



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Maestría en
Seguridad Alimentaria



UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA DE MÉXICO

División de Investigación y Posgrado

Maestría en Seguridad Alimentaria

Análisis de la Información Digital de Recursos Naturales, para la Detección de
Áreas con Degradación de Suelos en el Estado de Aguascalientes

Tesina Monográfica

Que para obtener el grado de Maestro en
Seguridad Alimentaria

Presenta:

Martín Niño Alcocer

Asesor:

Maestro Cuauhtémoc Rivera Loaiza.

Ciudad de México, a 19 de diciembre de 2018.



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Maestría en
Seguridad Alimentaria



UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA DE MÉXICO

División de Investigación y Posgrado

Maestría en Seguridad Alimentaria

Análisis de la Información Digital de Recursos Naturales, para la Detección de
Áreas con Degradación de Suelos en el Estado de Aguascalientes

Tesina Monográfica

Que para obtener el grado de Maestro en
Seguridad Alimentaria

Presenta:

Martín Niño Alcocer

Asesor:

Maestro Cuauhtémoc Rivera Loaiza.

Ciudad de México, a 19 de diciembre de 2018.



AGRADECIMIENTOS.

A MI ESPOSA.

María Esther Hernández Ruíz

Por su gran apoyo y paciencia para la culminación de mis estudios.

A MIS HIJOS.

Mayra Esther Niño Hernández

Gerardo Argel Vázquez Ramos

Juan Martín Niño Hernández

Anabel Candía Rivera

Fernanda Denise Niño Hernández.

Por formar parte de mi vida y ser el motor de mi superación.

A MI NIETOS.

Regina Niño Candía

Argel Vázquez Niño

Con todo mi amor.

A MIS PADRES, HERMANOS Y SOBRINOS.

Por su incondicional amor.

A MIS COMPAÑEROS

.Por sus consejos y apoyo en la generación del presente trabajo.

A MI ASESOR:

Maestro Cuauhtémoc Rivera Loaiza

Por su invaluable apoyo, orientación y compartir sus conocimientos.



ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO 1. MARCO CONTEXTUAL.....	9
1.1 Planteamiento del Problema.....	9
1.2 Objetivo general.....	11
1.3 Objetivos específicos.....	11
1.4 Hipótesis.....	12
1.5 Justificación.....	12
1.6 Estrategia metodológica.....	13
CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA.....	29
2.1 Antecedentes.....	29
CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO.....	36
3.1 El paisaje colectivo.....	36
3.2 Concepto de Suelo.....	36
3.3 Degradación del territorio.....	38
3.4 Degradación del Suelo.....	39
3.5 Erosión del Suelo.....	42
3.6 Tipos de Suelo con base a la WRB 2006.....	42
3.7 Información Digital.....	46
3.8 Recursos Naturales.....	47
3.9 Sistema de Información Geográfica.....	47
3.10 Datos.....	47
3.11 Funcionamiento de un Sistema de Información Geográfica.....	47
CAPÍTULO 4. EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	49
4.1 Interpretación de Imágenes de Satélite LandSat TM8 2014.....	57
4.2 Fotointerpretación de Grados de Erosión del Suelo.....	63
4.3. Delimitación de grupos de suelos por grados de erosión.....	67
CAPÍTULO 5. RESULTADO Y CONCLUSIONES.....	72
ANEXOS.....	76
BIBLIOGRAFÍA.....	81



RESUMEN

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes, y de sus condiciones depende el buen estado de los hábitats, las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y urbanas. La degradación del suelo puede derivar en la reducción en la capacidad de producir alimentos para una población en desarrollo, siendo este un tema crítico cuando se considera la seguridad alimenticia de México, y es precisamente uno de los principales problemas que se tienen en los diferentes estados del país como lo es en el Estado de Aguascalientes la notable Inseguridad Alimentaria a consecuencia de la degradación de los suelos presentes en la entidad.

Para la localización y ubicación de la degradación de suelos en la entidad, se utilizó como base de estudio un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS), que es una herramienta fundamental para el análisis geoespacial de información cartográfica digital, específicamente se utilizó: la información de erosión del suelo, climas, suelos, uso del suelo y vegetación e imágenes de satélite, y además, mediante el apoyo de los trabajos de fotointerpretación, permitieron obtener los siguientes resultados:

- a). La localización y distribución de las áreas con problemas de degradación de suelos debido a la remoción de biomasa (vegetación natural).
- b). – La ubicación de los suelos agrícolas afectados por la pérdida de partículas superficiales del suelo y que, como resultado, se presenta una degradación en la fertilidad de los suelos destinados a la producción de alimentos.
- c). – Se generaron de tablas por tipos de vegetación y tipos de suelo con problemas de degradación.
- d). – Se elaboraron mapas y tabulados temáticos con la distribución geográfica de las áreas con problemas de degradación de suelos en el Estado de Aguascalientes.



Como conclusión del análisis, se puede decir que la degradación de suelos en grado leve es la de mayor presencia, seguida de la degradación moderada, las cuales se presentan al sur y suroeste de la entidad. Mientras que la degradación en grado fuerte se localiza al norte de la entidad, en las cercanías de las localidades de Tepezalá, Asientos, Ojo de Agua de los Montes, Palo Alto y Buenavista.



INTRODUCCIÓN.

Los suelos constituyen un sistema vital de la más alta importancia. Bajo la sola consideración de que la mayor parte de la producción alimentaria requerida por la población mundial en continuo crecimiento depende de ellos. Aparte de esta función primordial de ser la base para la producción de biomasa, los suelos cumplen otras importantes funciones para la vida humana, ya que: actúan filtrando, amortiguando y transformando compuestos adversos que contaminan el ambiente, protegiendo así de la polución de la cadena alimenticia y el agua subterránea; y también comprenden una reserva de genes, la cual es más completa en calidad y cantidad que la de toda la biota sobre la tierra (López, 2002, p. 1).

El Banco Mundial estima (Andrade, 2016), que el mundo necesita producir al menos un 50% más de alimentos para alimentar a 9000 millones de personas en el 2050. Sin embargo, el cambio climático podría reducir el rendimiento de los cultivos en más del 25%. La biodiversidad, los océanos, los bosques y otras formas de capital natural se están agotando a un ritmo sin precedentes. Si no se modifica la forma de cultivar los alimentos y gestionar el capital natural, se pone en riesgo el acceso a una alimentación adecuada de millones de personas (Fundación Ingenium Vitae, 2017).

Para atender las necesidades de la población actual y futura en el estado de Aguascalientes, es necesario contar con diversos trabajos de investigación relacionados con la producción agropecuaria, que permitan resolver el grave problema de abastecer las diferentes carencias de alimentos para los habitantes de la entidad, por lo que es de suma importancia identificar y ubicar los suelos que por diferentes causas (erosión, deforestación, clima, etcétera) han inducido la pérdida de suelo fértil y el cual es considerado uno de los factores que han provocado que el estado de Aguascalientes se encuentre en el lugar veinticuatro dentro de las entidades con mayor prevalencia de percepción de inseguridad alimentaria en el ámbito nacional, pues 7 de cada 10 hogares se encuentran en alguna categoría de



inseguridad alimentaria y al menos uno de cada diez hogares reportó haber padecido hambre en los tres meses previos a la encuesta (2012). Igualmente ocurrió con otros indicadores de vulnerabilidad nutricia y de desarrollo social, los hogares de áreas rurales tuvieron mayor prevalencia de inseguridad alimentaria comparados con los hogares de áreas Urbanas (ENSANUT, 2012, p. 88).



CAPÍTULO 1. MARCO CONTEXTUAL.

El suelo es uno de los recursos naturales más importantes (Ortiz y Ortiz, 1980), y sus condiciones, depende el buen estado de los hábitats, las actividades agrícolas, ganaderas, forestales y urbanas. La degradación del suelo puede derivar en la reducción en la capacidad para proveer alimento para una población creciente, siendo este un tema crítico cuando se considera la seguridad alimenticia del país. Estos son aspectos que se exacerban si se toma en cuenta, en la actualidad; la naturaleza no renovable del suelo: en promedio el suelo tarda en formarse de 100 a 400 años por centímetro de cubierta fértil, a través de la interacción del clima, la topografía, organismos y minerales. La degradación es la reducción de la capacidad del suelo para sostener ecosistemas naturales o manejados y producir sus servicios naturales intrínsecos. Los procesos de degradación de suelo son principalmente al detrimento de la calidad del suelo, estos son: la erosión hídrica y eólica que se caracterizan por la remoción de partículas y la degradación física, química y biológica. La eliminación de la cubierta vegetal natural, generalmente derivada del cambio de uso hacia actividades agrícolas, pecuarias o urbanas, acompañada por el mal uso de las superficies recién abiertas propician su degradación. En el estado de Aguascalientes, el 50% del territorio se encuentra bajo algún tipo de degradación, principalmente la erosión hídrica y eólica que sumadas alcanzan el 35% del estado, siendo uno de los factores causativos la agricultura (Gobierno del Estado de Aguascalientes, 2013).

1.1 Planteamiento del Problema.

En el estado de Aguascalientes cada año se pierden grandes cantidades suelo. El Gobierno del Estado, menciona que en el año 2002 se registraron un total 551 000 ha, con vocación agropecuaria, a causa de la erosión ocasionada por la alteración, remoción de la vegetación natural, el inadecuado uso potencial y manejo de los



suelos, los cuales constituyen la base para el desarrollo sostenible de la agricultura, las funciones esenciales de los ecosistemas, y la seguridad alimentaria.

Por lo que la fragilidad de los suelos es una de las principales problemáticas de la Inseguridad Alimentaria (FAO, 2015).

“La fragilidad del suelo es una amenaza real y creciente en Aguascalientes causada por diferentes factores como lo son, entre otros: usos inadecuados de la tierra, prácticas de gestión y extremos climáticos resultantes de diversas causas sociales, económicas y de gobernanza, provocando con ello una baja considerable en la producción de alimentos para la población”.

Guerra (2010), reportó que el problema de la degradación del suelo no es un descubrimiento de nuestra civilización, pues ya quedaba registrado en los documentos de los romanos y de los griegos.

La degradación de los suelos, entendida como los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual o futura, y que es base para sostener la vida humana (Oldeman, 1989), está relacionada con el régimen climático, las condiciones geomorfológicas y las características intrínsecas de los suelos. Pero sobre todo con la deforestación, el establecimiento de sistemas agrarios inapropiados y el impacto que causan las políticas públicas en el medio ambiente (Ramírez et al., 2011).

El acceso adecuado a los alimentos es fundamental para satisfacer las necesidades humanas; es parte de sus derechos. La obligación moral del Estado no sólo consiste en garantizar que su pueblo tenga suficiente qué comer, sino que además es de su interés económico y político. Las personas hambrientas no pueden trabajar; los niños con hambre no pueden aprender. Sin una población bien nutrida y saludable, es imposible el desarrollo.



Para producir suficientes alimentos a partir de la producción agrícola y pecuaria, es necesario que los diferentes productores consideren el estado que guardan los suelos, la aplicación de prácticas adecuadas para su conservación y manejo, permitirán que no se pierdan anualmente grandes cantidades de suelo fértil a causa de la degradación de suelos, los cuales constituyen la base para el desarrollo sostenible de la agricultura (por sus condiciones se incorporan como áreas con vegetación secundaria de matorrales o bosques), las funciones esenciales de los ecosistemas, y la seguridad alimentaria. Para esto se requiere, conjuntamente con los productores, establecer las políticas necesarias para el uso y manejo del suelo y la vegetación natural existente en la zona; para evitar que la frontera agrícola no rebase los límites de las áreas con vegetación natural y además, es importante realizar estudios sobre el uso potencial del suelo, para delimitar técnicamente las áreas con uso para agostadero y forestal.

Las restricciones y dificultades de la investigación, son: durante el desarrollo del trabajo, a consecuencia de la remoción de la vegetación natural ocasionada por el hombre, se aumenten superficies con nuevas tierras para la producción agrícola o pecuaria, provocando con ello la erosión (hídrica o eólica) del suelo en áreas no consideradas al momento de la interpretación de las imágenes y que al final del trabajo los resultados obtenidos sean desactualizados.

1.2 Objetivo general.

Caracterizar, con el apoyo de información temática digital, los suelos del estado de Aguascalientes mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1.3 Objetivos específicos.

- a). Analizar mediante la interpretación de imágenes de satélite las áreas con cambio de cobertura vegetal y desprovistas de vegetación.
- b).- Identificar con base a la interpretación de imágenes, las zonas con problemas de erosión del suelo.



- c). Identificar las problemáticas ambientales que presentan los suelos con degradación con base en la revisión de fuentes bibliográficas.
- d). Clasificar los suelos con uso agrícola y que cuentan con problemas de degradación.
- e). Elaborar un mapa digital con información de degradación de los suelos del Estado de Aguascalientes.
- f). Ubicar geográficamente las áreas que cuentan con problemas de degradación para establecer programas de recuperación de suelos y con ello alcanzar la soberanía alimentaria en el estado.

1.4 Hipótesis.

Los suelos del estado de Aguascalientes del tipo arcilloso, son mayormente afectados por la erosión y la remoción de la vegetación.

1.5 Justificación.

La pérdida de partículas de la superficie del suelo ocasionadas por la erosión hídrica o eólica y el inadecuado manejo de los recursos naturales (como remoción inadecuada y descontrolada de la vegetación) han provocado un desgaste en los suelos productivos del estado de Aguascalientes, los cuales son usados para diferentes actividades agrícolas, pecuarias o forestales. La ubicación y delimitación de los suelos con problemas de degradación, permitirá que el gobierno estatal, así como dependencias federales, tomen acciones para generar programas de conservación, recuperación, manejo y uso adecuado del recurso suelo, así como la vegetación natural existente en el Estado y con ello considerar la degradación del suelo como un factor importante en la producción de alimentos nutritivos e inocuos para los habitantes y sus alrededores sin deterioro al ecosistema.

Tener acceso adecuado a los alimentos, es lo más fundamental dentro las necesidades del hombre, además de ser un derecho humano. La obligación moral



del Estado no sólo consiste en garantizar que su pueblo tenga suficiente qué comer, sino que además es un interés económico y político.

Las causas básicas de la inseguridad alimentaria son la baja productividad de la agricultura combinada con fluctuaciones de las reservas de alimentos y bajos ingresos (FAO, 2016). Las pérdidas ocasionadas durante la etapa recolección y el almacenaje se traducen en pérdidas económicas para los productores, así como el desperdicio suponen importantes pérdidas en recursos, incluyendo agua, tierras, energía, mano de obra y capital.

Desde sus inicios, la FAO ha brindado asistencia a los países del mundo en desarrollo para que estos incrementen su producción de cultivos básicos y de ganado, así como para hacer frente a las situaciones de urgencia, como sequía, inundaciones y tormentas. (FAO, 2016).

1.6 Estrategia metodológica.

El tipo de investigación que se realizó es por el método cualitativo, en particular lo correspondiente a investigaciones descriptivas, las cuales permiten la medición de variables independientes o dependientes, en cuyo caso se trata de estudios correlacionales, en donde fue necesario documentar la información para la obtención de los datos. Este método es considerado y aplicado como una parte integral de los proyectos de intervención, en donde el investigador y el tema de estudio, participan como parte del proceso, considerando útiles las técnicas y métodos que son empleados por investigadores en sus trabajos de campo y análisis profesional (Bautista, 2011). El tipo de estudio que se llevará a cabo inicia de manera descriptiva, ya que inicialmente se analiza la bibliografía existente del tema en estudio, y posteriormente pasa a correlacional, ya que permite medir la correlación existente entre más de dos variables (suelo, cubierta vegetal y erosión del suelo) y se evalúa los grados de relación de estas variables. El universo de población a analizar fueron las unidades de suelos con erosión y la cobertura



vegetal (tipos de vegetación), y se excluyeron las unidades de suelo, uso del suelo y vegetación con superficie menores a 25 hectáreas y 50 hectáreas (INEGI, 2015).

La primera etapa consistió en una revisión bibliográfica y documental, con la que se obtuvo un panorama general de la zona de estudio, se realizó una caracterización de los recursos naturales del estado de Aguascalientes como lo son: tipos de vegetación, uso del suelo, grupos de suelo, clima y erosión de suelo, en la que fueron seleccionadas variables en función de la información disponible.

En la segunda etapa, se precisó a recabar información temática digital en formato shape, con el fin de contrastar y complementar la información documental, así como profundizar en el conocimiento de los procesos de conservación del recurso suelo que sólo podía ser obtenido desde el método cualitativo.

1.6.1 Revisión bibliográfica.

Esta etapa consistió de los siguientes puntos:

1. Se consultó la información referente al marco teórico para identificar las bases teóricas adecuadas para la investigación. La mayoría de los documentos consultados se obtuvieron de forma digital en formato PDF, PowerPoint o Word.
2. Se revisó la información relacionada a diferentes metodologías para la recopilación y el análisis de información digital, lo anterior con la finalidad de programar la estrategia metodológica que se planteó para la investigación. En este caso, las fuentes consultadas fueron libros, tesis y artículos científicos.
3. Se revisó y analizó la Cartografía en formato digital, principalmente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en formato shape o raster.
4. Se consultó y obtuvo las imágenes de satélite a través de sitios WMS del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Google Earth y Basemap de Arcgis 10.5.



La clasificación de los materiales comienza con una primera distribución de acuerdo con los temas, categorías o capítulos y subcapítulos de la investigación que se elaboraron al principio. Posteriormente, se deben ordenar los materiales en fichas dentro de cada capítulo y distribuirlos en pequeños subtemas o subcapítulos (EcuRed, 2016).

Para la recopilación de la información bibliográfica, representada en materiales impresos como: referencias (enciclopedias o diccionarios), estudios (libros, manuales y tesis), o publicaciones periódicas (revistas o folletos técnicos) así como manuscritos (apuntes de cursos o materias profesionales) se considerarán las siguientes tareas:

- a) Se localizó el espacio en el que se almacena el material bibliográfico impreso (en los centros de información y bibliotecas se encuentran almacenados por temas o áreas de estudio).
- b) Se seleccionó los títulos que contengan el nombre del tema a buscar o buscar términos sinónimos o relacionados en los títulos de las obras.
- c) Se realizó una búsqueda rápida en los índices o tablas de contenido de los ejemplares seleccionados en el paso anterior.
- d) Se localizó la información en las páginas resultado de la selección del paso anterior.
- e) Se analizó con detalle las páginas que contengan la información más próxima al tema de estudio.
 - Se registró la idea principal de cada obra seleccionada, se puede hacer por autor, por obra, por página, etcétera.
 - Se realizó la comparación de las ideas sobre el mismo tema de diversas fuentes.
 - Se registró los datos de la fuente de la que se está haciendo el análisis.



f) Realizar un registro preliminar de la información analizada.

Se obtuvo en línea la información necesaria para documentar el proyecto, se realizó la localización de los datos mediante la utilización de motores búsqueda, como lo son:

A). Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica:

<http://acceso.conricyt.mx/>

B). Google libros: <http://books.google.com.mx/bkshp?hl=es&tab=pp>

C). Google académico: <http://scholar.google.com.mx/schhp?hl=es> (2010-2017)

D). Google Chrome: https://www.google.com.mx/?gws_rd=ssl

Para lo cual se realizaron los siguientes pasos:

- I. Se seleccionaron los títulos que contengan el nombre del tema a localizar o buscar términos sinónimos o relacionados en los títulos de las obras.
- II. Se realizó una búsqueda rápida en los índices o tablas de contenido de los ejemplares seleccionados en el paso anterior.
- III. Se localizó la información en las páginas resultado de la selección del paso anterior. Analizar con detalle las páginas que contengan la información más próxima al tema de estudio.
 - a. Se registró la idea principal de cada obra seleccionada, se puede hacer por autor, por obra, por página, etcétera.
 - b. Se realizó la comparación de las ideas sobre el mismo tema de diversas fuentes.
 - c. Se registraron los datos de la fuente de la que se está haciendo el análisis.
- IV. Para generar el acervo bibliográfico con los temas necesarios para el proyecto, se almacenó la información recopilada en un dispositivo para su posterior lectura.



En lo que respecta a la información digital se obtuvieron los archivos correspondientes a los datos de suelos, uso del suelo y vegetación, erosión de suelos, clima, fisiografía y geología se obtendrán del sitio www.inegi.org.mx en formato shape file, en proyección Cónica Conforme de Lambert (CCL) y datum de referencia ITRF 1992.

Las imágenes de satélite LandSat TM 8 en formato multiespectral y con resolución espacial de 30 metros, serán recuperadas del sitio de la U.S. Geological Survey (www.usgs.gov).

1.6.2 Análisis de la Información.

Se realizó una revisión exhaustiva de la información recopilada y se elaboró un análisis minucioso de cada elemento de información obtenida, para este caso mediante el uso de técnicas como: tabulados, resumen, gráficas e imágenes. Lo importante es que la información se encuentre ya analizada y transformada en un esquema gráfico. Las imágenes de satélite LandSat TM 8 se desplegaron en el software ArcGis para revisar que se cuenta con el cubrimiento estatal completo.

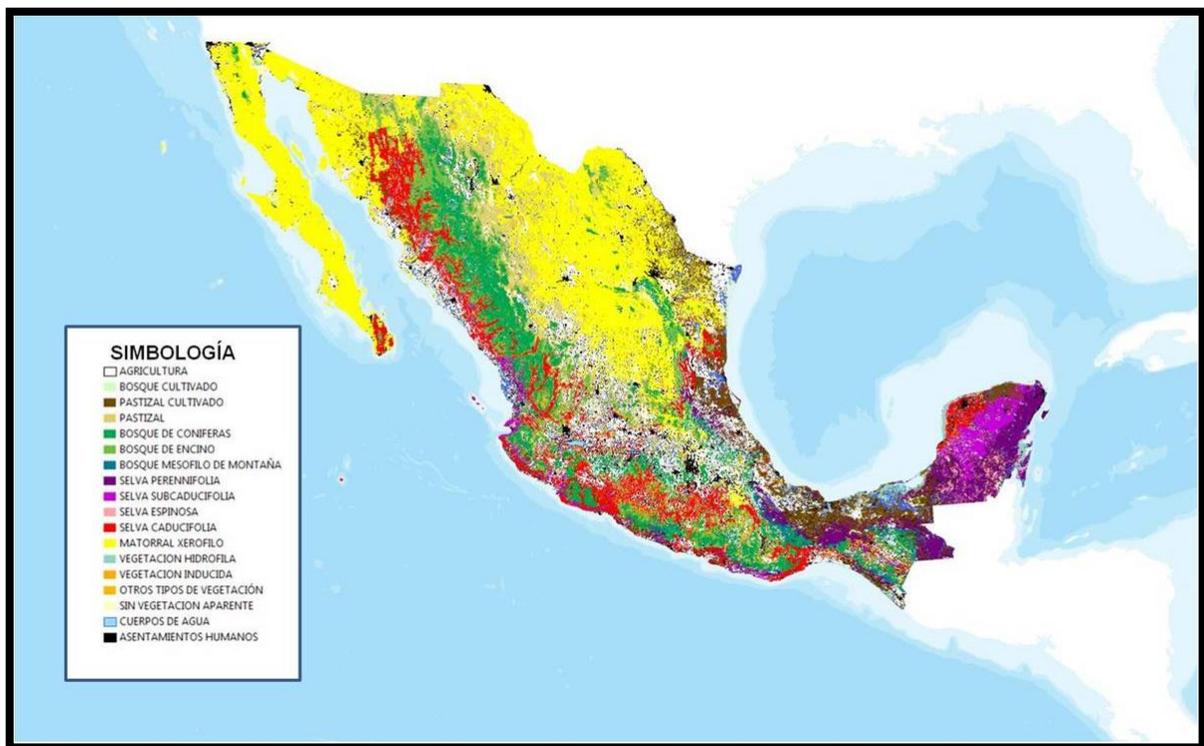
Los archivos digitales con información de climas, suelos erosión de suelos y Uso del Suelo y Vegetación, se desplegaron cada uno en el ArcGis para su análisis respectivo, así como para cada una de sus tablas de atributos, lo anterior para correlacionar los datos contenidos en cada uno de los archivos, y así contar con elementos técnicos que permitan establecer los criterios para la interpretación de las imágenes de satélite y la detección de áreas con problemas de degradación de suelos.

Se analizó e integró la información disponible del entorno a la zona de trabajo, y se familiarizaron con los rasgos geográficos y ecológicos, que permitieron desarrollar criterios de trabajo bien fundamentados, para adecuar y generar los polígonos a representar.

Se analizó cada uno de los factores ecológicos que determinan, por ejemplo, la presencia o ausencia de la vegetación, en el área de estudio y los factores de perturbación naturales o producidos por el hombre, a través de las diferentes actividades como los usos del suelo, desmontes, construcción de infraestructura, etcétera. En las áreas agrícolas, se analizaron sus principales características: tipos de agricultura (riego o temporal) y los diferentes tipos de cultivos (Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación, INEGI, 2015) (Figura 1).

Figura 1.

Uso del Suelo y Vegetación de México.



Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, serie V, 2015.

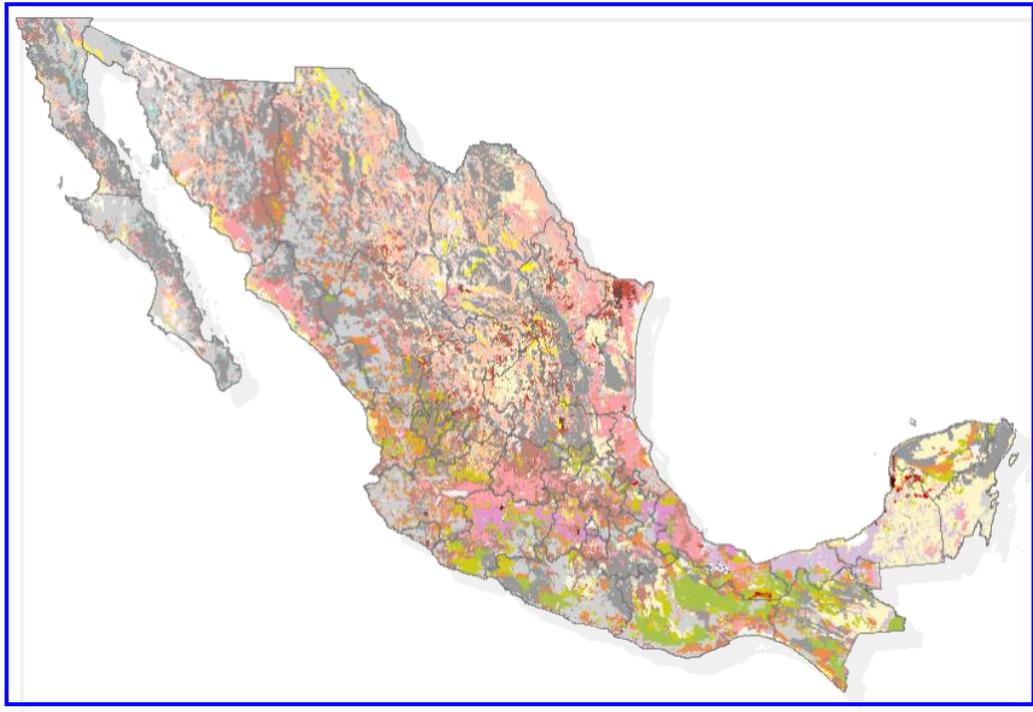
De la información de erosión del suelo se ubicaron las diferentes áreas con erosión (leve, moderada y fuerte) y su correlación con las diferentes unidades de suelos del

estado de Aguascalientes, lo anterior mediante la revisión y análisis de las tablas de atributos de cada tema (Conjunto Nacional de Erosión Hídrica del Suelo, INEGI, 2015) (Anexo 1).

En lo que corresponde a la información edafológica (*“Rama de la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea”*), se analizaron la distribución de los diferentes grupos de suelo y se relación con la vegetación y el uso del suelo y vegetación en la zona de estudio (INEGI, 2010) (Figura 2).

Figura 2

Grandes Grupos de Suelos en México.



Fuente: INEGI. Conjunto Nacional Vectorial de Edafología escala 1:250 000, serie II, 2010.

En lo que se refiere al clima, éste se encuentra determinado por diferentes factores, como son la latitud, la altitud, la exposición, así como sus elementos temperatura, precipitación, humedad, presión y condiciones atmosféricas. Dadas las características geográficas de la entidad, existen condiciones que determinan la gran diversidad y distribución de la vegetación y los suelos (Conjunto Nacional de Climas, INEGI, 2010) (Figura 3).

Figura 3.

Grandes grupos de climas en México.



Fuente: INEGI. Conjunto Vectorial de Climas escala 1: 1 000 000, 2010.

Otro de los elementos importantes para el análisis es la topografía del terreno, la cual es un factor importante en la correlación de la vegetación, suelo y roca. En general, resulta de mucho interés teórico y práctico el conocimiento de los elementos que en una situación dada son los principales responsables de la



presencia o ausencia de uno o varios factores, como el caso de las áreas clasificadas como *malpaís* en donde únicamente la roca es la que aflora y no hay vegetación, por lo que se clasifica como un área desprovista de vegetación.

En esta fase se aclara y detalla temáticamente la información disponible para encontrar factores causales de la degradación de los suelos. Por tanto, las partes de correlación entre vegetación, rocas, climas, topografía, etcétera, contra suelos, se realizó el proceso de interpretación de las imágenes; el fin de este apartado no es la generación del mapa, sino establecer los criterios a seguir para generar un informe en donde se describan los resultados del análisis realizado.

1.6.3 Materiales y equipos.

Para la realización del proyecto se utilizaron diferentes materiales y equipos, los cuales fueron un apoyo importante para el cumplimiento de los objetivos programados:

A). Programas informáticos.

Los programas utilizados fueron el ArcGis 10.5, Windows 10, Microsoft 2013 que incluye el Excel 2013, Word 2013, PowerPoint 2013 y Winzip.

B). Equipos e insumos informáticos. En cuanto al soporte físico, este presenta igual importancia en el análisis de los datos, hay que considerar que los equipos cada vez son más potentes y permiten realizar los diferentes procesos con una mayor velocidad para el análisis de la información. El equipo que se utilizó fue una Computadora de Escritorio marca Dell, modelo OPTIPLEX 9020 con procesador INTEL CORE I7-4790, con memoria en RAM de 16 GB, velocidad de procesador 3.6 GHZ y con capacidad en disco duro de 128 GB y 1 TB.



C). Material cartográfico digital

El material cartográfico digital de apoyo en formato SHAPE para la realización del proyecto fue:

	CARTOGRAFÍA TEMÁTICA	ESCALA
1	Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación, serie III (Capa Unión).	1:250 000
2	Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación, serie V (Capa Unión).	1:250 000
3	Conjunto Nacional de Información Edafológica escala, serie II.	1:250 000
4	Conjunto Nacional Topográfico.	1:250 000
5	Conjunto Nacional de Erosión del Suelo.	1:250 000
6	Conjunto Nacional Geológico.	1:250 000
7	Marco Geoestadístico Nacional 2016.	1:250 000
8	Conjunto Nacional de Climas.	1: 1 000 000
9	Cubrimiento estatal de Imágenes de Satélite LandSat TM 8, 2014.	1: 250 000

1.6.4 Criterios de clasificación de la información.

A). Tipos de vegetación. – La información sobre la vegetación se realizó con base al Sistema de Clasificación de la Vegetación generada por el INEGI, el cual es un sistema jerárquico que considera como primer nivel el ecosistema vegetal (como grande grupo de la vegetación), el segundo nivel el tipo de vegetación y tercer nivel la condición de la vegetación (vegetación primaria o secundaria). Esta clasificación está representada en el Continuo Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, serie V (INEGI, 2015) (Tabla 1).



Tabla 1

Clasificación de la Vegetación en el estado de Aguascalientes.

Ecosistema Vegetal	Tipo de vegetación	Condición	Clave
Bosque de Coníferas	Bosque de Pino-Encino	Primaria	BPQ
Bosque de Encino	Bosque de Encino	Primaria	BQ
Bosque de Encino	Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Encino	Secundaria	VSA/BQ
Matorral Xerófilo	Matorral Crasicaule	Primaria	MC
Matorral Xerófilo	Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	Secundaria	VSa/MC
Selva Seca	Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia	Secundaria	VSa/SBC
Pastizal	Pastizal Natural	Primaria	PN
Pastizal	Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural	Secundaria	VSa/PN
Vegetación Inducida	Pastizal Inducido	Indefinida	PI

Fuente. INEGI. Continuo Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, serie V, 2015.

En lo que corresponde a los conceptos de uso del suelo que se consideraron en el proyecto, fueron los siguientes: el uso agrícola, pecuario u otros rasgos (donde se incluyen las zonas urbanas y asentamientos humanos), el tipo de agricultura de acuerdo a la manera de recibir el agua los cultivos (Temporal y Riego) y la



permanencia del cultivo en el terreno, considerándose anual para cultivos de un ciclo agrícola, semipermanente para cultivos en el terreno de 2 a 10 años y cultivos permanentes para cultivos de más de 10 años en el terreno, y están considerados en el Sistema de Clasificación de Uso del Suelo y Vegetación del INEGI (2015), (Tabla 2).

Tabla 2.

Clasificación del uso del suelo en el estado de Aguascalientes.

TIPO DE ECOSISTEMA	USO	TIPO	CLAVE
Agrícola	Agricultura	Temporal Anual	TA
Agrícola	Agricultura	Temporal Anual y Permanente	TAP
Agrícola	Agricultura	Temporal Permanente	TP
Agrícola	Agricultura	Riego Anual	RA
Agrícola	Agricultura	Riego Anual y Semipermanente	RAS
Agrícola	Agricultura	Riego Permanente	RP
Pecuario	Pastizal	Cultivado	PC
Otros rasgos	Zona urbana	Urbano	ZU
Otros rasgos	Urbano construido	Urbano	AH
Otros rasgos	Áreas sin vegetación aparente	Sin uso	ADV

Fuente: INEGI. Continuo Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, serie V, 2015.



Los grupos de suelos que se analizaron en la capa de edafología serie II, corresponden al sistema de clasificación de la Base Referencia Mundial del Recurso Suelo (WRB 2006), los cuales fueron: Leptosol, Calcisol, Durisol, Fluvisol, Phaeozem, Planosol, Regosol, Cambisol, Kastañozem y Luvisol.

Las características que se analizaron para la erosión del suelo son las que están consideradas en la Metodología para Generar el mapa de Erosión del Suelo escala 1:250 000 (INEGI, 2011). Los tipos están representados en la tabla 3.

Tabla 3.

Tipos de erosión del suelo.

TIPO DE EROSIÓN	CLAVE	FORMA DE EROSIÓN	CLAVE	GRADO DE EROSIÓN	CLAVE	
Hídrica	H	Cárcavas	C	Extremo	4	
				Fuerte	3	
				Moderado	2	
				Leve	1	
			Surcos	S	Extremo	4
					Fuerte	3
					Moderado	2
					Leve	1
			Laminar	L	Extremo	4
					Fuerte	3
					Moderado	2
					Leve	1
Eólica	E	Dunas	D	N/A	N/A	
		Montículos	M	N/A	N/A	
		Otra	O	N/A	N/A	
Antrópica	A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Sin Erosión Evidente	SE	N/A	N/A	N/A	N/A	

Fuente: INEGI. Conjunto Nacional de Erosión del Suelo, 2015.

El clima es el estado medio de la atmósfera en un lugar, se representan la temperatura media anual y la precipitación total anual, así como los tipos de clima según la clasificación de Koeppen, modificada por Enriqueta García para adaptarla



a las condiciones del territorio mexicano (INEGI, 2016). Para el presente proyecto se analizaron los tipos de climas que están representados en la tabla 4.

Tabla 4.

Descripción tipos de climas.

TIPO DE CLIMA	CLAVE
Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.	C(w0)
Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	C(w1)
Templado subhúmedo. El menos húmedo de los húmedos, temperatura media anual entre 12° C y 18° C, temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C y temperatura del mes más caliente bajo 22° C. Lluvias de verano y porcentaje de precipitación invernal menor del 5% del total anual.	C(w0)w
Templado subhúmedo. El de humedad media de los húmedos, temperatura media anual entre 12° C y 18° C, temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C y temperatura del mes más caliente bajo 22° C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del menor del 5% del total anual.	C(w1)w



Semiseco, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	BS1kw
Semiseco, templado. Con verano cálido. temperatura media anual entre 12° C y 18° C, temperatura del mes más frío entre -3° C y 18° C, temperatura del mes más caliente mayor de 18° C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor del 5% del total anual.	BS1kw(w)
Semiseco, semicálido. Con invierno fresco, con temperatura media anual mayor de 18° C, temperatura del mes más frío menor de 18° C, temperatura del mes más caliente mayor de 22° C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor del 5% del total anual.	BS1hw(w)

Fuente: INEGI. Conjunto Nacional de Climas escala 1: 1 000 000, 2015.

1.6.5 Interpretación y edición de la Información.

Para el análisis e interpretación de la información, se realizó mediante las herramientas de edición de ArcGis 10.5, utilizando para la realización de los cortes del límite estatal por medio del módulo clip, el cual permite obtener del Marco Geoestadístico Estatal el contorno del estado y realizar el corte para cada tema (Climas, Uso del Suelo y Vegetación, Erosión del Suelo y Suelos).

Posteriormente se realizan mediante la herramienta de intersect, con la cual se permitió obtener mediante sobre posición de dos temas con información temática y sus respectivas tablas de atributos (ejemplo: tipos de vegetación e información edafológica)



Con base a las herramientas anteriormente mencionadas (clip e intersect) y la técnica de fotointerpretación de las imágenes de satélite, se obtiene la información detallada y depurada para la detección y delimitación de los suelos con problemas de degradación.



CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA.

Actualmente, la degradación de suelos se presenta en muchos países, entre ellos México, y muy especialmente en aquellos que mantienen esquemas de crecimiento basados en el uso irracional de los recursos naturales. La degradación del suelo tiene efectos ambientales y socioeconómicos negativos, debido a su relación con la reducción de la biodiversidad, la pobreza, la migración y la seguridad alimentaria (Topete, 2013).

2.1 Antecedentes.

El establecimiento de una metodología para evaluar la degradación de suelos es un tema más complejo y la intensa labor llevada a cabo durante los últimos veinte años por diferentes organismos internacionales (por ejemplo, FAO, 1979; FAO-UNEP, 1984, Oldeman et al., 1991), contrasta con los escasos resultados obtenidos, no existiendo en la actualidad criterios satisfactorios globalmente aceptados, ni, sobre todo, estudios de detalle que hayan permitido una correcta valoración de los diferentes procesos de degradación (Guerra, 2010).

Sanders (1992) realizó una revisión sobre los trabajos que en evaluación de la degradación de suelos se han llevado a cabo en la esfera internacional y sostiene que la mayoría de los problemas encontrados vienen dados por:

- La escasa información disponible, muchas veces basada en estimaciones subjetivas y cualitativas, o bien, los datos encontrados son difícilmente comparables.
- La necesidad de definir claramente qué se está midiendo, ya que es frecuente que diferentes aspectos de la degradación de suelos como estado actual, tasa y riesgo se mezclen y confundan proporcionando resultados engañosos.



- La complejidad del proceso en cuestión ya que la interacción entre los distintos procesos de degradación hace que sea difícil separarlos y a la vez dificulta presentarlos de manera conjunta.

El estudio de la degradación de los suelos por su impacto económico, político y social es de suma importancia. En México se han realizado diversos estudios de suelos, pero debido a la ausencia en la uniformidad de los procesos metodológicos y a los diferentes niveles de escala, los resultados obtenidos discrepan entre ellos. Por ejemplo la Evaluación de la pérdida de suelos por erosión hídrica y eólica en la República Mexicana, escala 1: 1 000 000 (SEMARNAT y UACH, 2003) y la Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1: 250 000 (SEMARNAT y Colegio de Posgraduados Chapingo, 2003). En el primero de los casos, se realizó la evaluación de una forma indirecta la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica a partir del análisis de información cartográfica (p. e., de edafología y precipitación) y de modelos paramétricos (Ecuación Universal de Pérdida de Suelos y Ecuación de la Erosión Eólica) que fueron complementados por algunas variables evaluadas en muestras de suelo. Por su metodología, la estimación obtenida es una medida de la degradación potencial y no una evaluación directa de la degradación existente en el territorio nacional. Este proceso, permitió identificar las diferentes áreas que se encuentran en mayor riesgo, y con ello tomar las decisiones más adecuadas sobre el uso del suelo en el marco del desarrollo sustentable, lo que permitiría reducir su degradación.

Los resultados de este trabajo muestran que 42% de la superficie nacional podría resultar afectada por erosión hídrica, y que 17 entidades federativas mostrarían daño en más de 50% de su territorio, entre ellas Guerrero (79.3%), Puebla (76.6%), Morelos (75.2%), Oaxaca (74.6%) y el estado de México (73.7%). También las regiones montañosas de las Sierras Madre Oriental, Occidental y del Sur, así como vastas regiones de Chiapas y las entidades del centro del país, tendrían riesgo de presentar alta y muy alta pérdida de suelo por erosión hídrica (SEMARNAT, 2012).



Pedraza (2015) mencionó que la degradación del suelo por erosión es un tema pertinente y actual dentro de las ciencias ambientales. Ya que es el hombre el que hace uso, en este caso del suelo a través de las actividades agrícolas, y es una manifestación de la relación sociedad-naturaleza. Y es precisamente esta relación en que se fundamentan las ciencias ambientales como disciplina científica. Además, que le compete proponer y emplear metodologías y técnicas para dar soluciones de conservación y restauración de los recursos naturales, suelo, así como buscar su sustentabilidad.

Zarate y Ramírez (2004) determinaron que la degradación es un proceso de transformación de una extensión árida, semiárida, subhúmeda o húmeda a un espacio con menos vida, este proceso conduce a la destrucción de los ecosistemas, de la productividad natural y a la reducción del potencial económico de estas áreas.

Los principales procesos de degradación de los suelos se resumen en:

- a).- Los que refiere el desplazamiento del suelo, incluye la erosión hídrica y eólica.
- b).- El deterioro interno del suelo, que contempla la degradación química y física (Porta y López-Acevedo, 2005).

Uribe (2003) resaltó que la degradación de la tierra es un conjunto de procesos dinámicos (físicos, químicos y biológicos) que afectan la productividad de los ecosistemas, la cual puede llegar a ser irreversible y tener consecuencias sociales, económicas, ecológicas y políticas. Esta degradación se relaciona con el uso inadecuado de los recursos agua, suelo, flora y fauna; siendo los dos primeros la base fundamental para el abastecimiento de alimentos para las plantas, animales y el hombre mismo. El balance entre la acción natural de las fuerzas del clima y la resistencia de la tierra, determina el riesgo de degradación en un área en particular, en la cual la acción humana puede incrementar o disminuir dicha resistencia.



“Hacer el uso más provechoso del suelo, en la amplia gama de posibilidades, sin causar la degradación irreversible del mismo, aparte de constituir una difícil tarea es un reto que se plantea la humanidad”.

López (2002) señaló que solamente considerando la función primordial de los suelos, la cual es, la de construir la base para la producción de biomasa y por ende para la producción alimentaria requerida por la creciente población mundial, destaca el hecho de que los suelos constituyen un sistema de vital importancia. El suelo en su condición de uso primario es susceptible de recibir impacto que puede expresarse en diferentes formas de degradación e inclusive en la pérdida irreversible del mismo. Dicho impacto, en términos generales, puede ser producido por tres causas fundamentales: la ocupación, la contaminación y la sobreexplotación.

En México la pobreza constituye un factor esencial en la degradación de los suelos, sobre todo en el medio rural, a causa de la descapitalización sufrida por el sector durante décadas. La situación es tal que ocho de cada diez familias del campo son pobres y de éstas cuatro se encuentran en extrema pobreza (Carabias, 1993).

“Otro factor negativo de la pobreza de los campesinos es que les impide invertir en obras de conservación y mejoramiento de sus tierras, acentuando el círculo vicioso en el cual el deterioro de los recursos naturales genera más pobreza y ésta más deterioro, y así sucesivamente, en la espiral de la desertificación. La desertificación no sólo afecta al medio rural, también deteriora los núcleos urbano-industriales”. Una de las alternativas que toman los campesinos en respuesta al deterioro de sus tierras es la emigración a la ciudad, provocando con ello un exagerado crecimiento de los núcleos urbano-industriales, y como éstos no tienen capacidad para absorber a toda esa mano de obra se establecen “cinturones de



miseria” donde lo común de estos lugares son el desempleo, la falta de servicios, la inseguridad y todos los factores que conlleva la pobreza (Ceja, 2016).

Duarte (1990) mencionó que el deterioro de los suelos o desertificación es el problema ecológico contemporáneo de mayor importancia en los países en desarrollo. Este proceso ha sido definido como “la disminución o destrucción del potencial biológico de los recursos naturales ocasionado por el mal uso y manejo de los mismos, lo que trae como consecuencia procesos degenerativos del medio físico, económico y social de las poblaciones involucradas en el entorno” (Ortiz, 1994). Sus principales procesos son la degradación de la cobertura vegetal, la erosión hídrica y la eólica, la acumulación excesiva de sales, la degradación física y la química (Ortiz y Ortiz, 1980).

Algunos factores asociados al deterioro de los suelos en el territorio nacional, así como su grado de afectación, serían: a) actividades agrícolas (labranza, agroquímicos, abonos, riesgos, quemados) 42.18%; b) deforestación (cambios de uso, tala, incendios) 13.85%; c) sobreexplotación de la vegetación para consumo (carbón, leña) 2.08%; d) sobre pastoreo (ganado en exceso) 40.57%; e) actividades industriales (minas abandonadas, canteras, extracción de materiales, desfogue de industrias, derrames petroleros, basureros) 0.16%; f) urbanización (crecimiento urbano) 1.10% (SEMARNAT, 2000).

La pérdida de suelo por erosión hídrica, indica que 42.04% del territorio nacional está afectado por algún nivel de pérdida de suelo, mientras que en 57.96% de la superficie nacional la pérdida es nula. En cuanto a la pérdida de suelo por viento, 88.96% del territorio nacional está afectado por algún grado de erosión, mientras que 11.03% no presenta problemas de erosión eólica (SAGARPA, 2013).

García (2008) resaltó la importancia que tienen los estudios sobre el cambio en la cobertura y uso del suelo ya que proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida



de la biodiversidad de una región determinada (Lambin et al., 2001), consideró que la cubierta vegetal del suelo, significa una posible prognosis en los cambios de uso de suelo. Este conocimiento es complicado de obtener por el tiempo, recursos técnicos y económicos necesarios para estimar la biomasa como indicador del peso de materia orgánica existente en el ecosistema y el grado de impacto ecológico por una posible pérdida de cubierta vegetal; las técnicas convencionales son aún rudimentarias para poder apreciar áreas a gran escala, sin que transcurra demasiado tiempo y cambio entre el estudio de una zona y otra. Es por este motivo que, en los últimos años, los Sistemas de información Geográfica (SIG) se han convertido en una de las herramientas más confiables para obtener datos de grandes extensiones de suelo, con gran precisión. En la forma en que se presenta el proceso del cambio de cobertura se encuentra la mano del hombre; desde antaño, este modifica el territorio para llevar a cabo actividades productivas o para construir viviendas. Al paso del tiempo, estas modificaciones han afectado a los ecosistemas, haciéndose visibles los impactos ecológicos a nivel local, regional y mundial.

Uno de los principales problemas ambientales es la degradación del suelo por erosión y es provocada por la remoción de la cubierta vegetal, tala de árboles, cambios de usos de suelo, actividades agropecuarias, principalmente (Pedraza, 2015).

Gregory y Walling (1973) definieron a la erosión como la acción de roer, gastar y provocar pérdidas de sustancias del relieve, originando una disminución en el volumen, y este proceso está conformado por tres fases principales: la primera, es el desprendimiento de partículas; la segunda fase, se da por el transporte o desplazamiento de los materiales desgastados y por último la acumulación o depositación de los materiales transportados, en los lagos, océanos o áreas continentales.



La salud del suelo es una preocupación primordial para los agricultores y la comunidad global cuyos medios de vida dependen de una agricultura bien manejada que comienza con la tierra bajo nuestros pies. Si bien hay muchos desafíos para mantener un suelo saludable, también hay soluciones y un grupo dedicado de personas, incluido WWF, que trabaja para innovar y mantener la piel frágil de la que brota la biodiversidad (WWF, 2018).



CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO.

Para obtener una mayor comprensión de los alcances de la investigación, se considera importante conocer los alcances de los aspectos teóricos del tema y los cuales permitirán una mejor comprensión de los temas a desarrollar.

3.1 El paisaje colectivo.

Porta (2003) mencionó que la competencia de diversas actividades por el uso del territorio lleva a tener que conjugar los principios de la economía con los de la ecología, para integrar los distintos usos e interrelacionarlos, partiendo de la idea de respeto hacia el medio ambiente. Los efectos colaterales no deseables deben preverse, por medio de una evaluación del impacto ambiental, para optar por aquella alternativa de menos coste medioambiental que sea un compromiso aceptable entre la intensidad del impacto y los demás condicionantes, sociales, productivos y económicos. Tal alternativa deberá estar ya identificada al redactar un anteproyecto y es la que se desarrollará en el proyecto y al planificar la asignación de los usos del territorio

3.2 Concepto de Suelo

Ortiz y Ortiz (1980) establecieron que el termino suelo se deriva del latín *Solum* que significa piso o terreno. En general el suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra para distinguirlo de la roca sólida. Muchas personas cuando se refieren al suelo tienen en mente al material que nutre y sostiene a las plantas en desarrollo, pero este significado es aún más general ya que incluye no solamente el suelo en el sentido común, sino también a las rocas, el agua, la materia orgánica y formas vivientes, y aun el aire, materiales y sustancias que intervienen directa o indirectamente en el sostenimiento de la vida de las plantas (p. 22).

“El agricultor naturalmente tiene una concepción más práctica del suelo; para él es el medio en donde se desarrollan los cultivos. Sin embargo, la concepción del suelo para el agrónomo, para el ingeniero de caminos o para el de minas, puede ser



muy diferente. Para el agrónomo interesa en primer término desarrollar un concepto considerado al suelo tal y como se encuentra en la naturaleza”.

A medida que se ha desarrollado el conocimiento de los suelos se ha definido a este cuerpo natural de diferentes maneras.

Para Ramann, un geólogo alemán, definió al suelo como la capa superficial de la costra terrestre sólida en vías de descomposición (Ortiz y Ortiz, 1980, p.31).

Para Williams, un edafólogo ruso, mencionó que el suelo es la capa superficial mullida de los continentes, que presenta la cualidad de fertilidad y que es capaz de producir cosechas (Ortiz y Ortiz, 1980, p. 31).

Dokuchaev (1883) consideró el suelo como una creación natural al mismo título que un animal, un vegetal o una roca. Esta creación natural para Dokuchaev, proviene de la acción acumulativa de cinco factores: 1. El clima (cl); 2. Los organismos vegetales y animales (o); 3. Las rocas (m); 4. El relieve (r) y 5. El tiempo (t) o edad del suelo.

$$S = f (cl, o, m, r, t)$$

“Esta concepción del suelo aceptada por sí por los edafólogos, merece algunas consideraciones: una roca expuesta a un medio ambiente determinado está sujeta solamente a una simplificación por descomposición. Contrariamente a las plantas y animales los suelos no se multiplican ni se transmiten sus propiedades. La interpretación de Dokuchaev es que él atribuye al suelo la cualidad o el derecho de creación natural, al mismo título que las plantas y animales.

De lo anterior se deduce que son varios factores que intervienen en la formación y desarrollo del suelo, que es el conjunto de acciones muy variadas”.



De aquí que la definición del suelo más aceptable a la fecha considere las dos acepciones siguientes:

a.- El suelo es un material mineral no consolidado sobre la superficie inmediata de la corteza terrestre que sirve como un medio natural para el desarrollo de las plantas terrestres.

b.- El suelo es el material mineral no consolidado sobre la superficie de la tierra, que ha estado sujeto e influenciado por factores genéticos y del medio ambiente como son el material madre, el clima (incluyendo efectos de humedad y temperatura) los macro y microorganismos y la topografía, todos ellos actúan en un periodo de tiempo y originando un producto – el suelo – que difiere del material del cual es derivado en muchas propiedades y características físicas, químicas, biológicas y morfológicas (Ortiz y Ortiz, 1980, p.31).

World Wildlife Fund (2018) consideró al suelo como la piel frágil de la tierra que ancla toda la vida en la Tierra. Compuesto por innumerables especies que crean un ecosistema dinámico y complejo y se encuentra entre los recursos más valiosos para los humanos. *“El aumento de la demanda de productos agrícolas genera incentivos para convertir bosques y pastizales en campos de cultivo y pastos. La transición a la agricultura de la vegetación natural a menudo no puede mantenerse en el suelo y muchas de estas plantas, como el café, el algodón, el aceite de palma, la soja y el trigo, pueden aumentar la erosión del suelo más allá de la capacidad del suelo para mantenerse”.*

3.3 Degradación del territorio.

Porta (2003) mencionó que la aridez se corresponde con una falta de agua disponible para los seres vivos. Corresponde a un déficit de humedad significativo. Se debe a factores meteorológicos ligados a una zona geográfica concreta y tiene un carácter más bien permanente. Por otra parte, la sequía también se corresponde con una falta de agua, si bien ésta es de carácter temporal e inesperado, frente a



unas expectativas de suministro consideradas habituales en una zona determinada. Corresponde a un mínimo hidrológico. Ciclos consecutivos de años secos y años húmedos.

3.4 Degradación del Suelo.

Almorox-López-Rafaelli (2010) establecieron que la degradación de la tierra está ocurriendo en todo el mundo y en casi todos los ecosistemas, este proceso tiene graves consecuencias medioambientales y sobre todo en el potencial biológico y económico de la tierra. Uno de los mecanismos más importantes de la degradación de la tierra es la erosión del suelo. El suelo es un recurso natural único, frágil, imprescindible para la vegetación, para la sostenibilidad global y la calidad de vida; sin este recurso no puede haber prosperidad ni progreso. Bajo ecosistemas de regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas, es un recurso no renovable que está sometido a una fuerte presión antrópica, que es necesario proteger para poder garantizar un desarrollo durable. Su deterioro es, casi siempre, irreversible y de graves consecuencias para el medio natural y las poblaciones. Pese a su papel fundamental, el suelo está cada vez más amenazado por una serie de actividades humanas que pueden contribuir a su degradación.

“Existe degradación del suelo cuando se pierde, e incluso reduce, la productividad física, química, biológica o económica de las tierras. Existen diferentes factores que causan una degradación del suelo, todos ellos están interrelacionados lo que dificulta su estudio”. Uno de los principales factores de degradación de tierras es la erosión del suelo causada por el viento o el agua, proceso que afecta de forma generalizada. El proceso de erosión del suelo es claramente, en este contexto, un tipo de degradación”.

Ansorena (1995) definió a la degradación del suelo como “el proceso que reduce la capacidad actual o futura de los suelos para producir bienes o servicios” y consideró que las principales causas de degradación del suelo son:



- Deforestación o eliminación de la vegetación natural: sustitución de masas forestales por cultivos agrícolas, explotación forestal a gran escala, incendios provocados, construcción de carreteras y asentamientos urbanos.
- Pastoreo excesivo. No sólo puede producir la degradación de la vegetación, sino también la compactación y erosión del suelo.
- Prácticas agrícolas. Incluye una amplia variedad de actividades, desde el empleo insuficiente o excesivo de fertilizantes (nitrogenados o fosfatados), riego con agua con altos contenidos de sales, empleo de maquinaria pesada o ausencia de medidas contra la erosión.
- Sobreexplotación de la vegetación para usos domésticos, de manera que la cubierta vegetal que permanece no presta una protección suficiente contra la erosión y el encostramiento del suelo.
- Actividades industriales (minería, industria siderometalúrgica, etc.) que son la causa más frecuente de contaminación del suelo.

Suelen distinguirse dos tipos de procesos de degradación del suelo:

- a) Aquellos que producen el desplazamiento de las partículas del suelo. Los más importantes son la erosión por agua y viento, que afectan a casi el 30% de la superficie de nuestra comunidad.
- b) B) fenómenos que originan una degradación in situ del suelo. Pueden ser procesos de degradación física o química.

La FAO (2017) definió a la degradación del suelo como un cambio en la salud del suelo, dando como resultado, una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema.



Cruz Flores (s/f) mencionó que México posee 200 millones de hectáreas de suelo, de las cuales solo 22 millones son cultivables, y al advierte que si somos 120 millones de habitantes en el país a cada persona le corresponden 1 800 metros cuadrados para producir alimentos. Sin embargo, esta superficie se reduce considerablemente ante la falta de una gestión adecuada de este recurso pues más del 45% de la superficie del país está deteriorada por erosión o por degradación química.

La capa fértil de los suelos se forma al paso del tiempo, para que se forme un centímetro de suelo se requieren más de 200 años y para que un suelo sea productivo se necesitan por lo menos 20 centímetros de espesor de suelo; es decir, se necesitan 4 000 años o más para tener un suelo productivo. En contraste, en menos de 15 años podríamos perder ese suelo por un mal manejo. Si cultivamos con mucha frecuencia extraemos nutrimentos que ya no regresan, esto ocasiona compactación y erosión, sobre todo en suelos vulnerables como las laderas (Cruz Flores, UNAM).

INECC (2004) mencionó que todos aquellos procesos desencadenados por las actividades humanas, como son el aumento de la población, así como su migración hacia áreas urbanas y suburbanas, generan una serie de fenómenos que ejercen una presión constante hacia los suelos, reduciendo así su capacidad para sostener ecosistemas naturales o modificados, para mantener o mejorar la calidad del aire y el agua, y para preservar la salud humana (SEMARNAT, 2003). Dentro de dichos procesos se encuentran:

- (i) El cambio de uso del suelo,
- (ii) La generación de residuos (industriales y municipales),
- (iii) La sobreexplotación de recursos hídricos y de combustibles fósiles.



Entre las causas inmediatas que provoca el deterioro del suelo se cuentan el cambio climático, la contaminación ambiental y la disminución de la biodiversidad (Lomelí et al., 2000). La complejidad de las presiones que se ejercen sobre el suelo y de sus consecuencias deriva de la intervención de múltiples factores entre los cuales destacan, por su importancia, la topografía, el uso del suelo, el sobrepastoreo, la densidad poblacional y la pobreza. Su combinación varía de una región a otra del país, lo que da lugar a condiciones que favorecen o agravan su degradación. En la figura 4, se muestra la contribución de los diferentes factores que ejercen presiones sobre los suelos y ocasionan su degradación a nivel nacional. Puede verse que dentro de las principales causas que provocan la degradación de suelos en el país, se encuentran el sobrepastoreo, la deforestación y el cambio de uso del suelo, debido principalmente a actividades agropecuarias (INEC, 2004).

3.5 Erosión del Suelo.

La erosión del suelo es definida como un proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos (FAO, 2017). Los agentes erosivos dinámicos, en el caso de la erosión hídrica son la lluvia y el escurrimiento superficial o las inundaciones.

3.6 Tipos de Suelo con base a la WRB 2006.

a.- Leptosol. Del griego leptos, delgado. Anteriormente están incluidos en el grupo de los Litosoles, del griego Lithos, piedra. Actualmente representan suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión. Se localizan generalmente en las zonas montañosas con más de 40% de pendiente como la sierra La Giganta, Del



Burro, La Paila, San Carlos, del Pinacate y la Sierra Lacandona. También son abundantes en la Mixteca Alta Oaxaqueña, el Carso Huasteco, al pie de la Sierra Madre Occidental y en todos los sistemas de cañones. Un caso particular son los extensos afloramientos calizos encontrados en la Península de Yucatán. Los tipos de vegetación más relacionados con los afloramientos rocosos son el matorral desértico rosetófilo, la selva baja caducifolia y el bosque de encino. El uso principal de este suelo es para agostadero (INEGI, 2015).

b.- Calcisol. Del latín calcarius, calcáreo. Suelos con más del 15% de carbonato de calcio en por lo menos una capa de 15 cm de espesor, pueden presentar una capa cementada (petrocálcico). Muchos cultivos en Calcisoles tienen éxito si son fertilizados con nitrógeno, fósforo, hierro y zinc. Es uno de los grupos de suelo más extendidos en el país. Están situados principalmente en zonas áridas de origen sedimentario (calizas y lutitas-areniscas) en los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Zacatecas y San Luis Potosí, irrigados, drenados (para prevenir la salinización) y fertilizados, pueden ser altamente productivos bajo una amplia variedad de cultivos (INEGI, 2015).

c.- Durisol. Del latín durus, duro. Suelos con acumulación aluvial o coluvial de sílice, en México presentan una capa 25 endurecida conocida regionalmente como 'tepetate'. Son muy susceptibles a la erosión hídrica. Algunas veces están afectados por sales y normalmente impiden el paso de las raíces después del medio metro de profundidad. Su distribución está en los Altos de Jalisco, las llanuras Tarahumara y de Ojuelos, así como en zonas erosionadas del estado de México y Tlaxcala. El uso más frecuente de estos suelos es el aprovechamiento de pastizales naturales o inducidos y eventualmente la agricultura de temporal (INEGI, 2015).



d.- Fluvisol. Del latín fluvius, río. Suelos con abundantes sedimentos fluviales, marinos o lacustres en periodos recientes y que están tradicionalmente sobre planicies de inundación, abanicos de ríos o marismas costeras. Tienen buena fertilidad natural y son atractivos históricamente para los asentamientos humanos de nuestro país. Los Fluvisoles con influencia de marea son suelos ecológicamente valiosos en los que la vegetación original debe preservarse. Se localizan principalmente en las llanuras intermontanas y valles abiertos o ramificados de Coahuila, Nuevo León, Sonora y la Península de Baja California, así como en el área de influencia de los principales ríos de Sinaloa, Veracruz y Chiapas (INEGI, 2015).

e.- Phaeozem. Del griego phaios, oscuro, y del ruso zemlja, tierra. Suelos de clima semiseco y subhúmedo, de color superficial pardo a negro, fértiles en magnesio, potasio y sin carbonatos en el subsuelo. El relieve donde se desarrollan 30 estos suelos es generalmente plano o ligeramente ondulado. En México constituyen los suelos más importantes para la agricultura, por ejemplo, en los Altos de Jalisco, las llanuras de Querétaro, Hidalgo y norte de Guanajuato, en la Gran Meseta Chihuahuense, al pie de la Sierra Madre Occidental y en numerosos valles del sur y sureste de México (INEGI, 2015).

f.- Planosol. Suelos con un horizonte de textura gruesa abruptamente sobre un subsuelo denso y de textura más fina. Se encuentran típicamente en tierras planas de pastizales que durante algún periodo del año están cubiertas por agua. Presentan manchas rojas en la época de sequía. Son poco fértiles, comúnmente con arbustos dispersos y sistemas de raíces someros. Se distribuyen principalmente en las llanuras de piso cementado, llanuras de aluvión antiguo y extensas mesetas basálticas o escalonadas del estado de Jalisco y Aguascalientes. En México se



utilizan con rendimientos moderados en la ganadería de bovinos, ovinos y caprinos del centro y norte del país. Son muy susceptibles a la erosión (INEGI, 2015).

g.- Regosol. Del griego rhegos, manta. Suelos con propiedades físicas o químicas insuficientes para colocarlos en otro grupo de suelos. Son pedregosos, de color claro en general y se parecen bastante a la roca que les ha dado origen cuando no son profundos. Son comunes en las regiones montañosas o áridas de México, asociados frecuentemente con leptosoles (INEGI, 2015).

h.- Cambisol. Del latín cambiare, cambiar. Suelos jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes. No tienen un patrón climático definido, pero pueden encontrarse en alguna posición geomorfológica intermedia entre cualquiera de dos grupos de suelo considerados por la WRB. Tienen en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca y con acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión. Por lo general, estos suelos son buenos con fines agrícolas y son usados intensamente. Los Cambisoles éutricos de la zona templada son muy productivos (INEGI, 2015).

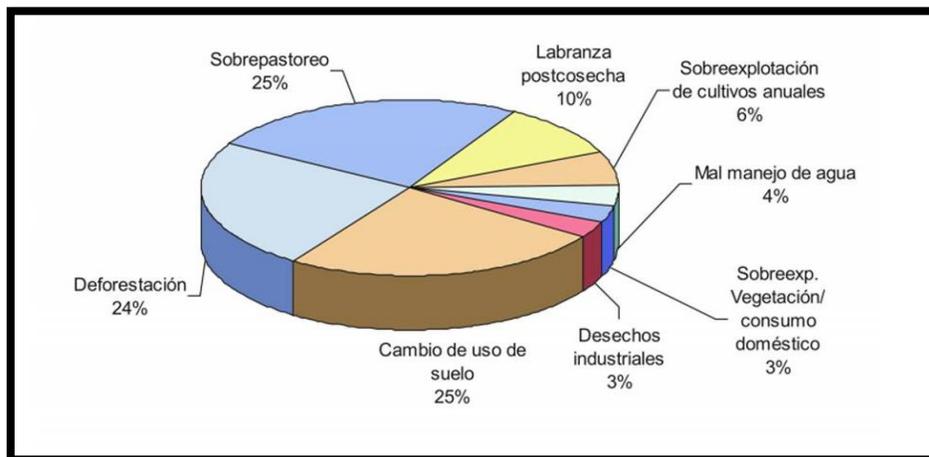
i.- Kastañozem. Del latín castanea, castaño y del ruso zemlja, tierra. Suelos de clima árido o semiárido, con una capa superficial gruesa de color pardo oscuro y rica en carbono orgánico, ricos en magnesio, potasio y carbonatos en el subsuelo. Requieren fertilizantes fosfatados y un buen programa de riego que evite riesgos de salinización. Son susceptibles a la erosión hídrica y eólica especialmente si son terrenos agrícolas en descanso o tierras de sobrepastoreo. Los Kastanozems se encuentran situados principalmente en el Bolsón de Mapimí, las llanuras de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas. Tanto el clima como el uso

principal de este suelo son similares al del Chernozem, aunque con una mayor proporción de matorrales desérticos de tipo micrófilo, tamaulipeco y rosetófilo (INEGI, 2015).

j.- Luvisol. Del latín luere, lavar. Suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de arcilla y los situados en pendientes fuertes. Los Luvisoles son 29 generalmente fértiles para la agricultura. Son el quinto grupo de suelos más extendido sobre nuestro país y su distribución abarca superficies de bosques de pino en la Sierra Madre Occidental, extensas áreas de profundidad limitada en la Mesa del Centro, así como importantes superficies de pastizal en la llanura costera del Golfo (INEGI, 2015).

Figura 4.

Principales causas de la degradación de los suelos en México, 1999.



Fuente: SEMARNAT, 2001.

3.7 Información Digital.

Es toda aquella información que es almacenada o transmitida empleando unos y ceros. Es rápidamente procesable por computadoras y dispositivos electrónicos en



general, facilitando búsquedas, modificaciones y tratamiento de la información (Alegsa, 2016).

3.8 Recursos Naturales.

Son aquellos bienes materiales y servicios proporcionados por la naturaleza sin alteraciones por parte del ser humano; y que son valiosos para las sociedades humanas por contribuir a su bienestar y a su desarrollo de manera directa (materias primas, minerales, alimentos) o indirecta (servicios ecológicos), (INEGI, 2016).

3.9 Sistema de Información Geográfica.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS), en su acrónimo inglés Geographic Information System, es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión (CIESAS, 2016).

Por su parte INEGI (2014), lo definió como un “Conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real”.

3.10 Datos.

Conjunto de mapas, de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas. Resulta posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas, para obtener un mejor conocimiento de esa zona (INEGI, 2014).

3.11 Funcionamiento de un Sistema de Información Geográfica.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus



atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

1. **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
2. **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
3. **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas a algunas características.
4. **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
5. **Pautas:** detección de pautas espaciales.
6. **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución (CIESAS, 2015).

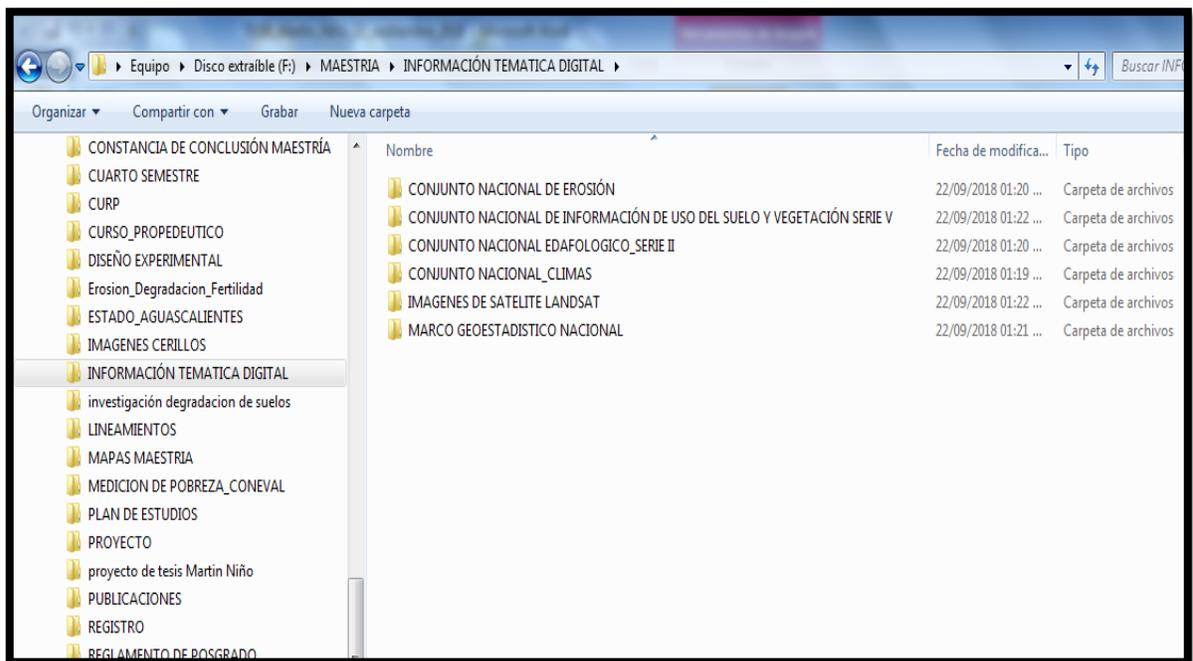
Como todo sistema cuentan con algunas ventajas para su adecuado uso, pero también se tienen algunas desventajas (Anexo 2).

CAPÍTULO 4. EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Para iniciar los procesos de edición de la información temática digital, se generó una carpeta para el respaldo de los continuos nacionales de cada tema, como se muestra en la figura 5.

Figura 5.

Respaldo de información digital

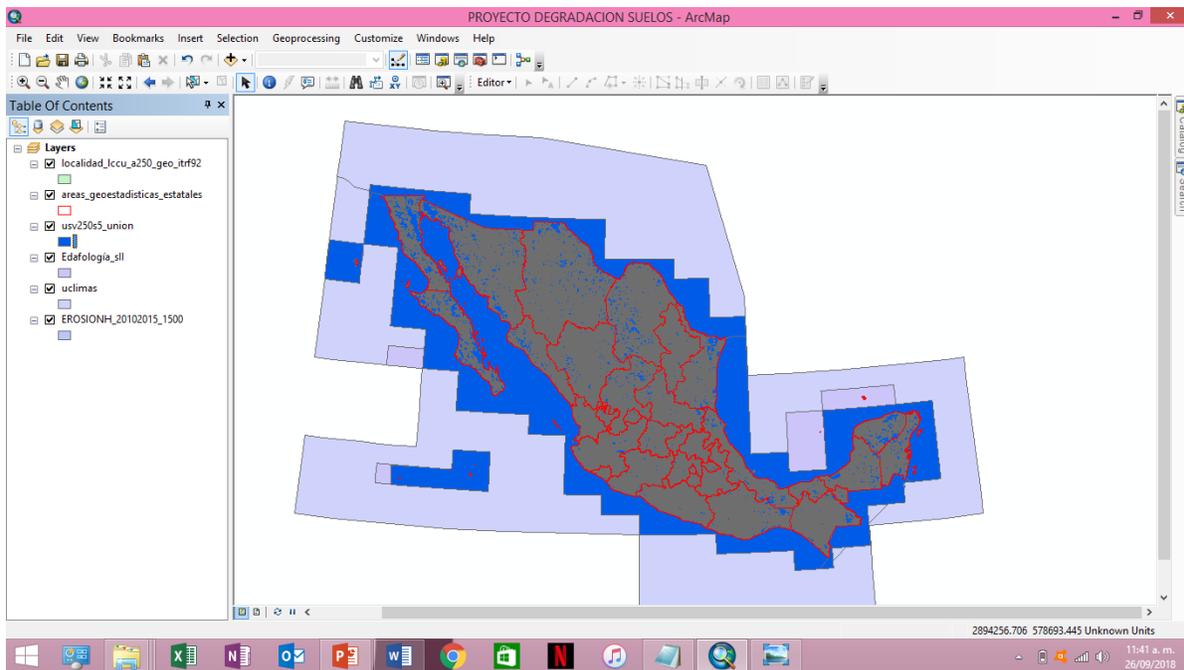


Fuente: Elaboración propia.

Una vez organizada la información se visualizó en ArcGis con la finalidad de detectar posibles problemas en el despliegue de la información, así como de la tabla de atributos de cada temática (Figura 6).

Figura 6.

Visualización en ArcGis de información digital.

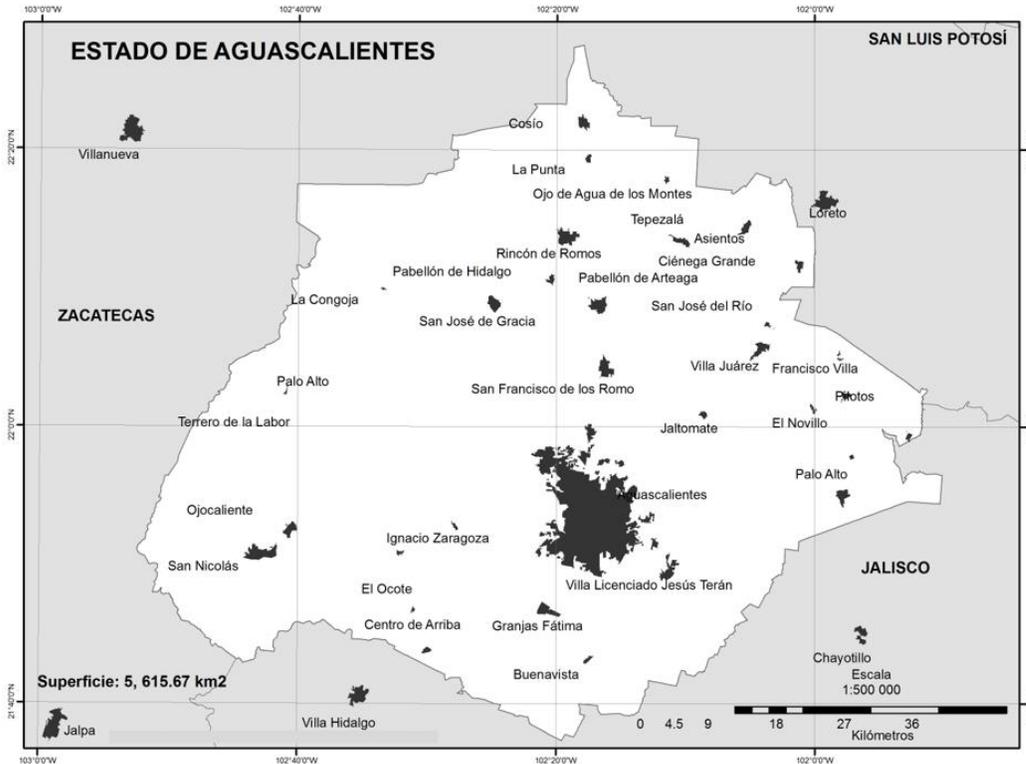


Fuente: Elaboración propia.

Ya que se verificó que se desplegó la información sin problema, se procedió a obtener de la información del Marco Geoestadístico Nacional, el límite estatal de Aguascalientes, para lo cual se pone en edición el archivo y se selecciona el estado indicado, para posteriormente salvarlo como archivo shape y este será el límite base para la extracción de cada una de la información temática (Figura 7). Esta información se organiza en una carpeta por cada tema.

Figura 7.

Limite estatal de Aguascalientes.



Fuente: INEGI Marco Geoestadístico Nacional 2016.

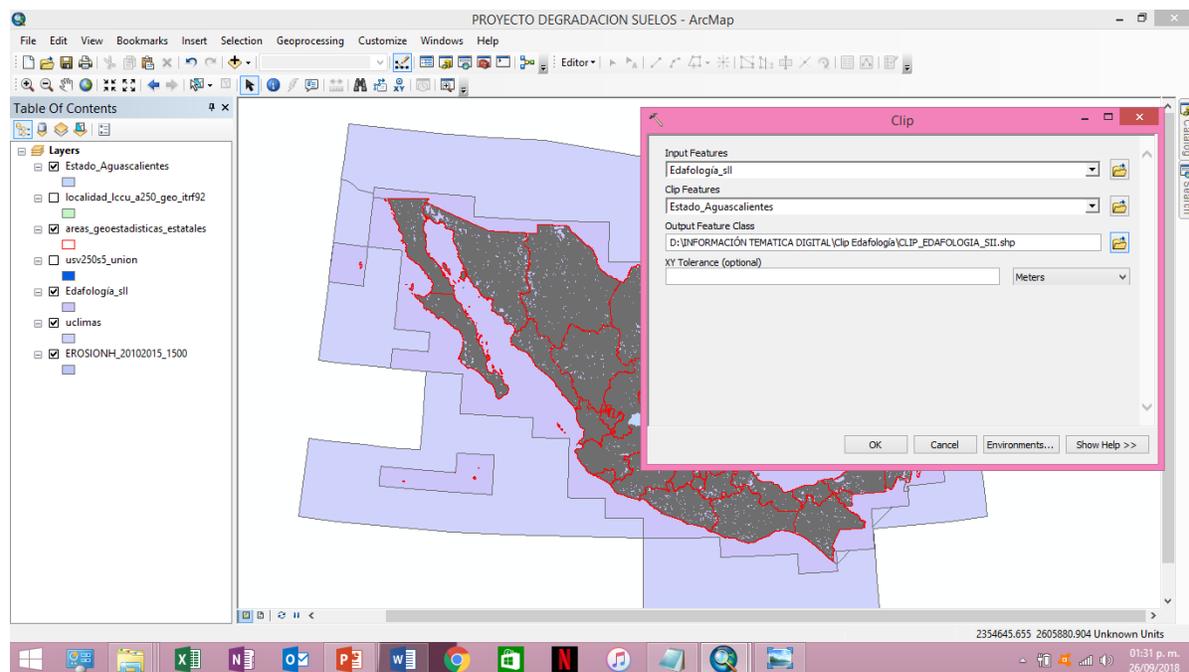
Para la extracción de cada temática se realizó mediante la herramienta Clip, la extracción de los atributos de entrada que superponen las funciones de esta herramienta.

Se utilizó para cortar una pieza de una clase de entidad (polígono) utilizando una o más de las características de otra clase de entidad como un cortador de galletas. Esto es particularmente útil para crear una nueva clase de entidad, también denominada área de estudio o área de interés (AOI), que contiene un subconjunto geográfico de las características de otra clase de entidad más grande. Con este

proceso se obtuvo el recorte del estado de Aguascalientes, de acuerdo al límite Estatal del Marco Geoestadístico (2016), con la información de cada una de las temáticas representadas en el continuo nacional, la cual permitió obtener de manera rápida los recortes de cada uno de los temas (Edafología, Climas, Uso del Suelo y Vegetación y Erosión) con los atributos correspondientes de cada entidad. (Figura 8).

Figura 8.

Proceso de clip para la extracción de información.



Fuente. Elaboración propia.

Ya que se realizó el proceso del clip, se obtiene el corte del límite del estado de Aguascalientes con la información de los grupos de suelos, obtenidos de la información vectorial edafológica escala 1:250 000 serie II y su respectiva tabla de atributos (Figura 9).



Figura 9.

Información y tabla de atributos de grupos de suelos.

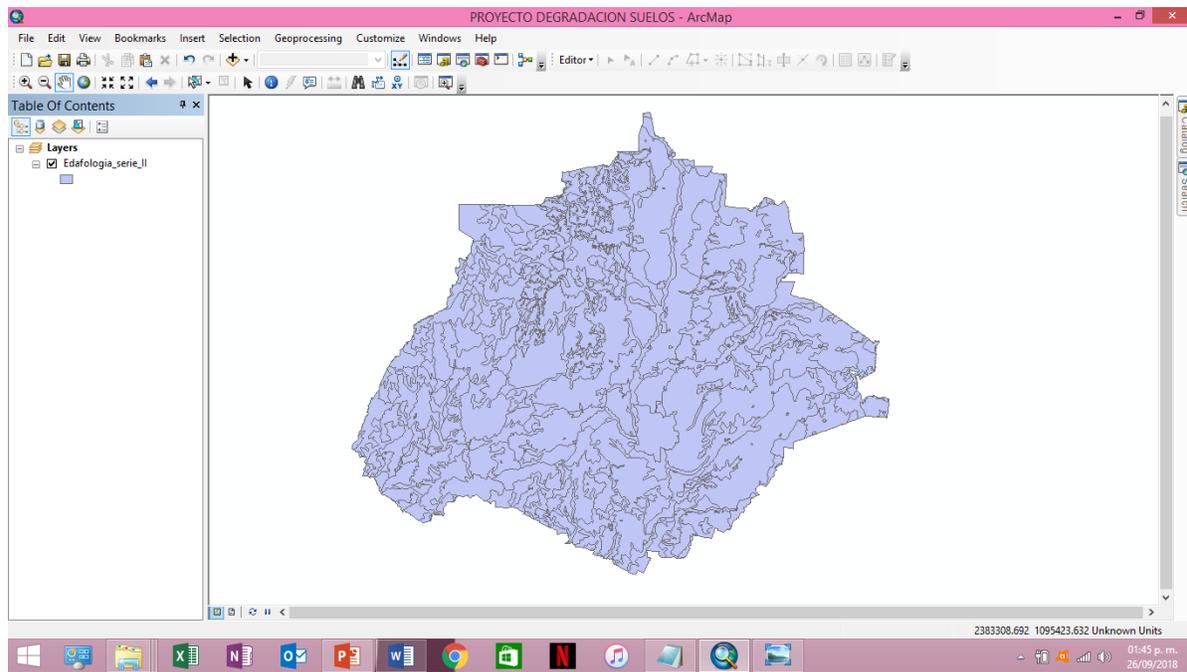


Tabla de atributos

SHAPE	CLAVE_WRB	GRUPO1	CALIFS_G1	CALIFP_G1	GRUPO2	CALIFS_G2	CALIFP_G2	GRUPO3	CALIFS_G3	CALIFP_G3	CLASE_TEX	FRUDICA	N_G1	N_CS_G1	N_CP_G1	N_G2	N_CS_G1
POLYGON	FLeu/2	FL	N	eu	N	N	N	N	N	N	2	N	FLUVISOL	N	Eutríco	N	N
POLYGON	PHabpdn/2	PH	ab	pdn	PH	N	N	N	N	N	2	N	PHAOZEM	Albico	Endopetrodrúrico	PHAOZEM	Albico
POLYGON	KSpcp/2	KS	N	pcp	KS	N	N	N	N	N	2	N	CASTAÑOZEM	N	Epipetrocálcico	CASTAÑOZEM	N
POLYGON	RGeu/2	RG	N	eu	RG	N	N	N	N	N	2	N	REGOSOL	N	Eutríco	REGOSOL	N
POLYGON	CUERPO DE AGUA	H2O	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9	N/A	CUERPO DE AGUA	N/A	N/A	N/A	N/A
POLYGON	LPeul+RGeulep/2	LP	eu	li	LP	eu	lep	N	N	N	2	N	LEPTOSOL	Eutríco	Lítico	LEPTOSOL	Eutríco
POLYGON	PHab+RGeu/2	PH	N	ab	PH	eu	N	N	N	N	2	N	PHAOZEM	N	Albico	PHAOZEM	N
POLYGON	LPeu+PHlep/2	LP	N	eu	LP	N	lep	N	N	N	2	N	LEPTOSOL	N	Eutríco	LEPTOSOL	N

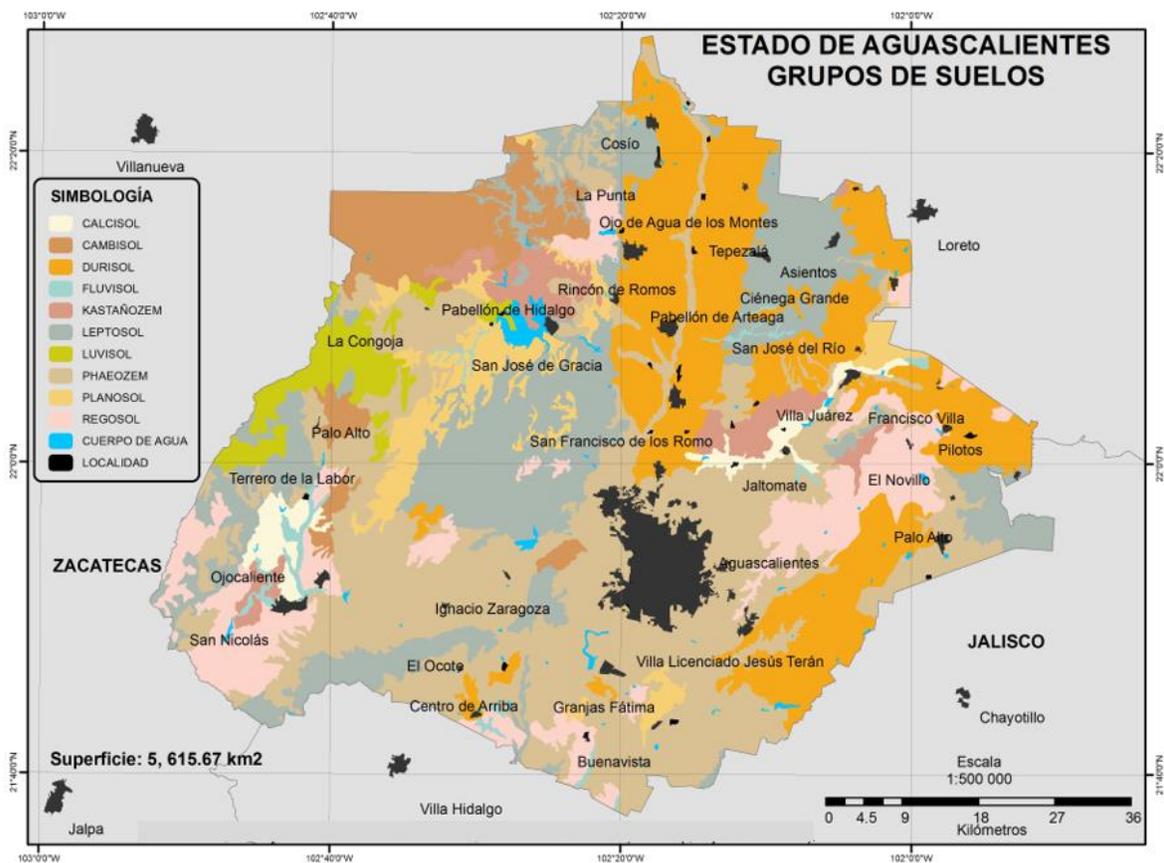
Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se obtuvo el mapa estatal con información edafológica escala 1:250 000 serie II (Figura 10). Mediante este mismo proceso se obtuvieron los mapa

tematicos restantes como son: Grados de Erosión del Suelo (Figura 11), Climas (Figura 12) y Uso del Suelo y Vegetación Serie V (Figura 13).

Figura 10.

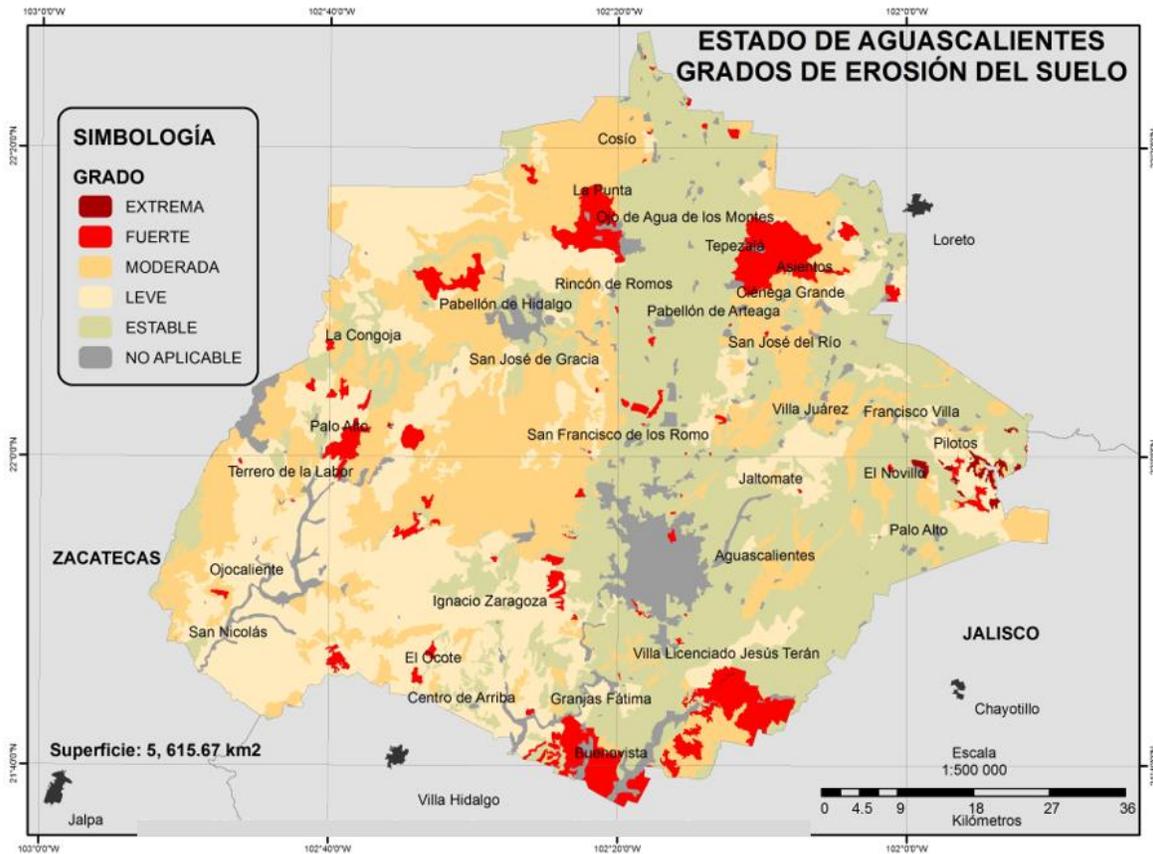
Mapa de Suelos del Estado de Aguascalientes.



Fuente: INEGI. Conjunto de Datos de Edafológico escala 1:250 000, serie II (Conjunto Nacional), 2010.

Figura 11.

Mapa de grados de Erosión de Suelos



Fuente: INEGI. Conjunto de Datos de Erosión del Suelo escala 1:250 000, serie I (Conjunto Nacional), 2015.

Figura 12.

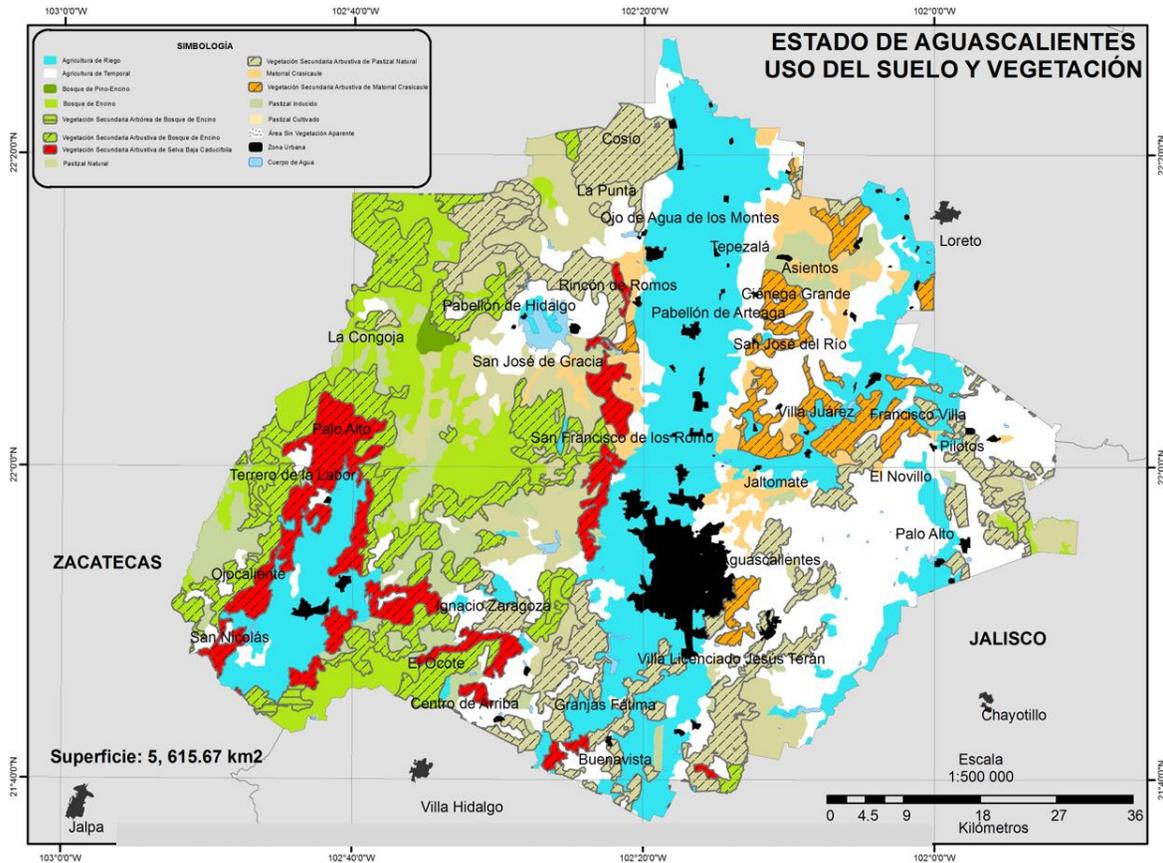
Mapa de climas



Fuente: INEGI. Conjunto Nacional de Climas escala 1:1 000 000, 2015.

Figura 13

Mapa de Uso del Suelo y Vegetación.



Fuente: INEGI. Conjunto Nacional de Información de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:125 000, serie V (Capa Unión), 2015.

4.1 Interpretación de Imágenes de Satélite LandSat TM8 2014.

Para realizar el análisis e interpretación de los datos, se utilizó como insumo base las imágenes de satélite LandSat TM 8 2014, el cual fue lanzado el 11 de febrero de 2013, es un satélite óptico de resolución media (30 metros), cuyo objetivo es proporcionar información para actividades relacionadas con la agricultura, los recursos naturales, como la vegetación, el suelo, etcétera. Es un satélite más completo respecto a su antecesor, LandSat 7, con funciones mejoradas para



monitorizar la calidad del agua y nubes atmosféricas altas (GEOCENTO, 2015). Para el cubrimiento estatal se utilizaron un total de 3 imágenes LandSat 8 en formato multiespectral, las cuales fueron de acuerdo a su ubicación geográfica:

PATH	ROW
28	45
29	44
29	45

(Chuvieco,2002, p.90), caracterizó la resolución de la imagen de la siguiente forma:

a).- Resolución espacial. Este término designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen. En un sistema fotográfico, suele medirse como la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la fotografía, se mide en milímetros sobre la foto o metros sobre el terreno.

b).- Resolución espectral. Indica el número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor.

c).- Resolución radiométrica. Es la sensibilidad del sensor, esto es, su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. En el caso de los sistemas fotográficos, la resolución radiométrica del sensor se indica por el número de niveles de grises distintos que aparecen en la fotografía. Para los equipos digitales, la imagen se codifica en un formato binario, por lo que la resolución radiométrica suele identificarse con el rango posible de valores que almacena el sensor, medido como el número de bits que necesita cada valor numérico para almacenarse. Por ejemplo, los primeros LandSat llevaban incorporado un sensor que ofrecía un rango de 128 niveles de codificaciones ($2^7=128$) por pixel, con 64 (bits) para la banda del infrarrojo cercano. Actualmente, la mayor parte de los sistemas ofrecen 256 niveles por pixel (8 bits).



d).- Resolución temporal. Este concepto alude a la frecuencia de cobertura que proporciona un sensor. E otras palabras, se refiere a la periodicidad con el que éste adquiere imágenes de la misma porción de la superficie terrestre. El ciclo de cobertura está en función de las características orbitales de la plataforma (altura, velocidad e inclinación), así como el diseño del sensor, principalmente el ángulo total de abertura (tamaño de la imagen).

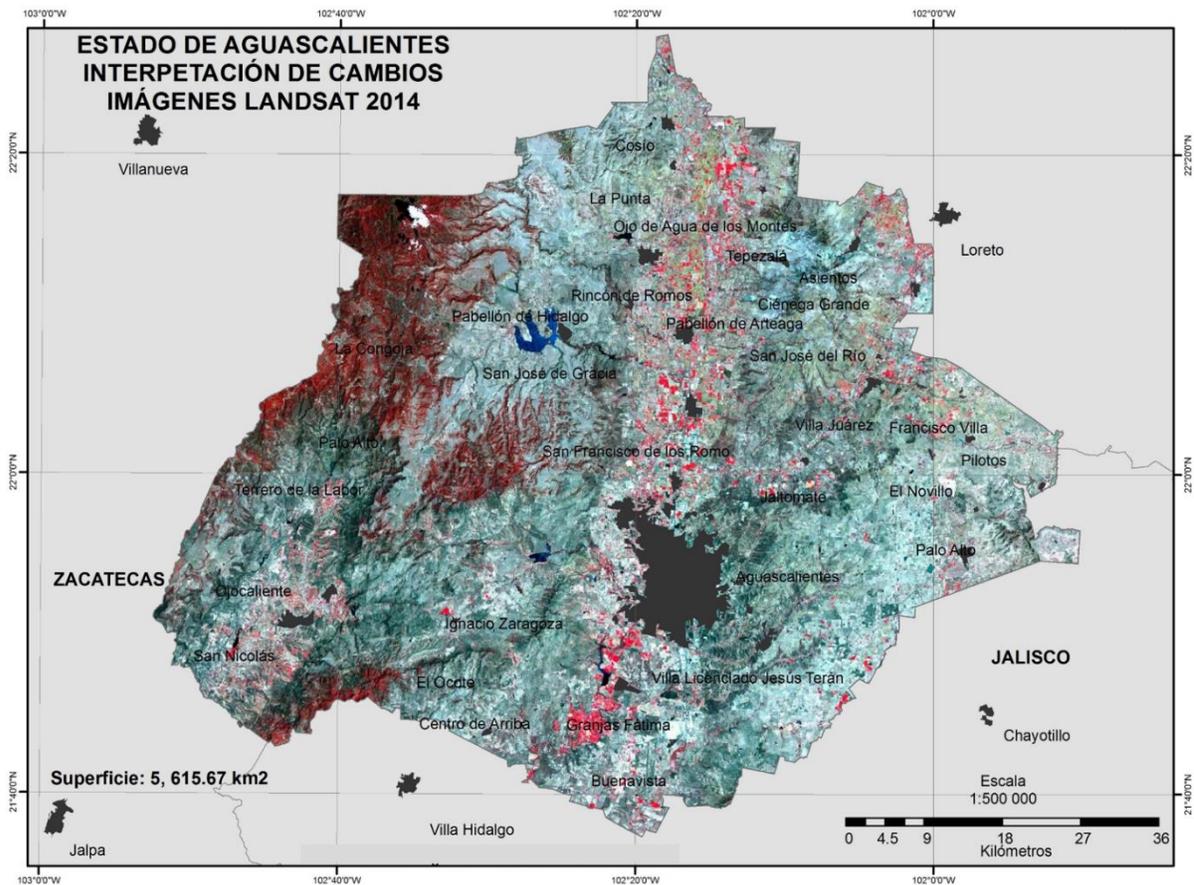
Las características se resolución del cubrimiento estatal de imágenes LandSat TM 8 2014, son:

Modo espectral.	Espacial (metros).	Espectral (micras).	Radiométrica.	Temporal.
Multiespectral	30	0.3 – 12.5	8 BITS	16 días

Para el análisis de la información se utilizaron las bandas 3 (verde), 4 (Rojo) y 5 (Infrarrojo cercano). La banda 5 (infrarrojo cercano) es útil para identificar los límites entre el suelo y el agua. Los cuerpos de agua con sedimentos en suspensión aparecen en tonos azul claro y los que poseen pocos sedimentos en suspensión en azul oscuro. Las áreas urbanas y el suelo expuesto aparecen en tonos azules. También la banda 5 es sensible a la clorofila, permitiendo que se observen variaciones de la vegetación, que aparecen en tonos rojos (INEGI, 2015), lo anterior para facilitar la interpretación de la vegetación y uso del suelo, los cambios de cobertura, la erosión del suelo y tipos de suelo existentes en el estado de Aguascalientes (Figura 14).

Figura 14.

Cubrimiento estatal de Imágenes LandSat TM 8, 2014



INEGI. Cubrimiento estatal con Imágenes de Satélite LandSat TM 8, 2014.

Para la detección de áreas con cambio en la vegetación, se sobrepuso al cubrimiento estatal de imágenes de satélite, la información vectorial de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000 serie V (con año de referencia 2011) y mediante los trabajos de interpretación se ubicaron las zonas con cambios, ya sea en el uso del suelo o en la cubierta vegetal.



Como resultado de este proceso se obtuvieron un total de 119 polígonos con cambio, los cuales cubren una superficie de 283, 900, 441.10 hectáreas, entre los principales cambios que se detectaron en la interpretación de la imagen LandSat 2014 son:

Bosque de Encino (BQ), a Pastizal Natural, Pastizal Inducido y a Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino (VSa/BQ) en una superficie de 18 803 512. 49 ha. En lo que respecta al Matorral Crasicaule (MC), el cambio fue a Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) y Pastizal Natural (PN) con una superficie de 5 444, 549.02 ha. Por otra parte, el Pastizal Inducido (PI), se observó que una fracción de este pastizal en realidad correspondía a los siguientes tipos de vegetación: Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino (VSa/BQ), Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural (VSa/PN), Bosque de Encino (BQ) y Áreas sin Vegetación Aparente (ADV) en una superficie total de 183, 589. 89 ha. La agricultura también se adecuó en sus límites, ya que gran parte de las tierras agrícolas en realidad estaban cubiertas por vegetación natural como Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino (VSa/BQ), Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural (VSa/PN), Bosque de Encino (BQ), Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC), Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule (VSa/MC), Pastizal Inducido (PI) y Asentamientos Humanos (AH) en una superficie de 30 478, 315. 80 hectáreas. En lo que corresponde a la Vegetación Secundaria de Bosque de Encino, este tipo de vegetación se actualizó a Pastizal Inducido (PI), Pastizal Natural (PN) y Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) con 53, 226,959.83 hectáreas. Parte de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule (VSa/MC), realmente corresponde a Pastizal Inducido (PI), Agricultura de Temporal (TA) y Asentamientos Humanos (AH) cubriendo una superficie de 11, 160,237.47 de hectáreas. La Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural, el cambio fue hacia Matorral Crasicaule (MC), Pastizal

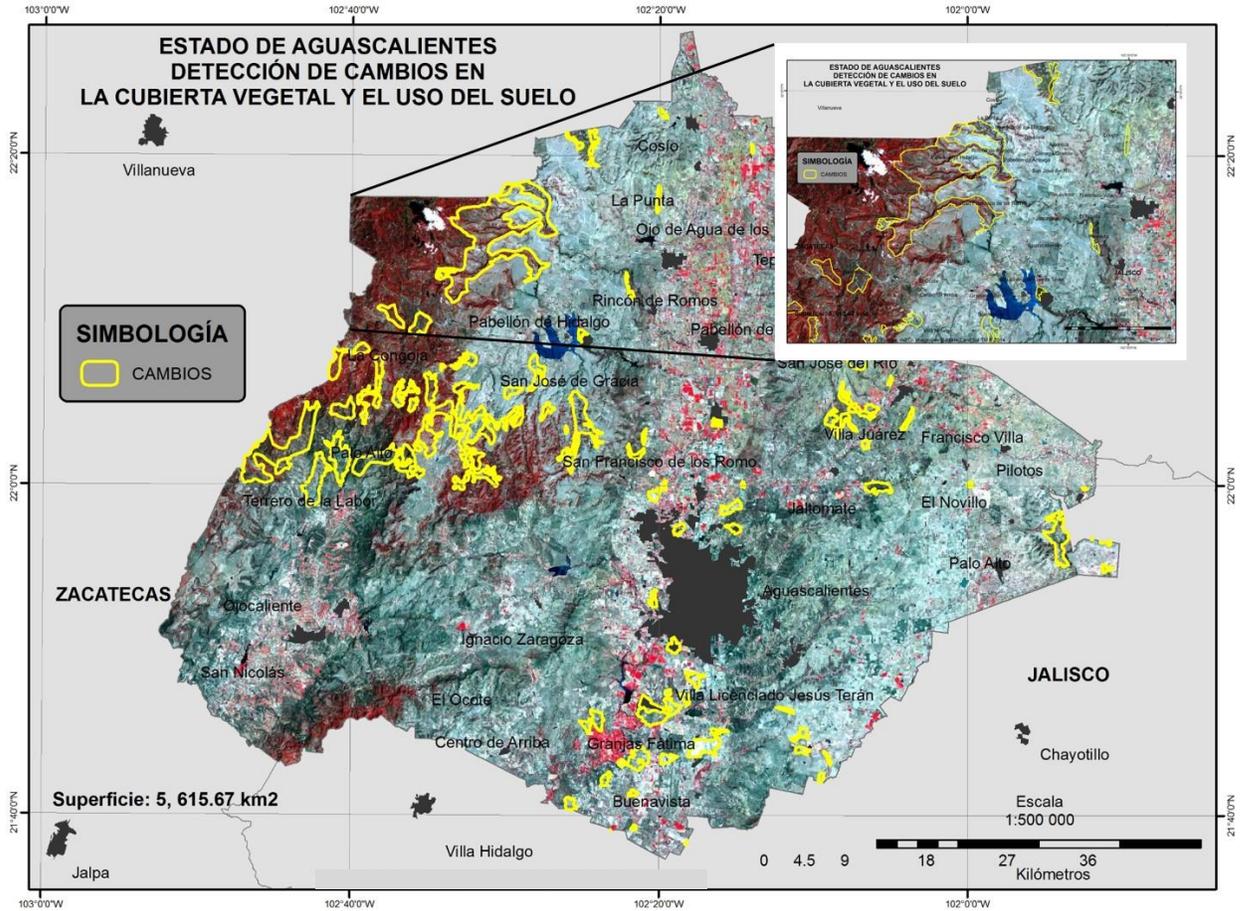


Inducido (PI), Pastizal Natural (PN), Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino (VSa/BQ) y Agricultura de Temporal (TA) en una superficie de 91,356,648.42 hectáreas y finalmente una parte de la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia, paso a los tipos de vegetación de Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino (VSa/BQ), Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural (VSa/PN) y Pastizal Inducido (PI), con una superficie de 10,094,646.57 hectáreas.

Con base a esta información se generó el mapa de cambios de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000 (Figura 15).

Figura 15.

Mapa de Cambios de Uso del Suelo y Vegetación.



Fuente: INEGI. Áreas con cambios en la vegetación y en el uso del suelo, 2017.

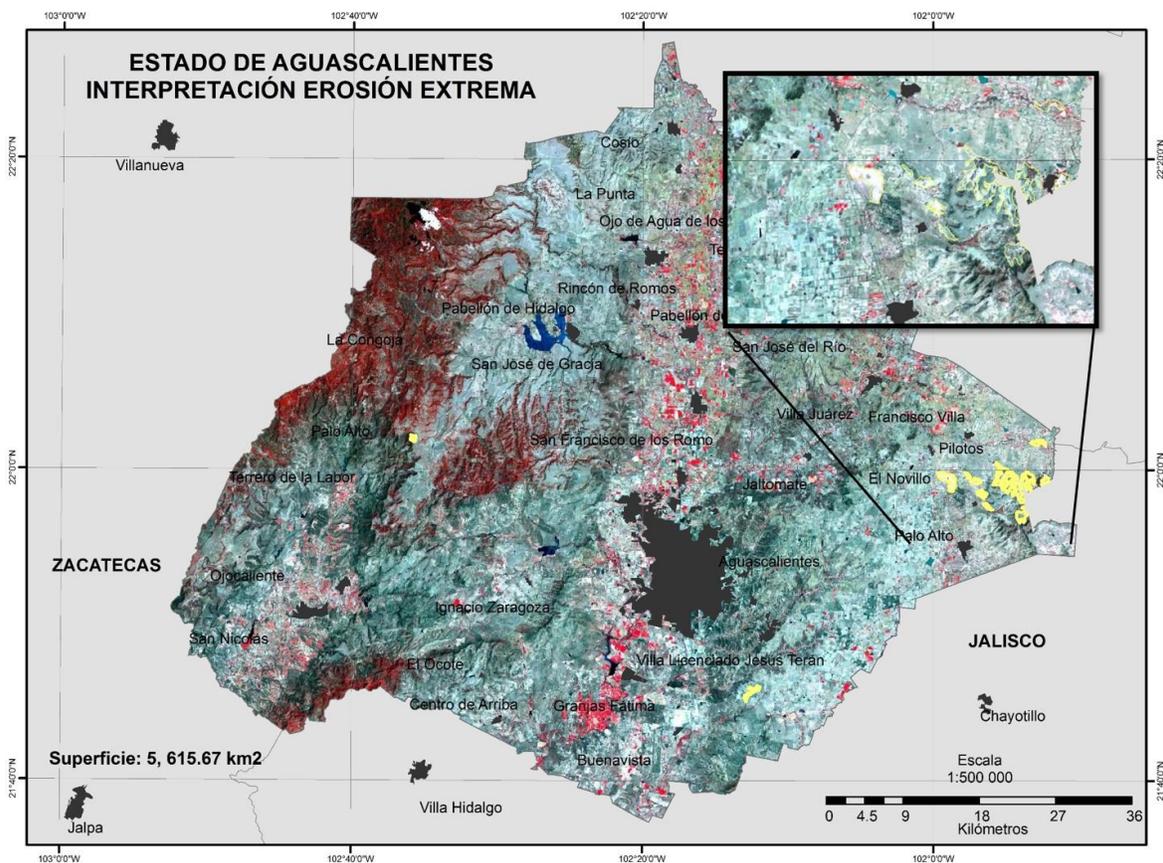
4. 2 Fotointerpretación de Grados de Erosión del Suelo.

Para la fotointerpretación de los diferentes grados de erosión en imágenes Landsat 2014, se utilizó como apoyo los archivos correspondientes a los temas de uso del suelo y vegetación, erosión, suelos y climas. Se inició con la información de erosión, en donde se interpretaron las diferentes áreas con los diferentes grados de erosión

del suelo, en donde se obtuvieron los polígonos con erosión extrema (Figura 16), erosión fuerte (Figura 17), erosión leve (Figura 18) y erosión moderada (Figura 19).

Figura 16.

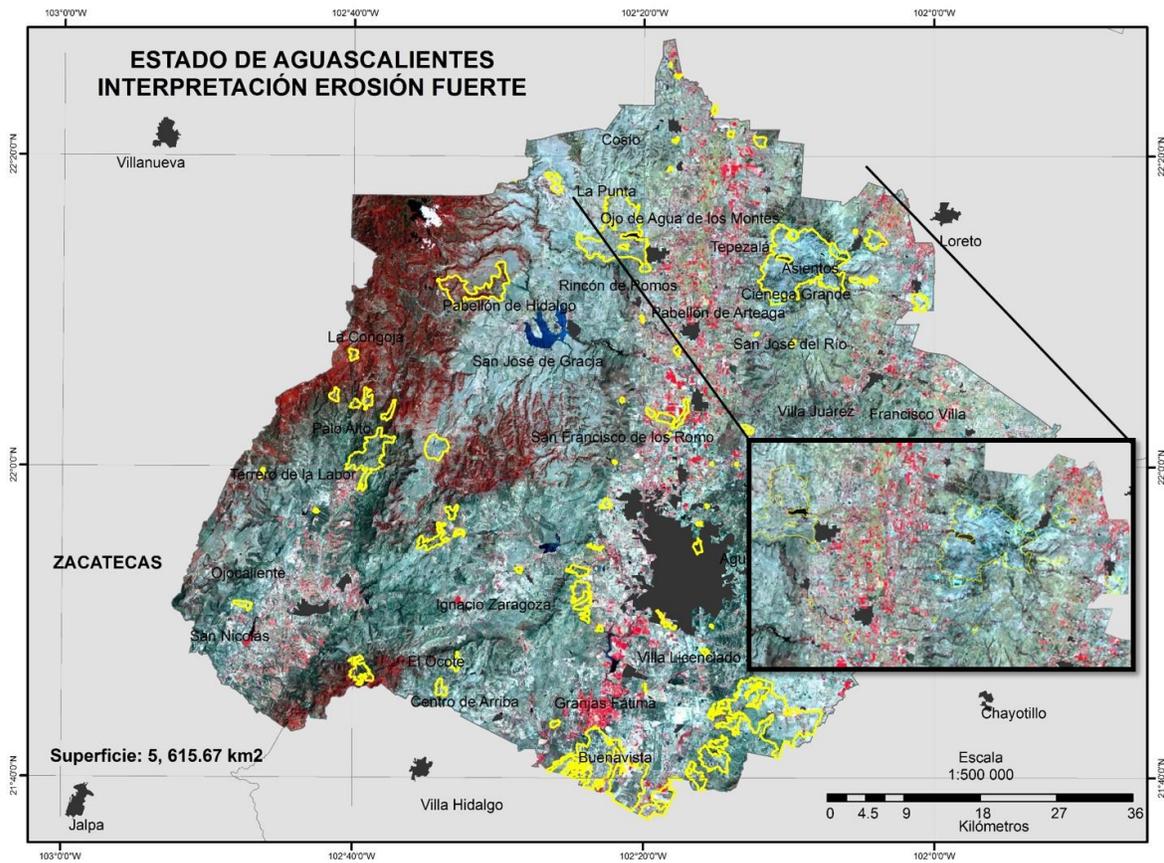
Mapa de Erosión Extrema.



Fuente: INEGI. Continuo Nacional de Erosión del Suelo escala 1:250 000, 2015.

Figura 17.

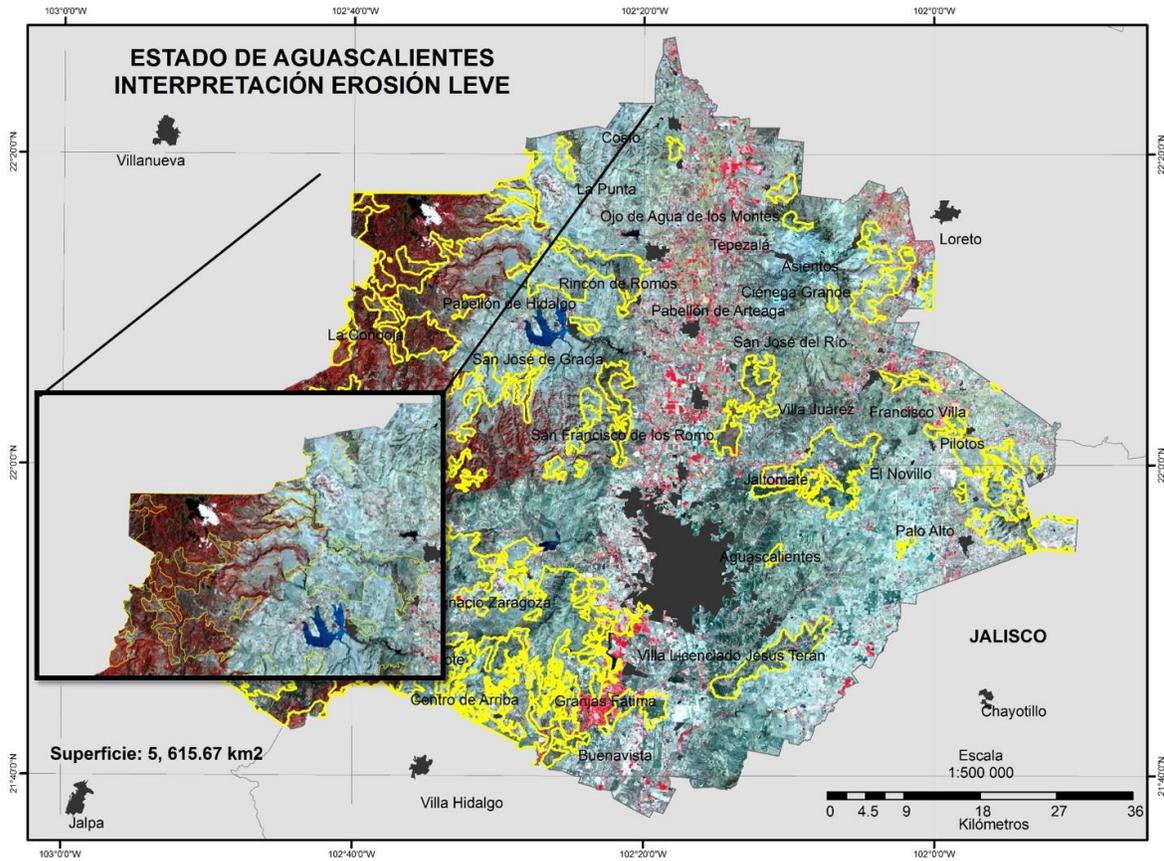
Mapa de Erosión Fuerte.



Fuente: INEGI. Continuo Nacional de Erosión del Suelo escala 1:250 000, 2015.

Figura 18.

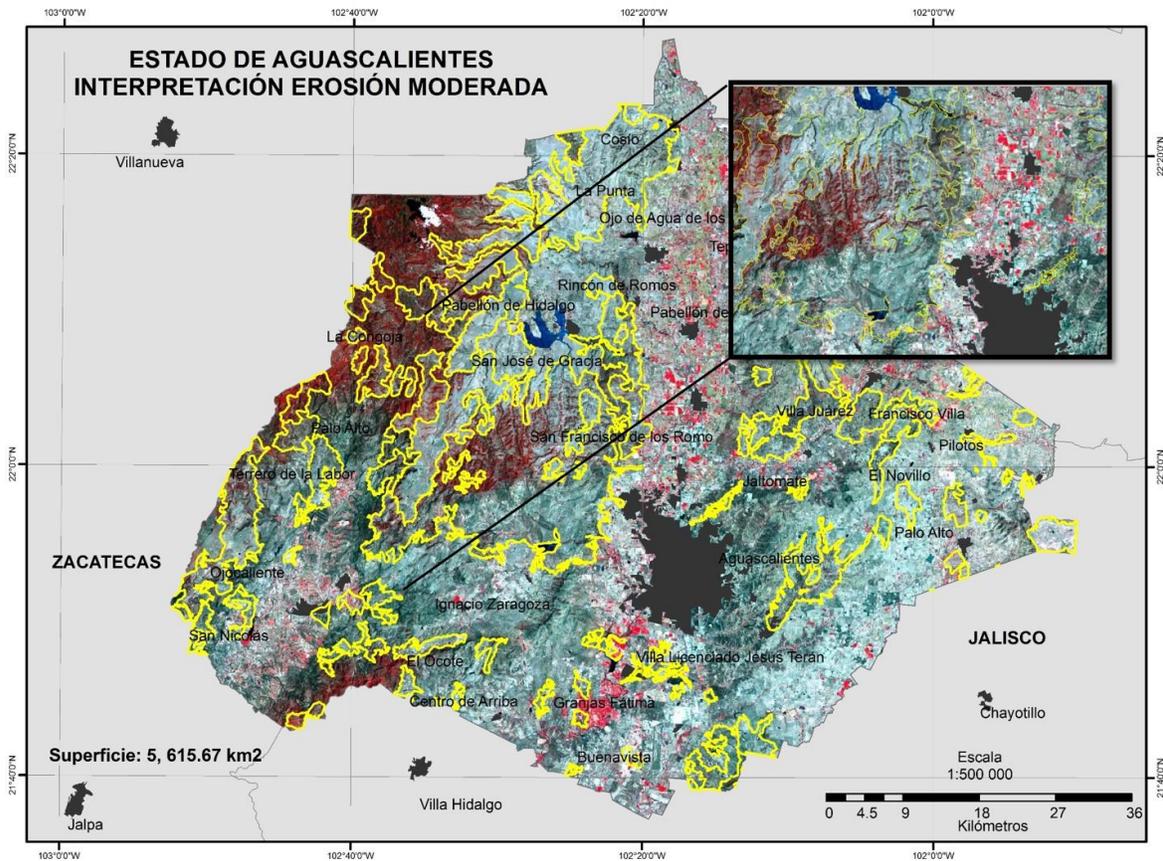
Mapa de Erosión Leve.



Fuente: INEGI. Continuo Nacional de Erosión del Suelo escala 1:250 000, 2015.

Figura 19.

Mapa de Erosión Moderada.



Fuente: INEGI. Continuo Nacional de Erosión del Suelo escala 1:250 000, 2015.

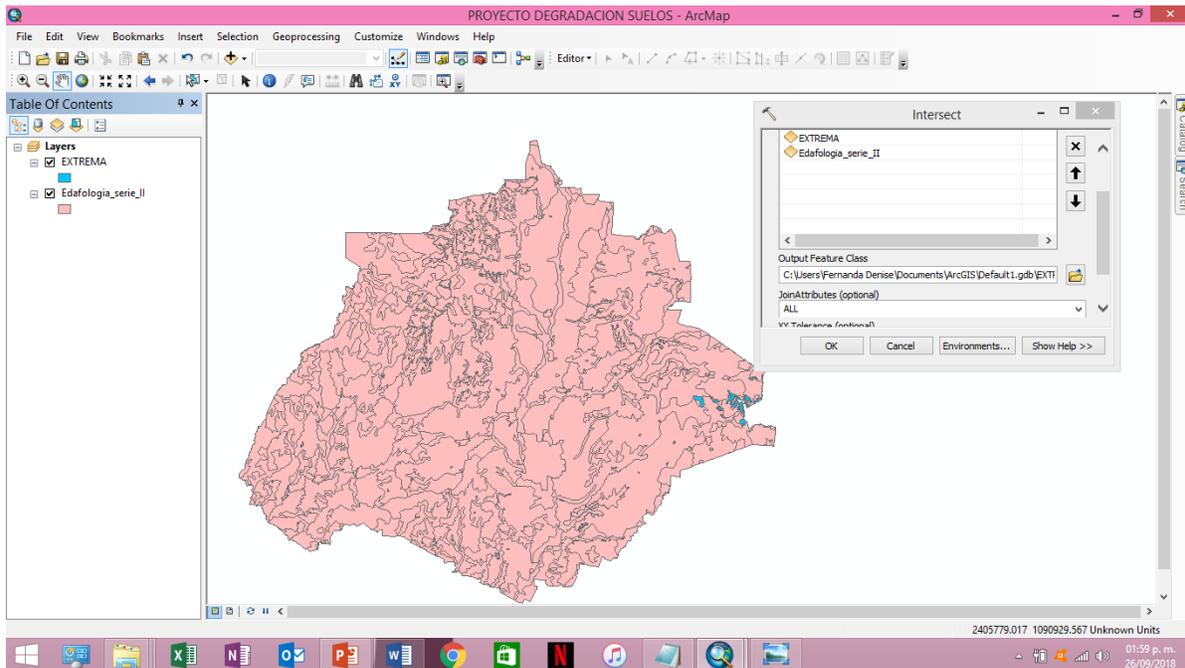
4.3. Delimitación de grupos de suelos por grados de erosión.

Para el análisis de las diferentes grupos de suelos con afectación por erosión, se desplegó en la vista del ArcGis, el archivo shape con la información de edafología serie II y cada capa con la información de los diferentes grados con erosión (leve, moderada, fuerte y extrema) y mediante la herramienta intersect, que se encuentra dentro de geoprocessing, se realizó la intersección de los datos, colocando

primeramente en el cuadro de dialogo el archivo que se va a intersectar (erosión extrema) posteriormente el archivo de donde se obtendrán los datos, para finalmente dar la ruta en donde se va a guardar el nuevo archivo (Figura 20).

Figura 20.

Proceso de intersección.



Fuente: Elaboración propia.

Y finalmente se abre la tabla de atributos en donde la información de los grupos de suelo se intersectaron con las áreas con erosión extrema (Figura 21).

Figura 21.

Tabla de atributos suelos y erosión extrema.

SUELO EROSIÓN EXTREMA					
GRADO	FORMA	TIPO	DESCRIPCIÓN	SUP_HA	GRUPO
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	58.793629	PH
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	31.526986	DU
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	45.99405	LP
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	48.632476	PH
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	27.567659	PH
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	18.2359712	LP
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	57.98543	PH
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	22.900371	DU
EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	33.679003	DU

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que se observó que el grupo de suelo que presenta una mayor superficie con erosión hidrica laminar en grado extremo es el Leptosol (LP), con una superficie de 800.15 hectareas, le sigue en superficie el Phaeozem (PH) con 170.56 hectáreas. En lo que respecta al tipo de erosión en carcavas, laminar, surcos y otros tipos en grado fuerte, el grupo de suelo que presenta la mayor afectacion es el Phaeozem, con una superficie de 11, 512.20 hectáreas de las 29, 750.51 hectáreas que respresentan el total del suelo erosionado en dicho grado.

Por otra parte, la forma de carcavas, laminar y surcos en el grado de erosión moderado, estan afectando a un total de 136,504.22 hectáreas, y el grupo de suelo con mayor afectación es el Leptosol (LP) con 59,565.78 hectáreas.

Finalmente, el grado de erosión leve, se presenta en forma de surcos en un total de 4,749.88 hectáreas, y el grupo de suelo con mayor afectación es el Regosol (RG) en un total de 2,045.34 hectáreas.



Se considera que la superficie sin erosión visible y que se clasifica como suelo estable, se presenta en los grupos de suelos Durisol (DU), Fluvisol (FL), Kastañozem (KS), Leptosol (LP), Luvisol (LV), Phaeozem (PH) y Regosol (RG), en una superficie de 33,618.30 hectáreas (Anexo 3).

En lo que respecta a la información de Uso del Suelo y Vegetación y los grandes grupos de Suelos, se realizó el cruce por de tipo de vegetación, en donde se observó que la Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Encino (VS/BQ), se desarrolla en diferentes tipos de suelos existentes en el estado, como lo son: Leptosol en una superficie de 18,512.06 hectáreas, Phaeozem con 1,7040.38 hectáreas, Cambisol en 8,606.18 hectáreas, en menor superficie se presenta este tipo de vegetación en suelos Calcisol, Durisol, Planosol, Regosol, Kastañozem y Luvisol los cuales suman una superficie de 15,248.28 hectáreas.

Por su parte el otro tipo de vegetación con mayor distribución es el Bosque de Encino (BQ), el cual se desarrolla principalmente en suelos Leptosoles en una superficie de 16,576.43 hectáreas, mientras que el Phaeozem en 7198.51 hectáreas, Cambisol en 5,313.83 hectáreas y el Planosol con 2,506.56 hectáreas. Los otros grupos de suelos en donde se desarrolla esta vegetación en menor superficie son: Fluvisol, Regosol y Kastañozem con una superficie total de 246.41 hectáreas.

El grupo de suelos en donde se desarrolla la Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia (VSa/SBC) es el Phaeozem con una superficie 10,791.46 hectáreas, le sigue en superficie el Leptosol con 9,323.42, el Regosol con 3,827.58 hectáreas, por su parte el Calcisol se presenta en 2,331.97 hectáreas y el Cambisol con 2,185.37 hectáreas (Anexo 4).

Del total de la superficie con uso agrícola en el estado de Aguascalientes (245,094.53 hectáreas), se tiene que un 3.51% cuenta con una pérdida de partículas



superficiales del suelo en grado fuerte, el 8.9% en grado moderado y el 15.26% corresponde al grado leve.

Con base al análisis de la información de grupos de suelos, uso del suelo y vegetación, erosión del suelo y climas, se realizó la intersección de la información, observándose que las zonas con mayor problema de degradación de suelos se presentan en las áreas en donde la vegetación natural fue removida para uso forestal (obtención de leña), cambio en uso del suelo a agricultura) o uso pecuario. Ocasionando también una pérdida de suelo en formas de cárcavas, surcos y laminar.



CAPÍTULO 5. RESULTADO Y CONCLUSIONES.

Con base a los trabajos de recopilación de Información Digital de Recursos Naturales, específicamente de Suelos, Uso del Suelo y Vegetación, Erosión del Suelo, Climas y además con el apoyo de los trabajos de fotointerpretación de Imágenes de Satélite LandSat TM 8 del año 2014, se realizó conforme a la metodología establecida para el proyecto y el uso del software ArcGis 10.5 como plataforma principal para la realización del análisis e interpretación de los datos contenidos en la información temática de recursos naturales, los cuales permitieron llegar a los siguientes resultados:

- a). La localización y distribución de las áreas con problemas de degradación de suelos a causa de la remoción de la vegetación natural.
- b). – La ubicación de los suelos agrícolas con mayor pérdida de partículas del suelo que degradan la fertilidad de los suelos agrícolas.
- c). – Obtención de tablas por tipos de vegetación y tipos de suelo con problemas de degradación.
- d). – Generación de mapas y tabulados temáticos con la distribución geográfica de las áreas con problemas de degradación de suelos en el Estado de Aguascalientes (Figura 22).

Como conclusión se puede mencionar que en el Estado de Aguascalientes el 57.61% de los suelos presentes en el territorio, presentan algún grado de degradación en el suelo (Figura 23), y corresponde a la erosión laminar, uno de los principales factores de la degradación.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es una herramienta fundamental para la generación y análisis de información temática, además de que la metodología y la información digital utilizada para el proyecto de investigación permiten obtener datos confiables sobre los recursos naturales del Estado de



Aguascalientes e incluso del territorio nacional. Las capas de información que integraron al Sistema de Información Geográfica (erosión del suelo, uso del suelo y vegetación, suelos y climas) utilizado para el proyecto, permitieron llegar de manera satisfactoria a cumplir con los objetivos considerados para el presente trabajo. Sin embargo, como parte de las limitaciones que se presentaron, fue la escasa información disponible, ya que ninguna institución de gobierno o iniciativa privada, contaban con información digital de los temas considerados para el proyecto, por otra parte, es importante mencionar que para futuros trabajos similares al presente, es necesario que la información utilizada esté representada cartográficamente a una escala a mayor detalle, como escalas 1:50 000 o 1:20 000 y con esto obtener un mapa de Degradación de Suelos a escala grande que permita representar y visualizar los datos sin generalizar tanto la información.

Finalmente, es importante hacer mención, que los suelos representan el comienzo de las cadenas agroalimentarias cuyos efectos son de una forma definitiva en la sustentabilidad ecológica y la seguridad alimentaria. Si bien el suelo es un recurso natural que se agota, no hay que perder el valor y la importancia crucial que representa para la sociedad y el adecuado funcionamiento de los diferentes tipos de ecosistemas con los que se cuenta en el Estado de Aguascalientes, el suelo es el medio para el buen crecimiento y desarrollo de las plantas, es un importante regulador de suministro de agua, sirve como un sistema de reciclaje natural y del adecuado almacenamiento de carbono, es el hábitat de los organismos vivos (incluido el ser humano) y además es parte fundamental en el crecimiento y desarrollo de asentamientos humanos. Con base a lo anteriormente expuesto, considero que los suelos sanos son el sostén del sistema alimentario, y son la base importante en el desarrollo agrícola y el medio en el que crecen la mayor parte de las plantas destinadas a la producción de alimentos. De los suelos sanos obtenemos cultivos sanos los cuales permiten alimentar a la población y al ganado con productos del campo ricos en nutrientes y de buena calidad. Se puede decir,

que la calidad de los suelos está directamente relacionada con la calidad y cantidad de los alimentos y con ello obtener de manera satisfactoria la seguridad alimentaria.

Figura 22

Mapa de Degradación de Suelos en el Estado de Aguascalientes.

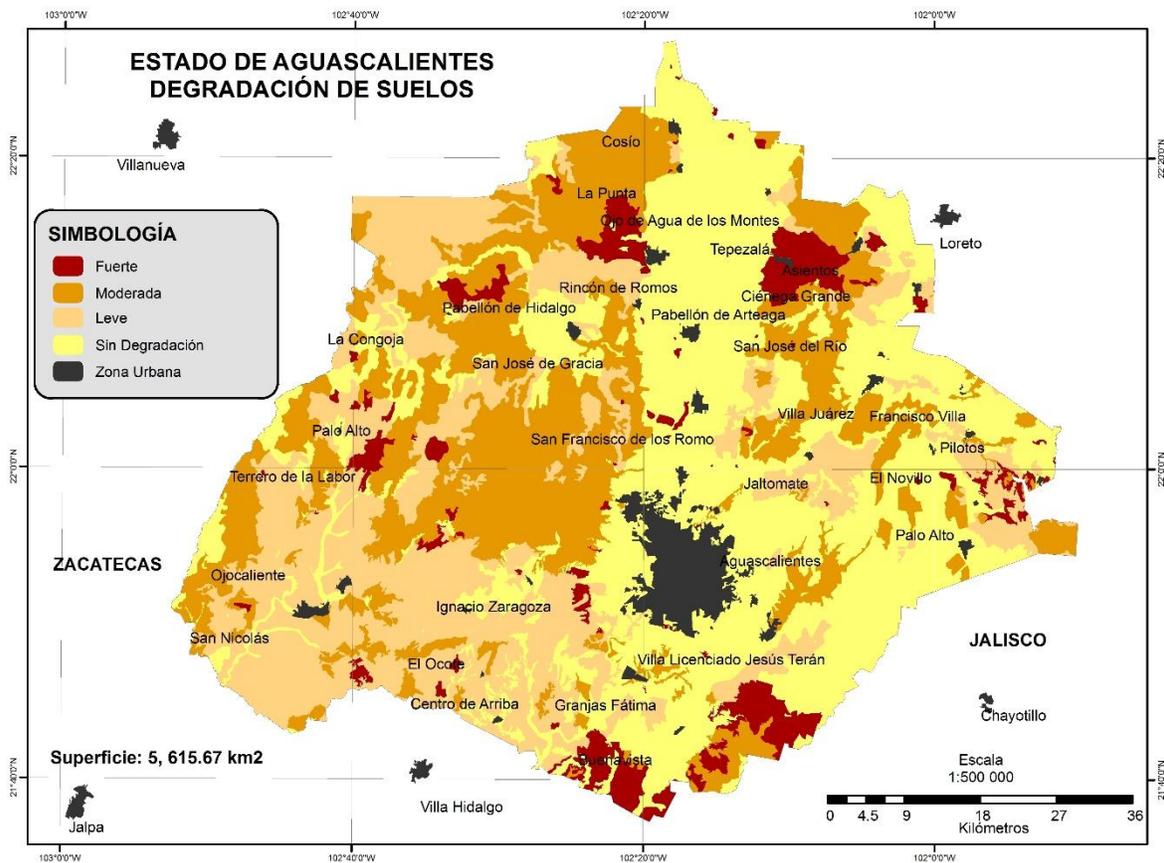




Figura 23

Tabla de porcentaje de degradación se suelos en el Estado de Aguascalientes.

DEGRADACIÓN DE SUELOS		
GRADO	SUPERFICIE (HA)	PORCENTAJE
FUERTE	31,124.08	5.54
MODERADA	145,454.44	25.90
LEVE	146,925.97	26.16
SIN DEGRADACIÓN	238,062.51	42.39
TOTAL	561,567.00	100.00



ANEXOS

Anexo 1.

Tabla de atributos de erosión de suelos en México.

EROSIONH_20102015_1500P											
SHAPE	Cla_ero_d	Erosion	T_ere_d	F_ero_d	G_ero_d	Fecha	Cuenca	X_coord	Y_coord	Zona	Altitud
POINT	SE	Sin erosión evidente	SE	N/A	0	28/03/2008	YUCATÁN	311675	2331027	16	61
POINT	SE	Sin erosión evidente	SE	N/A	0	24/06/2008	YUCATÁN	276252.59	2331355.4	16	10
POINT	SE	Sin erosión evidente	SE	N/A	0	31/03/2008	YUCATÁN	257930	2331771	16	50
POINT	HL1	Hídrica laminar leve	H	L	1	26/02/2008	YUCATÁN	219058	2332035	16	20
POINT	HL1	Hídrica laminar leve	H	L	1	28/03/2008	YUCATÁN	333407	2338210	16	67
POINT	SE	Sin erosión evidente	SE	N/A	0	26/02/2008	YUCATÁN	212765	2339917	16	15
POINT	SE	Sin erosión evidente	SE	N/A	0	28/03/2008	YUCATÁN	311966	2339977	16	26
POINT	HL1	Hídrica laminar leve	H	L	1	26/02/2008	YUCATÁN	242267	2345063	16	3
POINT	HL1	Hídrica laminar leve	H	L	1	29/02/2008	YUCATÁN	367370	2346681	16	3
POINT	SE	Sin erosión evidente	SE	N/A	0	31/03/2008	YUCATÁN	274877	2347353	16	20
POINT	A	Antrópica	A	N/A	0	24/06/2008	YUCATÁN	227500.62	2300000	16	0

Fuente. INEGI. Conjunto Nacional de Erosión del Suelo escala 1:250 000.

Anexo 2.

Ventajas y desventajas del uso de un Sistema de Información Geográfica.

Ventajas	Desventajas
1.- Capacidad de almacenamiento. Múltiples niveles de datos.	1. Alto costos de adquisición y mantenimiento del sistema.
2. Los datos se almacenan y se presentan en forma separada. La presentación es múltiple.	2. Costos y problemas técnicos en la captura de datos (conversión analógica-digital) y en la transferencia (incompatibilidades).
3. Capacidad de manejo. Edición y actualización.	3. Costos de mantenimiento de datos. Administración, actualización y edición.



4. Rapidez en la operación.	4. Necesidad de formación de cuadros especializados. Operación en el ámbito digital.
5. Capacidad de establecer una relación coherente. Utilizar simultáneamente datos espaciales y sus atributos.	5. Falsa sensación de exactitud.
6. Capacidad de análisis. Implementación de modelos de aplicación.	

Fuente: INEGI. Taller de Sistemas de Información Geográfica, 2014.



Anexo 3.

Tipos de erosión por grupo de suelo

UNIDAD	GRADO	FORMA	TIPO	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE SUELO	GRUPO DE SUELO	SUPERFICIE (HA)
UNIDAD DE EROSION	EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	DU	DURISOL	53.35
UNIDAD DE EROSION	EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	LP	LEPTOSOL	800.15
UNIDAD DE EROSION	EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	PH	PHAEOZEM	170.56
UNIDAD DE EROSION	EXTREMO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR EXTREMA	PL	PLANOSOL	30.15
TOTAL DE SUPERFICIE							1,000.85
UNIDAD	GRADO	FORMA	TIPO	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE SUELO	GRUPO DE SUELO	SUPERFICIE (HA)
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS FUERTE	PL	PLANOSOL	576.51
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS FUERTE	RG	REGOSOL	382.67
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS FUERTE	PH	PHAEOZEM	239.20
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS FUERTE	CM	CAMBISOL	157.08
TOTAL DE SUPERFICIE							1,355.46
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	PH	PHAEOZEM	11512.20
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	LP	LEPTOSOL	6785.14
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	RG	REGOSOL	3707.09
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	DU	DURISOL	1635.11
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	CM	CAMBISOL	1267.39
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	PL	PLANOSOL	676.72
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	LV	LUVISOL	377.54
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	KS	KASTAÑOZEM	128.26
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	CL	CALCISOL	10.46
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR FUERTE	FL	FLUVISOL	2.29
TOTAL DE SUPERFICIE							26,102.20
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	OTRA	ANTROPOGENICA	EROSION ANTROPOGENICA	CL	CALCISOL	820.49
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	OTRA	ANTROPOGENICA	EROSION ANTROPOGENICA	LP	LEPTOSOL	413.73
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	OTRA	ANTROPOGENICA	EROSION ANTROPOGENICA	PH	PHAEOZEM	205.19
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	OTRA	ANTROPOGENICA	EROSION ANTROPOGENICA	RG	REGOSOL	61.66
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	OTRA	ANTROPOGENICA	EROSION ANTROPOGENICA	FL	FLUVISOL	25.50
TOTAL DE SUPERFICIE							1,526.57
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS FUERTE	PH	PHAEOZEM	408.58
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS FUERTE	LP	LEPTOSOL	224.87
UNIDAD DE EROSION	FUERTE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS FUERTE	CM	CAMBISOL	132.84
TOTAL DE SUPERFICIE							766.29

Fuente: Elaboración propia.



Continuación Anexo 3.

UNIDAD	GRADO	FORMA	TIPO	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE SUELO	GRUPO DE SUELO	SUPERFICIE (HA)
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS MODERADA	DU	DURISOL	93.97
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS MODERADA	FL	FLUVISOL	62.96
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS MODERADA	LP	LEPTOSOL	1416.80
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS MODERADA	PH	PHAEOZEM	1244.93
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS MODERADA	PL	PLANOSOL	2.65
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	CARCAVAS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN CARCAVAS MODERADA	RG	REGOSOL	0.06
TOTAL DE SUPERFICIE							2,821.37
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	CL	CALCISOL	799.18
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	CM	CAMBISOL	9932.19
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	DU	DURISOL	6295.66
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	FL	FLUVISOL	612.68
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	KS	KASTAÑOZEM	7660.98
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	LP	LEPTOSOL	57859.63
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	LV	LUVISOL	6930.29
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	PH	PHAEOZEM	34625.10
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	LAMINAR	HIDRICA	EROSION HIDRICA LAMINAR MODERADA	PL	PLANOSOL	7883.75
TOTAL DE SUPERFICIE							132,599.45
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS MODERADA	LP	LEPTOSOL	289.35
UNIDAD DE EROSION	MODERADO	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS MODERADA	PH	PHAEOZEM	794.04
TOTAL DE SUPERFICIE							1,083.39
UNIDAD	GRADO	FORMA	TIPO	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE SUELO	GRUPO DE SUELO	SUPERFICIE (HA)
UNIDAD DE EROSION	LEVE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS LEVE	CL	CALCISOL	588.42
UNIDAD DE EROSION	LEVE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS LEVE	CM	CAMBISOL	1034.40
UNIDAD DE EROSION	LEVE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS LEVE	DU	DURISOL	27.53
UNIDAD DE EROSION	LEVE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS LEVE	FL	FLUVISOL	337.06
UNIDAD DE EROSION	LEVE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS LEVE	LP	LEPTOSOL	194.05
UNIDAD DE EROSION	LEVE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS LEVE	PH	PHAEOZEM	523.08
UNIDAD DE EROSION	LEVE	SURCOS	HIDRICA	EROSION HIDRICA EN SURCOS LEVE	RG	REGOSOL	2045.34
TOTAL DE SUPERFICIE							4,749.88
UNIDAD	GRADO	FORMA	TIPO	DESCRIPCIÓN	CLAVE DE SUELO	GRUPO DE SUELO	SUPERFICIE (HA)
UNIDAD DE EROSION	ESTABLE	NO VISIBLE	SUELO ESTABLE	SUELO ESTABLE POR ALUVIAL PROFUNDO	DU	DURISOL	700.97
UNIDAD DE EROSION	ESTABLE	NO VISIBLE	SUELO ESTABLE	SUELO ESTABLE POR ALUVIAL PROFUNDO	FL	FLUVISOL	1562.48
UNIDAD DE EROSION	ESTABLE	NO VISIBLE	SUELO ESTABLE	SUELO ESTABLE POR ALUVIAL PROFUNDO	KS	KASTAÑOZEM	233.33
UNIDAD DE EROSION	ESTABLE	NO VISIBLE	SUELO ESTABLE	SUELO ESTABLE POR ALUVIAL PROFUNDO	LP	LEPTOSOL	6632.22
UNIDAD DE EROSION	ESTABLE	NO VISIBLE	SUELO ESTABLE	SUELO ESTABLE POR ALUVIAL PROFUNDO	LV	LUVISOL	7375.79
UNIDAD DE EROSION	ESTABLE	NO VISIBLE	SUELO ESTABLE	SUELO ESTABLE POR ALUVIAL PROFUNDO	PH	PHAEOZEM	13995.16
UNIDAD DE EROSION	ESTABLE	NO VISIBLE	SUELO ESTABLE	SUELO ESTABLE POR ALUVIAL PROFUNDO	RG	REGOSOL	3118.35
TOTAL DE SUPERFICIE							33,618.30

Fuente: Elaboración propia.



Anexo 4

Tipos de vegetación por grupo de suelos

TIPO DE VEGETACIÓN POR GRUPO DE SUELO EN AGUASCALIENTES (Hectáreas)												
	LEPTOSOL	CALCISOL	DURISOL	FLUVISOL	CUERPO DE AGUA	PHAEOZEM	PLANOSOL	REGOSOL	ZONA URBANA	CAMBISOL	KASTAÑOZEM	LUVISOL
Áreas sin Vegetación aparente	61.291898	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asentamiento humano	69.410112	14.4	657.42	35.41	0.0053	3228.51	1.2	55.15	56.58	0	0	0
Bosque de Pino-Encino	0	0	0	0	0	1217.28	17.03	0	0	0	0	4.8
Cuerpo de agua	18.31	20.2	78.25	0.27	4273.84	137.19	0.37	44.34	18.44	0.093	0.39	0.06
Bosque de Encino	16576.43	0	0	16.78	0	7198.51	2506.56	209.35	0	5313.83	20.28	0
Matorral Crasicaule	10059.31	202.79	1868.98	0	0.048	4330.17	460.01	444.75	0.027	0	1480.88	6257.56
Pastizal Cultivado	0	0	0	0	0	97.99	0	0	0	0	0	0
Pastizal Inducido	6586.41	0	933.77	45.25	0.052	10243.02	3059.46	4355.52	0.058	291.85	0	2647.56
Pastizal Natural	15825.76	0	941.02	320.76	0.19	10177.35	7174.66	1183.54	0.003	7248.88	1368.23	756.44
Agricultura de Riego Anual	276.98	426.21	1587.53	805.86	0.18	5335.53	983.66	1745.14	0.042	3.08	448.59	350.43
Agricultura de Riego Anual y Semipermanente	1172.24	3156.79	48582.03	395.09	3.13	34316.26	2521.28	2078.28	1.12	276.93	1299.52	0
Agricultura de Riego Permanente	103.44	1997.22	764.71	1835.68	0.047	2369.45	0	8662.22	0.056	1101.69	1529.09	0
Agricultura de Riego Semipermanente y Permanente	0	0	225.38	0	0	19.96	0	0	0	0	0	0
Agricultura de Temporal Anual	6046.45	352.24	45175.97	856.66	0.66	35877.22	4713.44	17556.14	3.07	761.22	4001.61	740.25
Agricultura de Temporal Anual y Permanente	279.07	0	220.73	0	0.026	266.11	0	1299.84	0	154.99	0	0
Agricultura de Temporal Permanente	351.97	0	1467.06	0	N/A	316.92	5.35	272.65	0	0	0	0
Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Encino	18512.06	215.86	240.62	0	0.076	17040.38	1238.9	1218.09	0	8606.18	83.67	3644.96
Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino	358	0	0	0	0	587.8	N/A	44.19	0	0	0	0
Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crasicaule	5931.7	479.79	1116.44	314.05	0.23	5214.64	22.08	1922.79	0.023	0	3141.43	N/A
Vegetación Secundaria Arbustiva de Pastizal Natural	11632.58	34.54	2499.93	236.52	0.59	28205.23	1021.64	4993.6	0.12	5158.38	3479.98	375.33
Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia	9323.42	2331.97	115.02	58.92	4.68	10791.46	554.91	3827.58	0	2185.37	213.73	358.91
Zona urbana	0.12	47.24	76.98	108.37	0	2984.77	0.006	219.74	9779.73	0	2.38	0.022

Fuente: Elaboración propia.



Bibliografía

- Acosta, A. (7 de Mayo de 2015). *La Erosión de los suelos amenaza la seguridad alimentaria mundial*.
- Agrosur. (1 de Diciembre de 2011). *Efectos de la Erosión en las Propiedades del Suelo*. Obtenido de http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022011000100001&script=sci_arttext
- Aguascalientes, G. d. (1 de Febrero de 2010). *Degradación de Suelos*. Obtenido de http://www.aguascalientes.gob.mx/SMA/Indicadores/degradacion_suelos.aspx
- Almorox, J. (2010). *La Degradación de los Suelos por Erosión Hídrica*. Murcia: Ediciones de la Universidad de Murcia.
- Almorox, J., López, F., & Rafaelli, S. (2011). *La degradación de los suelos por erosión hídrica*. Obtenido de [https://books.google.com.mx/books?id=bSpiNY_nwOIC&pg=PA4&lpq=PA4&dq=Almorox-L%C3%B3pez-Rafaelli+\(2010\)&source=bl&ots=179DVzvHoE&sig=EFAtFCy_wJ3T17raaGeM9SY2bEU&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwju-L-864TUAhVoj1QKHfLMCKcQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Almorox-L%C3%B3pez-Rafaell](https://books.google.com.mx/books?id=bSpiNY_nwOIC&pg=PA4&lpq=PA4&dq=Almorox-L%C3%B3pez-Rafaelli+(2010)&source=bl&ots=179DVzvHoE&sig=EFAtFCy_wJ3T17raaGeM9SY2bEU&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwju-L-864TUAhVoj1QKHfLMCKcQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Almorox-L%C3%B3pez-Rafaell)
- Ambiente, A. E. (2016). *Degradación del suelos*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page011.html>
- Arnáez, J. (2014). *Los Estudios Sobre la Erosión del Suelo: Aportaciones del Profesor José María García-Ruiz*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4854053.pdf>
- Buckam, H., & Brady, N. (1985). *The Nature and Propierties of Soils*. New York: UTEHA.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledetección Ambiental. La Observación de la Tierra desde el Espacio*. Obtenido de <http://www.tysmagazine.com/libro-gratuito-teledeteccion-ambiental-la-observacion-la-tierra-desde-espacio/>
- CIESAS. (2010). *Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de <https://langerublen.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>
- Commission, S. S. (2010). *Los Factores que Causan los Procesos de Erosión y Sedimentación, y sus Impactos en el Medio Ambiente*. Obtenido de https://gaswcc.georgia.gov/sites/gaswcc.georgia.gov/files/EySC_Process_1A_102805.pdf
- CONABIO-UAA. (2008). *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado*. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/ESTUDIO%20DE%20BIODIVERSIDAD%20EN%20AGUASCALIENTES.pdf>
- FAO. (1 de Junio de 2006). *Informe de Políticas*. Obtenido de ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02_es.pdf
- FAO. (2008). *La Seguridad Alimentaria es un Derecho Fundamental. Programa Especial de Seguridad Alimentaria*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- FAO. (2014). *Portal de Suelos de la FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/es/>
- FAO. (2015). *Sustainable Development Goals*. Obtenido de <http://www.fao.org/post-2015-mdg/14-themes/food-security-and-the-right-to-food/es/>



- FAO. (2016). *Erosión y Pérdida de la Fertilidad del Suelo*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm>
- FIV. (marzo de 2017). *Soberanía Alimentaria: los retos de hoy y su panorama*. Obtenido de <https://ingeniumvitae.blogspot.mx/2016/11/soberania-alimentaria-los-retos-de-hoy.html>
- Garcés, G. (2015). *La Problematización. Puntode Partida para la Investigación Científica Cualitativa*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/tsantropologia/la-problematizacin-en-un-diseo-de-investigacin-social>
- González, F. (2003). *Las comunidades vegetales de México*. México: INE.
- Guerra, F. (1980). *Fotogeología*. México: UNAM.
- INECC. (2004). *GEO México*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/448/9.pdf>
- INEGI. (2004). *Guía de proyecciones*. Aguascalientes: INEGI.
- INEGI. (2012). *Anuario Estadístico de Aguascalientes 2012*. Obtenido de http://buscador.inegi.org.mx/search?tx=Anuario+estad%C3%ADstico+de+Aguascalientes+2012&q=Anuario+estad%C3%ADstico+de+Aguascalientes+2012&site=sitioINEGI_collection&client=INEGI_Default&proxystylesheet=INEGI_Default&getfields=*&entsp=a__inegi_politica&lr=l
- INEGI. (2012). *Guía para la interpretación de cartografía de uso del suelo y vegetación escala 1:250 000*. Obtenido de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/publicaciones/guias-carto/sueloyveg/1_250_IV/1_250_IV.pdf
- INEGI. (2014). *Sistema de Información Geográfica*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>
- INEGI. (2015). *Guía para la interpretación de cartografía edafología, escala 1:250 000, serie III*. Obtenido de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825076221>
- INSP. (Enero de 2013). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados por Entidad Federativa*. Obtenido de <http://ensanut.insp.mx/informes/Aguascalientes-OCT.pdf>
- José, R. (1 de Abril de 2014). *Problematización Conceptos Básicos y Generalidades*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/ruizcalleja/problematizacin-conceptos-bsicos-y-generalidades>
- López, R. (2002). *Degradación del Suelo. Causas, Procesos, Evaluación e Investigación*. Obtenido de <http://www.serbi.ula.ve/serbiula/libros-electronicos/Libros/degradacion/pfd/librocompleto.pdf>
- Lugo, J. (1989). *Diccionario Geomorfológico*. México: UNAM.
- Martínez, I. (1998). *Muestreo de Áreas: Diseño de Muestras y Estimación en Pequeñas Áreas*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Miner, J. (15 de Abril de 1995). *El Suelo en la Agricultura y el Medio Ambiente. La Degradación del Suelo*. Obtenido de www.fraisoro.net/FraisoroAtariaDoku/39_59_63.pdf
- Mundial, B. (Junio de 2014). *Seguridad Alimentaria*. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/topic/foodsecurity/overview#1>
- Mundial, B. (2018). *Seguridad Alimentaria: Panorama General*. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/topic/foodsecurity/overview#1>



- Ontiveros, R. (19 de Noviembre de 2012). *Guía para la Evaluación y Reducción de la Degradación de los Suelos en América Latina*. Obtenido de http://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/ronald_ontiveros_0.pdf
- Ortíz, A. (1980). *Edafología*. Estado de México: UACH.
- Piscitelli, M. (15 de Julio de 2015). *Degradación de Suelos*. Obtenido de <https://www.unicen.edu.ar/content/degradaci%C3%B3n-de-suelos>
- Porta, J. (2003). *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Pública, I. N. (2012). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados por Entidad Federativa*. Obtenido de <http://ensanut.insp.mx/informes/Aguascalientes-OCT.pdf>
- Pública., I. N. (10 de Enero de 2013). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012*. Obtenido de <http://ensanut.insp.mx/informes/Aguascalientes>
- Ruíz, J. (Abril de 2014). Obtenido de <http://es.slideshare.net/ruizcalleja/problematizacin-conceptos-bsicos-y-generalidades>
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- SAGARPA. (2013). *Suelo. Protejamos el suelo que nos da vida*. Obtenido de <http://www.redinnovagro.in/documentosinnov/suelos.pdf>
- SAGARPA. (Marzo de 2015). *El Suelo y la Producción Agropecuaria*. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/El%20suelo%20y%20la%20produccion%20agropecuaria.pdf>
- Santos, M. (2001). *Planteamiento de problema y problematización en la enseñanza*. Obtenido de http://www.iiz-dvv.de/index.php?article_id=453&clang=3
- Santos, M. (2015). *Planteamiento del Problema y Problematización en la Enseñanza*. Obtenido de http://www.iiz-dvv.de/index.php?article_id=453&clang=3
- Urquía, N. (31 de Marzo de 2014). *La Seguridad Alimentaria en México*. Obtenido de http://www.iiz-dvv.de/index.php?article_id=453&clang=3
- Zerega, L. (25 de Septiembre de 2017). *Que es la Degradación de Suelos*. Obtenido de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/que-degradacion-suelo-t41290.htm>