



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

**“VISUALIZADOR WEB DE LAS ZONAS SUSCEPTIBLES A INCENDIOS
FORESTALES EN EL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE
TOLUCA”**

TRABAJO TERMINAL DE GRADO DE:

**ESPECIALISTA EN CARTOGRAFÍA AUTOMATIZADA, TELEDETECCIÓN Y
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.**

22^a. PROMOCION

PRESENTA:

LIC. GEOG. NOÉ ALMEIDA GARCÍA

ASESOR DEL PROYECTO:

M. EN C.A. LEONARDO ALFONSO RAMOS CORONA



TOLUCA, MÉXICO, JULIO 2018

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
OBGETIVO GENERAL.....	3
OBGETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	3
CAPITULO I. FUNDAMENTOS TEORICOS – CONCEPTUALES	
1.1 Teoría General de Sistema.....	6
1.2 Susceptibilidad.....	7
1.3 Incendios Forestales.....	8
1.3.1 Tipos de Incendio Forestal.....	9
1.3.2 Incendios Forestales de Acuerdo a su Origen.....	10
1.3.2 Factores Relacionados con el Inicio y Propagación del Fuego.....	10
1.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG) como Herramienta para la Identificación de Zonas Susceptibles a Incendios Forestales.....	14
1.5 Definición de un SIG.....	14
1.5.1 Funciones de un SIG.....	15
1.6 Sistemas de Información Geográfica en Ambiente Web.....	16
1.6.1 Servicios Web.....	17
CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN FÍSICO – GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA NEVADO DE TOLUCA	
2.1 Áreas Naturales Protegidas.....	19
2.2 Localización.....	20

2.3 Geología.....	22
2.4 Geomorfología.....	25
2.5 Edafología.....	28
2.6 Clima.....	31
2.7 Uso de suelo y vegetación.....	34

CAPITULO III. METODOLOGIA

3.1 Metodología de la Investigación.....	40
3.1.1 Procesamiento de la Investigación.....	40
3.1.2 Factores Físicos.....	41
3.1.3 Factores Metereológicos.....	41
3.1.4 Factores Antrópicos.....	42
3.1.5 Factor Vegetación.....	42
3.2 Método Multicriterio.....	43
3.2.1 Ponderación de las variables en base a la suma lineal ponderada.....	43
3.2.2 Aplicación de la Evaluación Multicriterio (EMC).....	47
3.3 Diseño e Implementación del Visualizador WEB.....	50
3.3.1 Arquitectura Geotecnológica.....	51
3.3.2 Determinación de las Variables.....	52
3.3.3 Bases de Datos de los Registros de incendios Forestales.....	54
3.3.4 Instalación y configuración de los Requerimientos Tecnológicos.....	54
3.3.5 Implementación.....	55
3.3.6 Diseño Gráfico del Interfaz.....	61

3.3.7 Pruebas del Visualizador.....	62
3.3.8 Diseño de la Ficha de Consulta de Información de la Capa Susceptibilidad a Incendios Forestales.....	63

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.0. Resultados.....	66
----------------------	----

CONCLUSIONES	72
---------------------------	----

BIBLIOGRAFIA	76
---------------------------	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Factores relacionados con la propagación del fuego.....	12
Cuadro 2. Metodología de la investigación “Susceptibilidad por Incendios Forestales en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca.....	39
Cuadro 3. Ponderación carga de combustible forestal.....	44
Cuadro 4. Ponderación uso de suelo y vegetación.....	44
Cuadro 5. Ponderación exposición de ladera.....	44
Cuadro 6. Ponderación pendiente.....	45
Cuadro 7. Ponderación altitud.....	45
Cuadro 8. Ponderación temperatura.....	45
Cuadro 9. Ponderación precipitación.....	46
Cuadro 10. Ponderación vías de comunicación.....	46
Cuadro 11. Orden de importancia de los factores.....	47
Cuadro 12. Variables Ingresadas en el Visualizador.....	53
Cuadro13. Pruebas.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa topográfico del APFF Nevado de Toluca.....	21
Figura 2. Mapa geológica del APFF Nevado de Toluca.....	24
Figura 3. Mapa geomorfológico del APFF Nevado de Toluca.....	27
Figura 4. Mapa edafológico del APFF Nevado de Toluca.....	30
Figura 5. Mapa climatológico del APFF Nevado de Toluca.....	33
Figura 6. Mapa de uso de suelo y vegetación del APFF Nevado de Toluca.....	36
Figura 7. Mapa de zonas susceptibles a incendios forestales en el APFF Nevado de Toluca.....	49

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Gestión de Datos.....	16
Imagen 2. Diagrama Metodológico de la Arquitectura Geotecnológica.....	50

Introducción

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) hace referencia que los recursos forestales es hoy uno de los problemas centrales del país y asunto de seguridad nacional, se vincula con políticas y prácticas que han representado una fuerte presión sobre los recursos forestales que, en algunos casos, han, llevado a su sobreexplotación. Es pertinente señalar que no existe un estudio actualizado y confiable que determine la tasa anual de deforestación en México lo que ha provocado que se manejen diversos datos que van desde las 200 mil hectáreas hasta cifras del orden de 1.5 millones de ha (CONAFOR, 2008).

En México los factores que provocan mayor degradación en los bosques son, en orden de importancia, los incendios, las plagas y enfermedades forestales, los cambios de uso de suelo y la tala clandestina (CONAFOR, 2008).

La zona de estudio corresponde al Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFF Nevado de Toluca), ubicada al sureste del valle de Toluca, entre los paralelos 18° 59' y 19° 13' latitud norte y los meridianos 99° 37' y 99° 58' longitud oeste. Tiene como límite altitudinal la cota 3,000 msnm de acuerdo a los decretos del 25 de enero de 1936 y el 19 de febrero de 1936 que estable la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son una importante herramienta para el análisis y representación espacial. Ya que permiten la manipulación de datos en grandes cantidades y derivados de diversas fuentes de información. Los SIG están diseñados para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar información geográfica y sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos (Clemente,2017).

Tradicionalmente para lograr un manejo adecuado de dichos datos se han utilizado mapas, logrando una concentración de datos y una modelación del territorio. Los mapas apoyan a tomar decisiones y aportan conocimiento sobre el territorio (Cruz,2011).

Derivado de lo anterior este trabajo se realizará con el objetivo central de implementar, diseñar y probar un visualizador que contenga la cartografía temática de las zonas susceptibles a incendios forestales en Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca, así como sus principales variables físico-geográficas, meteorológicas y antrópicas que se utilizaran para el desarrollo de esta temática planteada, por otro lado esta plataforma pretende servir como una herramienta virtual que pueda ayudar a la toma de decisiones por parte del personal encargado de mitigar este fenómeno, ya que conociendo las áreas que cumplan con las

características para desarrollar un incendio forestal es posible prevenir, monitorear y mantener el control de las actividades que se realicen en esas zonas.

Planteamiento del problema

Los árboles forestales en México como en el mundo están expuestos a daños y enfermedades producidas por las influencias ambientales adversas, así como por diversos agentes bióticos y antropogénico destructivos. Estos pueden ser afectados en todas las etapas de su ciclo vital, desde la semilla hasta árbol maduro, incluso después, como producto (madera). Estos agentes tienen diferentes efectos en el bosque y producen pérdidas tanto en calidad como en rendimiento.

Los causantes más importantes de destrucción forestal son:

- 1) Incendios
- 2) Desmontes
- 3) Plagas y enfermedades
- 4) Daño antropogénico

En lo que respecta al APFF Nevado de Toluca, una de las principales amenazas que existen año con año y que la afectación en ocasión es gran pérdida de los ecosistemas existentes dentro de la misma, son los incendios forestales.

Ante esto es indispensable el desarrollo de una plataforma web mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permita realizar una adecuada visualización espacial de las zonas susceptibles a incendios forestales con el objetivo de poder obtener información que ayude a la toma de decisiones, apoyándose en la base cartográfica que lo soporta.

Por otra parte, la existencia de un visualizador en la zona de estudio realizado por Velázquez et al., 2013 es satisfactorio ya que la idea de la implementación de las nuevas tecnologías en conjunto con los SIG ase que cualquier temática de estudio sea mejor representada visualmente e interactivamente, sin embargo el trabajo que se encuentra disponible solo se limita a la localización espacial de los registros de incendios forestales en un periodo determinado, de esta manera surge la idea de implementar un visualizador web en donde se presenten las zonas susceptibles a incendios forestales en el APFF Nevado de Toluca, ya que conocer las áreas en las que se puede iniciar un incendio forestal es de suma importancia para llevar un control de esas zonas por parte de las autoridades encargadas de mitigar dicho fenómeno.

Objetivo general

Diseñar y desarrollar un visualizador espacial que presente la información de las zonas susceptibles a incendios forestales dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFF Nevado de Toluca).

Objetivos específicos

- Identificar la distribución espacial de las áreas susceptibles a incendios forestales en el APFF Nevado de Toluca.
- Implementar en la plataforma web la cartografía para la descarga de las variables físico-geográficas, meteorológicas y antrópicas utilizadas para la identificación de las zonas susceptibles a incendios forestales.
- Desarrollar una plataforma en Web de visualización que facilite la consulta de las zonas susceptibles a incendios.
- Probar la funcionalidad del visualizador.

Justificación

El avance de la tecnología y el acceso a los datos es fundamental para el desarrollo de herramientas que permitan el control y la obtención de datos de una manera fácil, así mismo que integren la visualización y distribución espacial de la temática estudiada en entornos de Sistemas de Información Geográfica.

En este contexto las geotecnologías relacionadas con el manejo de datos espaciales georreferenciados, han tenido un importante desarrollo y aceptación entre diferentes instituciones (académicas, administrativas, gobierno entre otros) ya que permiten un fácil y rápido manejo de grandes cantidades de información que facilitan la toma de decisiones.

Conociendo lo anterior la presente investigación se realiza debido a que la vegetación que se pierde en el APFF Nevado de Toluca a causa de los incendios forestales año con año son en ocasiones grandes extensiones que van de las 14 a las 400 ha dañadas, de esta manera es como nace la importancia de generar estudios sobre este siniestro.

Bajo este contexto, nace la idea de implementar y desarrollar un visualizador web que muestre la información detallada de las zonas susceptibles a incendios forestales, así como la información

más relevante en cuanto a las variables (físico-geográficas, meteorológicas y antrópicas) que se utilizaran para el desarrollo de esta temática planteada, por otro lado el visualizador pretende servir como una herramienta de análisis y consulta de la información, ya que identificando las áreas susceptibles a incendios forestales es posible llegar a prevenir el siniestro estudiado.

El desarrollo de la plataforma web permitirá el acceso libre a cualquier usuario conectado a internet, así como la manipulación de las capas temáticas cargadas, y la visualización de la susceptibilidad en 4 tipos de grado (bajo, moderado, alto y muy alto) en el área de estudio, por otra parte, la plataforma permitirá la descarga de las capas existentes en el visualizador con la finalidad de tener la cartografía que se ocupará para este proyecto.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICO-CONCEPTUALES

1.1 Teoría General de Sistema

La Teoría de Sistemas provee un respaldo teórico, acorde con el enfoque geográfico y por lo tanto se considera que es la herramienta adecuada para analizar la problemática compleja y multivariable de los riesgos dada la cantidad de los componentes, así mismo el enfoque de sistemas permite simplificar el análisis, al considerar que los componentes se estructuran como un sistema (Rojas, 1988).

La Teoría General de Sistemas fue propuesta por Carl Troll 1949; quien establece que el mundo y sus componentes se encontraban integrados en un todo. Sus conceptos parten de la caracterización del espacio geográfico, compuesto por diferentes sistemas que se encuentran relacionados entre sí, los cuales a su vez se encuentran constituidos por subsistemas subordinados, ya que existe el permanente flujo de materia, energía e información (Bertalanffy,1987).

La Teoría General de Sistemas es capaz en principio de dar definiciones exactas de semejantes conceptos y, en casos apropiados, de someterlos a análisis cuantitativos, es así como surge toda una serie de conceptos, tratando de definir lo que es un sistema desde diversas perspectivas (Vences, 2007).

Bertalanffy (1987) menciona que un sistema “es un complejo de elementos interactuantes que se relacionan entre sí, de acuerdo con tres grandes grupos de variables como los son el número de elementos constituyentes, las especies involucradas y las relaciones entre los elementos”.

Mateo (1984) define al sistema como “un conjunto de elementos que integran un espacio determinado y que se encuentran relacionados entre sí en diferentes niveles de integración; donde se reconoce el comportamiento de los flujos generados dentro de un subsistema, la direccionalidad, influencia y jerarquía den cual a su vez se encuentra relacionado con otros subsistemas”

Dicha teoría se constituye como fundamento metodológico y de aplicación de diferentes estudios que abordan la problemática ambiental; sus conceptos parten de la caracterización del espacio geográfico compuesto por diferentes sistemas, que se encuentran relacionados entre sí, los cuales a su vez se encuentran constituidos por subsistemas subordinados entre sí (Vences, 2007).

1.2 Susceptibilidad

Está definida como la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso determinado. La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación de los principales factores que contribuyen a la incidencia de este fenómeno (Villa *et al.*, 2012).

Soldano (2009) menciona que la susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico, basado en un análisis heurístico e histórico, esto es una visión retrospectiva de los eventos sucedidos en una región, de ciertas características geomorfológicas, hidrológicas edafológicas, etc., se realiza una zonificación de aquellas zonas afectadas y se clasifica su mayor o menor predisposición ante dicho evento.

Por su parte Ramírez (1999) hace mención que la susceptibilidad a los incendios forestales es un variable producto de la síntesis de la interrelación de todos los parámetros considerados, tanto del medio físico- natural como de lo social, entre estos los factores clima, relieve, vegetación, usos de la tierra etc.

Así mismo describe que las áreas susceptibles a incendios forestales, son aquellas zonas que tienen mayor incidencia a incendios forestales, debido al efecto de las actividades antrópicas y el estado de la vegetación durante la época seca de cada año.

De esta manera y teniendo en cuenta que el fenómeno de los incendios forestales se puede estudiar desde las diferentes perspectivas y componentes del riesgo, para esta investigación se analizó y planteó como objetivo general la determinación de zonas susceptibles a incendios forestales, esto es debido a que se pueden suscitar como resultado de un factor natural (rayos, altas temperaturas, escasez de lluvias, presencia de vientos y la falta de humedad, hacen que un mínimo de calor produzca la combustión dando inicio a un incendio).

Pero bien se sabe y tomando en cuenta las estadísticas que proporcionan las instituciones encargadas del monitoreo, prevención y mitigación de los incendios forestales a nivel nacional y estatal como PROBOSQUE y CONAFOR, las causas que originan los incendios forestales en la mayoría de las veces son las acciones antrópicas estas mismas hacen que se conviertan en desastres mayores debido a su intensidad, éstos efectos son en algunos de los casos por la falta de conocimiento sobre la prevención y mitigación de este fenómeno es por esto que este estudio pretende antes que nada determinar y observar las zonas susceptibles a incendios forestales en

el APFF Nevado de Toluca, mediante un visualizador Web que mostrara la cartografía temática generada, así como la base de datos que servirá como consulta de información sobre el registro de los incendios forestales.

Por otra parte, este proyecto tiene la finalidad de ser un servidor web interactivo de consulta de información, así como la descarga de cartografía temática usada en este proyecto con el fin el apoyar en la toma de decisiones en las áreas de prevención, control y combate de incendios forestales.

1.3 Incendios forestales

CENAPRED (2001) hace mención que al referirse a incendios forestales es necesario tomar en cuenta algunos conceptos básicos, así como los factores que influyen en el comportamiento de este fenómeno, entre los que destacan los siguientes:

Fuego: Es el desprendimiento de calor y luz producida por la combustión de materia vegetal viva o muerta (combustibles forestales).

Combustible: Toda materia vegetal distribuido en el campo, susceptible de encenderse.

Combustión: Reacción química que surge de un proceso al combinar combustibles, oxígeno y una temperatura de ignición. La reacción modifica la composición del material, consume el oxígeno y genera altas temperaturas, que encienden nuevos materiales.

Para Rodríguez (1996 citado en Baeza, 2010) es la propagación libre del fuego sobre la vegetación forestal. El fuego es la liberación de energía en forma de luz y calor producto de la combustión (quema). Para que el fuego se produzca se requiere de tres elementos, que forman el llamado triángulo del fuego: combustible, calor y oxígeno; si alguno de ellos falta, el fuego no se produce.

Hernández (2009) menciona que son siniestros causados en forma intencional, accidental o imprevistamente por el fuego que se presentan en áreas cubiertas de vegetación, árboles, pastizales, malezas, matorrales y, en general, cualquiera de los diferentes tipos de asociaciones vegetales

Dentro de los diferentes tipos de incendios forestales el concepto más relevante y el cual fue parte fundamental para desglosar esta investigación fue el ***incendio superficial***.

1.3.1 Tipos de incendio forestal

Se conocen tres tipos determinados básicamente por la naturaleza de los combustibles:

I. *Superficial*

Se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno. Daña principalmente combustibles vivos y muertos como pastizales, hojas, ramas, ramillas, arbustos o pequeños árboles de regeneración natural o plantación, troncos, humus, entre otros. Encontrados desde la superficie del suelo hasta 1.5 metros de altura (CONAFOR, 2010).

Este incendio consume cualquier tipo de material combustible que se encuentre situado inmediatamente encima de la superficie del terreno y por debajo de las copas de los árboles, comprende mayoritariamente hojarasca, ramas muertas, agujas, troncos caídos, resto de talas, vegetación herbácea y matorrales (Arnaldos *et al.*, 2004).

SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos), 1994, afirma que estos incendios causan severos daños a la reforestación natural e inducida. Son los de mayor presencia en México estimándose su ocurrencia en más del 90% a nivel nacional (en Hernández, 2009). Para este trabajo, es éste tipo de incendio es el que se analizará

II. *de Copa o Aéreo*

Se inicia en forma superficial propagándose hacia las copas de los árboles. Se presenta con fuertes vientos y en lugares con pendiente muy pronunciada. Afecta seriamente a los ecosistemas pues destruye la totalidad de la vegetación y daña a la fauna silvestre en diversos grados, son los más destructivos, peligrosos y difíciles de controlar. Aproximadamente, el 8% de los incendios en el país es de este tipo (SMAGEM, 2009).

Llamados también incendios de copas, son típicos de los bosques de coníferas y conllevan, en mayor y menor grado, la combustión de las copas de los árboles, depende de las condiciones meteorológicas y topográficas, de la posición relativa del combustible en diferentes estratos, de la cantidad y disposición del combustible aéreo y del porcentaje de combustible seco y fino que presentan las copas (Arnaldos *et al.*, 2004).

I. *Subterráneo*

El fuego se inicia en forma superficial y se propaga bajo la superficie del terreno, afecta las raíces y la materia orgánica acumulada en los afloramientos de roca, estos incendios consumen la

materia orgánica que se encuentra en la superficie y la capa mineral del suelo, compuesta de hojarasca, raíces, residuos vegetales en descomposición, humus y turba, solo se detectan por la emisión de humo ya que normalmente arden sin llamas, avanzan lentamente debido a la escasez de oxígeno pero la combustión puede permanecer durante días o semanas incluso con altos contenidos de humedad (Arnaldos *et al.*, 2004).

Debido a la intensidad del fuego la acción destructiva no se limita a dar muerte a las raíces de toda una vegetación comprendida en el área quemada, sino que imparte cierto estado de esterilidad al suelo, lo cual evita que en muchos años vuelva a haber vida vegetal en esos sitios (Verdusco, 1980, citado en Hernández, 2009). Por lo general no produce llama y emite poco humo, estos representan el 2% de los casos en México (SMAGEM, 2009).

Cabe mencionar que para esta investigación la carga de combustible forestal, así como el análisis de los incendios forestales se determinara mediante la incidencia del incendio superficial.

1.3.2 Incendios forestales de acuerdo a su origen

Por otro lado, Juárez, (2007) clasifica a los incendios de acuerdo a su origen en Naturales y Artificiales:

- A. **Los incendios naturales:** no interviene el ser humano, son provocados, por los rayos, las erupciones volcánicas, la producción de chispas durante un Choque de rocas y la combustión espontánea de material vegetal o compuestos volátiles e inflamables despedidos por ciertas plantas en las horas de mayor calor.
- B. **Los incendios artificiales:** están asociados con las actividades humanas, entre las que se encuentran las chispas producidas por los ferrocarriles, las hogueras, los fumadores, la quema no controlada de desechos o la realizada con fines agropecuarios y los incendios intencionales relacionados indirectamente con las actividades humanas, están los producidos por la combustión espontánea de materiales de desecho inflamables, domésticos e industriales, los ocasionados por la introducción de especies exóticas

1.3.3 Factores relacionados con el inicio y propagación del fuego

Los factores meteorológicos influyen en el inicio y comportamiento del fuego, junto a las condiciones fisiológicas de la vegetación y la topografía componen la “gran triada del comportamiento del fuego”, a la que hay que añadir las prácticas humanas de uso de suelo que pueden favorecer la aparición de los incendios, así como otro conjunto de factores que se

presentan a continuación, para esta investigación las variables que se utilizaron fueron (temperatura, precipitación, pendiente, altitud, exposición y carga de combustible forestal)

Factores Climáticos	<i>Temperatura</i>	El sol calienta los combustibles y las capas de aire inmediatas al suelo; el viento caliente extrae humedad de los combustibles y eleva la temperatura hasta el punto en que puede predisponer fácilmente a la ignición. (CENAPRED, 2001).
	<i>Precipitación</i>	Se encarga de modificar el contenido de humedad del suelo y la vegetación. Es el ritmo de las precipitaciones, más que la cantidad, el que determina la aparición de los incendios y el tamaño de la superficie recorrida por los mismos, (Seco, 1995)
	<i>Humedad Relativa</i>	Es la cantidad real de vapor de agua contenida en el aire; se expresa en porcentaje, Los combustibles tienen la propiedad de absorber o de expeler humedad; por consiguiente, a mayor humedad relativa los combustibles están más húmedos y la propagación de los incendios se dificulta. (Castañeda, 2011)
	<i>Viento</i>	El viento es aire en movimiento que obedece a cambios de temperatura (el aire caliente tiende a subir; el aire frío tiende a bajar). En áreas de combustibles homogéneos el viento rige la dirección del fuego y determina la configuración del incendio (CENAPRED, 2001).
Factores Fisiográficos	<i>Pendiente</i>	Afecta directamente a la propagación del incendio de la siguiente manera: La propagación se acelera por estar los combustibles más cerca de las llamas; la fase de precalentamiento incrementa la tasa de combustión y por lo tanto se acelera la velocidad de avance del fuego, (Villers, 2006).
	<i>Altitud</i>	Un incendio define 3 zonas, en cada una afecta también el comportamiento de los incendios de las cuales la evolución del fuego muestra características distintas. En la parte inferior o parte baja las temperaturas son más altas. Generalmente la cantidad de combustibles es mayor; en consecuencia, se espera gran resistencia al control, debido a una menor disponibilidad de combustible en la parte intermedia de una montaña o elevación es común una disminución en la resistencia al control, por último, en la parte superior

		sucedan cambios bruscos de viento. Cerca de la cumbre ocurren interacciones entre los vientos. Sin embargo la propagación del fuego en general se reduce porque existe menos combustible (Castañeda, 2011).
	<i>Exposición</i>	Es la orientación de ladera que afecta el comportamiento del fuego por medio de las variaciones en la cantidad de radiación solar y viento que recibe. En general, la orientación sur y suroeste en el hemisferio norte son más favorables para que se inicie y se disperse un incendio, debido a que reciben más insolación, y por ende, hay menor contenido de humedad (Villers, 2006).
	<i>Configuración del terreno</i>	Es el aspecto de la superficie del terreno (plano, ondulado escarpado); es importante porque afecta la propagación del fuego y por consiguiente la resistencia a su control. (Castañeda, 2011).
Factor vegetación	<i>Combustibles forestales</i>	El combustible es el factor principal que determina si se inicia o no un incendio, la dificultad de controlarlo y la posibilidad de comportamiento extremo o irregular. Las características de los combustibles que determinan lo anterior son: cantidad, tamaño, compactación, continuidad horizontal y continuidad vertical (CENAPRED, 2001).
	<i>Abundancia de vegetación presente</i>	si la vegetación es muy abundante la progresión del incendio es lenta, aunque la extensión es más compleja porque se alcanza mayores temperaturas de aire (Serrada, 2008).

Fuente: CENAPRED *et al.*, (2001)

1.4 Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para la Identificación de zonas susceptibles a incendios forestales

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) que se centran en el estudio del medio ambiente y los recursos naturales, se pueden definir como aplicaciones implementadas por instituciones dedicadas a temas medioambientales facilitando una ayuda fundamental en sus trabajos, la mayoría de los incendios forestales son producidos por las actividades humanas, y causas naturales, los SIG se generan en este campo para prevenir, controlar y gestionar estos incendios, utilizando como herramienta de apoyo a la toma de decisiones. Estos sistemas han ido evolucionando hasta convertirse en sistemas de riesgo que además de utilizar datos meteorológicos, manejan otros factores como el comportamiento del fuego, topografía, actividad humana, modelos de combustible, etc. Es por esto que algunos estudios hoy en la actualidad, conjugan su investigación con los SIG (Ordoñez, *et al*, 2003).

Un Sistema de Información Geográfica no puede evitar que un incendio ocurra, sin embargo, es una herramienta muy útil para identificar y definir áreas susceptibles a incendios en forma anticipada, son básicamente herramientas informáticas que procesan y analizan datos con alguna componente espacial. Una definición más completa considera un sistema de información geográfica como un conjunto de herramientas diseñadas para la adquisición, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales

1.5 Definición de un SIG

Cruz, (2016) menciona que un sistema de información Geográfica (SIG) es la integración organizada de hardware, software e información geográfica, diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográfica referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de la realidad referido a un sistema de coordenada terrestre y construida para satisfacer necesidades concretas. En un sentido más genérico un SIG es una herramienta que permite realizar consultas, analizar información espacial, crear y modificar datos, elaborar modelos y representar los resultados mediante un mapa.

Una característica fundamental de los SIG es que trabajan con mapas y pueden realizar operaciones de análisis espacial, la cual está constituida por una serie de técnicas estadísticas y matemáticas aplicadas al estudio de datos georreferenciados y sus atributos almacenados en el propio sistema, posibilitando trabajar con las relaciones espaciales de

las entidades contenidas en cada capa temática de la base de datos, permitiendo obtener nuevos mapas a partir de una única fuente de datos (Buzai y Baxendale, 2006).

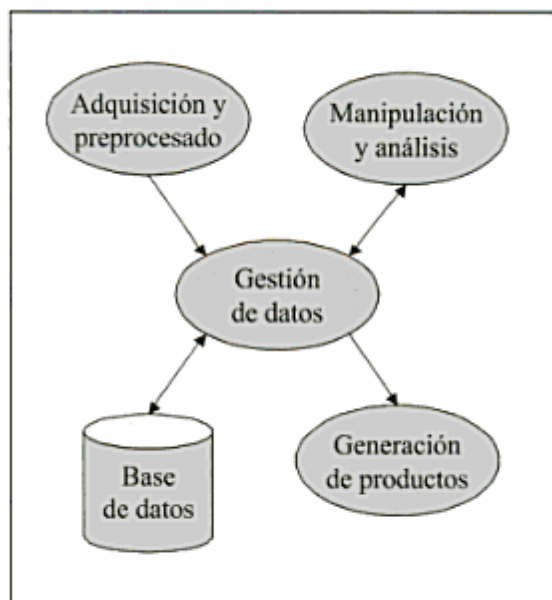
1.5.1 Funciones de los SIG

Los SIG operan como una base de datos geográfica asociada a los objetos existentes en un mapa digital, y dan respuesta a las consultas interactivas de los usuarios analizando y relacionando diferentes tipos de información con una sola localización geográfica. Esto es, conectando mapas con bases de datos.

Las funciones de un SIG las encontramos en el libro denominado Sistemas de Información Medioambiental, (Cotos, Taboada, 1984), hace mención a las funciones de los SIG y las clasifica de la siguiente manera, de igual manera al final utiliza un esquema para simplificar el entendimiento de las funciones.

1. Adquisición: incluye la identificación y la recolección de datos procedentes de fuentes múltiples, como pueden ser medidas de campo, mapas existentes en papel, teledetección, etc. Es fundamental evita el uso de fuentes de calidad no contrastada y ceñirse solo a aquellas que sean relevantes y fiables.
2. Pre-procesado: se aplica a manipulaciones de datos necesarias para su incorporación al SIG. Abarca conversiones de formato, identificación sistemática de localizaciones de objetos en mapas originales, validación.
3. Gestión de datos: engloba funciones que gobiernan la creación y acceso a la base de datos o que proporcionan métodos para la entrada, actualización, borrado y recuperación de datos, usualmente de manera transparente para el usuario. Es posible que el sistema sea capaz de discernir qué datos son accesibles para cada usuario y con qué privilegios.
4. Manipulación y análisis: comprende los operadores analíticos que derivan nueva información a partir de los contenidos de la base de datos. Se refiere principalmente al geoprocesamiento de los datos.
5. Generación final de productos: el fin último al que se destina un SIG es comunicar resultados de la investigación a una audiencia o público determinado, valiéndose de mapas, graficas, tablas, informes estadísticos.

Imagen 1 Gestión de Datos



Fuente: Aronoff, 1991

1.6 Sistemas de Información Geográfica en ambiente Web

Cruz (2016) Menciona que, en el crecimiento de los avances y desarrollos tecnológicos, los sistemas de información geográfica con toda su funcionalidad y posibilidad de un SIG de escritorio, pero diferente en la edición de datos, el uso de los servicios de internet como los navegadores web se convierten en una herramienta de visualización de información geoespacial para los usuarios de internet. La interfaz web es el componente elemental, para visualizar las capas temáticas que se han desarrollado como pueden ser sociales o ambientales, se necesita que los usuarios tengan acceso a los servidores web, que incluyan los datos y herramientas de análisis.

En la actualidad al ser el internet una infraestructura fundamental que conecta usuarios, datos y servicios, la web se convierte en una herramienta más para el desarrollo de los SIG. Las bases de datos es un conjunto de datos bien ordenados, estructurados y normalizados e íntegros que el usuario lo percibe como la representación de la realidad, siendo sus componentes principales la misma base de datos, el sistema de administración y los programas de aplicación, datos de usuario, metadatos, índices, tablas, reglas de negocio, relaciones, consultas, dominios, reportes etc. (Kroenke, 2003).

1.6.1 Servicios Web

El termino servicio web designa una tecnología que permite que las aplicaciones se comuniquen en una forma que no depende de la plataforma ni del lenguaje de programación. Un servicio web es una interfaz de software que describen un conjunto de operaciones a las cuales se puede acceder por medio de una red a través de mensajería XML estandarizada con el objetivo de descubrir una operación para ejecutar o intercambiar datos con otros servicios web.

Los servicios web usan XML, que pueden describir cualquier tipo de datos de una forma independiente de plataformas para el intercambio entre sistemas, además los servidores web pueden funcionar a nivel más abstracto pues puede reevaluar, modificar o manejar tipos de datos dinámicamente (Cruz, 2016).

CAPITULO II

CARACTERIZACIÓN FÍSICO –

GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE

PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA

NEVADO DE TOLUCA

2.1 Áreas Naturales Protegidas

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), en la última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en 2011, establece lo que se puede y no hacer dentro de las Áreas Naturales Protegidas, la cual las define como porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por la actividad del hombre.

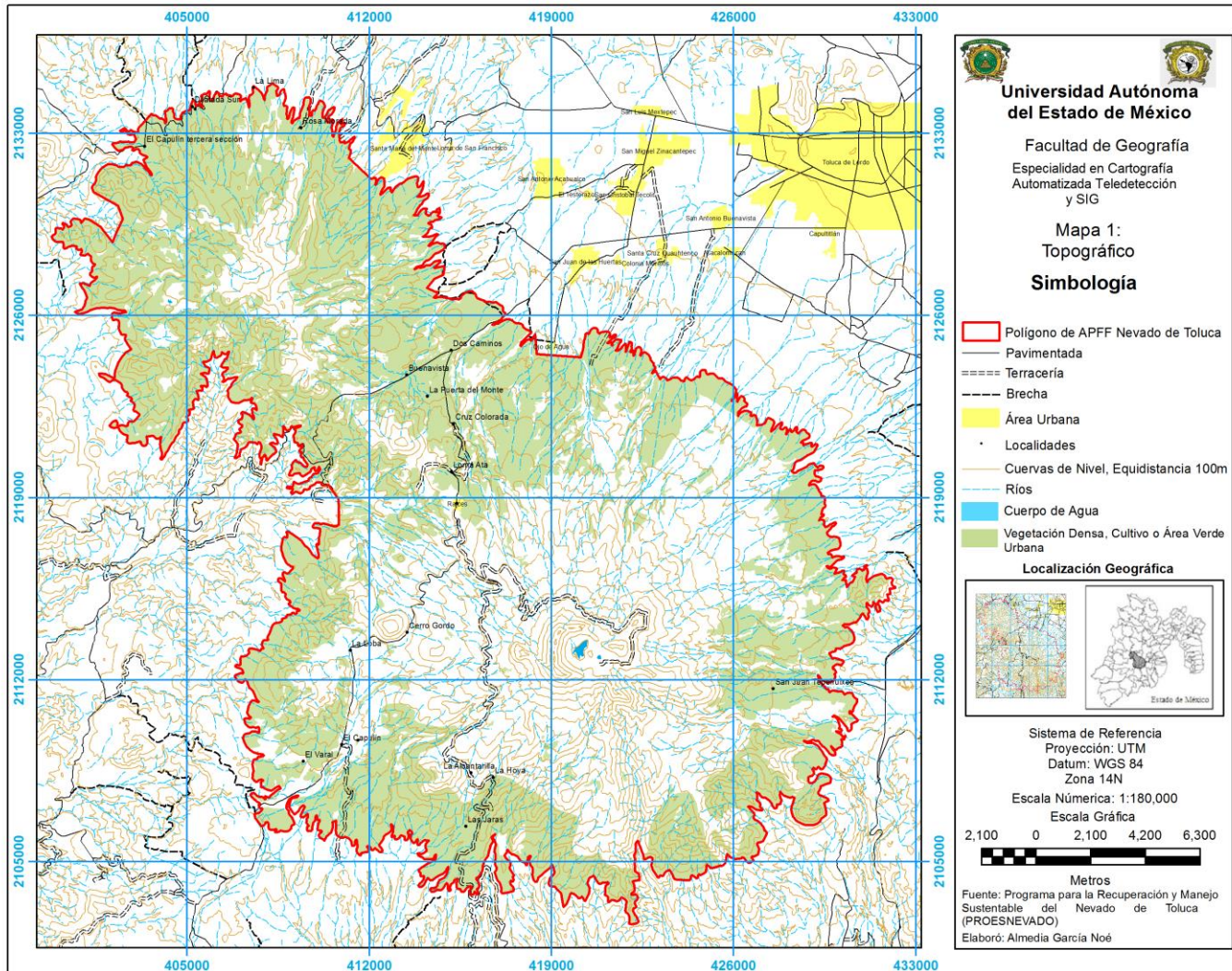
El establecimiento de áreas naturales protegidas tiene por objeto:

- Preservar los ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeografías y ecológicas y de ecosistemas más frágiles, para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos.
- Salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres de las que depende la continuidad evolutiva; así como asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad de territorio nacional, en particular preservar las especies que están en peligro de extinción, las amenazadas, las endémicas, las raras y las que se encuentran sujetas a protección especial.
- Asegurar el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sus elementos.
- Proporcionar un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio.
- Generar, rescatar y divulgar conocimientos, prácticas y tecnologías, tradicionales o nuevas que permitan la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional
- Proteger poblados, vías de comunicación, instalaciones industriales y aprovechamientos agrícolas, mediante zonas forestales en montañas donde se originen torrentes; el ciclo hidrológico en cuencas, así como las demás que tiendan a la protección de elementos circundantes con los que se relacione ecológicamente el área.
- Proteger los entornos naturales de zonas, monumentos y vestigios arqueológicos, históricos y artísticos, así como zonas turísticas, y otras áreas de importancia para la recreación, la cultura e identidad nacionales y de los pueblos indígenas.

2.2 Localización

El Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca (APFF Nevado de Toluca), está integrado por dos grandes estructuras volcánicas, el nevado de Toluca y el San Antonio, estos se localizan en el Estado de México, el Nevado de Toluca ocupa el cuarto lugar entre las cimas más altas del país con una elevación de 4,660 msnm, Sitio mágico venerado desde la época prehispánica, los antiguos pobladores lo llamaban “la casa de agua”, los escurrimientos que nacen en sus laderas dan origen a dos de las cuencas hidrológicas más importantes del país: las del río Lerma y el Balsas. El área de estudio forma parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas de México se ubica al sureste del valle de Toluca, entre los paralelos 18° 59' y 19° 13' de latitud norte y los meridianos 99° 37' y 99° 58' de longitud oeste, tiene como límite de acuerdo a los decretos del 25 de enero de 1936 y el 19 de febrero de 1936 de la cota 3,000 msnm, (CONANP, 2013). De acuerdo con la Recategorización como APFF Nevado de Toluca comprende una superficie de cincuenta y tres mil quinientas noventa hectáreas, sesenta y siete áreas, ochenta y seis puntos veintiocho centiáreas, abarca parte de los municipios de Almoloya de Juárez, Amanalco de Becerra, Calimaya, Coatepec Harinas, Temascaltepec, Tenango del Valle, Toluca, Villa Victoria, Villa Guerrero y Zinacantepec (ver figura 1).

Figura 1. Mapa topográfico del APFF Nevado de Toluca



2.3 Geología

El APFF Nevado de Toluca está integrado por dos grandes estructuras volcánicas, el nevado de Toluca y el san Antonio, estos se encuentran sobre el cruce de tres sistemas de fallas, por tal motivo las estructuras se sobreponen y aparecen en campo como patrones compuestos por fallas de diferentes edades y sentidos de movimiento. El conjunto está formado por rocas volcánicas intermedias, el volcán san Antonio es la unidad más antigua, la erosión ha provocado mayor disensión por lo tanto las pendientes más fuertes se encuentran en la parte alta del nevado de Toluca y sobre escarpes de fallas del sistema san Antonio, estas constituyen una franja de 130km que conforma la cordillera con las cimas más alta del país, con una altitud de 4,660msnm, (García Palomo, 1998 citado en Reyes et al 2007).

El volcán nevado de Toluca es un estratovolcán caracterizado por erupciones violentas de tipo pliniano, que se encuentran constituidos por flujos de lava andesita y dacítica, se caracteriza por su cráter tipo caldera en cuyo centro se eleva un domo denominado “el ombligo”, asimismo presenta domos diacíticos y cubierto por secundarias complejas de depósitos piroclásticos (Bloomfield 1974).

De acuerdo con Norini, *et al.* (2004), el Nevado de Toluca está intersectado por tres sistemas de fallas: Sistema Taxco-Querétaro, con dirección NNW-SSE, sistema San Antonio, con dirección NE-SW y sistema Tenango, con dirección E-W. Asimismo Belloti, *et al.* (2006) menciona que existen una serie de lineamientos estructurales que afectan al volcán, y que se conocen en cuatro grupos: Hacia el sureste, la serie de valles que cortan este sector del volcán coinciden con lineamientos con dirección NNW-SSE, lineamientos con dirección NW-SE, cruzan el volcán, que inician en su cráter y se extienden hacia el NW, lineamientos NE-SW, que también coinciden con algunos valles fluviales, que inclusive afectan algunos horst y lineamientos NNE-SSW, relacionados con valles rectilíneos, que inician en el cráter del volcán (GEM, 1999).

De igual manera, el nevado de Toluca está constituido por rocas ígneas extrusivas del Terciario-Cuaternario, andesitas este tipo de roca se encuentra con mayor presencia en la parte noroeste, suroeste y sureste, con una superficie de 29,847.73ha, representando el 56.69% que comprende el ANP, la roca de tipo volcanoclastico está distribuida en la parte norte y este, ocupando una área de 6,500.57ha y el 12.13% de superficie, el basalto solo

se encuentra en una proporción pequeña en la parte suroeste, con 58.22ha y ocupa el 0.1% de la superficie es el que se encuentra en menor proporción.

Las rocas sedimentarias, con edad del Jurásico al Mioceno Tardío se encuentran ubicadas en la parte central del APFF Nevado de Toluca, así como en la parte norte y suroeste este tipo de roca cuenta con una superficie de 16,890.72ha ocupando el 31.51% del total de ANP.

Así mismo dentro del ANP existen tres pequeños depósitos aluviales que se encuentran distribuidos al noroeste y suroeste estos mismos cuentan con una superficie de 293.42ha y solo ocupan el 0.54% de área

2.4 Geomorfología

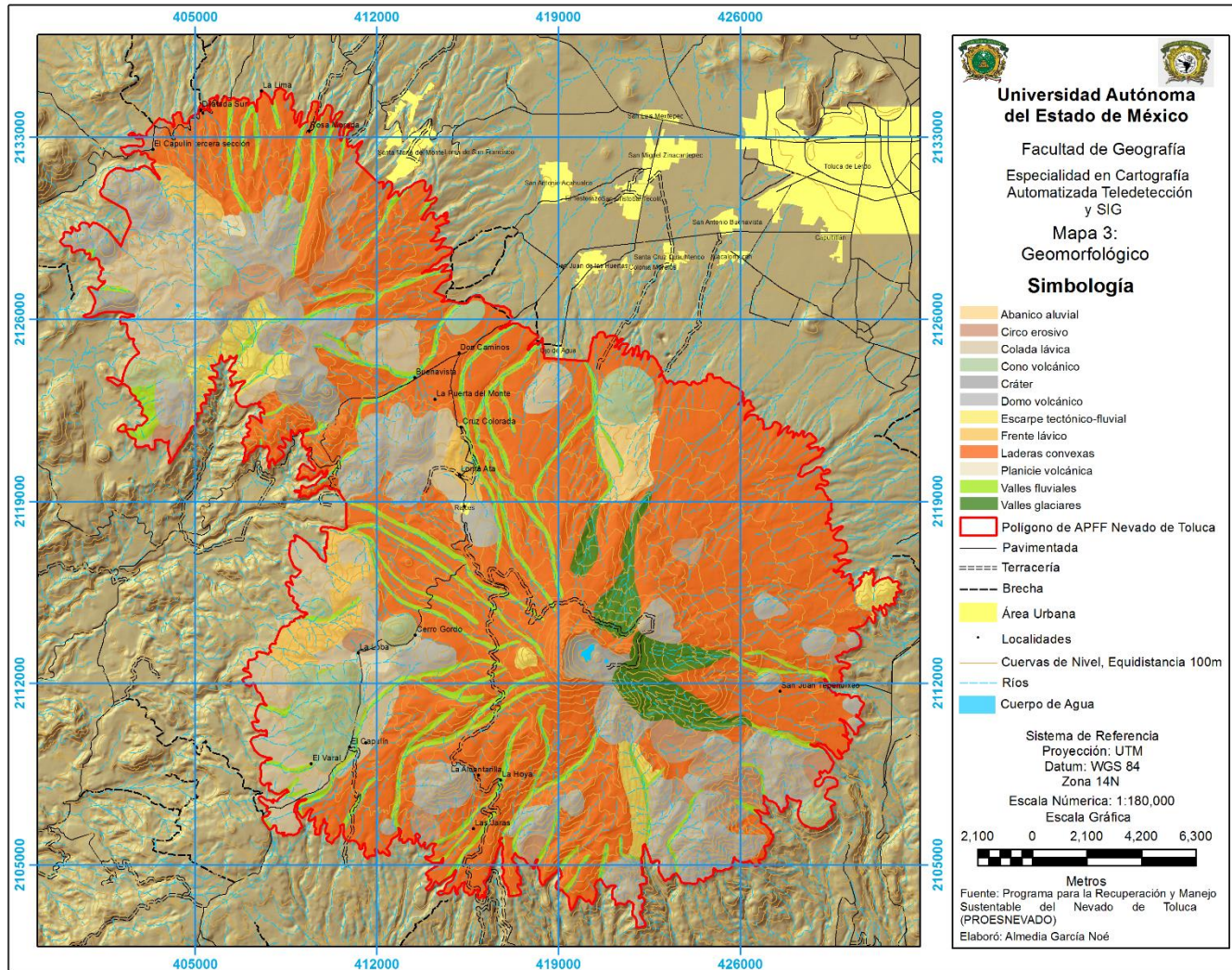
El Nevado de Toluca es un estratovolcán que se caracteriza por la presencia de roca fuertemente intemperizada con predominio de pendientes convexas, cuya cima se caracteriza por tener un cráter elíptico (Reyes *et al.*, 2007). Dentro del APFF Nevado de Toluca las principales unidades geomorfológicas encontradas son:

- ❖ ***Domos y Conos Volcánicos:*** los domos dacíticos y andesíticos, así como los conos volcánicos de escoria, se encuentran distribuidos principalmente hacia el Noroeste, Oeste, Suroeste y Este del volcán, ocupan una superficie de 4,773.24ha ocupando con esto el 8.90% del área de estudio.
- ❖ ***Frentes y Coladas lávicas del cuaternario:*** la composición de estas varía entre las Basálticas-andesíticas las fluidas se asocian a los campos volcánicos monogenéticos del cuaternario, mientras que los segundos se encuentran localizados al pie de estructuras piroclástico y conos de lava, su edad varía entre el Pleistíceno y Holoceno, las coladas lávicas se localizan al Norte , Suroeste y Noroeste, mientras tanto los frentes lávicos se localizan al Norte y Suroeste, estas dos unidades geomorfológicas conforman una superficie de 5,648.71ha con lo que ocupa el 10.54% de área.
- ❖ ***Laderas Convexas:*** este tipo de laderas conforman la mayor parte de las unidades geomorfológicas existentes en el ANP se localizan principalmente en la zona Norte, Este, Sur, Sureste y Oeste, corresponden geológicamente a la formación Toluca pómez inferior y superior, conforman una superficie de 25,177.00ha con ello abarcan el 46.98% del área total del ANP. Así mismo dentro de esta unidad geomorfológica, se encuentran laderas rectas con una pendiente muy fuerte estas se encuentran en la parte superior del cráter y unas pequeñas en la zona Este y Oeste del área de estudio, por otro lado, también se localizan las laderas empinadas estas se encuentran en el interior del cráter, estos dos tipos de laderas tienen una superficie de 2,110.77ha obteniendo el 3.38% de ocupación.
- ❖ ***Planicies Volcánicas:*** estas representan 1.21% y tienen una superficie de 6,52.05ha y son pequeñas áreas asociadas al transporte fluvial violento de material volcánico caracterizado por estar poco redondeado debido a que la fuente del mismo se encuentra cerca, se distribuyen alrededor
- ❖ ***Cráter del Volcán Nevado de Toluca:*** esta unidad es de origen Cuaternario, con una geología compuesta por rocas ígneas extrusivas intermedias, al igual que las

unidades intermedias, se encuentran cubierta de pumita y su modelado muestra rasgos eminentemente glaciares, tiene un cráter elíptico de 2 x 1.5 km de diámetro, abierto hacia el Este, formado por varios remanentes de estructuras antiguas que dejaron una morfología de picos, de los cuales destacan el pico de fraile y el del águila con alturas de 4,550 a 4,660msnm, y donde en su interior contiene dos lagos separados por un domo dacítico llamado el "ombliigo.

- ❖ **Valles Glaciares:** las formas de origen glaciar corresponden al pleistoceno y holoceno, en la actualidad el modelado solo es perigraciario, pero quedan las formas resultantes de los antiguos glaciares, los principales son los valles, las morrenas, los glaciares de la roca; procesos al parecer inactivos en la actualidad, del cráter se desprenden cuatro grandes valles glaciares, hacia el norte, este y sur del volcán nevado de Toluca este tiene una superficie de 1,609.51ha y representa el 3.003%.
- ❖ **Circos Erosivos y Valles Fluviales:** los circos y valles se encuentran distribuidos por todo el parque, en el caso de los circos modelan rápidamente la cabecera al retomar los valles glaciares en la conformación del valle, aunado a la fragilidad de los depósitos de la formación pómez nevado inferior y superior, estos se encuentran al Norte, Sur, Sureste, Suroeste y Noroeste. la mayoría de los valles se localizan al Norte, Sur, Sureste, Suroeste, Oeste y Noroeste de la zona de estudio, los valles más profundos oscilan entre los 200y 400m, se localizan al Sur, sufren fuerte control estructural, estas dos unidades geomorfológicas ocupan una superficie de 6,554.91ha y representa el 12.23% del total de la superficie del ANP.
- ❖ **Abanico Aluvial:** este está conformado principalmente por materiales piroclástico y se localiza al Norte en la parte inferior del volcán tiene una superficie de 522.25ha y ocupa el 0.97% del APFF Nevado de Toluca.
- ❖ **Escarpe Tectónico-fluvial:** esta geoforma se presenta principalmente al Sur, al Este y Noroeste, ocupa el 2.24% y cuenta con una superficie de 1,204.29ha del total de la zona de estudio.

Figura 3. Mapa Geomorfológico del APFF Nevado de Toluca



2.5 Edafología

El APFF Nevado de Toluca al estar constituido por rocas ígneas extrusivas del terciario-cuaternario: andesitas, basaltos, pómez, tobas y brechas e influenciado por los diferentes factores, ha dado lugar a la formación de seis tipos de suelos de acuerdo con la clasificación de FAO-UNESCO.

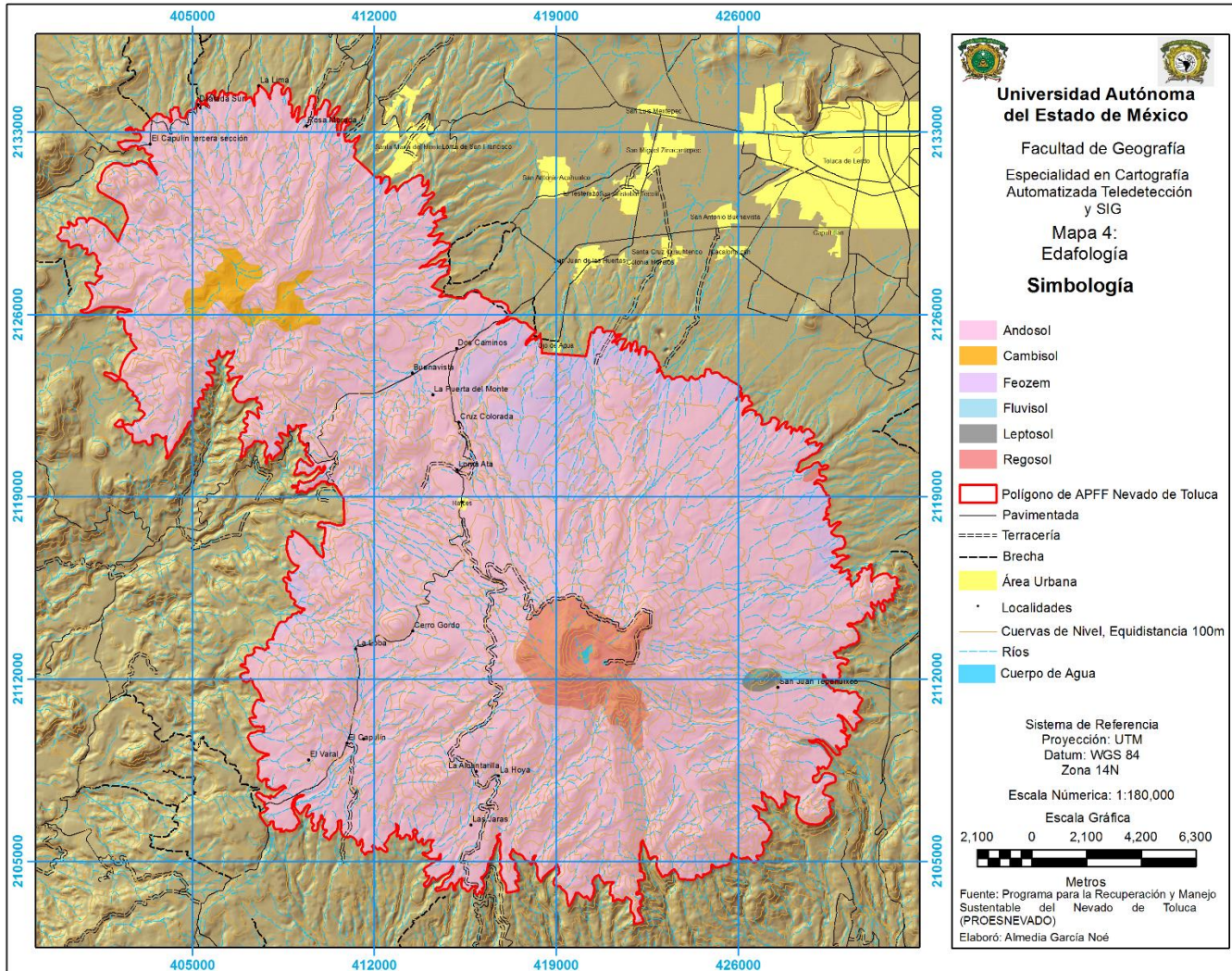
La edafología que presenta el APFF Nevado de Toluca, está conformada por un tipo de suelo.

- ❖ **Andosol**, es la asociación más importante del APFF Nevado de Toluca debido a su superficie que ocupa que es de 47,660.82 ha de la superficie con la que cuenta el polígono, representando el 88.4% de su territorio y se encuentra en la mayor parte del ANP, tienden a desarrollarse bajo un bosque de coníferas. Se caracterizan por derivarse de cenizas volcánicas recientes ricas en alófanos en un clima semifrío subhúmedo; esta relación aunada a la precipitación, genera un pH ácido que permite tener una alta capacidad de intercambio catiónico y una baja saturación de bases, lo que facilita la retención de agua y nutrientes para el desarrollo de vegetación de pino-encino, que proporcionan a su vez abundante materia orgánica.
- ❖ **Feozem**, tienen una extensión de 3,330.39 ha, lo que significa que solo es el 6.18 % de la superficie del parque, se ubica en la parte norte y suroeste, se caracteriza principalmente por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes; su textura es arenosa o arcillosa con un pH más ácido que los andosoles.
- ❖ **Regosol**, se localiza en la estructura geomorfológica de montaña, formada por el cráter del volcán ocupa el 3.55 % de la superficie del territorio del polígono del ANP, este tipo de suelo cuenta con 1,911.32 ha. Se caracteriza por formarse a partir de las cenizas volcánicas con un sólo horizonte de diagnóstico "A" órtico. Son suelos pobres en materia orgánica y en nutrimentos; se encuentran relacionados con los litosoles y andosoles en áreas con material suelto (arenoso, gravoso o pedregoso).
- ❖ Y abarcando el 1.83% de la superficie con la que cuenta el polígono se encuentra el tipo de suelo **Cambisol, Leptosol y Fluvisol**, localizándose en la parte norte y sureste ocupando solo 1,012.17 ha, de la superficie total. El suelo **Cambisol** se caracteriza por ser suelos que presentan un mejor desarrollo, además son pobres en nutrientes y aptos para el uso forestal. Por otro lado, las características de los

Litsoles es tener menos de 10 cm de Profundidad, y estar limitados por roca, tepetate y por ultimo del tipo de **Fluviso I** el cual su presencia es mínima y el origen de este suelo es aluvial reciente con textura gruesa, dependiendo del material depositado.

La estructura de los suelos en general de todo el APFF Nevado de Toluca presenta una gran inestabilidad que, combinada con la deforestación, cambios de uso de suelo y sobre pastoreo, aunado a las fuertes pendientes y lluvias torrenciales de 24 horas, genera procesos de erosión sumamente intensos, permitiendo el desarrollo de extensos sistemas de cárcavas, así como de procesos sub-superficiales de hundimiento del suelo que afecta a la agricultura y a las poblaciones asentadas en las zonas planas.

Figura 4. Mapa Edafológico del APFF Nevado de Toluca



2.6 Clima

Los principales fenómenos atmosféricos que se relacionan con los factores climáticos para definir los tipos de climas son: temperatura, presión, viento, humedad, nubosidad y precipitación, de la interrelación de todos estos se gestan las: olas de calor, las heladas, las inversiones térmicas, los frentes, los vientos alisios, los monzones, los huracanes, las tormentas tropicales, las tormentas eléctricas, etcétera; los que de manera directa o indirecta intervienen en la conformación de los climas del volcán Nevado de Toluca.

El conjunto de la interacción de los elementos y los factores climáticos dan como consecuencia los sistemas atmosféricos característicos del volcán Nevado de Toluca, de esta manera según la clasificación climática de Köeppen modificada por Enriqueta García, se encuentran distribuidos los tipos de climas, como se menciona a continuación (GEM, 1990).

- ❖ ***E (T)H wig***: Clima frío con temperatura media anual entre -2°C y 5°C , con temperatura del mes más frío inferior a 0°C y la temperatura del mes más cálido, entre 0°C y 6.5°C , el régimen de lluvias es de verano, aunque pueden caer nevadas en invierno, tiene un comportamiento isotermal y la temperatura más elevada ocurre antes del solsticio de verano. Este tipo de clima se presenta en el volcán Nevado de Toluca a partir de los 3,700 metros de altitud, tiene una superficie de 1,987.19ha y ocupa el 3.1% del área.
- ❖ ***C (E)(w2)(w)b(i)g***: Clima semifrío subhúmedo con temperatura media anual entre $-$ C y 7°C , el régimen de lluvias es de verano, es isotermal y la temperatura del mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano. Este tipo de clima rodea a todo el volcán en la franja que está entre los 2,800 metros a los 3, 700 metros de altitud, este tipo de clima abarca la mayor superficie cuenta con 49,292.92ha dando el 92.09% del arrea total del ANP
- ❖ ***C (w2)(w)b(i')g***: clima templado con régimen de lluvias en verano, subhúmedo, con precipitación invernal menor a 5%; con poca oscilación térmica y la temperatura media mensual más alta es antes del solsticio de verano. Se extiende en los límites inferiores del área, ocupa el 4.1% y tiene una superficie de 2,243.06ha.

Debido a que la diferencia de altitud entre el Nevado de Toluca y las zonas aledañas (2,020 metros de diferencia con el Valle de Toluca y 3,000 metros a la vertiente Sur), el área natural protegida presenta características meteorológicas y climáticas particulares, razón por la

cual, de manera general, el costado Norte es más frío que el sur, considerando sólo el gradiente térmico vertical.

2.7 Uso de suelo y vegetación

El Eje Neovolcánico es una amplia serranía que por su porción Norte recibe la influencia de especies de filiación Neártica, mientras que por la porción Sur de especies Neotropicales. Esta situación le confiere a la región del APFF Nevado de Toluca una relevancia biogeografía especial, por la existencia de especies endémicas.

En el APFF Nevado de Toluca se pueden encontrar las siguientes comunidades vegetales: bosques de pino (*Pinus spp.*), asociaciones de pino-encino (*Pinus spp* y *Quercus spp.*), bosques de oyamel (*Abies religiosa*) y el pastizal alpino. Debe mencionarse que a causa del deterioro fomentado por un uso inadecuado del suelo y del bosque, se desarrollan comunidades vegetales de origen secundario, las cuales se denominan: matorral inerme, pastizal inducido, bosque secundario con dominancia de aile (*Alnus spp.*) y diversas especies de árboles producto de la reforestación (principalmente cedro y diferentes especies de pinos) (Gobierno del Estado de México, *et al.*1999).

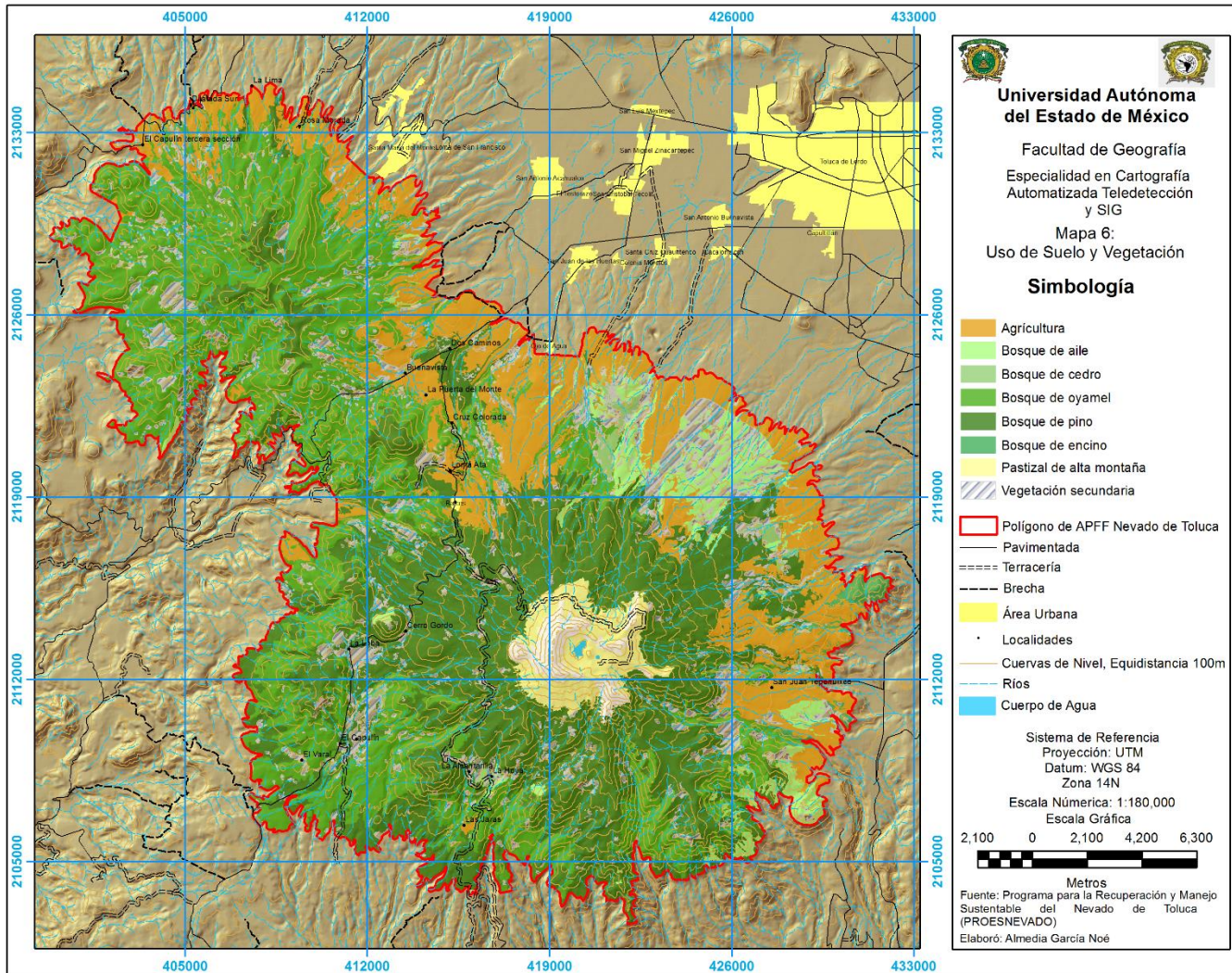
La vegetación y uso de suelo representativo en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca está conformado por.

- ❖ **Pastizal de Alta Montaña:** este se encuentra hacia la cima, arriba de los 4,000 msnm, esta comunidad predomina en el interior del cráter y prácticamente en todas las laderas, ocupa 1,295.84ha y representa el 2.42% en cuanto área del ANP.
- ❖ **Bosque de Pino:** prosperan en las laderas del volcán en altitudes de 3,000-4,000 m se desarrollan en sitios rocosos, sobre suelos pedregosos, someros, ricos en materia orgánica este tipo de vegetación se localiza hacia el Norte, Sur, Este, Oeste y Noroeste, del APFF Nevado de Toluca, tiene una superficie de 17,609.95ha, ocupando el 32.90% de área.
- ❖ **Bosque de Oyamel:** se distribuyen en las laderas Norte, Sur, Oeste y Sureste en altitudes de 2,800 m a 3,400 m, aunque generalmente se ubica en el rango altitudinal de 3,200-3,400 m, Se distribuye sobre suelos rocosos, profundos, bien drenados, ricos en materia orgánica, ocupan un área de 17,751.21ha y representa el 33.16% de la poligonal.
- ❖ **Bosque de Encinos y Ailes:** estos se encuentran ubicados en el límite inferior a una altitud de 2,800m a un poco más arriba de los 3,800 msnm, se encuentran sobre las cañadas húmedas y laderas de menor exposición a los rayos solares, los bosques de aile tienen mayor densidad en las vertientes, este, sureste, y en

pequeñas porciones localizan al Norte, Suroeste y al Oeste, el bosque de encino solo se encuentra en la zona Sureste del volcán, estos dos tipos de vegetación tienen una superficie de 2,688.85ha con lo cual ocupan el 5.02% de área del ANP.

- ❖ **Bosque de Cedro:** este se encuentra entre los 3,200m y 3,400msnm se ubica en la parte Este y Suroeste del APFF Nevado de Toluca, tiene una superficie de 356.43ha y ocupa el 0.66% de superficie total.
- ❖ **Uso agrícola:** en este uso se observa con facilidad los efectos del cambio de uso del suelo, con lo cual se ha modificado la estructura natural del bosque y estos se han sustituido por cultivos de papa y avena en las partes medias y de maíz en las partes bajas, estas se ubican principalmente en la ladera norte, así como en la zona sureste y oeste, tiene una superficie de 9,083.71ha y un porcentaje de 16.99 en base al área total que ocupa el ANP.
- ❖ **Vegetación Secundaria:** dentro de esta vegetación se encuentra el matorral inerte y el pastizal inducido natural, estos representan el 7.42% de la superficie que cuenta el polígono del parque, con 3,972.14ha, se encuentran distribuidos en la zona Norte, Sur, Este y Oeste. Y por último ocupando una superficie de 42.14ha dentro del ANP se encuentra el suelo desnudo (sin vegetación) esta ocupa el 0.07% de superficie total.

Figura 6. Mapa de Uso de Suelo y Vegetación del APFF Nevado de Toluca



CAPITULO III

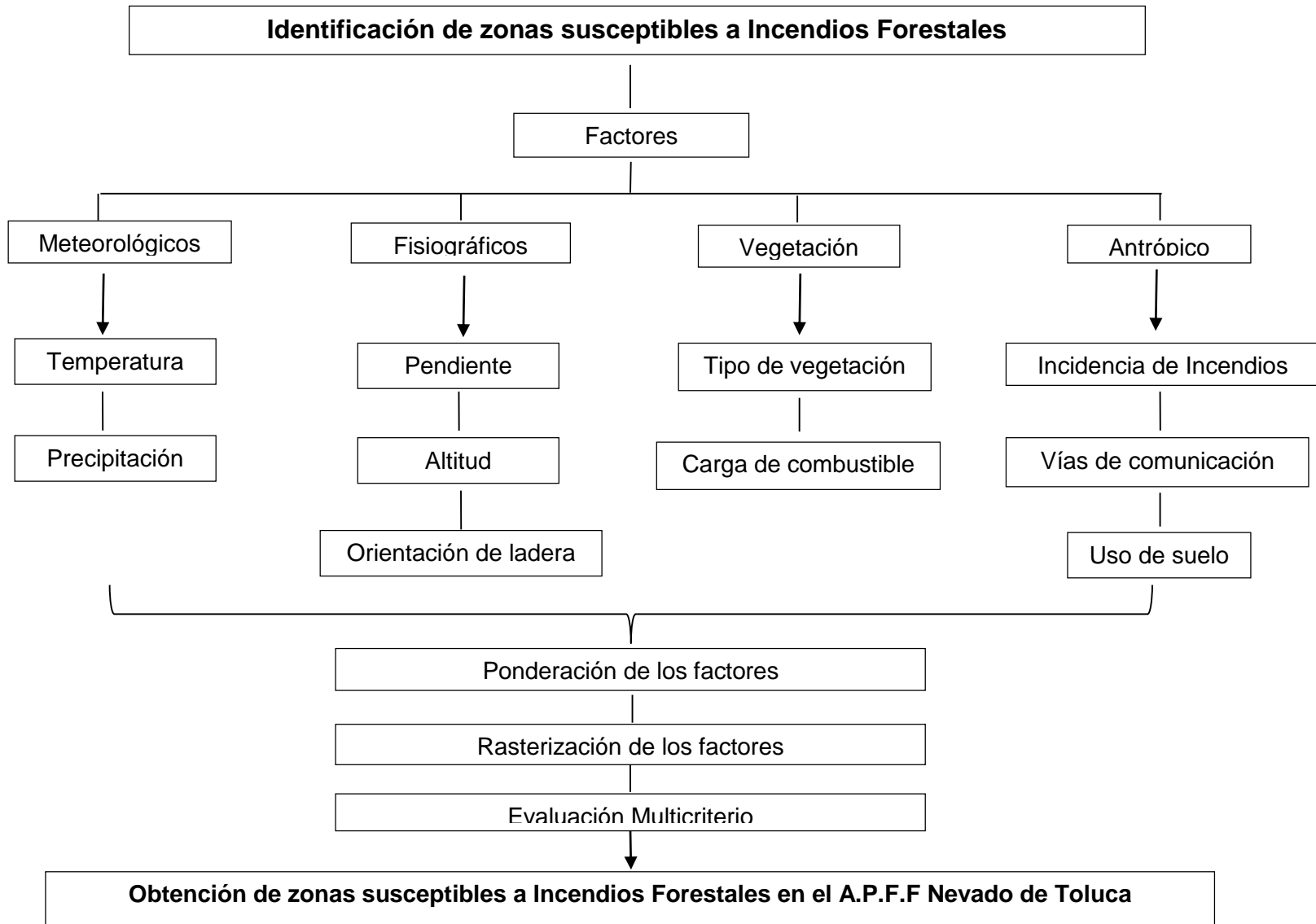
MARCO METODOLÓGICO

La aparición de los incendios forestales es producto de un gran número de factores, sin embargo, la manifestación de estos generalmente se debe a un patrón determinado, es frecuente observar que las áreas de más alta probabilidad de un incendio se encuentren próximas a caminos, carreteras o poblados, así como en áreas de fuertes pendientes y zonas de cambio de uso de suelo, (Martínez *et al.* 1990).

De esta forma, al analizar una serie de criterios como la cantidad de combustibles forestales, parámetros climáticos, rasgos topográficos, así como el registro histórico-temporal y asignándoles un valor de importancia sobre el peligro, se pueden obtener indicadores de gran utilidad para identificar áreas susceptibles de incendios forestales (Muñoz *et al.* 2001).

De esta manera con el siguiente diagrama se puede obtener un acercamiento a la estructura empleada con respecto a la metodología, así mismo, dar a conocer las etapas y procedimientos que se realizaron a cada una de las variables seleccionadas y poder cumplir con el objetivo

Cuadro 2. Metodología de la investigación “Susceptibilidad por Incendios Forestales en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca



3.1 Metodología de la Investigación

La metodología a seguir para la elaboración del presente Proyecto por medio del enfoque sistemático fue identificar áreas susceptibles a incendios forestales, a partir de la identificación de los factores (meteorológicos, físicos, vegetación y antrópicos) y las relaciones existentes entre sí, dentro de un ambiente SIG en el APFF Nevado de Toluca.

Para ello se utilizó el Software ARC GIS para la implementación y aplicación de la metodología que enseguida se desglosa; cabe señalar que unas de las técnicas para correr una regla de decisión en este software, se basa principalmente en la suma lineal ponderada en el cual deben indicarse las capas a introducir como criterios y el peso de cada uno para llevar a cabo la evaluación del objetivo de esta manera y conociendo que el software utilizado para esta investigación no cuenta con modulo donde el mismo puede asignarle los pesos a las variables, se optó por usar la operación fundamental dentro de este SIG mejor conocida como: el álgebra de mapas este permite conjugar los valores de distintos parámetros en cada una de las celdas que comprende el área de interés, para así definir la influencia de estos a través de las operaciones de suma o multiplicación, los datos asignados deben de estar en un formato raster para tener mejor control de los mismos.

3.1.1 Procesamiento de la investigación

Trabajo de gabinete:

Consiste en la recopilación, análisis, tratamiento y generación de información bibliográfica y cartográfica del proyecto de investigación.

a) *Recopilación documental:*

En cuanto a esta etapa, se revisaron y analizaron diversos artículos científicos los cuales abordan los incendios forestales desde distintos enfoques, además de fascículos generados por el CENAPRED, documentos, libros y revistas generados por la Comisión Nacional Forestal, que sirvieron de ayuda para explicar en qué consisten los incendios forestales, así como sus causas y con ello poder entender los factores que dan origen a los incendios forestales.

También de la adquisición de información estadística obtenida de la Institución Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) que corresponde a la base de datos sobre la incidencia de los incendios forestales por año (2013 – 2016) se revisó y se analizó

para poder ser proyectada en el software y así generar el shapefile de los registros de los incendios forestales.

b) Obtención de Cartografía

Para la obtención de la cartografía se clasificaron cuatro tipos de factores los cuales se describen a continuación.

3.1.2 Factores físicos

Las variables seleccionadas para la identificación de zonas susceptibles a incendios forestales fueron la altitud sobre el nivel del mar, pendiente y orientación de ladera.

El Modelo Digital de Elevación (DEM) se obtuvo del Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM), no existió la necesidad de generar un nuevo MDE, a partir de esta información se realizó una normalización, obteniendo de esta manera los pisos altitudinales, después de tener los pisos altitudinales se realizó una reclasificación y se obtuvo el mapa de altitud para la zona de estudio.

El mapa de pendientes: se obtuvo con la ayuda del Software Arc Gis y el Modelo Digital de Elevación (MDT) obtenido por (IGECEM), el mapa de pendientes se realizó con la herramienta la herramienta 3D Analyst Tools a través de Raster Surface se realizó el Slope para generar las pendientes y posteriormente se clasificaron en los rangos adquiridos para esta investigación, esto servirá para conocer el grado de pendiente existente en la zona de estudio.

Por otra parte, el mapa de exposición de ladera: que no es otra cosa más que la dirección que tiene la ladera con respecto al sol de la misma manera que el mapa anterior, se obtuvo del DEM la con la herramienta 3D Analyst Tools a través de Ráster Surface, se realizó el Aspect una vez obtenido el producto se reclasificó con la herramienta Reclassify y se le asignaron los rangos correspondientes, dichos procesos se realizaron en el software Arc Gis.

3.1.3 Factores meteorológicos

Las variables analizadas en esta etapa del estudio fueron la temperatura y la precipitación ya que tiene una influencia directa con la presencia de los incendios forestales. Estas variables se obtuvieron de los datos vectoriales adquiridos por el PROESNEVADO, se eligió

la temperatura ya que sus valores superiores son los que condicionan la presencia de incendios forestales, y la precipitación a contrario de la temperatura sus valores más bajos son los que condicionan la propagación de los incendios forestales, de esta manera se generó el mapa de isoyetas e isotermas.

3.1.4 Factores antrópicos

Una de las variables antrópicas que se utilizó para esta investigación fue la accesibilidad y esta se obtuvo por medio de la capa de vialidades obtenidas de (INEGI) la cual se recortó al límite del APFF Nevado de Toluca con ayuda del programa ArcGis, ya teniendo las vialidades se seleccionó dentro del programa ArcGis en la barra de herramientas la opción Geoprocessing y a su vez la opción de Buffer de esta manera se aplicó el buffer sobre el tipo de vialidades y se clasificó, de esta manera se obtuvo el mapa de vialidades (brecha y vereda, terracería, pavimentada y calle).

3.1.5 Factor vegetación

Las variables analizadas para este factor fueron el tipo de vegetación y la carga de combustible forestal.

Generación del mapa de Uso de suelo y Vegetación: se obtuvo una vez generado la cartografía temática de uso de suelo y vegetación generado de los datos vectoriales proporcionados por el PROESNEVADO, en el software Arc Gis, así mismo dentro de la base estadística del mapa se identificó la densidad de la vegetación en el cual se obtuvieron tres rangos densos, semidenso y fragmentado.

Otra de las variables importante para este estudio fue la carga de combustible forestal y para la obtención de esta capa, se revisó el trabajo de maestría realizado por Castañeda (2013) en donde en su estudio genera una evaluación de zonas vulnerables a incendios forestales en bosques de alta montaña en el Estado de México, de esta manera y con la ayuda de este trabajo se asignó la carga de combustible forestal muerto y se retomaron los datos que el autor tomó en su trabajo de campo cabe mencionar que una de las zonas analizadas por el autor es el área de estudio que se genera en este proyecto.

Una vez conociendo y determinado las variables necesarias para la identificación de zonas susceptibles a incendios forestales dentro del APFF Nevado de Toluca, se procedió a estandarizar espacialmente la información, es decir homogeneizar las referencias

espaciales que tenían y manejarlas con el Datum WGS84, coordenadas UTM zona 14 Norte.

3.2 Método Multicriterio

Barredo (1996) menciona que la evaluación multicriterio es un conjunto de técnicas utilizadas en la decisión multidimensional y los modelos de evaluación, dentro del campo de la toma de decisiones.

Los Métodos de Evaluación Multicriterio (EMC) son reconocidos como útiles en los procesos de decisión en materia ambiental, ya sea en la planificación como en la evaluación. Tales métodos juegan actualmente un importante papel en el enriquecimiento de la planificación ambiental.

Los SIG disponen de una herramienta muy importante para la toma de decisiones que es la Evaluación Multicriterio (EMC). Como esta se entiende a un conjunto de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, que sirven de soporte a los entes decisorios para describir, seleccionar, evaluar, jerarquizar o rechazar objetos, sobre la base de una evaluación (expresada en puntuaciones, valores o intensidades de preferencia), de acuerdo a varios criterios seleccionados en apoyo a la toma de decisiones (Barredo, 1996). En el caso de modelos ambientales (riesgos de incendios), este método valora las posibles alternativas de selección (vegetación, pendiente, uso de suelo, etc.) que van a ser considerados como los diversos criterios a evaluar según uno o más objetivos.

3.2.1 Ponderación de las Variables en Base a la Suma Lineal Ponderada.

Para desarrollo de la ubicación de zonas susceptibles a incendios forestales mediante Evaluación Multicriterio, se adaptó el modelo de riesgo de incendios de (Chuvienco, 1990 citado en Castañeda, 2011) al estudio de la identificación de áreas susceptibles a incendios forestales dentro del APFF Nevado de Toluca, esto considerando sus características físicas de la zona de estudio, por lo que se descartaron algunas capas criterio utilizadas por este autor y se incorporaron otras de mayor pertinencia.

Con base al estudio, cada variable se estructuró con sus diferentes criterios seleccionados. A su vez cada capa se reclasificó de forma cuantitativamente y cualitativamente con los siguientes valores en función del tipo asociado de susceptibilidad, bajo: 1; moderado: 2;

alto: 3; muy alto: 4. Posteriormente las capas criterios fueron ponderados para luego ser evaluados en una regla de decisión que genera un mapa de susceptibilidad para el objetivo.

Cuadro 3. Ponderación carga de combustible forestal.

<i>Carga de combustible muerto por cobertura vegetal en (t/ha-1)</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Susceptibilidad</i>
Bosque Fragmentado – 33.81	4	Muy alto
Bosque Semidenso – 23.95	2	Moderado
Bosque Denso – 25.13	1	Bajo

Fuente: Elaboración propia en base a Castañeda, (2013)

Cuadro 4. Ponderación uso de suelo y vegetación.

<i>Ponderación uso de suelo y vegetación</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Susceptibilidad</i>
Bosques	4	Muy alto
Pastizales y Matorrales	3	Alto
Agricultura	2	Moderado
Cuerpos de agua y zonas sin vegetación aparente	1	Bajo

Fuente: Elaboración propia en base a Castañeda, (2011)

Cuadro 5. Ponderación exposición de ladera.

<i>Rango</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Susceptibilidad</i>
90 ° - 180°	4	Muy alto
181 ° - 270°	3	Alto
271 ° - 360°	2	Moderado
0 ° - 89°	1	Bajo

Fuente: Elaboración propia en base a Castañeda, (2011)

Cuadro 6. Ponderación pendiente.

Rango	Ponderación	Susceptibilidad
45 ° - 90°	4	Muy alto
30 ° - 45°	3	Alto
10 ° - 30°	2	Moderado
0 ° - 10°	1	Bajo

Fuente: Elaboración propia en base a Castañeda, (2011)

Cuadro 7. Ponderación altitud.

Rango en m.s.n.m	Ponderación	Susceptibilidad
> = 2500	4	Muy alto
2501 - 3500	3	Alto
3501 - 4500	2	Moderado
<= 4501	1	Bajo

Fuente: Elaboración propia en base a Castañeda, (2011)

Cuadro 8. Ponderación temperatura.

Rango	Ponderación	Susceptibilidad
21.5°C – 26.5°C	4	Muy alto
16.5°C – 20.5°C	3	Alto
10.5°C – 15.5°C	2	Moderado
3.5°C – 9.5°C	1	Bajo

Fuente: Elaboración propia en base a Castañeda, (2011)

Cuadro 9. Ponderación precipitación.

<i>Rango</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Susceptibilidad</i>
450 - 650mm	4	Muy alto
750 - 850mm	3	Alto
950 - 1150mm	2	Moderado
1250 - 1450mm	1	Bajo

Fuente: Elaboración propia en base a Castañeda, (2011)

Cuadro 10. Ponderación vías de comunicación.

<i>Tipo accesibilidad</i>	<i>Ponderación</i>	<i>Susceptibilidad</i>
Vereda y Brecha	4	Muy alto
terracería	3	Alto
Carretera	2	Moderado

Fuente: Elaboración propia en base a Castañeda, (2011)

Los principales factores considerados en los modelos de incendios forestales, según Sarandon y Wysiecky (1992) son: 1. La vegetación; 2. La topografía (elevación, pendiente, orientación de laderas); 3. Los antecedentes de ocurrencia; 4. Factores meteorológicos; 5. Proximidad a carreteras, caminos y senderos, áreas urbanas y sitios, Tomando en cuenta las características particulares de un área dada, factores como los mencionados anteriormente pueden integrarse a un modelo cartográfico que permita identificar la susceptibilidad potencial a incendios forestales.

Una vez que se tienen las variables ponderadas pasan a ser rasterizadas dentro del programa ArcMap, este proceso se enfoca básicamente a la transformación de información en formato vectorial (puntos, líneas y polígonos) a un formato ráster (celdas), para poder desarrollar el modelo que se tiene por objetivo.

Castañeda (2011) menciona que el orden de importancia de los factores según el juicio de expertos en materia de incendios forestales, procedentes del departamento de Incendios forestales de PROBOSQUE es el siguiente.

Cuadro 11. Orden de importancia de los factores

<i>Factores</i>	<i>Variable</i>	<i>Orden de importancia</i>
Vegetación	Carga de combustible forestal	1
	Uso de suelo y vegetación	2
Fisiográficos	Orientación de ladera	3
	Pendiente	4
	Altitud	5
Meteorológicos	Temperatura	6
	Precipitación	7
Antrópicos	Vías de comunicación	8

Fuente: Elaboración propia con base a Castañeda, (2011)

3.2.2 Aplicación de la Evaluación Multicriterio (EMC)

Los distintos métodos y técnicas del método Evaluación Multicriterio se diferencian básicamente en los procedimientos aritméticos - estadísticos que realizan sobre las matrices de evaluación y prioridades, con lo cual se obtiene una evaluación final de las alternativas.

Con la operación de superposición de los SIG (álgebra de mapas en ArcMap) podemos integrar todos los factores que sean necesarios para determinar la susceptibilidad en una matriz homogénea de fácil composición que permita asignar el grado de susceptibilidad de manera cuantitativa para cada celda.

EL SIG ArcMap debido a que no cuenta con un módulo definido, que sea capaz de calcular los pesos de las variables utilizadas para llevar a cabo una EMC dentro del mismo se tiende por analizar alguna técnica para dicho proceso y una de las técnicas para correr la regla de decisión en este software, se basa principalmente en la suma lineal ponderada en el cual deben indicarse las capas a introducir como criterios y el peso (w_j) de cada uno para la evaluación del objetivo.

Este es uno de los métodos más utilizados en la EMC por su relativa sencillez y poca complejidad en su implementación (Gómez y Barredo, 2005). El nivel de adecuación de

cada alternativa se obtiene sumando el resultado de multiplicar el valor de cada criterio por su peso:

$$r_i = \sum_{j=1}^n w_j v_{ij}$$

Donde:

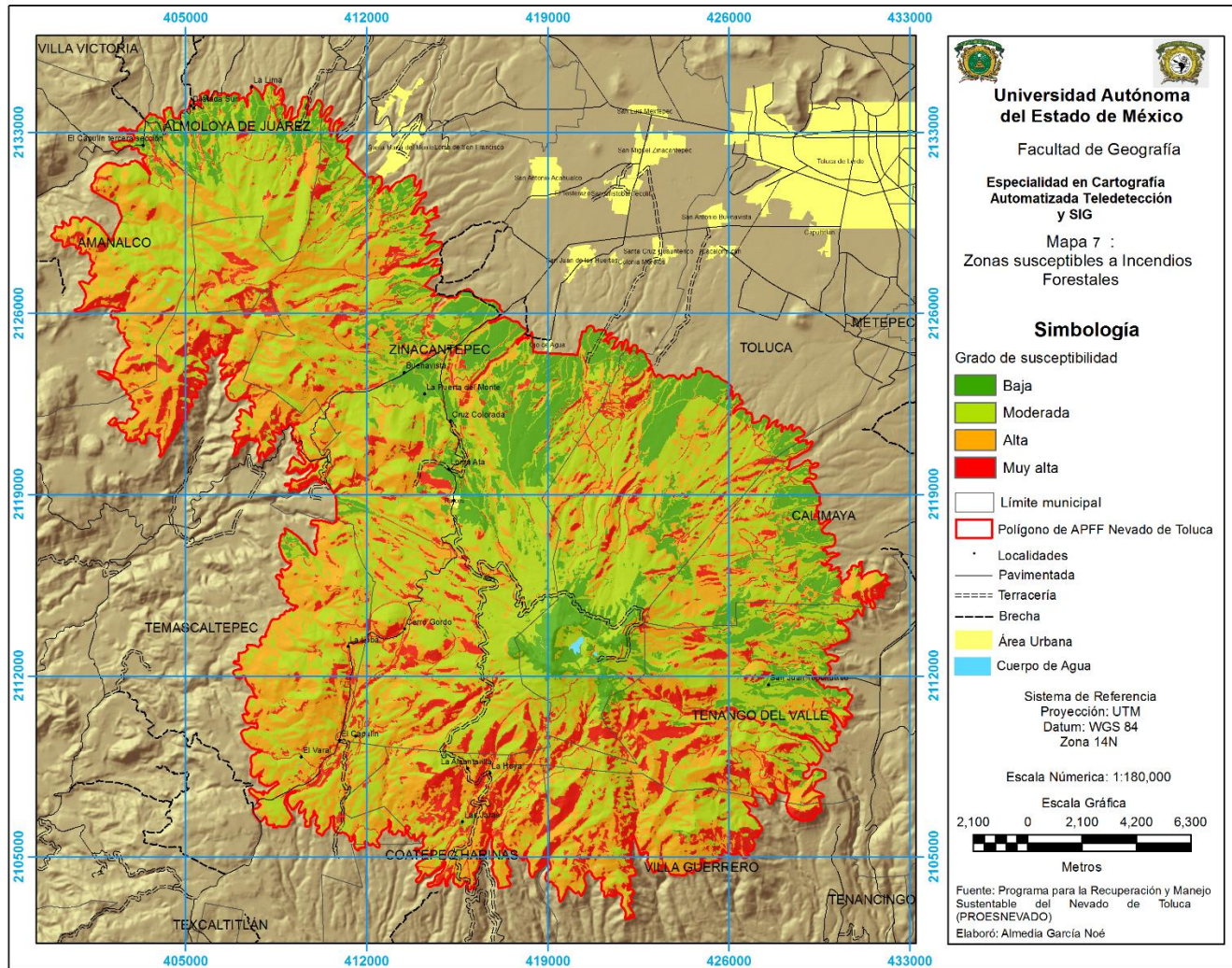
r_i es el nivel de adecuación de la alternativa i

w_j es el peso del criterio j

v_{ij} es el valor ponderado de la alternativa i en el criterio j

Una vez terminado el ingreso de los factores (meteorológicos, fisiográficos, antrópicos y de vegetación) mediante la suma lineal ponderada en el software Arc Map y mediante la herramienta de algebra de mapas se obtiene como resultado de este proceso las zonas susceptibles a incendios forestales en el área natural protegida (ver figura 7).

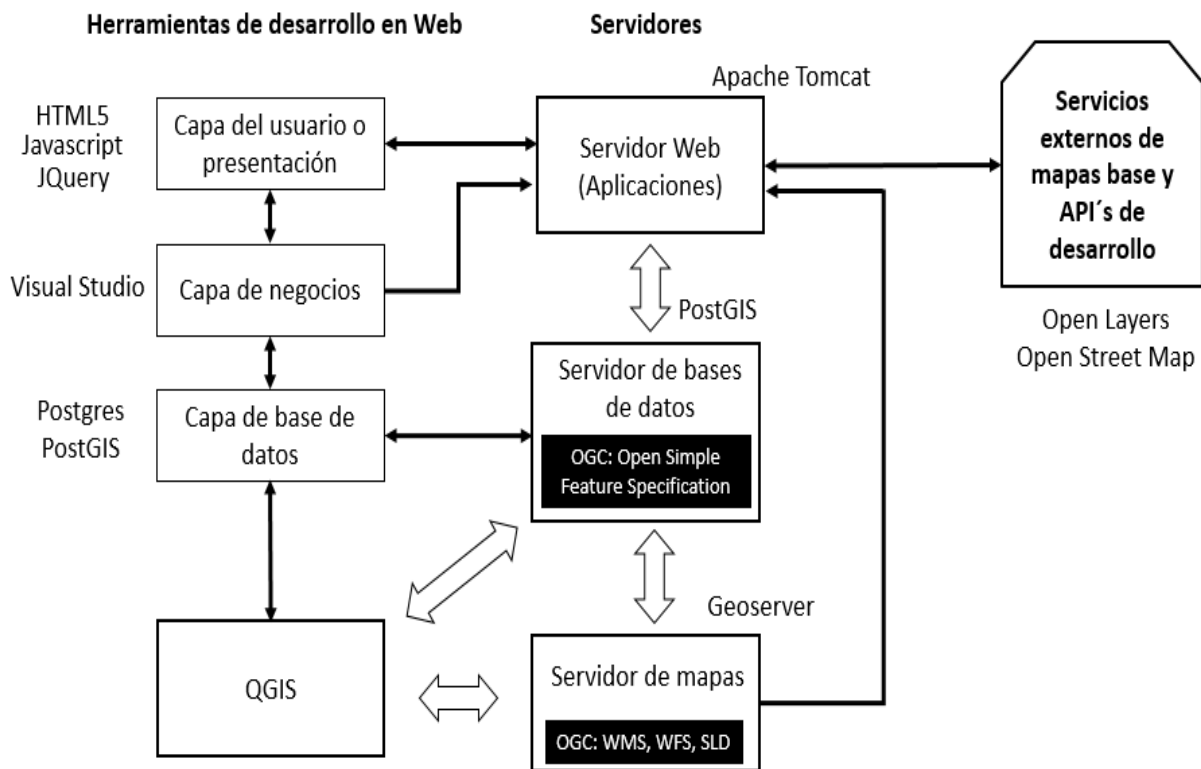
Figura 7. Mapa de zonas susceptibles a incendios forestales en el APFF Nevado de Toluca



3.3 Diseño e Implementación del Visualizador WEB.

Ya que se tienen las áreas susceptibles del fenómeno estudiado, se procede a generar e implementar el Visualizador Web de las Zonas Susceptibles a Incendios Forestales en el Área de Protección de Flora y Fauna nevado de Toluca. Para esto se utilizó la metodología basada en Roger Tomlison (se puede encontrar en su libro “Pensamientos del SIG, 2008”) donde menciona diez etapas para la implementación del visualizador, sin embargo, se modificó para poder cumplir los objetivos del proyecto.

Imagen 2 Diagrama Metodológico de la Arquitectura Geotecnológica



Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 Arquitectura Geotecnológica

El servidor Web almacena y distribuye las aplicaciones hacia las peticiones solicitadas por los clientes a través de un sistema desarrollado para un navegador o una aplicación para un dispositivo móvil. Los requerimientos al servidor son hechos a través de una conexión de red y para ello se utiliza el protocolo HTTP. Realizada la petición mediante el protocolo HTTP el servidor Web la recibe, localiza la página Web en su sistema de archivos y la regresa hacia el navegador que realizó la solicitud. El servidor Web utilizado para la administración de las páginas Web del framework geotecnológico es Apache Tomcat, un servidor altamente configurable, con mucha aceptación en la comunidad de desarrolladores Java, modular, de código abierto, multiplataforma, extensible, fácil de obtener y con licenciamiento freeware.

El servidor de bases de datos almacena y gestiona la información descriptiva y geográfica sobre un esquema de Sistema Administrador de Bases de Datos Relacionales Extendidas. Este tipo de bases de datos extienden sus capacidades hacia nuevas estructuras y tipos de datos sin llegar a considerarse como Bases de Datos Orientadas a Objetos. Estas extensiones consideran la incorporación de objetos espaciales, de tal manera que a través de un estándar desarrollado por el OGC (OpenGIS Implementation Specification for Geographic information - Simple feature access) se incorporan las estructuras a través de las cuáles son almacenados los objetos espaciales, específicamente a través de una clase que se traduce en un tipo de dato denominado geometry. Sobre el tipo de dato geometry es posible almacenar e instanciar objetos de tipo punto, multipunto, línea, multilínea, polígono, multipolígono y colecciones geométricas que incluyen la combinación de los objetos previamente mencionados. Adicionalmente la clase geometry considera el uso de funciones espaciales que permiten realizar procesos geográficos como son intersects, union, difference, crosses, within, disjoint, distance, entre otros. La información espacial es cargada a la base de datos sobre un Sistema de Referencia Espacial identificado sobre un atributo de la clase geometry denominado SRID. El SRID o Identificador de Referencia Espacial se define como un identificador que determina el Datum y el Sistema de Referencia Espacial de las geometrías almacenadas en la base de datos, establecido originalmente por el EPSG (European Pretroleum Survey Group) ahora conocido como IOGP (International Association of Oil & Gas Producers) es una base de datos que contiene las definiciones de los sistemas de referencia de coordenadas y sus transformaciones en un contexto local, nacional, regional y global. Así por ejemplo el SRID se define por un número que determina

los parámetros geodésicos de cada región, siendo el SRID 4326 el que determina los parámetros sobre un datum WGS84 en coordenadas geográficas, y es utilizado por servicios de mapas en Web como Google Maps y Open Street Map.

La herramienta fue implementada sobre el Sistema Administrador de Bases de Datos Relacionales PostgreSQL con las extensiones espaciales del componente de PostGIS, clasificados ambos como software libre gratuito, la base de datos espacial de código abierto más ampliamente utilizada, compatible con los estándares del OGC lo que se traduce en facilitar el intercambio de información geográfica y la interoperabilidad, soporte de índices espaciales y más de mil funciones espaciales, con un gran número de clientes SIG de escritorio y servidores de mapas en Web y considerada una alternativa real al software propietario.

El servidor de mapas gestiona las peticiones y distribución de la información geográfica a través de servicios web de mapas basados en estándares definidos por el OGC. La arquitectura del servidor de mapas incluye la conexión hacia las fuentes de información geográfica almacenadas en la base de datos de Postgres y el componente espacial PostGIS. La estructura de geoserver como servidor de mapas utilizado en la implementación de la herramienta, involucra la creación de un almacén de datos de tipo Postgres/PostGIS en el cual son configurados los servicios de publicación de capas.

3.3.2 Determinación de las variables

Dentro de este apartado las variables que se proyectaron en el visualizador se obtuvieron de las instituciones como son PROESNEVADO, INEGI y PROBOSQUE

Cuadro 12. Variables Ingresadas en el Visualizador.

Capas	Variables	Escala de la información	Institución	Tipo de dato	
Vegetación	Carga de combustible	1:20,000	PROESNEVADO	Geoespacial	
	Uso de Suelo y Vegetación				
Fisiográficos	Orientación de ladera	Modelo digital de Elevación			
	Pendiente				
	Altitud				
Meteorológicos	Temperatura	1:50,000			
	Precipitación				
Antrópicos	Vías de comunicación	1:50,000			INEGI
	Registros de incendios	Formato Excel			PROBOSQUE
Multicriterio	Zonas Susceptibles a Incendios Forestales	1:180,000			Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Base de Datos de los Registros de Incendios Forestales

Para el proyecto, se consideró primordial la adquisición de la base de datos de los registros de incendios forestales estos se ocuparon para ubicar espacialmente la localización las zonas donde se han generado los incendios forestales durante el periodo 2013 – 2017 en el APFF Nevado de Toluca, con estos datos se generó el mapa de incidencia, este sirvió para conocer la distribución espacial de los siniestros, así como también pretende validar los resultados obtenidos; la variable incidencia tiene como objetivo verificar que, las zonas susceptibles a incendios forestales resultantes de la evaluación multicriterio, tengan relación con la ubicación de los siniestros ocurridos durante el periodo estudiado dentro del ANP y así determinar si los incendios forestales registrados en el área de estudio son originados por causas naturales o antrópicas.

3.3.4 Instalación y Configuración de los Requerimientos Tecnológicos

Clemente, (2017) Menciona que Geoserver es un servidor de mapas de código abierto escrito en Java. El servicio WMS con Goserver requiere de aplicaciones previamente instaladas para su funcionamiento y configuración, mismas que se especifican a continuación:

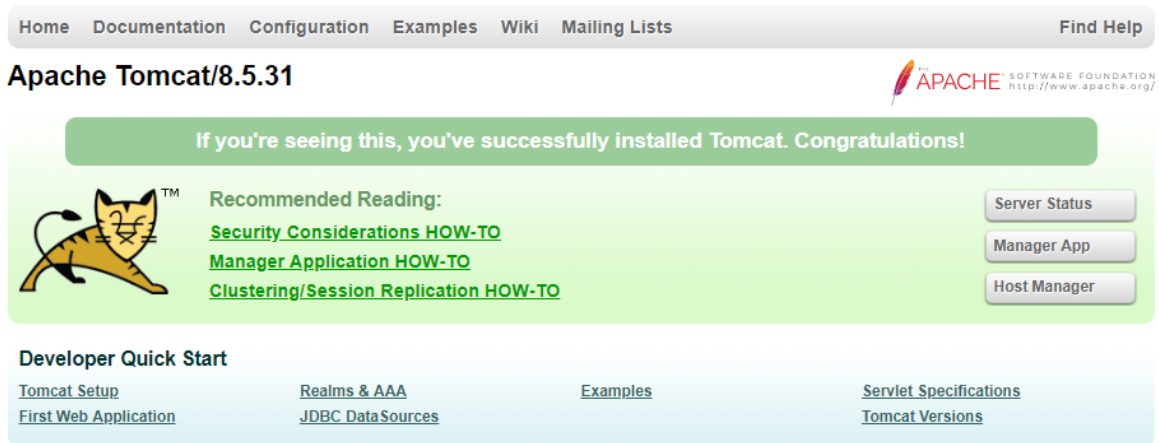
Java

Cabe mencionar que Java es una plataforma informática constituida por tecnologías capaces de ejecutar herramientas desarrolladas usando lenguaje que las compila a bytecode (se refiere al tipo de instrucciones que la máquina virtual Java espera recibir, para posteriormente ser compiladas a lenguaje de maquina).



Apache Tomcat

El servidor de aplicaciones Tomcat utiliza el puerto de comunicación 8080 y se instaló la versión 8.0 de Apache Tomcat. Dentro de la configuración del servidor se crearon dos variables de entorno desde las propiedades del sistema, para Java (JAVA_HOME) y para Tomcat (CATALINA_HOME).



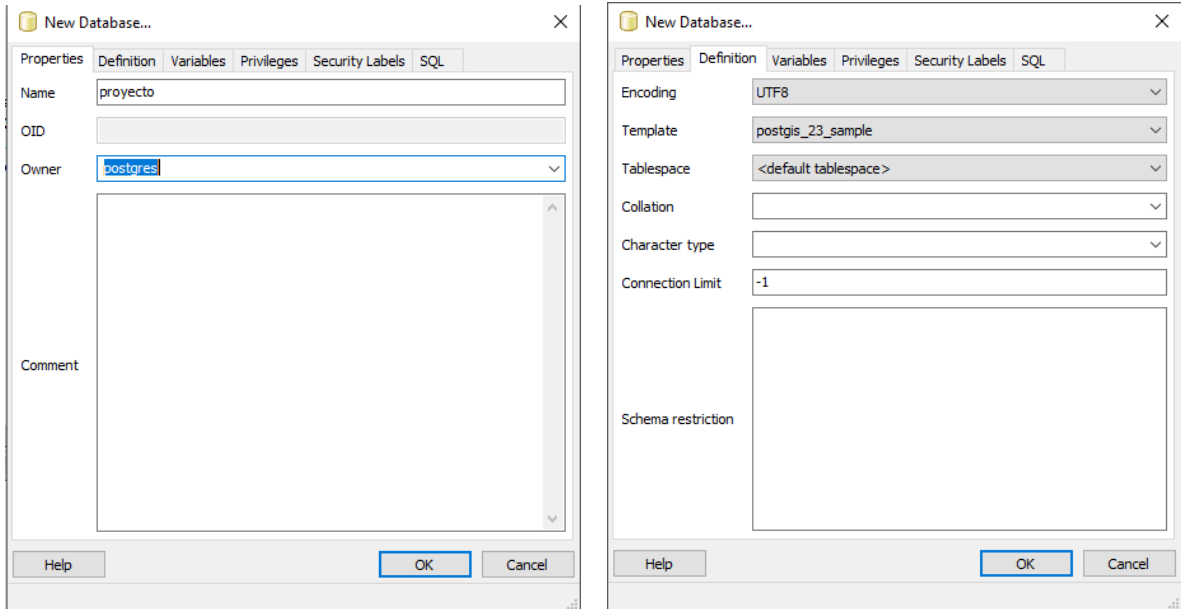
The screenshot shows the Apache Tomcat 8.5.31 web interface. At the top, there is a navigation bar with links for Home, Documentation, Configuration, Examples, Wiki, and Mailing Lists, along with a Find Help button. Below the navigation bar, the title "Apache Tomcat/8.5.31" is displayed. A green banner contains the message: "If you're seeing this, you've successfully installed Tomcat. Congratulations!". To the left of the banner is the Tomcat logo (a yellow cat). To the right of the banner, there are three buttons: "Server Status", "Manager App", and "Host Manager". Below the banner, there is a "Developer Quick Start" section with several links: "Tomcat Setup", "First Web Application", "Realms & AAA", "JDBC DataSources", "Examples", "Servlet Specifications", and "Tomcat Versions".

Una vez que se encuentra Java y Apache Tomcat se procedió a agregar en el gestor de aplicaciones Web de Tomcat a GeoServer.


3.3.5 Implementación

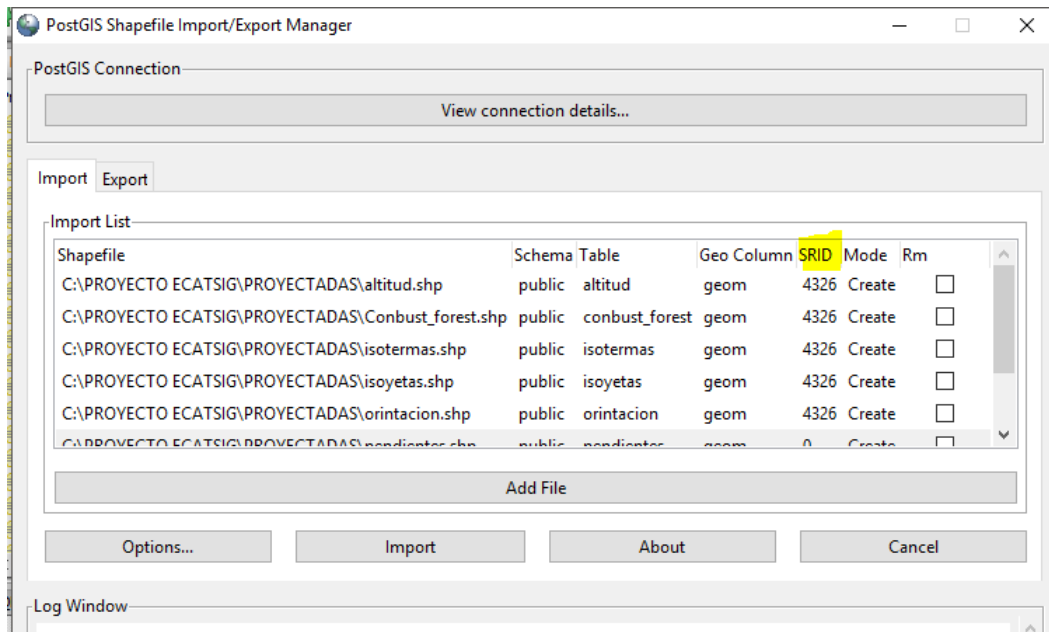
PostgreSQL-PostGIS.

Para este proyecto se utilizó la versión de PostgreSQL 9.4, para subir el contenido de la cartografía temática utilizada en este proyecto a GeoServer se realizó lo siguiente. Primero se creó una base de datos en PostgreSQL con el nombre de proyecto conectado con el servidor (localhost:5432) y con las siguientes características.

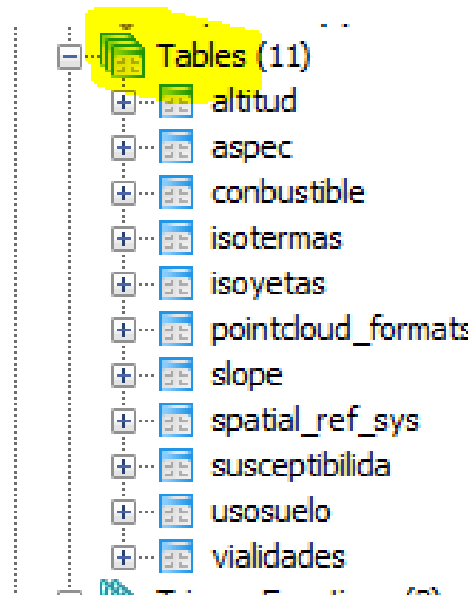


Una vez que se tiene el espacio de trabajo se prosede a cargar los shape para esto dentro

del PgAdmin se abre el icono  y se selecciona la opcion llamada postgis shapefile anddbf loader 2.2, dentro de la pantalla que se abre se busca la ruta de las capas que cargaremos se seleccionan y se le coloca el sistema de refeencia en la parte de srid para este caso se utilizo el 4326 equivalente al sistema de referencia WGS84 quedando de la siguiente manera.



Una vez que están cargados solo se selecciona la pestaña import y de los shape seleccionados se importarán sus tablas, estas serán importadas a la base de datos que se creó al inicio, estas tablas se encuentran en la siguiente ruta: Base de Datos = Proyecto – Schemas – Public – Tables (dentro de esta se encuentran las tablas de los shape importados)



Posteriormente se comprobó la creación de las tablas en PostgreSQL para esto se creó una conexión con QGIS esto sirve para verificar el contenido de las capas que se importaron se comprobó para esto se realizó lo siguiente, se ingresó a QGIS y se hizo una nueva conexión a PostGIS, con el nombre postgis, servidor localhost, puerto 5432, base de datos proyecto, y nombre de usuario y contraseña postgres. Se conectó la conexión y se añadieron los 9 shapefiles del esquema public. A partir de este proceso se identificó que el total de los shapefiles se cargaron correctamente.

Geoserver

Dentro del programa lo que se hizo es subir y publicar las capas que serán cargadas dentro del visualizador, para esto se creó un espacio de trabajo llamada nevado esta se configuró con los datos de PostGIS Database, esto sirvió para generar una conexión con las bases de datos y poder representar la capa que se visualizará.

Por otro lado también se creó un almacén de datos con el nombre de nevado susceptibilidad dentro de este espacio lo que se hace es seleccionar las capas para su publicación y la

visualización en ambiente web para esto se tienen que llenar ciertos requerimientos de los cuales se hace la conexión con postgis, el portal donde se enlaza el proyecto es el localhost con número de puerto 5432, así mismo se le coloca el sistema de referencia utilizado y se publica la capa. Sin embargo, al previsualizar la capa este módulo de Geoserver le designa un tipo de estilo es decir le da una representación de colores en tonos grises. Para fines de este proyecto y para mejorar la interpretación visual de las capas que se publicaran se necesitó una simbología personalizada para esto se utilizó otra aplicación en la cual se describe más adelante.

Identificado como admin. [Cerrar sesión](#)

Espacios de trabajo

Gestionar los espacios de trabajo de GeoServer

- Agregar un nuevo espacio de trabajo
- Eliminar los espacios de trabajo seleccionados

Resultados 1 a 1 (de un total de 1 ítems)

Nombre del espacio de trabajo	Por defecto	Isolated
nevadotoluca	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Almacenes de datos

Gestionar los almacenes que proveen datos a GeoServer

- Agregar nuevo almacén
- Eliminar los almacenes seleccionados

Resultados 1 a 2 (de un total de 2 ítems)

Tipo de datos	Espacio de trabajo	Nombre del almacén	Tipo	¿Habilitado?
<input type="checkbox"/>	nevadotoluca	caparaster	GeoTIFF	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	nevadotoluca	nevadosusceptibilidad	PostGIS	<input checked="" type="checkbox"/>

Capas

Gestionar las capas publicadas por GeoServer

- Agregar nuevo recurso
- Eliminar las capas seleccionadas

Resultados 1 a 9 (de un total de 9 ítems)

Tipo	Título	Nombre de la capa	Almacén	Habilitada?	SRS nativo
<input type="checkbox"/>	altitud	nevadotoluca:altitud	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	aspec	nevadotoluca:aspec	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	combustible	nevadotoluca:combustible	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	isotermas	nevadotoluca:isotermas	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	isoyetas	nevadotoluca:isoyetas	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	slope	nevadotoluca:slope	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	susceptibilidad	nevadotoluca:susceptibilidad	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	usosuelo	nevadotoluca:usosuelo	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326
<input type="checkbox"/>	vialidades	nevadotoluca:vialidades	nevadosusceptibilidad	<input checked="" type="checkbox"/>	EPSG:4326

Previsualización de capas

Despliega todas las capas configuradas en GeoServer y proporciona una vista previa en varios formatos.

<< < 1 > >> Resultados 1 a 9 (de un total de 9 ítems)

Tipo	Título	Nombre	Formatos habituales	Todos los formatos
	alitud	nevadotoluca:alitud	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼
	aspec	nevadotoluca:aspec	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼
	combustible	nevadotoluca:combustible	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼
	isotermas	nevadotoluca:isotermas	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼
	isoyetas	nevadotoluca:isoyetas	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼
	slope	nevadotoluca:slope	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼
	susceptibilida	nevadotoluca:susceptibilida	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼
	usosuelo	nevadotoluca:usosuelo	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼
	vialidades	nevadotoluca:vialidades	OpenLayers KML GML	Seleccionar una ▼

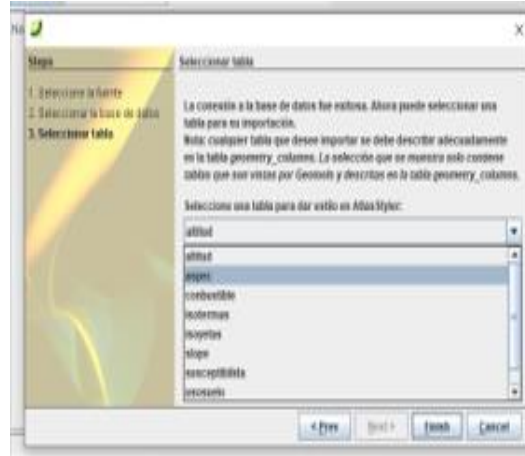
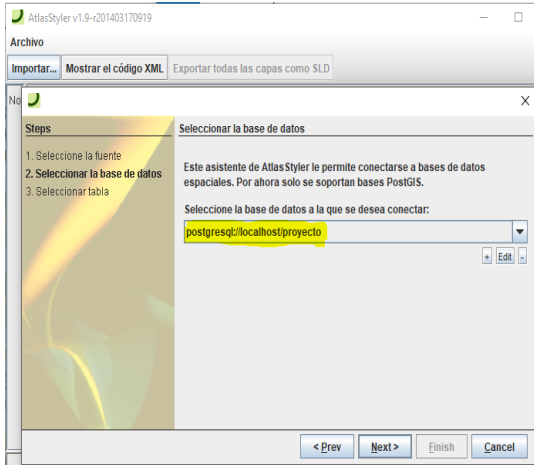
<< < 1 > >> Resultados 1 a 9 (de un total de 9 ítems)

AtlasStyler

Para determinarle un tipo de representación a las capas que se emplearon se utilizó la plataforma denominada AtlasStyler, dentro de esta aplicación lo que se genera es darle un estilo de simbología a cada capa que se empleara en el visualizador para esto se sigue el siguiente procedimiento.

Se ingresó al programa AtlasStyler y se seleccionó la fuente (desde un servidor PostGIS). Posteriormente se abre una nueva ventana donde se seleccionaron los parámetros de conexión y enseguida se eligió la base de datos a conectar, en este caso la base de datos tiene el nombre de las variables utilizadas en este proyecto.

Una vez seleccionada la base de datos se abre otra ventana en la cual nos indica la configuración para generar el estilo que se pretende realizar, dentro de ella la representación se hace por valores únicos se aplican y se seleccionan los colores para representar la variable para este caso se utilizó la paleta de semáforo la cual va del verde al rojo en donde lo verde indica una susceptibilidad baja y lo rojo una susceptibilidad Muy alta. Por ultimo este estilo se exporta como un formato en código con extensión SLD y este a la vez es copiado al programa de geserver en donde se coloca el código se guarda y se les colocan a las capas para su posterior representación.



AtlasStyler: DB: postgresql://localhost/incendios altitud

Modo de uso: fácil experto

Dibujar categorías usando valores únicos de un campo.

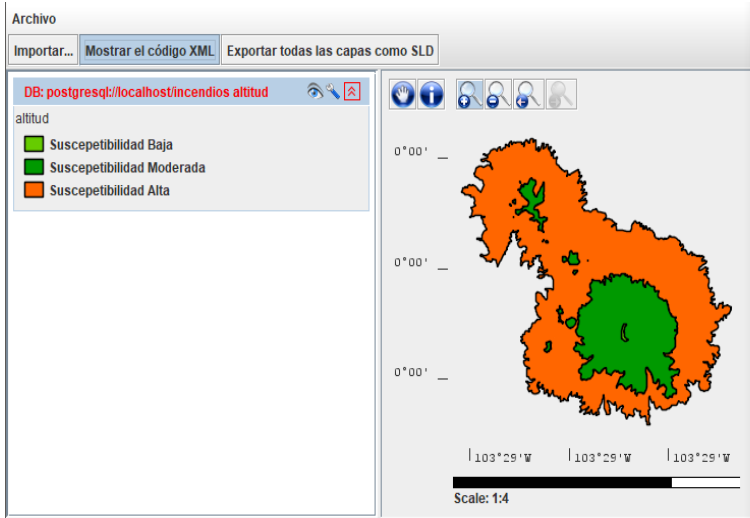
Campo de valor: Colores y plantilla

símbolo para "todos los demás"

Símbolo	Valor	Etiqueta
	1	1
	2	2
	3	3

Agregar nuevo Duplicar Remover ▲ ▼

Agregar todos los valores Agregar valores Remover Remover todo ▲ ▼



```

altitud altitud.production
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<slid:UserStyle xmlns="http://www.opengis.net/slid"
xmlns:sld="http://www.opengis.net/sld" xmlns:gml="http://www.opengis.net/
xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
  <slid:Name>AtlasStyler 1.9</slid:Name>
  <slid:Title/>
  <slid:FeatureTypeStyle>
    <slid:Name>UNIQUE_VALUE_POLYGON</slid:Name>
    <slid:Title>UniqueValuesPolygonRule</slid:Title>
    <slid:FeatureTypeName>Feature</slid:FeatureTypeName>
    <slid:Rule>
      <slid:Title>Susceptibilidad Baja</slid:Title>
      <ogc:Filter>
        <ogc:And>
          <ogc:PropertyIsEqualTo>
            <ogc:Literal>ALL_LABEL_CLASSES_ENABLED</ogc:Literal>
            <ogc:Literal>ALL_LABEL_CLASSES_ENABLED</ogc:Literal>
          </ogc:PropertyIsEqualTo>
          <ogc:And>
            <ogc:Not>
              <ogc:Or>
                <ogc:PropertyIsNull>
                  <ogc:PropertyName>valor</ogc:PropertyName>
                </ogc:PropertyIsNull>
                <ogc:PropertyIsEqualTo>
                  <ogc:Literal>NEVER</ogc:Literal>
                  <ogc:Literal>TRUE</ogc:Literal>
                </ogc:PropertyIsEqualTo>
              </ogc:Or>
            </ogc:Not>
          </ogc:And>
        </ogc:Filter>
      </slid:Rule>
    </slid:FeatureTypeStyle>
  </slid:UserStyle>

```

3.3.6 Diseño Gráfico de la Interfaz

Para el diseño de la página web se retomó un código fuente, el cual fue editado para los fines del proyecto. Los aspectos que se editaron en los diferentes lenguajes de programación que se mencionan a continuación.

- ❖ **.HTML:** Hace referencia al lenguaje para la elaboración de páginas web, define una estructura básica y un código para la definición de contenido de una página web, como lo son el texto, imágenes entre otros.
- ❖ **.CSS:** es un lenguaje de hojas de estilos creado para controlar el aspecto o presentación de los documentos electrónicos definidos con HTML y XHTML
- ❖ **.JS:** JSON (JavaScript Object Notation Notacion de objetos de JavaScrip) es un formato ligero de intercambio de datos.

Para el lenguaje html es importante mencionar que se utilizaron librerías de Bootstrap las cuales permitieron anexar información mediante botones que la librería ya tenía incluidos.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <meta charset="utf-8" />
5 <meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=no, width=device-width">
6
7 <title>APFF Nevado de TOLUCA</title>
8 <link rel="icon" type="image/png" href="img/logo_world.png" />
9
10 <!-- Styles for OpenLayer: General and Layer Panel Selection (layerSwitcher) -->
11 <link type="text/css" rel="stylesheet" href="css/ol_custom.css" />
12 <link type="text/css" rel="stylesheet" href="css/ol3-layerswitcher.css" />
13
14 <!-- Styles for OpenLayer: Geocoder and Popup -->
15 <link rel="stylesheet" href="css/ol3-popup.css">
16 <link rel="stylesheet" href="css/ol3-geocoder.css">
17
18 <!-- javascript libraries for OpenLayer and JQuery -->
19 <script src="https://openlayers.org/en/v4.1.1/build/ol.js"></script>
20 <script type="text/javascript" src="js/ol.js" type="text/javascript"></script>
21 <script src="js/jquery-2.1.1.js" defer="defer" type="text/javascript"></script>
22
23 <!-- Necessary for Bootstrap -->
24 <script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.12.2/jquery.min.js"></script>-->
25 <script src="js/jquery.min.js"></script>
26 <script src="bootstrap-3.3.7-dist/js/bootstrap.min.js" type="text/javascript"></script>
27 <link rel="stylesheet" href="bootstrap-3.3.7-dist/css/bootstrap.min.css" />
28 <link rel="stylesheet" href="bootstrap-3.3.7-dist/css/bootstrap-theme.min.css" />
29 <link rel="stylesheet" href="font-awesome-4.7.0/css/font-awesome.min.css">
30
```

Del lenguaje .js permitió cargar las capas de información para que éstas puedan ser visualizadas en el visualizador.

```

118 new ol.layer.Group({ //Declares an object in the class .Layer.Group . This is th
119   title: 'Capas de información',
120   layers: [
121     new ol.layer.Tile({
122       title: 'Carga de Combustible forestal',
123       visible: false,
124       source: new ol.source.TileWMS({
125         url: 'http://localhost:8080/geoserver/nevadotoluca/wms',
126         params: {'LAYERS': 'nevadotoluca:combustible', 'TILED': true},
127         transparent: true,
128         serverType: 'geoserver'
129       })
130     }),
131     new ol.layer.Tile({
132       title: 'Vialidades',
133       visible: false,
134       source: new ol.source.TileWMS({
135         url: 'http://localhost:8080/geoserver/nevadotoluca/wms',
136         params: {'LAYERS': 'nevadotoluca:vialidades', 'TILED': true},
137         transparent: true,
138         serverType: 'geoserver'
139       })
140     }),
141     new ol.layer.Tile({
142       title: 'Isotermas',
143       visible: false,
144       source: new ol.source.TileWMS({
145         url: 'http://localhost:8080/geoserver/nevadotoluca/wms',
146         params: {'LAYERS': 'nevadotoluca:isotermas', 'TILED': true},
147         transparent: true,
148         serverType: 'geoserver'
149       })

```

3.3.7 Pruebas del visualizador

Ya como parte final de la metodología para probar la funcionalidad del visualizador se realizaron ciertas pruebas en donde se examinaron la funcionalidad de las pestañas con los que cuenta el visualizador

Cuadro 13. Pruebas

<u>Nombre la prueba</u>	<u>Datos a probar</u>	<u>Resultado obtenido</u>	<u>Funcionalidad del visualizador</u>	<u>Errores</u>
<i>Ejecución del código index html</i>	Función del inicio del visualizador	Inicio exitoso	Correcto	Ninguno

Conexión de la base datos Posgres SQL	Visualización de la base de datos de las capas incendios y susceptibilidad	Conexión exitosa	Correcto	Ninguno
Visualización de las capas	La representación de las capas dentro del visualizador	Visualización exitosa	Correcto	Ninguno
Descarga de la información en formato KML	La descarga de la capa en formato kml	Descarga exitosa	Correcto	ninguno
Conexión con las páginas web insertadas en los logotipos	Ejecución de los links utilizados	Ejecución exitosa	Correcto	Ninguno
Cambio de capas de los mapas base instalados en el visualizador	Visualización de los mapas base	Visualización Exitosa	Correcto	Ninguno

Fuente: Elaboración propia.

3.3.8 Diseño de la Ficha de Consulta de Información de la Capa Susceptibilidad a Incendios Forestales

Para la generación de la ficha de consulta de la información esta se realizó en el software llamado Visual Studio dentro de este se generó y se desarrolló la ficha.

Los pasos a seguir para la implementación de esta ficha se generó lo siguiente.

- ❖ como primer paso se diseñó y se estructuró el formulario en base a una tabla de contenido la cual es implementada mediante tablas y columnas. cada fila representa las características que determinan la susceptibilidad, así mismo se implementó un textbox en el cual se cargaron los datos del identificador para ser visibles.
- ❖ El segundo paso fue hacer la conexión de la ficha generada en visual studios con la base de datos de la variable susceptibilidad, para poder ser llenada cuando se seleccionó una zona específica de la variable susceptibilidad.

- ❖ Por último, se implementó el código para estructurar la funcionalidad de la ficha de consulta de información, esto significa que cuando se seleccionó una zona de la variable susceptibilidad esta nos arroja una ficha con todas las características que influenciaron para determinar que esa área es susceptible a incendios forestales.

Susceptibilidad a Incendios Forestales en el APFF Nevado de Toluca

Tipo de Susceptibilidad	
Superficie	
Tipo de Vegetación	
Cantidad Combustible Forestal	
Tipo de Densidad	
Grado de Pendiente	
Grado de Orientación de Ladera	
Altitud	
Temperatura	
Precipitación	
Tipo de Accesibilidad	
Porcentaje de Área Susceptible	

Guardar
Actualizar
Eliminar

Diseño y estructura de la ficha de la consulta de información de las zonas susceptibles a incendios forestales.

textbox: lugar donde se mostrará la información

Implementación del código para la funcionalidad de la ficha.

```

public partial class Susceptibilidad : System.Web.UI.Page
{
    //Crear un objeto de tipo Conexión a la base de datos
    OdbcConnection cn = new OdbcConnection();

    protected void Page_Load(object sender, EventArgs e)
    {
        int id;
        //Definimos las características de la conexión
        string cadena = "DSN=PostgreSQL35W; server=localhost; Database=proyecto; Port=5432; UID=postgres;";
        //Asignamos la cadena de conexión a la propiedadConnectionString del objeto cn
        cn.ConnectionString = cadena;
        //Abrir la conexión a la base de datos
        cn.Open();

        id = Convert.ToInt32(Request.QueryString["id"]);
        //LlenaGrid();
        CargaDatos(8398);
    }

    protected void LlenaGrid()
    {
        //Obtenemos los datos de la tabla a través de un escenario desconectado
        string comando;
        comando = "select valor, sucepti, superficie, combustibleforestal from susceptibilidad";
        OdbcDataAdapter da = new OdbcDataAdapter(comando, cn);
        DataSet ds = new DataSet();
        da.Fill(ds, "tablasus");
        GridView1.DataSource = ds.Tables["tablasus"].DefaultView;
        GridView1.DataBind(); //Pinta la malla
    }

    protected void CargaDatos (int id)
    {
        string comando;
        comando = "select sucepti,superficie, tipovegetacion, combustibleforestal, tipodensidad, OdbcDataAdapter da = new OdbcDataAdapter(comando, cn);
        DataSet ds = new DataSet();
        da.Fill(ds, "tablasus");";

        TextBox1.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[0].ToString();
        TextBox2.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[1].ToString();
        TextBox3.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[2].ToString();
        TextBox4.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[3].ToString();
        TextBox5.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[4].ToString();
        TextBox6.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[5].ToString();
        TextBox7.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[6].ToString();
        TextBox8.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[7].ToString();
        TextBox9.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[8].ToString();
        TextBox10.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[9].ToString();
        TextBox11.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[10].ToString();
        TextBox12.Text = ds.Tables["tablasus"].Rows[0].ItemArray[11].ToString();
    }

    protected void Button1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
    }
}

```

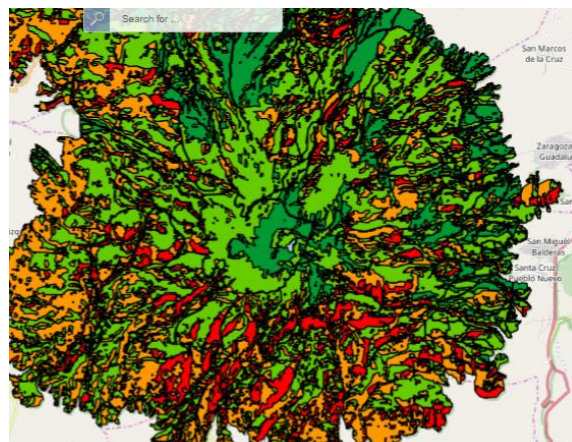
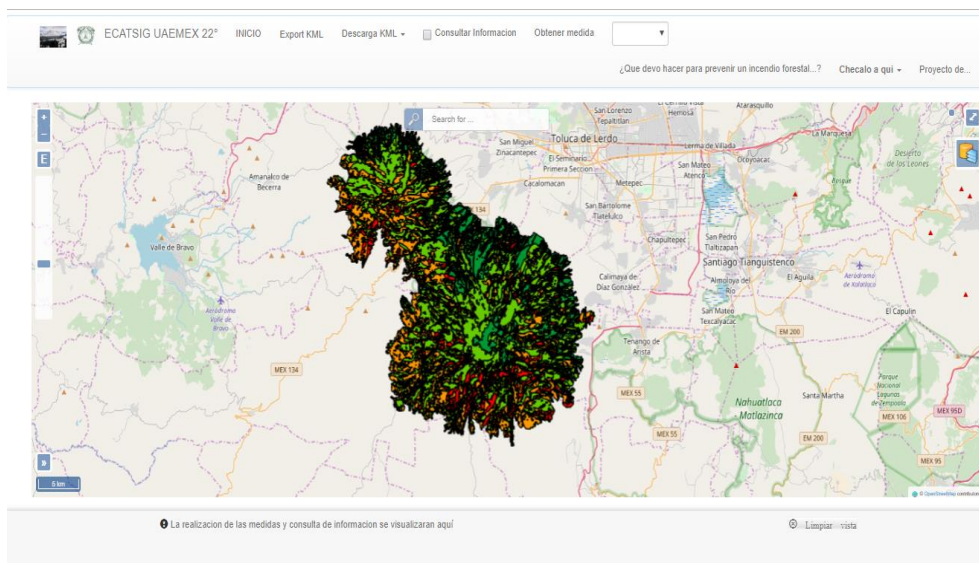
CAPITULO VI

RESULTADOS

4.0 Resultados

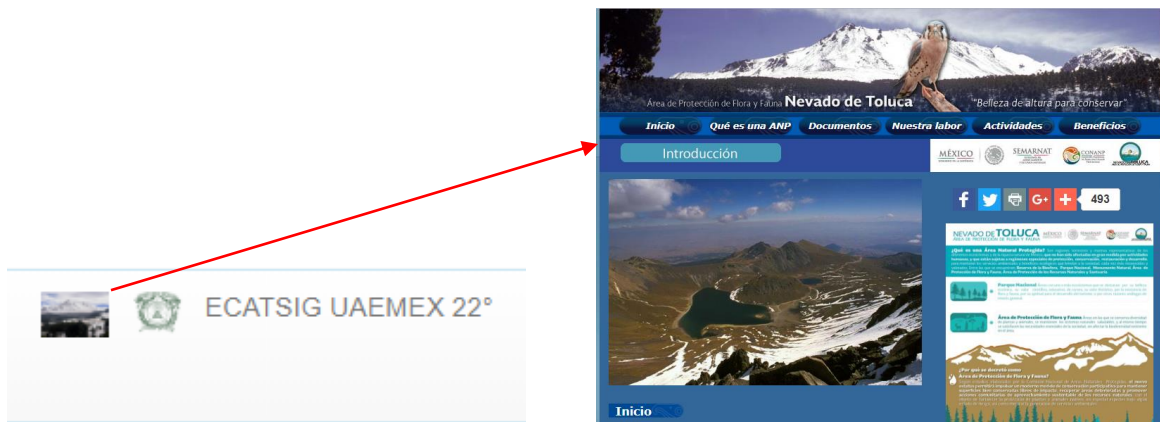
Dentro de los resultados tenemos como producto final un visualizador que representa las zonas susceptibles a incendios forestales, así como sus variables utilizadas que se implementaron para el desarrollo del proyecto, así mismo se representan los registros de incendios forestales del periodo 2013 – 2017 el cual nos sirve como valides de las zonas susceptibles generaras dentro de este estudio

Es decir, como resultado se obtuvo un sitio Web destinado al a visualización y representación espacial de los registros, así como de las zonas susceptibles a incendios forestales dentro del APFF Nevado de Toluca, con el fin de ser consultada y que esta sirva para la toma de decisiones encaminadas a la mitigación de este fenómeno ya que conociendo las áreas susceptibles a incendios forestales es posible prevenir un incendio forestal.



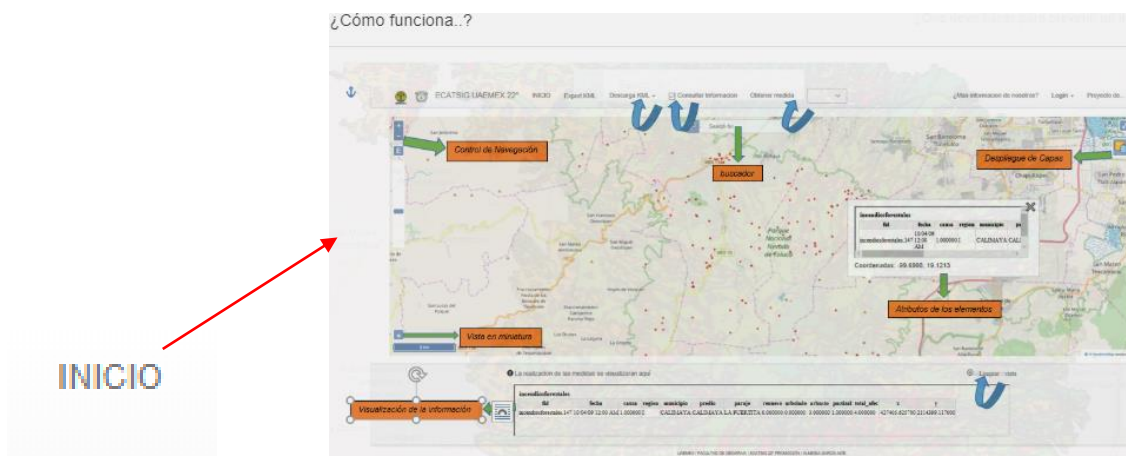
Las funciones del visualizador se agruparon en ciertas pestañas las cuales tienen una aplicabilidad para el visualizador donde a continuación se resume cual es la función de cada una:

En la parte superior izquierda encontramos dos logotipos una pertenece al APFF Nevado de Toluca y el otro la Universidad Autónoma del Estado de México seleccionándolas nos envía a la página principal de cada institución, así mismo a un lado de los iconos está el nombre del posgrado que oferta la facultad de geografía en el seleccionándolo nos manda la página de este sitio.

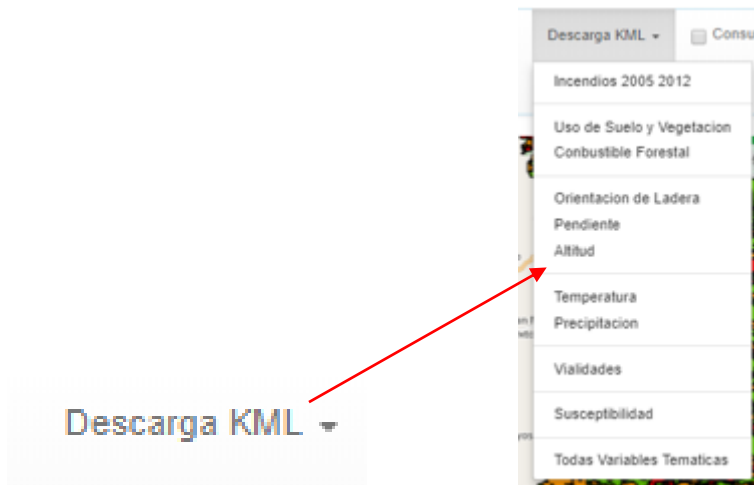


Por otro lado, también en la parte superior cuenta con ciertas pestañas de las cuales tienen cierta funcionalidad como son:

- Inicio: en esta pestaña nos muestra una imagen de cómo está configurado el visualizador y nos dice para que sirve cada pestaña dentro del visualizador.



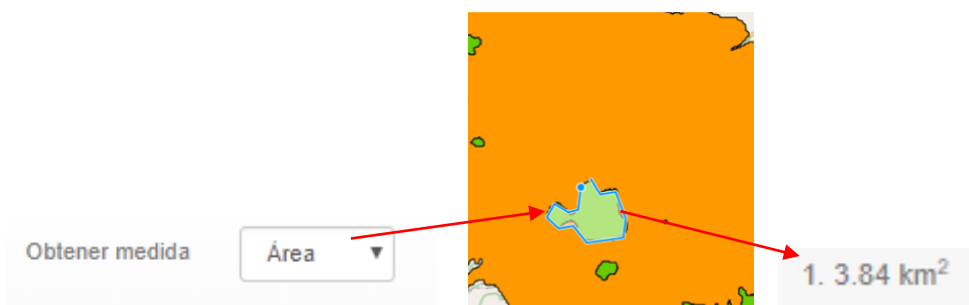
- Descargar KML: En este se puede seleccionar la descarga de las capas de interés en Formato KML.



- Consulta de Información: En esta se activa la consulta de los atributos de las capas como lo son susceptibilidad a incendios forestales y el registro de incendios



- Obtener medida: esta es una herramienta que sirve para dibujar rutas, áreas de polígonos, así como te muestra la distancia de lo que se creó, la visualización de la información se visualiza en la parte inferior.



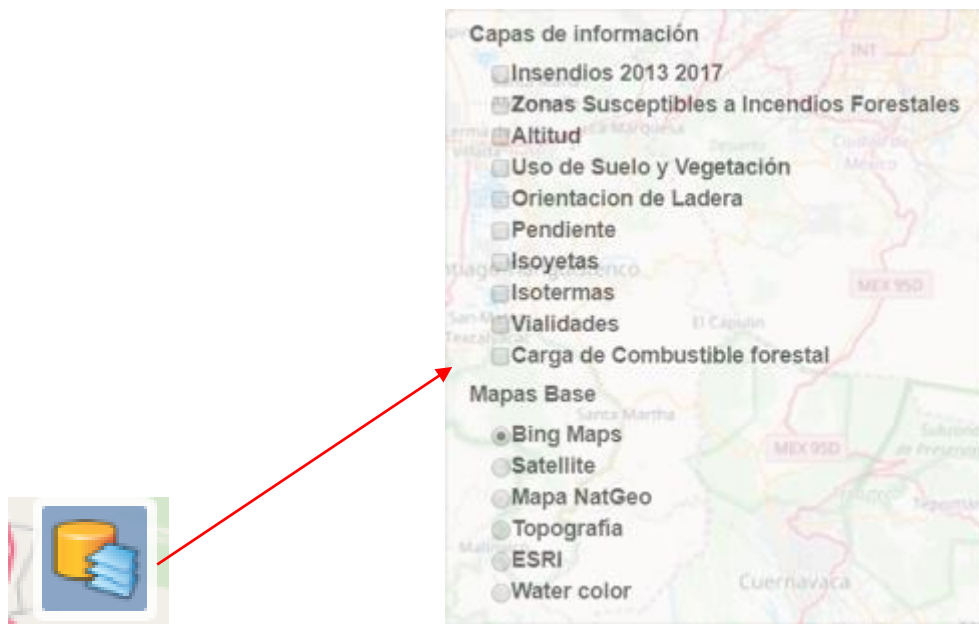
- Chécalo aquí: despliega una ventana con dos iconos de la página de PROBOSQUE en la cual te brinda información sobre la prevención de los incendios forestales.



En la parte derecha del visualizador tenemos dos iconos que son muy importantes el primero es una flecha el cual ase un zoom total en la pantalla.

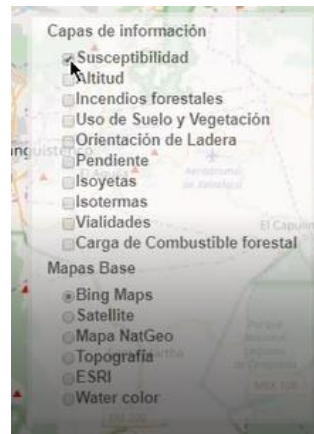


El segundo icono es el de desplegar el menú de las capas que son visualizadas, así como los mapas que fueron agregados para la representación.

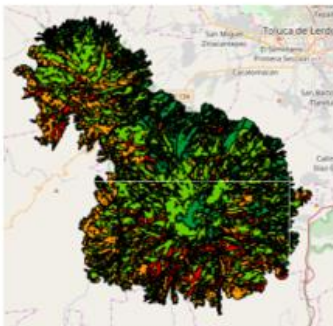


Por otro lado, en la parte izquierda tenemos el control para darle zoom a la plataforma y en la parte de abajo es el lugar donde se visualizarán las consultas de la información ejecutadas en el visualizador.

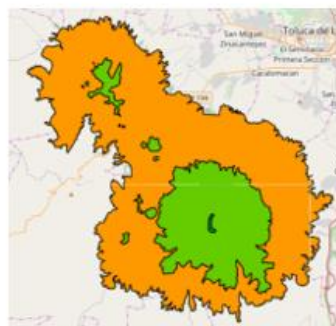
Así mismo, se presentan algunas de las capas que fueron ingresadas en el visualizador, así como los distintos mapas base que se usaron para este proyecto.



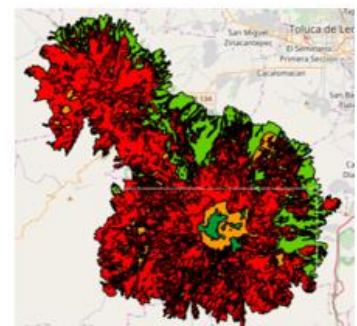
Zonas Susceptibles a Incendios Forestales



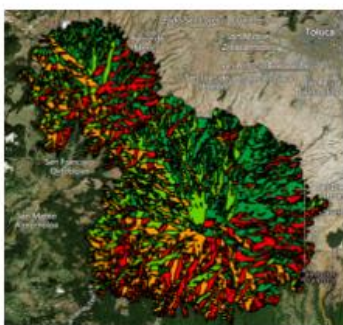
Altitud



Uso de Suelo y Vegetación



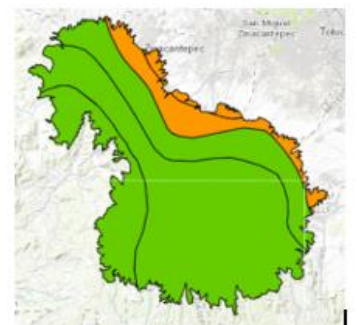
Orientación de Ladera



Pendiente



Isoyetas



Por último, se presenta la utilidad de la ficha generada en visual estudio.

Export KML Descarga KML Consultar Información Obtener medida

¿Que debo hacer para prevenir un incendio forestal...



fid	valor suscepti	superficie	tipovegetacion	comb	
susceptibilida	8390.4	Muy Alta	7207.22	Aile, Cedro, Encino, Oyamel y Pino	31.81t

Ver mas... Coordenadas: -99.8112, 19.1661

localhost:6575/Susceptibilidad.aspx

Susceptibilidad a Incendios Forestales en el APFF Nevado de Toluca

Tipo de Susceptibilidad	Muy Alta
Superficie	7207.22
Tipo de Vegetación	Aile, Cedro, Encino, Oyamel y Pino
Cantidad Combustible Forestal	31.81t/ha
Tipo de Densidad	fragmentada
Grado de Pendiente	mayores a 45°
Grado de Orientación de Ladera	90°-180°
Altitud	300 a los 2,500 msnm
Temperatura	21.5°C a 26.5°C
Precipitación	450 a los 650 mm
Tipo de Accesibilidad	vereda y brecha
Porcentaje de Área Susceptible	13.52%

Presentación de la ficha de consulta de información previamente llenada haciendo un clic sobre alguna zona de la variable susceptibilidad.

Conclusiones

- Se generó una herramienta de difusión a través de un visualizador en ambiente Web de la información de las Zonas Susceptibles a Incendios Forestales en el Área de Protección de Flora y Fauna Nevado de Toluca. La herramienta se desarrolló mediante el uso de software libre en los componentes del servidor de aplicaciones, servidor de bases de datos, servidor de mapas y servicios de mapas base.
- Para la elaboración de esta investigación se implementó una de las técnicas de apoyo a la toma de decisiones: la Evaluación Multicriterio, integrada en los Sistemas de Información Geográfica, adquieren importancia en estudios de materia ambiental, generando información temática que sirve para determinar la ubicación y distribución de áreas susceptibles a incendios forestales, tal es el caso de estudio ya que para determinar las zonas susceptibles a incendios forestales en el área de PFF Nevado de Toluca se implementó la EMC dando como resultado 4 principales categorías de susceptibilidad como son bajo, moderado , alto y muy alto.
- Con la identificación y valoración de los factores físico-geográficos, meteorológicos, vegetación y antrópicos se pueden definir satisfactoriamente áreas susceptibles a incendios forestales dentro del APFF Nevado de Toluca, para esto se adaptó el modelo de riesgos de incendios de (Chuvienco, 1990 citado en Castañeda, 2011), usando las capas que aplicó e incorporaron dos más: la carga de combustible y la incidencia, cabe mencionar que la variable incidencia se usó como validación del modelo planteado para este estudio, dando como resultado un modelo de susceptibilidad que se asemeje a la realidad.
- Se implementó un visualizador web que permite visualizar, identificar y representar las diferentes capas utilizadas para este estudio, mediante la representación en plataformas como Geoserver, postgres mediante lenguajes de programación html, java script.
- El desarrollo de sistemas geotecnológicos ayuda a dar un sentido más amplio y conocer que la representación de la información se puede visualizar de diversas

formas. las herramientas desarrolladas pueden ser escaladas a un contexto geográfico más amplio de una manera sencilla.

- El software libre es una buena alternativa para desarrollar e implementar herramientas en ambiente Web de visualización, consulta y almacenamiento de información de incidentes forestales, evitando altos costos de licenciamiento privativo, enfocando los esfuerzos hacia el mantenimiento, soporte técnico e implementación de nuevos requerimientos dentro de la organización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnaldos Viger, Josep, Xavier Navalón Noneli, Elsa Pastor Ferrer, Eulalia Planas Cuchi, Luís Zárata López, (2004). *Manual de ingeniería básica para la prevención y extinción de incendios forestales*. Mundi-Prensa.

Baeza, Juan, (2010). *Eficiencia Económica en la Prevención y Combate de Incendios forestal en el Distrito Federal*, Chapingo, Texcoco, Edo. De México.

Bertalanffy Ludwing Von, (1987). *Teoría General de Sistemas*. México: Fondo de Cultura.

Buzai, D. y Baxendale, A. (2006). *Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Buenos Aires, Argentina.

Castañeda Rojas, Mario. (2011). *Empleo de SIG para la identificación de zonas vulnerables a Incendios forestales en el Estado de México*. ECATSIG. UAEMEX.

Castañeda Rojas, Mario. (2013). *Evaluación de zonas vulnerables a incendios forestales en bosques de alta montaña del Estado de México*. Tesis, Maestría. UAEMEX.

CENAPRED, Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2001). *Incendios forestales*. Serie fascículos. Disponible en: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/159-FASCCULOINCENDIOSFORESTALES.PDF>

Clemente Acevedo, Ana María. (2017). *Visualizador Web Destinado a Empresas Licitantes en el Contrato de Cortes y Reconexiones, Zonta Toluca CFE, Estado de México*. ECATSIG. UAEMEX.

CONAFOR, Comisión Nacional Forestal. (2008). "Incendios Forestales Guía práctica para comunicadores". 2. a edición SEMARNAT, México, disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/249Reporte%20semanal%20de%20incendios%20forestales.pdf>, Consultada el 25 de noviembre de 2017.

CONAFOR, Comisión Nacional Forestal. (2010). "Incendios Forestales Guía práctica para comunicadores". Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/249Reporte%20semanal%20de%20incendios%20forestales.pdf>, Consultada el 7 de septiembre de 2017.

CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2013). Estudio Previo Justificativo para la Modificación de la Declaratoria del Parque Nacional Nevado de Toluca. Estado de México.

Cruz Acosta, Eder. (2016). Visualizador Web del Grado de Vulnerabilidad Social 2010, en el Estado de Veracruz, México. ECATSIG. UAEMEX.

GEM Gobierno del Estado de México. (1990). Programa de Manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca. México.

GEM Gobierno del Estado de México. (1999). Programa de Manejo del Parque Nacional Nevado de Toluca. Toluca Estado de México, Secretaria de Ecología, CEPANAF.

Hernández, Osmar, (2009), “Los Incendios en la Región III Texcoco, Estado de México, Durante el Periodo 2005 – 2009”, Chapingo, Texcoco, Edo. De México.

Juárez, Sonia. (2007). “El Cuarto Elemento y los Seres Vivos: Ecología del Fuego”. Ciencias, enero - marzo, Número 85, UNAM, disponible en: <http://www.redalyc.org/redalyc/pdf/644/64408501.pdf>, consultada el 9 de enero de 2017.

Kroenke David, (2003) Procesamiento de bases de datos: Fundamentos, diseño e implementación. PRENTICE HALL MEXICO.

Lafuente, C. y Marín, A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales Faces, fuentes y selección de técnicas. Revista Escuela de Administración de Negocios, num.64.

Mateo Rodríguez, José. (1984). *Apuntes de Geografía del paisaje*, Cuba. Universidad de la Habana.

Ordoñez G. C., Martínez R. y López A. (2003). *Sistemas de Información Geográfica, aplicaciones prácticas con Idrisi32 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales*. Madrid.

Ramírez Zea, Carla. (1999). *Modelo de la Susceptibilidad a Incendios Forestales utilizando imágenes AVHRR y Sistemas de Información Geográfica en la Reserva de la Biosfera*

Martínez, A., J. G. Flores y J. D. Benavides. (1990). *Índices de riesgo de incendio en la Sierra de Tapalpa, Estado de Jalisco*. INIFAO. *Ciencia Forestal en México*.

Maya, Guatemala. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/A0191E/A0191E.PDF>

Muñoz, C. A., E. J. Treviño y J. Verastegui. (2001). *Identificación de áreas susceptibles a incendios forestales*. En: *Memorias V Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. México.

Reyes, Armando, Valdez, Eugenia, Míreles Patricia. (2007). *Geomorfología del Parque Nacional Nevado de Toluca*, Facultad de Plantación Urbana y Regional, UAEMEX.

Rojas I.A. (1988). *Proposición metodológica para el análisis de la geografía de los riesgos*. Tesis de Licenciatura. Facultad de filosofía y letras. UNAM, Mexico.pp.145-171.

Rojas, R. (2013). *Métodos de Investigación*. México. Ed. Plaza y Valdez.

Seco Granja, Rosa Almudena. (1995). *Aplicación de un Sistema de Información Geográfica al análisis de los datos de incendios forestales en España*, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal Centro de Automática y Robótica. Disponible en: http://oa.upm.es/3454/1/PFC_ROSA_ALMUDENA_SECO_GRANJA.pdf

Serrada, R. (2008). "Influencia de los factores ecológicos en la vegetación". *Apuntes de Selvicultura*. Servicio de Publicaciones. EUIT Forestal. Madrid.

Taboada, G, José Cotos. (2005) *Sistemas de Información Medioambiental*. España: Gesbiblo.

Tomlinson, R. (2008). *Pensando En El Sig: Planificación del Sistema de Información Geográfica Dirigida a Gerentes*. Esri Press.

Vences D. (2007). *Remoción en Masa en el Cerro de Coatepec Estado de México*, México, Tesis, Licenciatura en Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México.

Villa Corta Sandra, Fidel Lionel, Zavala Carrión Bilberto. (2012). "Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Perú". *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, número 69, Perú. Disponible en: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/raga/article/view/1263> consultada el 5 de noviembre de 2017.

Villers, María de Lourdes. (2006). "Incendios Forestales", ciencias, enero - marzo, Número 81, UNAM, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=56905302>, consultada el 10 de diciembre de 2017.