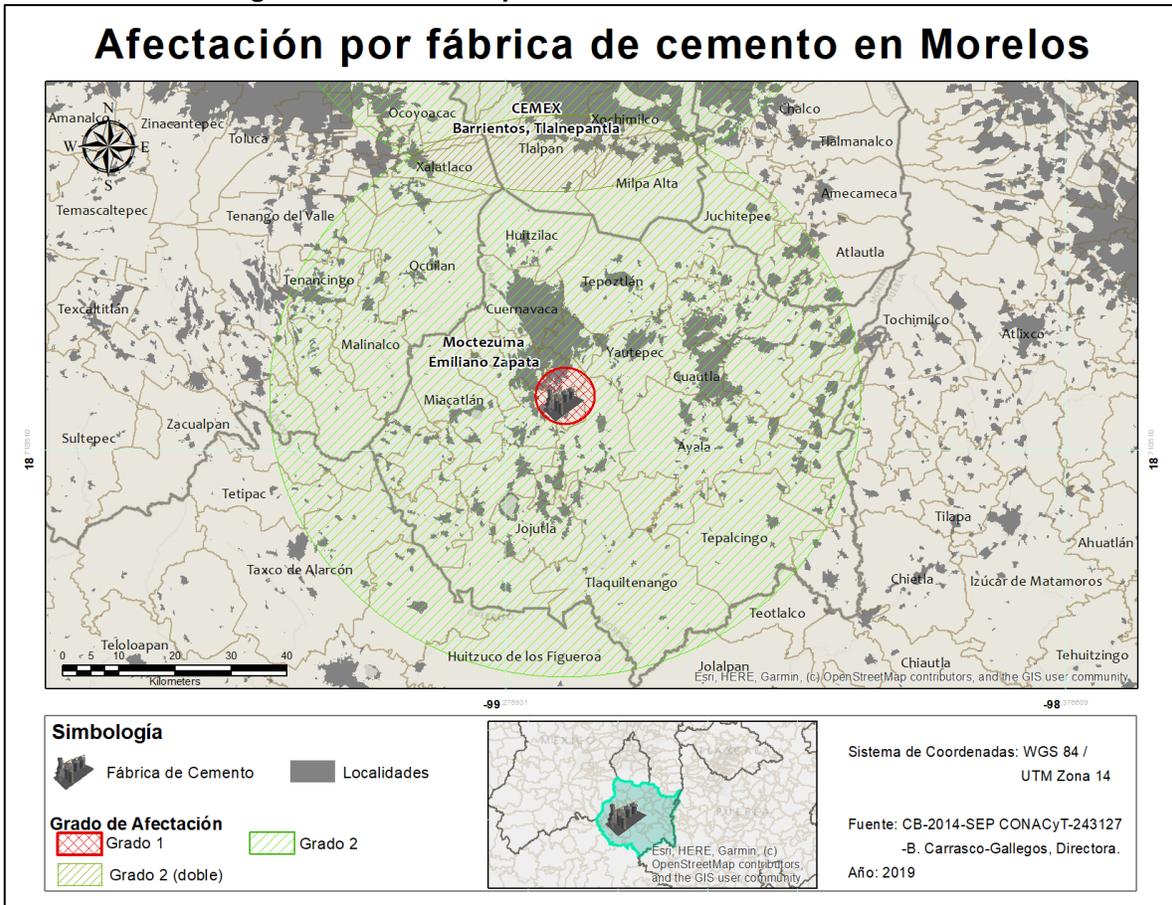
Figura 59. Afectación por fábricas de cemento en Zapotiltic
Afectación por fábricas de cemento en Zapotiltic



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta planta cementera, se encuentra al sur de Jalisco, en cuanto a su grado de afectación 1, afecta principalmente al municipio de Zapotiltic, mientras que el grado 2, las poblaciones aledañas del sur de Jalisco, generando con la planta Holcim, Tecomán una superficie de doble grado de afectación en donde se traslapan los radios de ambas.

Figura 60. Afectación por fábrica de cemento en Morelos.

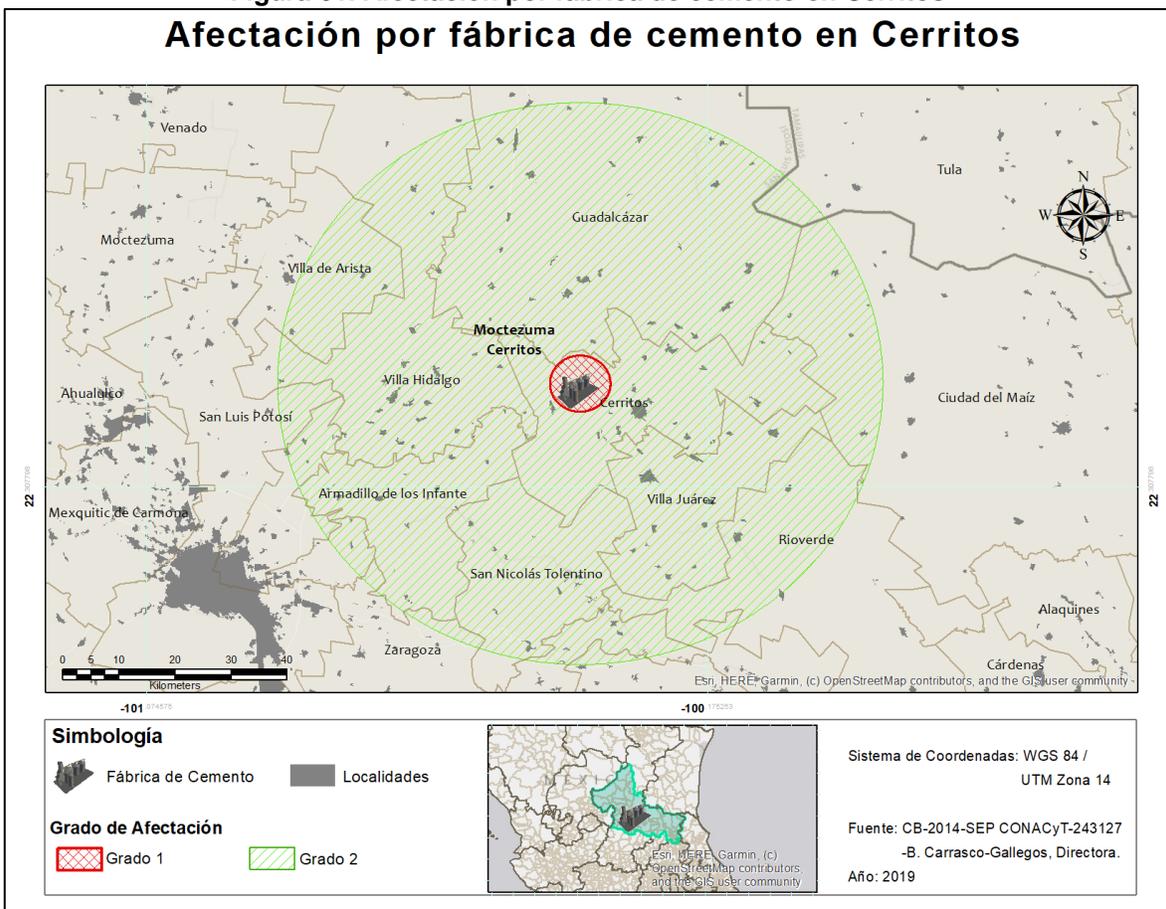


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta planta cementera se encuentra cerca del límite estatal entre Morelos y el Estado de México a donde llegan los estragos de su grado de afectación dos, llevando sus consecuencias a varias localidades del estado vecino, importantes en cuanto a su número de población; aunque el mayor daño el grado dos abarca casi a todo el estado de Morelos.

Figura 61. Afectación por fábrica de cemento en Cerritos

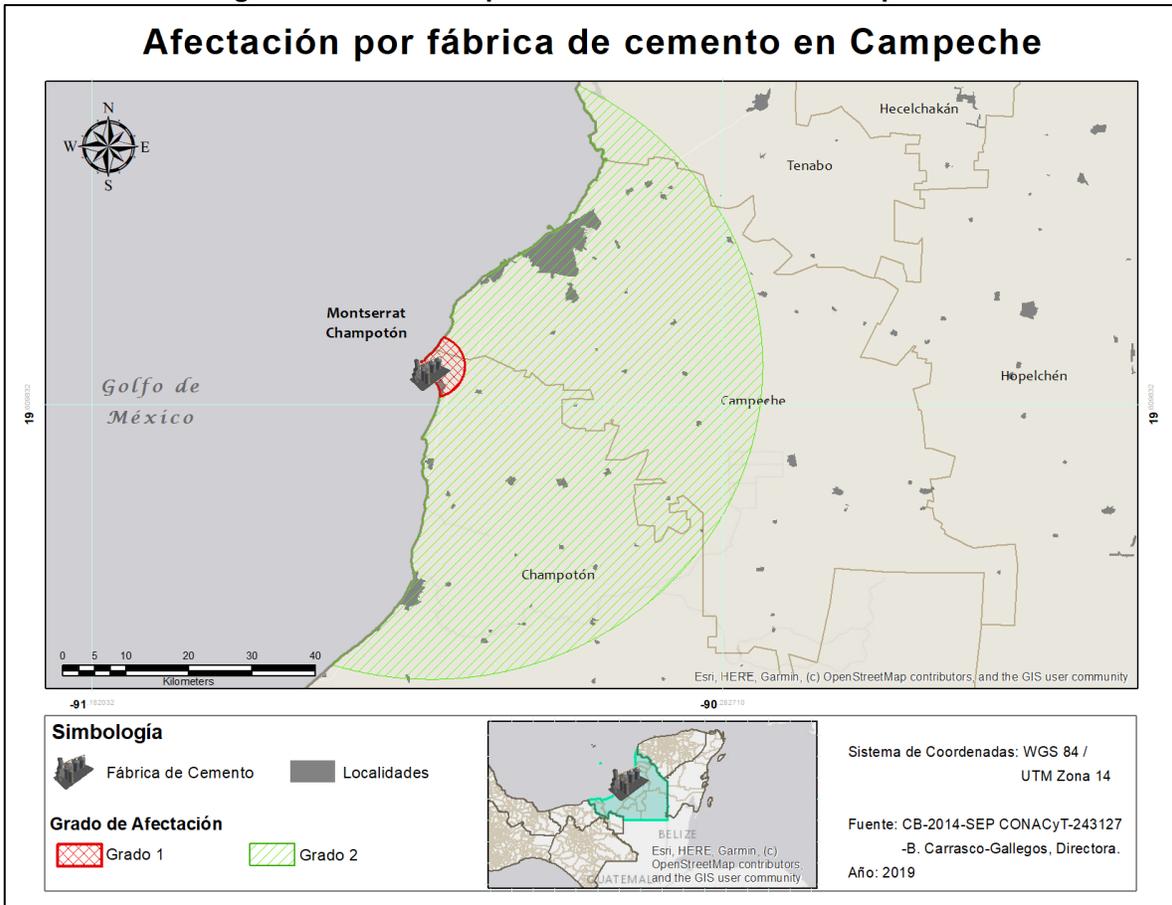
Afectación por fábrica de cemento en Cerritos



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En el municipio de Cerritos, se encuentran afectaciones de primer grado al norte del municipio, tocando sólo a unas cuentas localidades pequeñas, mientras que el grado de afectación dos alcanza a municipios aledaños a la planta.

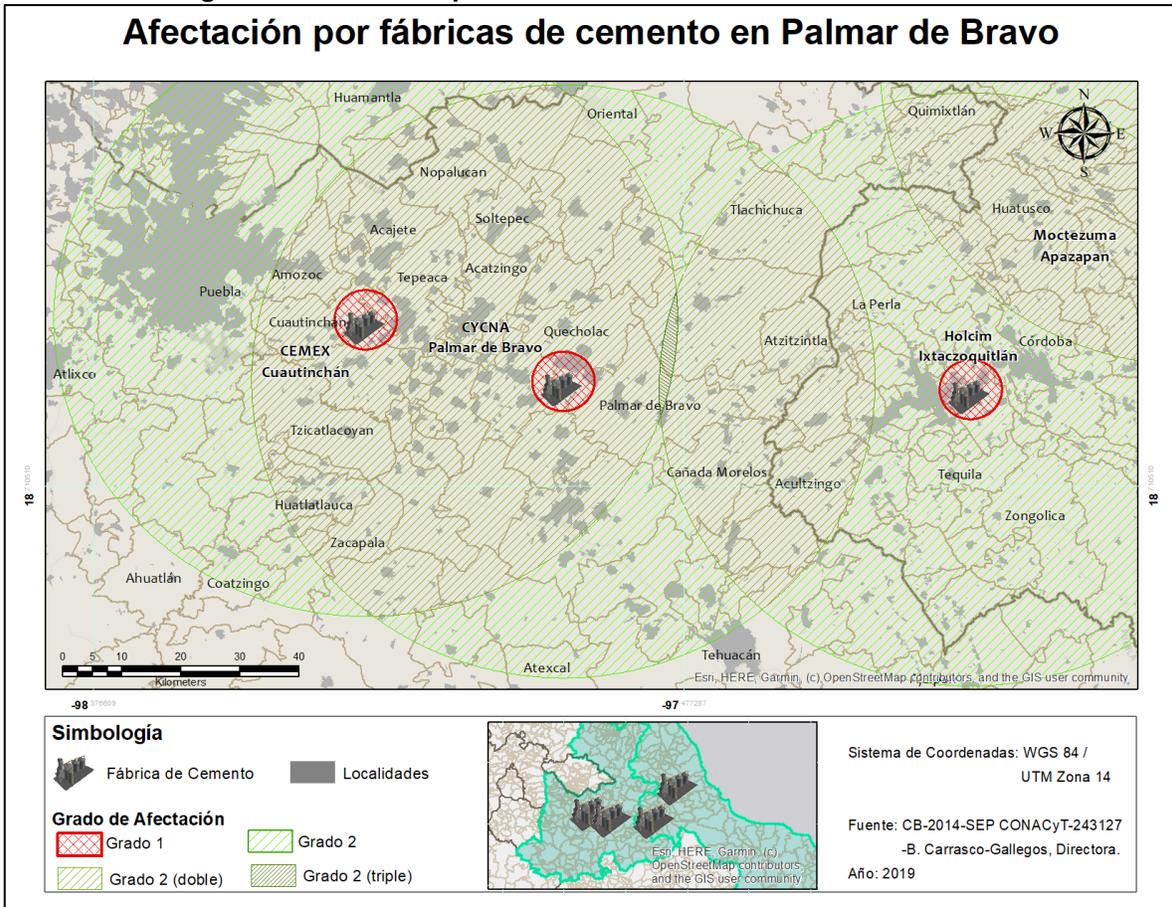
Figura 62. Afectación por fábrica de cemento en Campeche.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Casi en la costa de Campeche, se encuentra esta planta, afectando en grado uno, a una localidad al norte completa, del municipio de Champotón, mientras que el grado de afectación dos, llega hasta la mancha urbana de Campeche, y la del municipio en donde se ubica la fábrica.

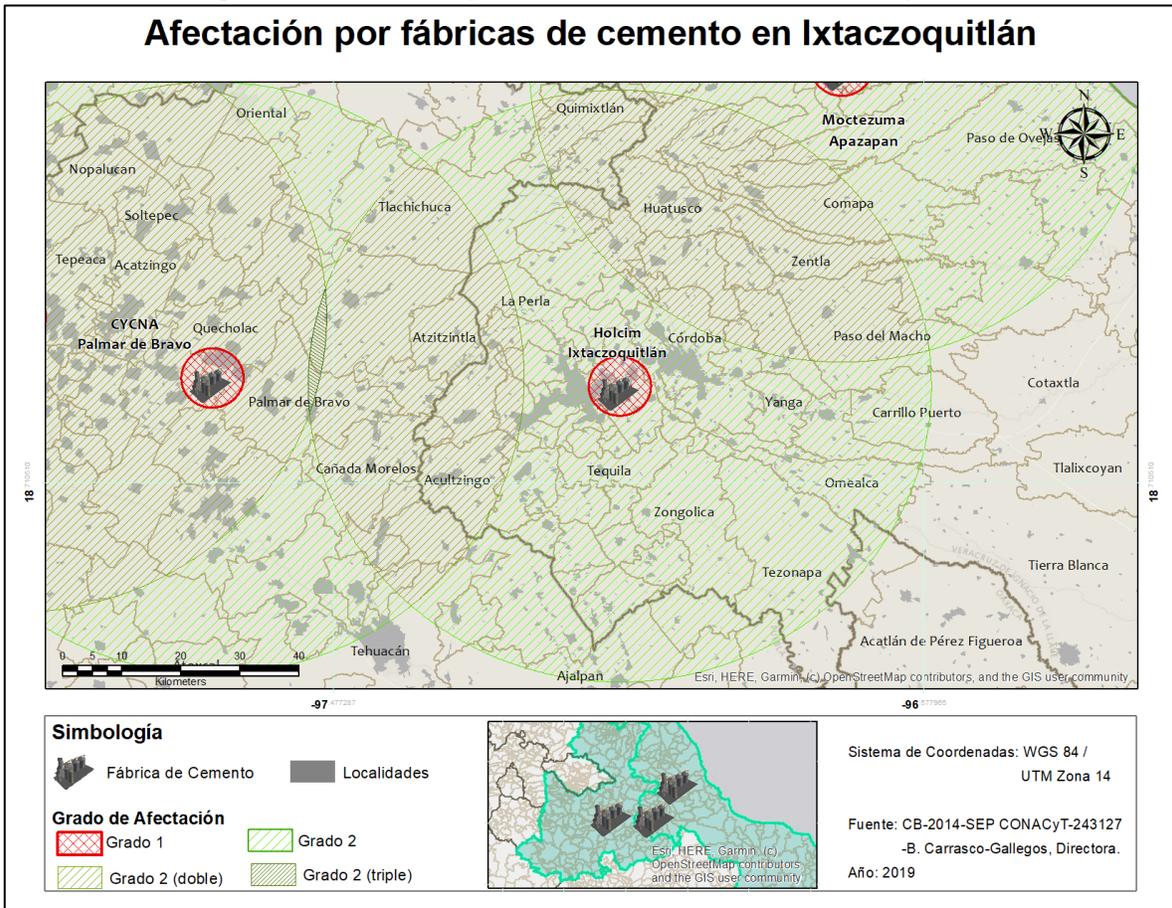
Figura 63. Afectación por fábrica de cemento en Palmar de Bravo



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La planta de Palmar de Bravo se traslapa en su grado de afectación dos, con la CEMEX y Holcim que están en direcciones inversas, generando zonas afectadas doble y triple vez. Esta planta afecta en su grado uno, al municipio de Palmar de bravo al oeste, y el resto del municipio de grado dos.

Figura 64. Afectación por fábrica de cemento en Ixtaczoquitlán



Fuente: Elaboración propia.

Nota: el caso de esta cementera, va ligado al del anterior; pues sus radios de afectación de tipo 2, traslapan con las cementeras a su alrededor (Al oeste con CYCNA, Palmar de Bravo; y al este con la Moctezuma, Apazapán) generando dobles y triples grados de afectación tipo 2.

Esta planta afecta a la urbe existente en el municipio de Ixtaczoquitlán, por grado primario, lo que hace de este lugar una zona dañada principal .

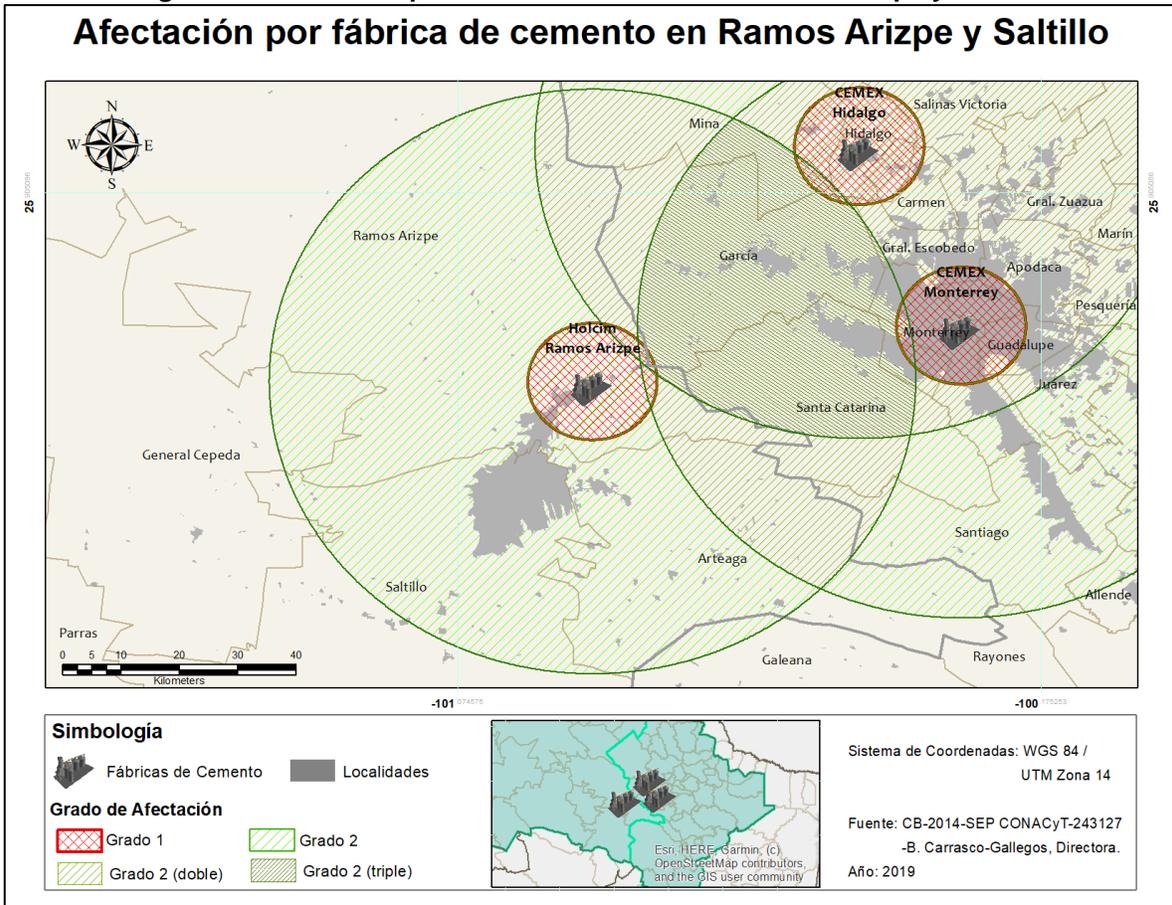
Figura 65. Afectación por fábrica de cemento en Apazapán
Afectación por fábricas de cemento en Apazapán



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Esta planta es la última que está relacionada con las anteriores. Esta cementera ubicada en el municipio de Apazapan, afecta en grado uno al municipio llamado como esta planta. En cuanto a su grado dos, se traslapa con la planta Holcim, Ixtaczoquitlán, generando una superficie afectada por el grado dos, doble. El radio de afectación del grado dos de esta planta afecta también a otros municipios de Veracruz con importantes localidades urbanas como Xalapa y Coatepec.

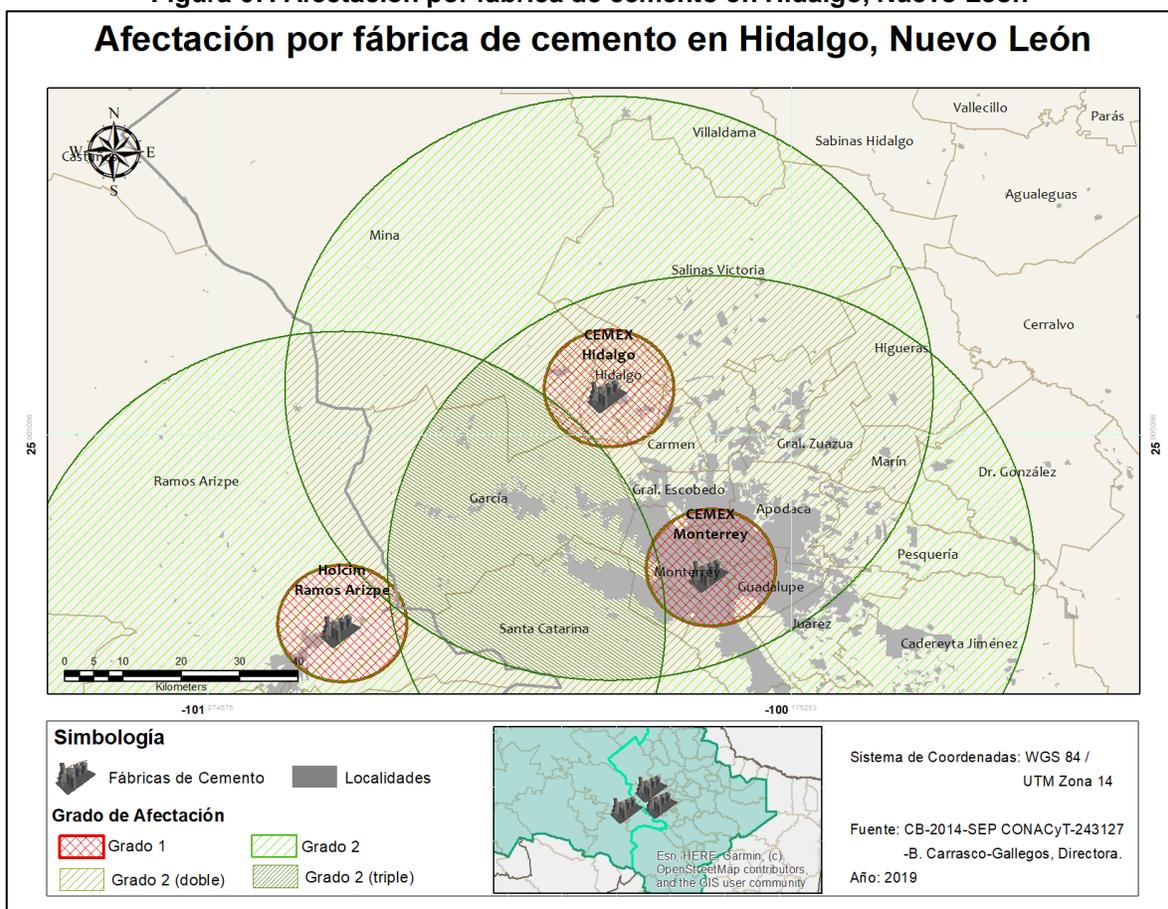
Figura 66. Afectación por fábrica de cemento en Ramos Arizpe y Saltillo



Fuente: Elaboración propia.

Nota: La planta de cemento de Ramos Arizpe afecta al municipio con el mismo nombre hacia el sureste y al municipio de Saltillo al noreste, municipios con importante mancha urbana. Con las cementeras aledañas se genera un traslape del grado dos, generando zonas de doble y triple afectación.

Figura 67. Afectación por fábrica de cemento en Hidalgo, Nuevo León



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Para el caso de esta planta, se muestra el radio de afectación tipo uno, que abarca casi todo el municipio de Hidalgo, mientras que el radio de afectación tipo 2, se extiende hasta la mancha urbana de Monterrey y municipios aledaños. Las plantas que se encuentran alrededor, generan traslapes de grado dos, dobles y una zona de triple daño.

3.6.2 Aplicación Web

Por último se realizó la idea de un prototipo de herramienta web, para poder acceder a la información no espacial, que se aloja en la BDG sin necesidad de utilizar un software GIS.

Lo que permite la aplicación es, tras una validación de usuario, aprueba realizar una serie de consultas, obteniendo la visualización del resultado en tablas y posteriormente se pueden descargar en formato *.xlsx (Excel)*.

La propuesta del aplicativo se desarrolló en lenguaje 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. (PHP, 2019)

El sistema está habilitado para los usuarios de la BDG, quienes participan en el proyecto, del que se deriva este trabajo, definiendo un nombre de usuario y una contraseña para cada uno de ellos.

Al entrar a la dirección donde se alberga la aplicación, se visualiza una ventana que pide los datos de identificación del usuario (Ver figura 68), si los datos son correctos, pasa a otra ventana en donde se muestran los datos con los que se cuentan en la BDG, de lo contrario, arroja un mensaje haciendo mención que los valores del usuario que fueron ingresados (nombre de usuario y/o contraseña), son incorrectos, y deberá ingresarlos de nuevo.

Figura 68. Acceso a la aplicación



BDG

BASE DE DATOS GEOESPACIAL

Para el análisis de conflictos Socio-Ambientales en México.

Ingresa tus datos

Usuario *

Contraseña *

ENTRAR

Fuente: Elaboración propia.

Una vez habiendo validado los datos del usuario, se muestra una interfaz integrada por tres secciones, en la parte superior de la aplicación se muestra el menú que tiene 4 opciones: Consultas, Mapas, Acerca de, y, Salir. (Ver figura 69)

Figura 69. Pantalla de Inicio.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se muestra, la interfaz de entrada a la BDG.

El primer apartado se divide en dos, la primera fracción se realizan las consultas de los censos de población y vivienda, y en la segunda, las consultas de los contaminantes por cementera.

Los censos de población y vivienda se pueden consultar de forma estatal o municipal. Las consultas a nivel municipal se construyen a partir de la selección del estado, devolviendo los valores del municipio que se quiera, (Ver figura 70) seguido de seleccionar este último dato, se indica la temática a consultar por medio de botones que aparecen debajo del municipio seleccionado. (Ver figura 71). En cuanto a las consultas estatales, se realiza el mismo procedimiento, dejando la opción del municipio con el valor por default (Seleccionar municipio).

Figura 70. Selección de Variables.

The screenshot shows the 'CONSULTAS' page with the following elements:

- Header: BDG, CONSULTAS, MAPAS, ACERCA DE, SALIR
- Section: CONSULTAS
- Text: En esta área puedes realizar las consultas que necesites.
- Section: Consultas de censos de población y vivienda
- Form fields:
 - Estado: Estado de México
 - Municipio: Seleccionar Municipio (dropdown menu open with 'Apaxco' selected)
 - Censo: Elige una opción
 - Cementerera: Elige una opción
 - Año: Elige un año

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los datos que se pueden elegir para realizar la consulta de datos, van enlazados, dependiendo de la información con la que cuenta el lugar seleccionado.

Figura 71. Selección de tema.

The screenshot shows the 'CONSULTAS' page with the following elements:

- Header: BDG, CONSULTAS, MAPAS, ACERCA DE, SALIR
- Section: CONSULTAS
- Text: En esta área puedes realizar las consultas que necesites.
- Section: Consultas de censos de población y vivienda
- Form fields:
 - Estado: Estado de México
 - Municipio: Apaxco
 - Censo: Censo de Población y Vivienda 2015
- Topic buttons: Todos, Población, Educación, Economía, **Vivienda**, Salud, Natalidad y Fecundidad
- Button: BORRAR

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se muestran los botones para elegir el tema con que cuenta el censo seleccionado.

Tras seleccionar el tema de interés, se despliegan en una tabla las variables con los datos que se catalogaron previamente en el tópico elegido. Si se quiere revisar otro tema, basta con seleccionar la opción, para desplegar su información correspondiente, esto tanto a nivel municipal, como al estatal.

Para el caso de consultas a nivel estatal, se puede visualizar que, en seguida de elegir el tema a consultar, aparece por encima de la tabla de los datos, un botón que facilita la descarga de los datos en formato .xlsx (la extensión de Excel), y junto a éste aparece también un botón que permite borrar la consulta anterior, dejando tanto las opciones como la tabla, vacías. (Ver figura 72).

Figura 72. Descargar consulta.

The screenshot shows a web interface for population and housing census data. At the top, there is a navigation bar with 'BDG' and links for 'CONSULTAS', 'MAPAS', 'ACERCA DE', and 'SALIR'. The main heading is 'CONSULTAS' with a subtext: 'En esta área puedes realizar las consultas que necesitas.' Below this, there are three dropdown menus for 'Estado' (Estado de México), 'Municipio' (Selecionar Municipio), and 'Censo' (Censo de Población y Vivienda 2015). A horizontal menu contains categories: 'Todos', 'Población', 'Educación', 'Economía', 'Vivienda', 'Salud', and 'Natalidad y Fecundidad'. Below the menu are two buttons: 'BORRAR' and 'DESCARGAR'. At the bottom, a table displays data for four municipalities in the State of Mexico.

nom_edo	nom_mun	p_tot	p_muj	p_hom	afroam	nafroam	regismex	nregismex	regisext
Estado de México	Papalotla	3,936	1,904	2,032	52	3,791	3,870	23	1
Estado de México	Cuautitlán	17,557	8,537	9,020	181	17,000	17,162	183	8
Estado de México	Chalco	23,308	11,480	11,828	707	21,845	22,894	162	33
Estado de México	Aculco	13,683	6,672	7,011	94	13,389	13,577	44	13

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la aplicación en el mismo apartado de consultas, se encuentra una parte que permite realizar la consulta de los contaminantes que la industria tuvo entre 2004 y 2017. La funcionalidad de esta parte, es similar a la anterior, ya que, seleccionando la empresa y el año, se desplegará en una tabla con la relación de los contaminantes que se arrojaron para ese año. (Ver figura 73).

Figura 73. Consultas de Contaminantes.

Id Cementera	Cementerera	NRA	Año	Estado	Municipio	Susutancia
13	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Benceno
13	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Mercurio
13	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Arsénico
13	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Dioxinas
13	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Furanos
13	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Cromo (compuestos)
13	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Plomo (compuestos)

Fuente: Elaboración propia.

Esta nueva vista de datos, permite al igual que la primera, su descarga en formato .xlsx, (Ver figura 74) junto con los comandos de borrar la selección, en cualquier momento que el usuario así lo deseé.

Figura 74. Municipio con afectación.

id	Cementerera	NRA	Año	Estado	Municipio	Susutancia	No. Cas.	Unidad	Emisiones			Transferencias
									Aire	Agua	Suelo	
3	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Bióxido de carbono	124-38-9	ton/año	776237			
4	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Benceno	71-43-2	ton/año	7.036265909			
5	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Mercurio	7439-97-6	ton/año	0.010554398			
6	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Arsénico	7440-38-2	ton/año	0.005277199			
7	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Dioxinas	S/C10	ton/año	1.143E-08			
8	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Furanos	S/C11	ton/año	1.143E-08			
9	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Cromo (compuestos)	S/C3	ton/año	0.061567326			
10	CEMEX MEXICO S.A. DE C.V. PLANTA HERMOSILLO	CME732603012	2008	Sonora	Hermosillo	Plomo (compuestos)	S/C6	ton/año	0.033422263			

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La creación de un repositorio de información es esencial, en un proyecto donde se manejan datos, ya sea para consultar, extraer, o visualizar los mismos, es vital poder contar con un lugar en específico en dónde se tenga dicha información.

Las Bases de Datos Geoespaciales, que se implementan con poca frecuencia en proyectos de investigación, pueden acarrear novedosos productos con la información que se tiene, puesto que la geolocalización de la información, amplía el contexto y/o panorama del lugar de estudio, el comportamiento de las variables y de los mismos datos, así como los posibles estudios o análisis que puedan resultar de estos datos.

El tema de las afectaciones derivadas por la operación de la industria cementera en México, es uno muy poco difundido entre la población e incluso sobrevalorado en muchos casos, puesto que el tema pareciera que no genera el impacto que en la realidad atormenta a buena parte de la población que reside hasta 50 km de distancia de estas fábricas, puesto que, en temas de salud, economía y vivienda, los efectos de esta industria se reflejan de forma directa. Las consecuencias de estos actos desmedidos por parte de la industria cementera en México, se pueden percibir de mejor forma, en un lapso de tiempo prolongado, por lo que la población adopta las condiciones que los rodean como las circunstancias cotidianas; provocando entonces complicaciones tanto para ellos, como para las generaciones venideras de las poblaciones afectadas.

Por otro lado, y no menos importante, los daños al ambiente, son amplios y diversos, aunque algunas veces nos limite la falta de datos, ya que no se cuenta con registro de estos daños, pero se daña al medio de forma directa. El aire, y el suelo, son los más afectados, seguido de ser el agua la que se perjudica, por la operación descontrolada y con falta de cumplimiento de las leyes y normas que dictan las organizaciones encargadas de velar por la correcta operación y desempeño de las industrias.

Por último enfatizo que la parte más compleja de este tipo de proyectos, en donde la escases de información es una limitante en muchos casos, o que cuando se cuenta con pocos datos, es importante poder contenerlos en un lugar que permita la interacción con ellos, y poder así generar información y poder expresarla a quienes tenga que llegar la información, así como poder retroalimentar lo que ya se tiene, y así lograr un concentrado de información para poder conocer lo pasado, comprender el presente y planear el futuro.

Referencias

- Barrera, Narciso y Angelina Palma, "Geografía", (2012), México: Secretaría de Educación de Veracruz. ISBN: 970-670-148-6, 200p. (Versión Original 2008). Disponible en https://biologicaseba.files.wordpress.com/2012/08/geografc3ada_todo.pdf, consultado el 5 de agosto de 2016.
- Blázquez Ochando, Manuel, (2014), "Fundamentos y Diseño de Bases de Datos", disponible en <http://ccdoc-basesdedatos.blogspot.mx/2013/03/construccion-de-bases-de-datos-tablas.html>, consultado el 2 de junio de 2017.
- BOSQUE, J. 1997. Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Rialp. S.A.
- Camps, Rafael, Luis Alberto Casillas, Dolors Costal, Marc Golbert, Carme Martín y Oscar Pérez, (2005) *Bases de Datos*, Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya. ISBN: 84-9788-269-5, consultado el 28 de julio de 2016, (inédito)
- Cruz Chávez, Marco Antonio, (s/f), "Conceptos básicos de BD", México: Universidad Autónoma del Estado de México, consultado el 18 de agosto de 2016, (inédito).
- Esri (2016), "¿Qué es una geodatabase?" disponible en <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/geodatabases/what-is-a-geodatabase.htm>, consultado el 18 de agosto de 2016.
- fabFORCE.net, (2003), "General Information - What is DBDesigner 4?", disponible en <http://fabforce.eu/dbdesigner4/index.php>, consultado el 27 de mayo de 2017.
- García Pérez, Javier, Pablo Fernández, Adela Castelló, María Felicitas López, Rebeca Ramis, Elena Boldo, Gonzálo López, (2013) *La mortalidad por cáncer en ciudades situadas en las proximidades de incineradoras e instalaciones para la recuperación o eliminación de residuos peligrosos*, Madrid: Enviroment International, consultado el 10 de mayo de 2018.
- GISMéxico, (2010), "Bases de Datos Geoespaciales", México, disponible en <http://www.gismexico.com/geodatabase.html>, consultado el 18 de agosto de 2016.
- Gómez Ballester, Eva, Patricio Martínez, Paloma Moreda, Armando Suárez, Andrés Montoyo y Estela Saquete, (s/f) "Bases de datos 1", Alicante: Universidad de Alicante. Disponible en <http://www.dlsi.ua.es/assignaturas/bd>, consultado el 23 de julio de 2016.

- Gutierrez D. Alejandro, (s/f) "Bases de Datos", Centro Cultural Itaca, disponible en <http://www.aiu.edu/cursos/base%20de%20datos/pdf%20leccion%201/lecci%C3%B3n%201.pdf>, consultado el 12 de junio de 2016.
- Güting, Ralf Hartmut y Fernuniversität Hagen, Spatial Database Systems, Alemania: *VLDB Diario 3 (4)*, 1994, pp. 357-399, disponible en <http://web.archive.org/web/20070929124302/http://www.informatik.fernuni-hagen.de/import/pi4/Tutorial-neu.pdf>, consultado el 15 de agosto de 2016.
- Hernández Zetina, Sandra, (2013), "Diseño e Implementación de Bases de Datos, UC1", México: Universidad Autónoma del Estado de México, consultado el 18 de agosto de 2016, (inédito).
- IHMC, (2014), "Construct, Navigate, Share and Criticize", disponible en <http://cmap.ihmc.us/cmmaptools/>, consultado el 25 de mayo de 2017.
- INEGI, "Definición, aplicación de la geografía y representaciones de la Tierra" (2016). México: INEGI, disponible en <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/definicionaplicaciongeografia.pdf>, consultado el 12 de enero de 2017.
- Instituto Superior del Medio Ambiente (2016) "POSTGIS BASES DE DATOS ESPACIALES", Madrid, disponible en <http://www.ismedioambiente.com/programas-formativos/postgis-bases-de-datos-espaciales>, consultado el 18 de agosto de 2016.
- JIMPAKO (2008) "Servidores Geográficos" Toluca, México, disponible en <http://servidoresgeograficos.blogspot.mx/2008/07/geodatabase.html>, consultado el 20 de agosto de 2016.
- Mabel Álvarez, "Calidad de Datos en SIG", (2005), Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, consultado el 5 de agosto de 2016. Consultado el 3 de agosto de 2016 (inédito).
- Madrid Soto, Adriana y Lina María Ortiz López, (2005) *Análisis y síntesis en cartografía: algunos procedimientos. Universidad Nacional de Colombia*, Bogotá. ISBN 9588063329. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/>, consultado el 15 de agosto de 2016.
- Manso, Miguel Ángel, (2010), "Datos Espaciales y Bases de Datos Espaciales"
- Morales Xique, A. 2001. Base de Datos Geográfica para el Soporte de Toma de Decisiones en la Zona del Volcán Popocatepetl. Tesis Licenciatura. Ingeniería en Sistemas Computacionales. Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Mayo. Derechos Reservados © 2001, disponible en http://caterina.udlap.mx/udla/tales/documentos/lis/morales_x_a/indice.html, consultado el 14 de julio de 2016.

- Olaya Víctor, (2010) "Sistemas de Información Geográfica" disponible en <ftp://ftp.ehu.es/cidira/profs/iipbaiza/Libro SIG.pdf>, consultado el 6 de agosto de 2016.
- PHP, (2019) ¿Qué es PHP?, disponible en <https://php.net/manual/es/intro-what-is.php> , consultado el 30 de abril de 2019.
- PostgreSQL, (2017) "About", disponible en <https://www.postgresql.org/about/>, consultado el 10 de octubre de 2017.
- PostGIS, (2017) "About PostGIS", disponible en <http://postgis.net/>, consultado el 10 de octubre de 2017.
- QGIS, (2016) "16. Module: Conceptos de Bases de Datos Espaciales con PostGIS", España, disponible en http://docs.qgis.org/2.2/es/docs/training_manual/spatial_databases/index.html, consultado el 20 de agosto de 2016.
- Schermbeck, (2018) "Quemando Nuestra Salud: La incineracion de Residuos Peligrosos en Hornos de Cemento", disponible en <http://www.texascenter.org/publications/spakiln.htm>, consultado el 15 de marzo de 2018.
- Silberschatz, Abraham, Henry Korth, S. Sudarshan, (2002), *Fundamentos de Bases de Datos*, Madrid: McGraw-Hill. ISBN: 84-481-3654-3. Disponible en
- TechTerms (2016), "Database", disponible en <http://techterms.com/definition/database>, consultado el 20 de agosto de 2016.
- Velázquez González Jaime, "Geografía Constructivista", (2009). Toluca, México: Autor, ISBN: 968-835-487-2, 290 p.