



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CAMPUS-IZTACALA

“Elaboración de un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), y su aplicación en modelos de riesgo, calidad y fragilidad de la vegetación en el Municipio de Jungapeo, Edo. de Michoacán”

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE BIOLOGO

PRESENTA:

IAN DASSAEF ESPINOSA PÉREZ



Director: Raymundo Montoya Ayala
Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edo. de México



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias

A mis padres Eduardo y Susana que son la parte más valiosa que tengo de mi vida, por haberme, inculcados los valores que forjan a un hombre, darme educación, amor, conocimiento, valor, confianza, apoyo y sobre todas las cosas nunca haberme dejado solo en los momentos más vacíos, terribles y abismales de mi vida, donde toque fondo con tantos excesos, a ellos les dedico este trabajo porque a pesar de que saben quién es Ian Dassaef, lo aceptan como es hasta el día en que mis ojos se cierran para siempre.

A mis queridas y hermosas hermanas Aline y Esteli Nilovna por haberme protegido y enseñarme a creer en mi tener valor y afrontar los problemas de frente, sin mirar atrás, tomar decisiones con madurez, gracias por todos esas etapas de mi niñez donde me hicieron sentirme feliz, ustedes merecen mi respeto, admiración y mi cariño.

A mi cuñado el maestro Carlos Alfredo Gutiérrez Jiménez, la persona que yo considero como un verdadero amigo, alguien que me ha brindado su casa, que me conoce desde que era adolescente y ha visto todas las etapas de mi transformación, te agradezco por todo el conocimiento que me has dado no solo como mi maestro si no por tus consejos que siempre han sido los apropiados, en los momentos más duros que he pasado.

Hago una especial dedicatoria a una persona que dejó de existir por circunstancias del destino y ahora se encuentra durmiendo en los hermosos campos elíseos donde el hombre puede ser bendecido por un dios, esto es para mi primo Jairo que a pesar de tu muerte y que dolíó por la forma en que te fuiste, lo dedico por tus locuras, tus borracheras bien atascadas, por todo eso, carnal esto es por ti.

Agradecimientos

A mis padrinos Hugo Espinosa y Eva Sánchez, las personas que me enseñaron a siempre ser el mejor de todos, impulsarme a continuar con mis estudios, agradezco por su comprensión, apoyo, confianza, cariño y haber dedicado tiempo en mi desarrollo académico, cultural y deportivo a ellos les dijo que hoy soy orgullosamente universitario.

A la gran Universidad Nacional Autónoma de México, quien me ha forjado como estudiante, otorgándome conocimiento, ser mejor persona en la vida hoy puedo decir que por i raza hablara el espíritu.

Al Dr. Raymundo Montoya Ayala, por haberme aceptado, por todo el apoyo, conocimiento y tiempo que me brindo a lo larga de mi estancia con él, su valiosa amistad, y agradezco por la comprensión que tuvo hacia conmigo, sobre todo en cuestiones que para otras personas son mal vistas, gracias doctor por no haberme juzgado solo por lo que ven sus ojos, sino por lo que en realidad soy un estudiante más que quiere sobresalir y brindarme la oportunidad de trabajar con usted.

A los sinodales de este proyecto a la M. en C. Mayra Mónica Hernández Moreno, a la M. en C. Deyanira Etain Varona Graniel, a la Dra. Verónica Farias González, al Biol. Arnulfo Reyes Mata. Por haber dedicado tiempo y sugerencias para mejorar este proyecto.

A mi primo Manuel Octavio Alvarez Pérez, quien es el hermano que nunca tuve, mi hermano del alma que desde niños creciendo uno junto al otro y por todos los desmadres que hacíamos sin importarnos las consecuencias, si a él le agradezco todo su amor de familia que me ha brindado, eres una persona especial para mi carnal, por todas esas borracheras y de más cosas que hemos hecho juntos con esto te demuestro que si se puede.

Y por su puesto a toda la bola de asquerosos y atascados amigos del C.C.H. Azcapotzalco, a esa "*Gran Unión Porca*", que con ellos pase las mejores etapas de mi vida por todos esos excesos sin fin, a toda la faltoses que hicimos juntos, ellos me enseñaron a vivir la vida como venga sin dudas, sin prejuicios, sentirme que puedo volar y tocar el cielo por mis propias manos aunque sea por un momento, lo que siempre he dicho sexo, drogas, alcohol y rock and roll y no me importa perder el tiempo si me estoy divirtiendo lo único que quiero es cotorrear. Yo soy Rocker hasta Morir.

*La biología es una ciencia que estudia la vida
toda la diversidad de organismos vivientes
dentro del planeta Tierra analizando
el desarrollo de los mismos
innovando nuevas ramas de
investigación*

*Hoy dijo con tristeza que soy parte de la evolución
de la especie más destructiva que ha existido
en este planeta el " Homo Sapiens "
este aberrante ser ha creado infinitos
infiernos de placer, solo para ver como
nos deleitamos vanamente con
nuestro propio dolor*

*Enfermos de soledad llegamos
bebiendo a la maldad impregnada dentro
de nosotros arrancándole a nuestro origen
la esencia de su ser y ahora le damos
sentido a la existencia en el odio
que habita bajo nuestras almas.*

Dedicado a todos los bastardos que creen saberlo todo y aun no saben nada

Índice

1.0 Introducción	
1.1 Sistemas de Información Geográfica	1
1.2 Definición de un Sistema de Información Geográfica	1
1.3 Estructura de los Sistemas de Información Geográfica	2
1.4 Modelo Vectorial	3
1.5 Modelo Raster	4
1.6 Clasificación de las funciones de los Sistemas de Información Geográfica	5
1.7 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica	6
1.8 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica a los Riesgos Naturales	7
1.9 Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental	10
1.10 Ordenamiento Ecológico y Territorial	11
2.0 Antecedentes	13
3.0 Justificación	16
4.0 Objetivos	17
4.1 Objetivo General	17
4.2 Objetivos Particulares	17
5.0 Área de Estudio	17
5.1 Localización	17
5.2 Orografía	18
5.3 Hidrología	18
5.4 Clima	19
5.5 Geología	19
5.6 Edafología	20
5.7 Vegetación y Usos de suelo	24
6.0 Metodología	26
6.1 Físicos	26
6.2 Biológicos	28
6.3 Socioeconómicos	28
7.0 Resultados y Análisis de Resultados	29
8.0 Aplicación del SIGMA a 5 modelos	44
8.1 Valoración del riesgo de Incendio	45
8.2 Valoración del riesgo de Erosión	59
8.3 Valoración del riesgo de Deslizamientos	68
8.4 Valoración del riesgo de Calidad de la Vegetación	78
8.5 Valoración del riesgo de Fragilidad de la Vegetación	84
8.6 Integración de los modelos de Calidad y Fragilidad de la Vegetación	92
9.0 Conclusiones	95
10.0 Recomendaciones	98
11.0 Bibliografía	101
12.0 Anexo Cartográfico	108

Índice de Figuras

Figura 1. Representación vectorial de la Información geográfica	3
Figura 2. Representación raster de la Información geográfica	4
Figura 3. Localización del área de estudio	18
Figura 4. Representación del modelo de riesgo de incendio mostrando la integración de los factores considerados	52
Figura 5. Modelo de riesgo de erosión integrando los factores considerados	64
Figura 6. Integración de la información temática para el modelo de riesgo de deslizamiento	73
Figura 7. Representación del modelo de calidad de la vegetación integrando los factores considerados	81
Figura 8. Representación de la integración temática para la fragilidad de la vegetación	89

Índice de Graficas

Gráfica 1. Proporción en porcentaje de la vegetación y usos de suelo presentes en el municipio de Jungapeo	30
Gráfica 2. Porcentaje de los tipos de suelo presentes en Jungapeo	32
Gráfica 3. Porcentaje de los tres sectores primario, secundario y terciario en el municipio de Jungapeo	43
Gráfica 4. Representación en porcentaje de la superficie ocupada por cada una de las clases de riesgo de Incendio en el Territorio de Jungapeo primer semestre del año	56
Gráfica 5. Representación en porcentaje de la superficie ocupada por cada una de las clases de riesgo de Incendio en el Territorio de Jungapeo segundo semestre del año	57
Gráfica 6. Superficie abarcada en porcentaje por cada una de las clases de riesgo de erosión de Jungapeo	66
Gráfica 7. Proporción en porcentaje de cada una de las clases de riesgo de deslizamientos para el municipio de Jungapeo	76
Gráfica 8. Superficie representada en porcentaje de cada una de las clases de la calidad de la vegetación	82
Gráfica 9. Superficie representada en porcentaje de cada una de las clases de la fragilidad de la vegetación	91
Gráfica 10. Representación en porcentaje de cada una de las clases de la integración de los modelos de calidad y fragilidad de la vegetación	94

Índice de Tablas

Tabla 1. Representa los valores máximos y mínimos en °C de las temperaturas	33
Tabla 2. Valores máximos y mínimos de la precipitación máxima mensual y la evapotranspiración total	33
Tabla 3. Número de localidades pertenecientes al municipio de Jungapeo	37
Tabla 4. Densidades poblacionales correspondientes a los censos poblacionales de INEGI 2005-2010 para cada una de las localidades	38, 39
Tabla 5. Datos de la población económicamente activa e inactiva, perteneciente al censo poblacional INEGI 2000-2010 de las localidades	41, 42
Tabla 6. Clasificación de la vegetación en base a la combustibilidad intrínseca con valores de 1 para el riesgo más bajo y 4 para el riesgo más alto, modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2008	48
Tabla 7. Clasificación de la temperatura para el riesgo de incendio del municipio de Jungapeo modificado de Montoya <i>et al.</i> , 2008	49
Tabla 8. Clasificación de la evapotranspiración para el riesgo de incendio del municipio de Jungapeo modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2008	49
Tabla 9. Clasificación de la precipitación para el riesgo de incendio del municipio de Jungapeo modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2008	49
Tabla 10. Clasificación de la geomorfología en cuatro clases fisiográficas, modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2008	50
Tabla 11. Clasificación de la litología en base a la textura del manto modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2001	63
Tabla 12. Clasificación de la vegetación según su grado de protección frente a la erosión modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2001	63
Tabla 13. Clasificación de los tipos de suelo en base a la susceptibilidad a la erosión modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2001	72
Tabla 14. Clasificación de los tipos de roca basada en la textura del manto modificada de Ramakrishnan <i>et al.</i> , 2002	72
Tabla 15. Clasificación de la vegetación según su grado de protección frente a la erosión modificada de Ramakrishnan <i>et al.</i> , 2002	73
Tabla 16. Unidades de vegetación con la superficie ocupada y el número de localizaciones modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2001	86
Tabla 17. Tabla de la capacidad de absorción de actividades compatibles en base a la diversidad, estado natural y reversibilidad modificada de Montoya <i>et al.</i> , 2001	88
Tabla 18. Clasificación para la Ordenación del Territorio (Clase 1: Máxima conservación, Clase 5: Máxima Intervención)	93

RESUMEN.

El objetivo del presente trabajo fue elaborar un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), con el fin de aplicarlo en tres modelos de riesgos naturales (incendio, erosión y deslizamientos), así como la calidad y fragilidad de la vegetación y establecer las bases para iniciar con el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Jungapeo edo. de Michoacán como fase de análisis. La metodología consistió en la recopilación de la información que hasta el momento existe para el municipio, creándose una base de datos georreferenciada, con los factores físicos, biológicos y socioeconómicos, la información se obtuvo a partir de INEGI, CNA, SMN. Para la fase de análisis se utilizó la información incorporada y digitalizada siguiendo los modelos aplicados para cada uno de los casos. El municipio de Jungapeo se localiza enmarcado en un cuadro con las coordenadas UTM 329,397.48 m como "x" mínima y 351,143.49 m como "x" máxima, 2,134,234.14 m como "y" mínima y 2,159,351.44 m como "y". Limita al norte con los municipios de Tuxpan, Zitácuaro y Ciudad Hidalgo; al este con Zitácuaro; al sur con Zitácuaro, Juárez y Tuzantla y al oeste con Ciudad Hidalgo y Tuzantla y cuenta con una extensión de 265.98 Km². Se elaboraron 30 mapas temáticos. Se encontró que existen 3 tipos de vegetación la selva baja caducifolia, bosque de pino-encino, bosque de encino-pino, y 3 usos de suelo agricultura de temporal, agricultura de riego y pastizal inducido, siendo la selva baja caducifolia la que mayor superficie cubre. El municipio cuenta con amplio número de ríos intermitentes y perenes así como algunos manantiales, lo que nos indica que es abundante en recursos hidrológicos. Se identificaron 7 tipos de suelo litosol, acrisol, vertisol, feozem, luvisol, regosol y andosol siendo el litosol el que más área abarca. Los valores promedio para la temperatura máxima mensual es de 21.75°C mínimo y 39.91°C máximo, temperatura mínima mensual -1.09 mínimo, 16.13 máximo, para la precipitación máxima mensual los valores promedio son 93.71 mínimo y 534.32 máximo. El área presenta una altitud de 820-2500 msnm y una pendiente de 0 a 67.22°. Existen 58 localidades dentro del municipio. La población total (censo, 2010) es de 19,889 habitantes, de los cuales el 49% son hombres y el 51% son mujeres. El sector primario es al que más se dedica la población. El riesgo de incendio es alto en el primer semestre y medio para el segundo semestre del año. El municipio presentó un riesgo alto de erosión siendo la agricultura de riesgo y el pastizal los más susceptibles. El riesgo de deslizamientos es bajo dentro del área. La máxima calidad de vegetación la presentó la selva baja caducifolia y los bosques de pino y encino. El territorio de Jungapeo presenta una fragilidad de la vegetación media, lo cual indica que es de vital importancia conservar las áreas de alta calidad y fragilidad de la vegetación por formar parte de la biodiversidad, manteniéndolas protegidas y a una distancia considerable de los núcleos urbanos.

1.0 INTRODUCCIÓN

1.1 Los Sistemas de Información Geográfica

El avance computacional de las últimas décadas, la generación, el desarrollo y la aplicación de la tecnología conocida como Sistemas de Información Geográfica (SIG), han permitido su utilización en los estudios de los recursos naturales y del medio ambiente, principalmente a partir de los años setenta y en México al final de los años ochenta. El empleo de esta tecnología permite integrar y analizar gran cantidad de información de naturaleza espacial (o geográfica) y no espacial (o de atributos), que hasta hace poco tiempo era muy difícil hacerlo de manera manual o mediante interpretación visual (López, 1998). Los SIG son una tecnología que pertenecen a la familia de los Sistemas de Información, que no son más que programas o conjunto de programas diseñados para gestionar grandes volúmenes de datos, operaciones que antes se desarrollaban manualmente, de forma tediosa y con numerosos errores, hoy son llevadas a cabo automáticamente mediante tales sistemas y orientan frecuentemente al apoyo para la toma de decisiones de manera inmediata (Gutiérrez, 2000).

Los SIG son una herramienta para la planificación del territorio, usos de suelo, calidad y fragilidad del territorio que le permite al profesional que evalúa el mismo tener manejo sobre la gran cantidad de datos que nos proporciona un área. Se trata de sofisticada tecnología multipropósito con aplicaciones tan dispares como la planificación urbana, la gestión catastral, la ordenación del territorio, el medio ambiente, la planificación del transporte, el mantenimiento y la gestión de redes públicas y el análisis de mercado entre otras (Gutiérrez & Gould 1994).

1.2 Definición de un Sistema de Información Geográfica

Un SIG puede ser definido como una base de datos georreferenciada para la entrada, almacenamiento, manipulación, análisis y mostrar geográfica o espacialmente los datos, estos son representados por puntos, líneas y polígonos asociados con sus atributos (Congalton & Green 1992).

Ampliando la definición anterior Gutiérrez en 2000 menciona que la “National Center for Geographic Information and Analysis” (NCGIA, 1991), define al SIG como un “sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis,



modelización y representación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas de planificación y gestión”.

No obstante esto depende del autor que se cite, Rodríguez (1993) realizó una revisión crítica de las principales definiciones de SIG empleadas actualmente, proponiendo una que plantea al SIG como un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia ligado a la Tierra, establecido para satisfacer unas necesidades de información específicas respondiendo a un conjunto de preguntas concretas.

En las definiciones citadas anteriormente, el elemento hace notar que los datos están espacialmente referenciados, este elemento es el que diferencia a los SIG de otras bases de datos especializadas; así tenemos que el dato espacial contiene, en su acepción más elemental, características de localización (X,Y) y temática (Z), en las cuales se asienta la base de todas las operaciones posibles de llevar a cabo en un SIG (Bosque, 1992).

1.3 Estructura de los Sistemas de Información Geográfica

Los datos espaciales contenidos en un SIG pueden concebirse como un conjunto de mapas de una proporción específica de la superficie, representando cada uno de ellos una variable temática, como red vial, hidrografía, ocupación del suelo, pozos, entre otras. Una vez que una variable temática ha sido introducida en el SIG recibe el nombre de capa temática, en la cual se representa una tipología específica de elementos del mundo real. Una capa temática es un conjunto de elementos geográficos lógicamente relacionados e incluye a sus atributos temáticos (Aronoff, 1989). También puede entenderse como la separación lógica de los datos espaciales de un mapa de acuerdo con un tema determinado; así cada capa almacena un tipo particular y homogéneo de objetos espaciales.

El término “mapa temático” es muy aplicado y usado no solo para mapas que muestran un tema con un propósito general tales como el suelo o el relieve, sino a propiedades mas específicas como la distribución de los valores de pH del suelo en un área experimental, la variación de la incidencia de una enfermedad en una ciudad o la variación de la presión del aire sobre un mapa meteorológico. El tema puede ser cualitativo como las clases de uso de suelo o cuantitativos como la variación de la profundidad de la zona freática (Burrough, 1989).

Los objetos espaciales pueden entenderse como la representación de los hechos espaciales en una capa temática; dichos objetos se representan en función de los distintos tipos de unidades de observación que se pueden distinguir en la realidad (Bosque, 1992). Por consiguiente tenemos que a partir de las propiedades geométricas de un hecho espacial real, éste puede representarse en una capa por medio de alguno de los tres objetos espaciales establecidos: puntos (0 dimensiones), líneas (1 dimensionales) y áreas (2 dimensionales) en el modelo de datos vectorial, o celdas en modelo raster.

1.4 Modelo Vectorial

Un SIG vectorial está basado en la representación vectorial del componente espacial de los datos geográficos, los objetos espaciales están representados de modo explícito y junto a la descripción digital de sus características espaciales, llevan asociados un conjunto de aspectos temáticos (Bosque, 1992).

En el modelo vectorial la información del mundo real es representada por los puntos y líneas que definen sus límites o fronteras, estableciendo un sistema de coordenadas (X,Y) para localizar cada objeto espacial en una capa (Aronoff, 1989). El espacio geográfico tiene un carácter continuo que cumple los postulados de la geometría euclídea (Cebrián, 1988), en este modelo las áreas están descritas por el conjunto de líneas de frontera que las delimitan; dichas líneas se representan por un conjunto de coordenadas correspondientes a sus vértices, mientras que los puntos se representan por una coordenada (X,Y).

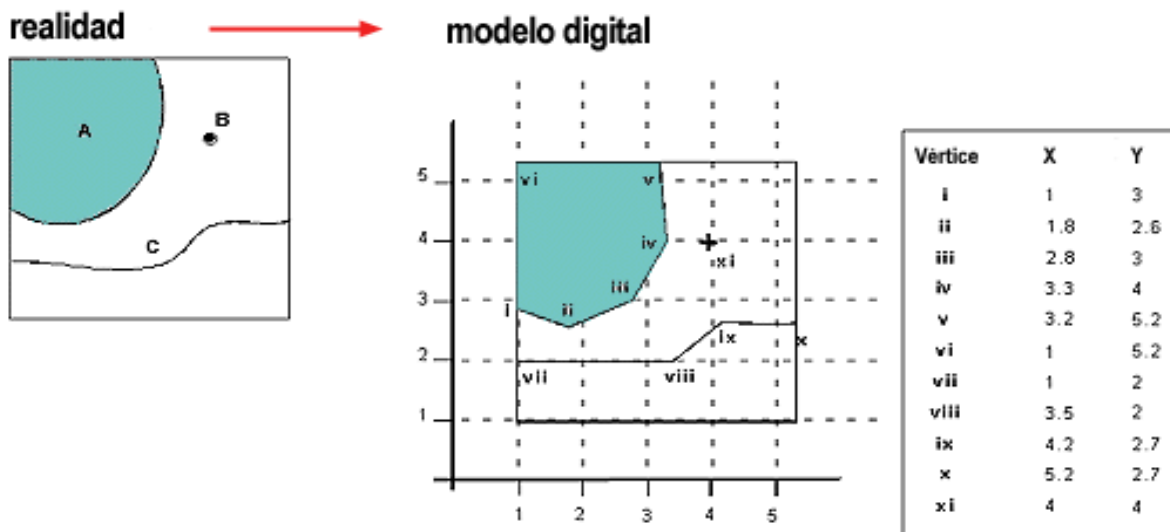


Fig 1. Representación vectorial de la información geográfica.

1.5 Modelo Raster

En el modelo raster, el espacio está representado por un conjunto de unidades espaciales llamadas celdas (píxeles) las cuales representan unidades homogéneas de información espacial; éstas establecen su localización por su sistema de referenciación espacial en filas y columnas, en este modelo de datos, los elementos del mundo real están representados por un conjunto de celdas que no mantienen una relación mutua entre ellas, ya que las fronteras de las regiones o áreas están definidas implícitamente, y no se reconocen a menos que se aplique un algoritmo de detección de fronteras, a diferencia del modelo vectorial en el que cada objeto espacial (en el caso de las áreas) representa una unidad homogénea de información, con una topología que define sus relaciones con los demás objetos espaciales de la capa temática (Barredo, 1996).

En un sistema raster un elemento esencial es el tamaño del píxel y asociado con él, el número total de filas y columnas de la cuadrícula, el tamaño del píxel establece la escala del mapa, es decir la relación que existe entre una longitud o superficie de la realidad y su representación en el mapa. Por ello, cuanto más pequeño sea el píxel más precisa será la representación de la realidad en el mapa, pero al mismo tiempo cuanto más pequeño sea el elemento base, mayor número de filas y columnas se necesitará para representar una misma porción del terreno y por lo tanto, más grande tendrá que ser el espacio de almacenamiento del mapa y más laborioso será su tratamiento y análisis (Bosque, 1992).

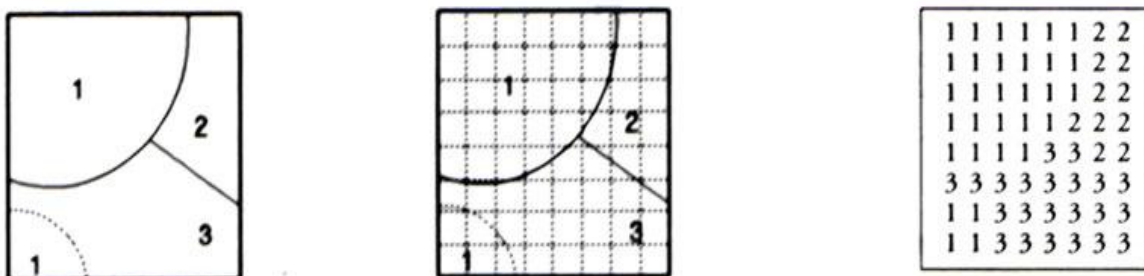


Fig 2. Representación vectorial de la información geográfica.

1.6 Clasificación de las Funciones de los Sistemas de Información Geográfica

Un SIG es entre otras cosas un programa de ordenador con capacidades específicas que se pueden resumir en los siguientes subsistemas o componentes lógicos (Bosque *et al.*, 1997):

Entrada de datos.- Los datos espaciales y sus características temáticas asociadas provienen por lo general de diversas fuentes y en distintos formatos por ejemplo; mapas analógicos, imágenes de sensores espaciales y fotografías aéreas, lo que implica que esta información debe ser homogeneizada y corregida para integrarlos al sistema. El proceso para la entrada de información espacial en formato analógico es la lectura a través de barredores raster (scanners) de los documentos a digitalizar, para posteriormente con programas de vectorización, obtener las capas de datos en formato vectorial.

Salida/representación gráfica y cartográfica de la información.- Existen diversas formas de salida de datos, las cuales dependen de los requerimientos del usuario, las más frecuentes son: mapas analógicos, tablas de valores, gráficos, representaciones tridimensionales, simulaciones de vuelo sobre ciertas zonas entre otras. Con esto se puede representar la información contenida en la base de datos o bien mostrar el resultado de determinadas aplicaciones.

Gestión de Información espacial.- Esta función incluye las operaciones de almacenamiento y recuperación de los datos, es decir los aspectos que conciernen a la forma en que se organizan los datos espaciales y temáticos en la base de datos.

Analítica.- Son el elemento más característico de un SIG ya que su función facilita el procesamiento de los datos integrados, en él modo que sea posible obtener mayor información y con ella mayor conocimiento, esta función convierte a un SIG en una máquina de simulación en el cual los planificadores territoriales pueden obtener una impresión del cuál puede ser el resultado en el territorio, de sus decisiones, o bien plantear diferentes escenarios virtuales para evaluar la implementación de políticas o medidas de planificación. En el SIG también es posible establecer funciones de selección en áreas óptimas para diversos aspectos, tan disímiles como localizaciones para instalaciones urbanas o para la localización de un vertedero de residuos peligrosos (Carver, 1991).

1.7 Aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica

El medio ambiente ha pasado a ser una de los temas capitales dentro de las preocupaciones de la población mundial, en las últimas décadas se ha ido incorporando al acervo popular de conceptos y vocablos que nos hablan de la importancia del cuidado y conservación del medio ambiente por ello el investigador ambiental debe utilizar herramientas adecuadas para el tratamiento, análisis y difusión de la información.

Los SIG son herramientas con diversos campos de aplicación, los límites más comunes son los que dan la profundidad de los conocimientos, la claridad de los objetivos, la experiencia, el ingenio, la imaginación y la creatividad del grupo de usuarios que trata de aplicar dicha tecnología (Lopez, 1998). Una aplicación característica de los SIG es evaluar la capacidad que tiene un territorio para recibir alguna actividad humana en cada punto de una región, así mismo las evaluaciones de impacto ambiental donde se trata de establecer la sensibilidad de cada punto del territorio ante la intervención humana concreta y con ello medir el posible impacto ambiental de las distintas actividades realizadas por el hombre.

Dentro de las aplicaciones de los SIG Gutiérrez & Gould (1994) mencionan que en el campo ambiental se pueden diferenciar los siguientes apartados:

Aplicaciones forestales.- Se emplea para la conservación y explotación del bosque, indicando qué áreas forestales merecen la máxima preservación y dónde resulta más adecuada en cada momento la tala de árboles atendiendo tanto criterios económicos como ecológicos, otra aplicación en este campo es la prevención y el análisis de las pautas de difusión de los incendios forestales.

Cambios en los usos del suelo.- Los cambios de suelo están asociados a múltiples fenómenos, como la expansión de las ciudades, la reforestación, los incendios forestales, construcción de nuevas infraestructuras entre otros. Los SIG se utilizan para determinar los cambios que se producen en los usos de suelo, basados en fotografías aéreas o imágenes de satélite, los cambios se deducen por medio de una operación de superposición de capas.

Estudios de impacto ambiental.- La implantación de nuevas infraestructuras (carreteras, ferrocarriles, aeropuertos, presas entre otros) conlleva siempre un impacto ambiental, con los SIG se

pueden hacer evaluaciones de impacto ambiental con la información de aquellas variables de interés en el estudio.

Planificación y Gestión territorial.- Son aplicaciones dirigidas a las entidades territoriales, que permiten un rápido acceso a la información geográfica, alfanumérica y suministran herramientas para el análisis espacial de la información, cuya finalidad sea la planificación y gestión ambiental tanto pública como privada.

Protección civil: riesgos, desastres, catástrofes.- Se pueden abordar cuestiones como la determinación de la distribución exacta de los focos y zonas de riesgo, identificación de la población potencialmente afectada y la selección de las redes de transporte utilizables para facilitar una eventual evacuación, los focos de riesgo pueden ser naturales (inundaciones, riesgos volcánicos) o producto de la actividad del hombre y que estos últimos pueden estar ligados a la producción, distribución o el consumo.

1.8 Aplicaciones de los SIG a los Riesgos Naturales

Los SIG también han sido utilizados para estudiar y resolver problemas relativos a desastres naturales, los riesgos incluyen acontecimientos geológicos y meteorológicos tales como terremotos, inundaciones, huracanes, erupciones volcánicas, deslizamientos, incendios forestales entre otros, estos fenómenos son geo-espaciales que varían en magnitud, frecuencia y pueden ocasionar la muerte a los seres humanos, causar daños a la infraestructura, actividades socioeconómicas y ecosistemas (Alvarez, 2005).

El riesgo puede definirse como el umbral de la dinámica natural de carácter extraordinario rebasado por el hombre en el desarrollo de sus actividades, en este sentido el riesgo es la plasmación territorial de una actuación humana poco acorde, con los rasgos del medio ambiente donde tiene lugar, en otras palabras es una infracción que el hombre comete sobre el territorio por la implantación inadecuada de actividades o asentamientos (Ayala & Olcina, 2002).

El riesgo de los eventos naturales resulta de la interacción entre un agente de peligro que es el fenómeno natural frecuentemente impredecible y una comunidad vulnerable, la relación cualitativa de "Riesgo = Peligro Natural x Vulnerabilidad" se pueden utilizar para elaborar una relación entre estos tres aspectos, la evaluación del riesgo se refiere al grado de riesgo al cual la población,

infraestructura y las actividades socioeconómicas son susceptibles, el daño provocado por un evento natural con variedad de aspectos físicos. Los peligros naturales y la vulnerabilidad de la comunidad se distribuyen en el espacio, y por ello, el riesgo es intrínsecamente un fenómeno geo-espacial y su evaluación debe tratar no solo de su magnitud, sino también sus variaciones geo-espaciales (Alvarez, 2005).

Al ser el territorio el escenario de lo posible corresponde al estudioso de los riesgos naturales precisar, matizar y establecer jerarquías sobre la posibilidad de que un espacio geográfico registre un evento natural de rango extraordinario, lo que debe conducir al establecimiento de ámbitos y de grados de riesgo (Ayala & Olcina, 2002).

El análisis de riesgo se refiere a un determinado nivel de riesgo y la definición de sus atributos en coordenadas espaciales y temporales específicas, se recomienda como herramienta para la gestión de riesgos, por medio de mapas que son fundamentales para la mitigación como la zonificación urbana y los reglamentos de construcción. La Declaración y Plan de acción de Yokohama de 1994, estableció como principio básico que el análisis de riesgo es clave para lograr el éxito en la reducción de desastres (Maskrey, 1998).

El análisis de riesgo es una disciplina científico-técnica cuyo objeto es la identificación y análisis de los factores de riesgo natural, tecnológico, ecológico o social con vistas a la evaluación del riesgo y al diseño racional de medidas de mitigación del mismo (Ayala & Olcina, 2002).

Los análisis de riesgos combinan una evaluación de amenazas con información sobre la vulnerabilidad física, como la presencia de asentamientos, actividades económicas e infraestructuras vulnerables en ubicaciones susceptibles a amenazas, permitiendo estimar las posibles pérdidas, por lo tanto considera al riesgo como una variable objetiva neutral y absoluta que puede medirse y cuantificarse para su uso en la planificación (Maskrey, 1998).

Por ello, los SIG desempeñan un papel importante en el proceso de evaluación actuando como una herramienta para recolectar, organizar, analizar y presentar datos, que servirá como medio sistemático para recolectar varias capas temáticas de información sobre una unidad del espacio geográfico denominado unidades homogéneas de análisis (Eustaquio, 1998).

Una de las aplicaciones del SIG en el análisis de riesgos es construir índices probabilísticos de riesgo, mediante la combinación de diferentes capas temáticas representando diferentes variables, en cada capa se describen las características espaciales, temporales, atributos y topología de una variable asociada con el riesgo. A cada variable se le asigna un peso o valoración particular, así mismo se definen diferentes algoritmos para combinar las variables, estas aplicaciones son para el estudio de los procesos sociales y naturales que configuran el riesgo para determinar áreas con niveles relativos de riesgo, sobre todo a baja resolución.

Otra aplicación consiste en combinar capas temáticas sobre los elementos en riesgo y combinarlos con otras capas sobre las amenazas, esto permite estimar las pérdidas que podrían producirse en caso de manifestarse una amenaza de una magnitud determinada, esta aplicación es a nivel local o urbano y para estudiar la factibilidad, costo-beneficio antes de la construcción de proyectos de infraestructura (Maskrey, 1998).

Estas dos aplicaciones antes mencionadas son inductivas, ya que inducen el nivel de riesgo de combinaciones de datos específico, pero también existen las aplicaciones deductivas construyendo patrones históricos de ocurrencia de desastres, para deducir un nivel probable de riesgo en una ubicación y periodo determinados, estas aplicaciones son a diferentes niveles de resolución (Maskrey, 1998).

Las geo-bases de datos se han establecidos como una herramienta esencial para investigaciones cuyo objetivo es determinar el riesgo planteando por fenómenos naturales peligrosos. La base de datos temáticos, los inventarios digitales y los archivos cartográficos se han convertido en una parte importante de estrategias integradas para evaluar el riesgo de los peligros naturales o aquellos generados por el hombre (Alvarez, 2005).

Por otra parte el avance en los sistemas de defensa ha ido acompañado de la promulgación de normativa legal, específica y sectorial, que contempla medidas para reducir los efectos de los diversos riesgos naturales, entre estas disposiciones, destacan las orientadas a mejorar un territorio, esto es la ordenación de usos y actividades en un espacio geográfico a diversas escalas. La Ordenación del Territorio se configura *a priori*, como la medida de prevención de riesgos naturales, más económica y de efectos ambientales menos nocivos sobre el medio (Ayala & Olcina, 2002).



La Ordenación Territorial supone el cambio en la organización de asentamientos y actividades existentes en un espacio geográfico en aras de mejorar su calidad ambiental y social, así como la calidad de vida de los habitantes en dicho territorio.

Sus objetivos son: el desarrollo socioeconómico equilibrado de las regiones, mejorar la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección al medio ambiente y la utilización racional del territorio de los cuales los dos últimos tienen una vinculación directa con los riesgos naturales, puesto que la reducción de estos mediante políticas de ordenamiento territorial supone la adopción de medidas de planificación y gestión del territorio, esto es, el desarrollo de actuaciones acordes con los rasgos físicos de ese medio y alcanzar una sostenibilidad de un espacio geográfico (Ayala & Olcina, 2002).

Por consiguiente la Ordenación del Territorio se presenta como el proceso más eficaz para la reducción de la vulnerabilidad y exposición ante los peligros naturales, no obstante el ritmo de ocupación del espacio geográfico, el proceso de urbanización del suelo, el crecimiento de la población en cada región suele ir por delante de las políticas de ordenación racional del medio, de manera que el grado de riesgo lejos de reducirse, se mantiene o aumenta, no por incremento de la peligrosidad natural, sino por proliferación de actividades humanas poco acorde con los rasgos naturales del medio donde ocurren (Ayala & Olcina, 2002).

1.9 Sistema de Información geográfica Medio Ambiental

Un SIG permite recopilar y expresar cartográficamente un preciado volumen de información que era casi imposible procesar, en tan poco tiempo, por métodos tradicionales, sobre todo para incorporar datos de alto valor científico a los procesos de manejo, toma de decisiones de política y estrategia de desarrollo entre otras tareas (García *et al.*, 1999).

Un SIG orientado a la gestión ambiental debe responder a un proceso continuo y dinámico de análisis, toma de decisiones, organización y control de actividades, evaluación e implantación de acciones a futuro. La Gestión ambiental debe procurar la viabilidad de las acciones humanas, es decir debe actuar en una triple dimensión temporal: acciones de recuperación o restauración, acciones de conciliación e incorporación de la dimensión ambiental para las acciones que ocurren hoy y acciones de prevención y de anticipación hacia el futuro (Gudiño, 2000). Como buena parte de los problemas ambientales son el resultado de ineficiencias en la gestión de las actividades

humanas, es también importante tener presente la necesidad del *Ordenamiento territorial* (Gudiño, 2001).

Un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), es una base de datos georreferenciada en la cual se incluyen datos físicos, biológicos, socioeconómicos y medio ambientales que nos permite obtener cartografía temática, es decir el proceso de caracterización de un territorio en el cual se integra toda la información existente de dicho territorio con el fin de tener un conocimiento de los recursos para así poder establecer estrategias de gestión y manejo de los recursos naturales y ambientales (Chico, 2010). El SIGMA puede ser utilizado para sentar las bases e iniciar con el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial.

En el sistema productivo Australiano el SIGMA es considerado como un instrumento para la propuesta a disposición de la información medio ambiental, compuesto por varias bases de datos medioambientales que ofrecen métodos de acceso y evaluación de alto rendimiento para la obtención de la información medioambiental de variados temas. Suministra datos descriptivos del estado del medio ambiente en relación con la contaminación y los riesgos, conformando así la base de datos para la adopción de medidas de cara a la preservación del medio ambiente (Chico, 2010).

1.10 Ordenamiento Ecológico y Territorial

La planeación en el manejo de los recursos naturales y en la ocupación del territorio cobra una gran importancia, ya que los efectos de la forma en que la sociedad establece su relación con la naturaleza definirán, en gran medida, el incremento o la disminución de la problemática ambiental tanto a nivel global como regional o local.

Por esta razón la generación de marcos conceptuales, metodológicos y espaciales para elaborar, instrumentar, operar, evaluar y darle seguimiento a los elementos de planeación territorial son fundamentales para lograr una verdadera promoción de la sustentabilidad en el territorio nacional.

Este proceso se denomina Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET), e involucra una serie de pasos previos a la formulación de la propuesta de ordenamiento, para que el ejercicio final de planificación sea efectivo, es un instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular o inducir el uso de suelo y las actividades productivas con el fin de lograr la protección al medio ambiente, la

preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades del aprovechamiento de los mismos (LGEEPA, 2009).

Por su parte el ordenamiento territorial, es el conjunto de criterios, normas y planes que regulan las actividades y asentamientos sobre el territorio con el fin de conseguir una adecuada relación entre territorio, población, actividades, servicios e infraestructuras. Utiliza de forma interdisciplinar, conocimientos científicos en el análisis y diagnóstico territorial, incluyendo la modelización del sistema territorial actual, su proyección futura y escenarios prospectivos, así como la gestión a realizar para conseguirlo (Gómez, 2002).

En México la planeación territorial es competencia principalmente de dos instituciones: la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), que promueve los ordenamientos territoriales, y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), que promueve los ordenamientos ecológicos. A partir del año 2000, la SEDESOL junto con el Instituto Nacional de Ecología (INE), el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), inició la promoción del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial a escala: 1:250 000 ante las autoridades estatales del país (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2005).

En cambio la SEMARNAT ha venido promoviendo la realización del Programa de Ordenamiento Ecológico Estatal (POEE), que hasta el año 2006, 22 entidades federativas ya contaban con procesos de ordenamiento ecológico en diferentes fases: 7 decretados, 3 con estudios técnicos concluidos y 12 en elaboración.

En virtud del avance alcanzado al nivel estatal, la SEMARNAT, y la SEDESOL han decidido unir esfuerzos y acercar sus visiones en materia para impulsar, de manera coordinada y bajo un esquema metodológico común, la elaboración de ordenamientos municipales, cumpliendo con los objetivos de carácter ecológico y territorial de ambas instituciones. De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente (LGEEPA), el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial se aplicara a la modalidad local (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2005).

Para que se logre un desarrollo sustentable que asegure la calidad del medio ambiente y la disponibilidad de los recursos naturales en el largo plazo es necesario promover una gestión ambiental integral y descentralizada a través de los instrumentos como el ordenamiento ecológico del territorio (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2005).

2.0 ANTECEDENTES

Aguilar en 1999, realizó una propuesta de Ordenamiento Ecológico del municipio de Santiago de Anaya Hgo, la cual se hizo en tres fases; descriptiva, diagnóstico y propositiva. Primero se realizó la caracterización del municipio donde se evaluó el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales por medio de índices (calidad del agua, capacidad agrícola, uso de suelo y erosión laminar) así como el uso forestal, agrícola y pecuario, reportando que la principal actividad de la zona es la agricultura de temporal y la de baja proporción es la agricultura de riego. La población en un mayor porcentaje es Otomí con un alto índice de marginación y emigración, sosteniendo su desarrollo principalmente de las actividades agropecuarias, industria de construcción, comercio y servicios. Realizando una propuesta de estudios de afección de suelo, reforestar, revegetar, regular actividades ganaderas entre otras.

La Secretaria de Ecología del Gobierno del Estado de México en 1999, inicio el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio, el cual estuvo integrado por 5 fases; la primera fue la descriptiva, se abarcaron los subsistemas del medio físico, social y económico; la segunda fue el diagnóstico donde se evaluó la calidad del suelo, agua, aire, flora, fauna y el uso de suelo; la tercera es la regionalización; se definieron los niveles de regionalización y tipificación ecológica; la cuarta fase es la propositiva en zonas de atención prioritaria, modelos de ordenamiento ecológico del territorio, factibilidad ambiental y criterios de regulación ecológica y finalmente la quinta fase de gestión e instrumentación, regulación, coordinación, fomento, instrumentos de control y planeación.

García y colaboradores en 1999, aplicaron un Sistema de Información Geográfica, para el manejo integral de los ecosistemas Sabana Camaguey, creando una Base Cartográfica Digital a escalas 1:25, 000 y 1:50, 000. Abordando temas como la oceanografía, ecología terrestre, ecología marina, planteamiento regional, uso de la tierra, meteorología, educación ambiental, manejo de los recursos naturales, turismo y ecología ambiental, para los estudios geográficos obteniendo los mapas temáticos de dichos temas.

Gudiño en el 2000, formuló un Sistema de Información Geográfica para el ordenamiento territorial de la zona litoral de la provincia de Rio Negro Argentina, y la gestión de sus recursos naturales generando y poniendo en marcha un Observatorio Ambiental.

Juárez en 2008 realizó un modelo de riesgo de incendio para una zona crítica del Estado de Michoacán, el cual se dividió en tres fases: exploratoria, modelización y validación, este estudio integra las variables biofísicas y humanas dentro del modelo de riesgo de incendio, considerando cuatro factores principales: Combustibles, Ambiente Físico, Factores detonantes, Prevención y Supresión, de los cuales el combustible es el más importante ya que es el elemento indispensable para la ignición y la expansión del fuego.

Montoya y colaboradores en 2001, sentaron las bases para iniciar con la Ordenación de los Recursos Naturales del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla en México para resolver los problemas de la zona, asegurar su protección, conservación y desarrollo, así como establecer el marco de referencia para las posibles actuaciones encaminadas a la utilización racional y al desarrollo económico del área, instrumentando una planificación en gestión territorial, capaz de amortiguar los riesgos y procesos que afectan al territorio y evitar se degradación.

Ramakrishnan y colaboradores en 2002, crearon un Sistema de Información Geográfica Ambiental para el área de Kothagiri taluk del distrito de Nilgiris en la India, mostrando las aéreas propensas a deslizamientos, por medio de mapas topográficos de uso de suelo, pendiente, cobertura vegetal, geología, redes de transporte y de relieve los cuales fueron integrados por análisis de superposición de capas de información temática, asignando los criterios de evaluación a cada mapa, el mapa final divide el área de estudio en 4 zonas vulnerables a deslizamientos, muy alta, alta, moderada y baja, cabe destacar que el programa que se utilizó fue Arc View – 3D analyst.

El Departamento de Ecología de los Recursos Naturales (DERN) del Instituto de Ecología de la UNAM campus Morelia, por medio del programa SIMORELOS – CONACyT en 1999, evaluó los cambios de la cobertura vegetal y usos de suelo en Michoacán, formulando modelos predictivos y explicativos que permiten describir sus repercusiones ambientales. Así mismo en los años 2005, 2006 y 2007, el DERN firmo un convenio con el Ayuntamiento del Municipio para iniciar el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio el cual está integrado por cuatro fases: que son la caracterización, diagnóstico, prospección y gestión ambiental, durante la primera etapa se consultaron con expertos en ordenación geográfica y territorial, cabe mencionar que las dos primeras fases están cumplidas y la tercera en proceso, durante el 2008 se han implementado acciones para la consulta pública del instrumento, se realizaron talleres en las tenencias de Morelos, Atécuaro, Santiago Undameo, San miguel del Monte entre otros y en el 2009 se han refrendado 110

mil pesos para la difusión en medios de comunicación, elaboración de materiales publicitarios y la elaboración del documento final que integrará el decreto para el Diario Oficial a finales del año 2009.

Con esto será posible tener un mejor control en el crecimiento urbano ya que fungirá como base para la elaboración del Plan de Desarrollo Urbano con la autorización en materia de impacto ambiental de proyectos de obras, en el diseño y ejecución de programas de reforestación y desarrollo rural, protección y conservación de cuencas hidrográficas y acuíferas, promoción de ecoturismo y en la consecución de recursos externos que apoyen el desarrollo sustentable del municipio.

Díaz y colaboradores en el año 2008, determinaron los índices de erosión de suelos utilizando un Sistema de Información Geográfica para la localidad de San Andrés en la provincia de Pinar del Río en Cuba, evaluando en dos periodos índices de erosividad, erodabilidad, topografía y cubierta vegetal para calcular los riesgos de erosión actual y potencialmente el método de determinación de riesgos de erosión y calidad del suelo, con base en la distribución espacial de los valores de los índices se construyeron mapas mediante herramientas de SIG, sobre la plataforma de ArcInfo 8.3 que permitieron comparar las tendencias pedomorfogénicas.

Montoya y colaboradores en el año 2008, valoraron el riesgo de incendio e inundación en el Estado de México por medio de un Sistema de Información Geográfica, con el fin de obtener la cartografía útil para la planificación del territorio en la que se estima el riesgo de incendio e inundación, para ello se elaboró una zonificación de las áreas más susceptibles de sufrir incendios forestales e inundaciones basados en las características físicas, biológicas y sociales del territorio por medio de un SIG.

Chico en el año 2010, llevo a cabo la Elaboración de un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), como herramienta base para el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Tequixquiac, Edo. De México, creando una base de datos georreferenciada con factores biológicos, físicos y socioeconómicos, aplicando el SIGMA a tres modelos territoriales: riesgo de incendio, evaluación de la localización optima para un vertedero de residuos sólidos urbanos y calidad de la vegetación.

En febrero del año 2010 las intensas lluvias provocaron deslaves de los cerros Guadalupe y San Pedro, en el municipio de Angangueo Estado de Michoacán, ocasionando pérdidas humanas, de viviendas, económicas, al ecosistema ya que este municipio funge como reserva natural de la

Mariposa Monarca. El Director de la Comisión Forestal de Michoacán, Alejandro Méndez señaló que la deforestación por tala ilegal y el cambio de uso de suelo con fines habitacionales en varias de las laderas, fueron los principales factores que ocasionaron estos desastres. Por su parte el secretario de Gobierno Fidel Calderón Torreblanca informo que los municipios de Angangueo, Tuxpan, Tuzantla, Zitácuaro, Jungapeo entre otras fueron declarados zonas de desastre como consecuencia de los deslaves de los cerros antes mencionados (La Jornada, 2010).

3.0 JUSTIFICACIÓN

En México las características de los territorios en los que la administración municipal tiene lugar son de gran diversidad tanto biológica, social, y cultural. De manera que se pueden distinguir municipios urbanos, metropolitanos, rurales, costeros, indígenas, turísticos, entre otros, todos ellos se encuentran asociados, en mayor o en menor proporción, al desarrollo de una actividad económica predominante (INE-SEMARNAT-SEDESOL, 2005).

El municipio de Jungapeo requiere de un mejor conocimiento de los datos actuales de sus recursos naturales para una buena conservación, ya que se ha desarrollado una alta explotación y presión humana sobre dichos recursos naturales, unido al desencadenamiento de riesgos y procesos que afectan el territorio han llevado a un estado de degradación de los recursos naturales el cual debe ser disminuido, para evitar desastres como los ocurridos en el municipio de Angangueo donde la deforestación de los bosques para la tala ilegal fue un principal factor en los hechos ocurridos.

Es necesario realizar estudios sobre riesgos naturales para localizar las zonas más susceptibles o en su caso de máxima conservación, para establecer un desarrollo sustentable, identificando las zonas más aptas para el desarrollo de las actividades humanas, obteniendo un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

El propósito de este proyecto es contar con una herramienta de rápido acceso y fácil manejo que le permita al gobierno del estado de Michoacán y al municipio, tener una perspectiva general de la situación de los recursos naturales y los de factores físicos y socioeconómicos de la población de Jungapeo a partir de la caracterización, donde se elaboro una base de datos georreferenciada con la implementación de un SIGMA en el cual se pueda generar un análisis con los datos obtenidos con el objetivo de sentar las bases para iniciar el Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial.

4.0 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Elaborar un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA) como herramienta en la aplicación de modelos de riesgo, calidad y fragilidad de la vegetación en el municipio de Jungapeo edo. de Michoacán.

4.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- ✓ Construir el mapa base del territorio municipal sujeto al ordenamiento ecológico y territorial.
- ✓ Generar la base de datos cartográfica de los factores físicos, biológicos y socioeconómicos.
- ✓ Determinar el riesgo potencial de incendio para el Municipio de Jungapeo.
- ✓ Realizar el análisis de la calidad y fragilidad de la vegetación del Municipio.
- ✓ Evaluar el riesgo potencial de erosión del Municipio.
- ✓ Identificar las zonas propensas a deslizamientos de tierra en el Municipio.

5.0 ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Localización

El municipio de Jungapeo se localiza a una distancia de 154 km de Morelia la capital del Estado de Michoacán, está enmarcado en un cuadro con las coordenadas UTM 329,397.48 m como “x” mínima y 351,143.49 m como “x” máxima, 2,134,234.14 m como “y” mínima y 2,159,351.44 m como “y” máxima, estas coordenadas se obtuvieron de las cartas topográficas de INEGI 1:50,000; “E14A25”, Elipsoide “GRS80”, Datum Horizontal “ITRF92” y “E14A35”, Elipsoide “GRS80”, Datum Horizontal “ITRF92”. Limita al norte con los municipios de Tuxpan, Zitácuaro y Ciudad Hidalgo; al este con Zitácuaro; al sur con Zitácuaro, Juárez y Tuzantla y al oeste con Ciudad Hidalgo y Tuzantla. El Municipio cuenta con una extensión de 265.98 Km² que representa el 0.54% del territorio estatal. (Fig 3).



Fig 3. Localización del area de estudio, Municipio de Jungapeo.

5.2 Orografía

Está conformada por una sierra alta compleja, lomerío de basalto con mesetas, y sierras volcánicas con estrato volcanes o estrato volcanes aislados con mesetas. Jungapeo como zona orográfica, comprende los cerros Huariguapo, Cóporo, Penales y Zacapendo. Las principales zonas fisiográficas son el Eje Neovolcánico y la Sierra madre del Sur, las altitudes van desde 900-2500 msnm (INEGI, 2009).

5.3 Hidrología

El municipio se encuentra dentro de las Regiones Hidrológicas “Río Balsas” (No 18) y “Río Cutzamala” (No 18G), además de la subcuenca del río Tuxpan y Zitácuaro, así como algunos arroyos como el Zúmbaro, Tigre, Alumbres, Cóporo, Arenal, Tetengueo, Chiquito, Tuxpan y manantiales de agua termal: agua blanca, agua amarilla y San José Purúa (INEGI, 2009).

5.4 Clima

Los climas predominantes en Jungapeo son semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media "(A)C(w₁Xw)", cálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad "Aw₀(w)", templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media "C(w₁Xw)" y templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad "C(w₂Xw)". Presentan temperaturas que oscilan entre los 14-24°C, con un rango de precipitación pluvial de 800-1300 mm (INEGI, 2009).

5.5 Geología

La región pertenece a los Periodos Neógeno, Paleógeno, Cuaternario, Jurásico superior, Cretácico inferior y Cretácico, su composición consiste principalmente en roca ígnea extrusiva; dacita-brecha volcánica ácida, basalto, brecha volcánica ácida, basalto-brecha volcánica básica, brecha volcánica básica y dacita, rocas sedimentarias; arenisca-conglomerado y caliza y roca metamórfica; metavolcánica (INEGI, 2009).

De las rocas ígneas extrusivas, la unidad dacita se caracteriza por ser una roca masiva de color gris que varía de claro a oscuro, el interperismo es somero y el fracturamiento moderado origina lajas, en su morfología se caracteriza por la presencia de cerros aislados que han sido erosionados intensamente (INEGI, 1985).

Basalto esta unidad presenta una morfología de cerros cuya superficie es irregular debido a que ha sido erosionada la cubierta del material alterado por el interperismo, está constituida por derrames de basalto de color gris oscuro e intemperiza a café rojizo, los minerales que se pueden observar son plagioclasa, olivino, piroxenos y anfíboles (INEGI, 1985).

Brecha volcánica ácida, constituida por fragmentos angulosos de riolita y latita, morfológicamente presenta llanuras de piso rocoso con cañadas (INEGI, 1985).

Brecha volcánica básica, constituida por fragmentos de ceniza, lapilli, bombas y bloques volcánicos, predominando los últimos; su color varía de negro a rojo, estas rocas generalmente se encuentran formando conos volcánicos en los cuales las brechas pueden presentarse masivas o pseudoestratificadas, sueltas o compactas, con fracturamiento escaso (INEGI, 1985).

Basalto-brecha volcánica básica, constituida por intercalaciones irregulares de basalto y brecha volcánica basáltica, el basalto es de color gris y rojo, su morfología es sumamente irregular a causa del alto contenido de gases en los derrames lávicos y de la presencia de la brecha volcánica (INEGI, 1985).

Dacita-brecha volcánica acida, constituida por intercalaciones irregulares de derrames dacíticos y brecha volcánica acida con fragmentos de riolita y latita, su morfología se caracteriza por la presencia de cerros aislados que han sido erosionados intensamente (INEGI, 1985).

En cuanto a las rocas sedimentarias la unidad arenisca-conglomerados, está constituida por arenisca compuesta por plagioclasa, feldespato, arcilla, cuarzo, hematita, clorita y calcita secundaria, el conglomerado contiene clastos de 1-3 centímetros de diámetro, los estratos tienen espesores de 2-3 metros, con coloración rojizas y verdosas, su morfología está representada por colinas alargadas y lomeríos subredondeados (INEGI, 1985).

Calcita, unidad sedimentaria calcárea de origen marino depositada en un ambiente arrecifal y de plataforma, constituida por calizas cuyos estratos varían de delgados a masivos, presentan colores gris y crema en la roca fresca y gris claro en la roca intemperizada, está representada morfológicamente por las sierras escarpadas con crestas alargadas (INEGI, 1985).

Las rocas metamórficas solo presentan una unidad que es metavolcánica, constituida principalmente por andesitas, tobas y brechas volcánicas intermedias intercaladas con rocas sedimentarias pelíticas, que en conjunto fueron afectadas por un metamorfismo regional de bajo grado; su coloración es de tonos verdes que intemperizan a pardo amarillento, su grado de fracturamiento varía de moderado a intenso, está cubierta discordantemente por rocas metasedimentarias contemporáneas, así como por lechos rojos y por rocas volcánicas (INEGI, 1985).

5.6 Edafología

Las unidades de suelo presentes en el territorio de Jungapeo, según INEGI (2009), son: Litosol, Acrisol, Vertisol, Feozem, Luvisol, Regosol y Andosol.

Litosol

Suelos muy someros con menos de 10 cm de profundidad, limitados por un estrato duro y continuo (fase lítica) o por tapete. La delgada capa que presentan se caracteriza por su clase textural media, la formación de este tipo de suelos es de origen residual a partir de rocas ígneas extrusivas del Terciario y Cuaternario; su espesor está condicionado a la pendiente, ya que esta influye directamente sobre la escasa acumulación de los materiales edáficos, y son muy susceptibles a la erosión. Se distribuyen de manera dispersa comúnmente en las partes más altas de las laderas y barracas de la Sierra Madre del Sur, generalmente asociados a cambisoles y regosoles. Los climas en que se presentan son diversos: fríos, templados o cálidos, con vegetación constituida por pastizal inducido, bosque pino-encino y selva baja caducifolia, su uso es fundamentalmente forestal, además de la limitante muy restrictiva para su uso y manejo que representa la profundidad, también están las pendientes donde se encuentran, así como la pedregosidad y los afloramientos rocosos superficiales.

Acrisol

Suelos característicos de zonas lluviosas en las que la infiltración del agua ha propiciado la formación de un horizonte B con acumulación de arcilla (argílico) y una saturación de bases menor de 35%, se distinguen por sus colores amarillentos o rojizos, son de origen residual formados a partir del intemperismo de rocas ígneas y metamórficas, presentan clases texturales media y fina, por lo que su drenaje interno va de moderadamente drenado a escasamente drenado y la susceptibilidad a la erosión varía de moderada a alta. Se distribuyen principalmente al suroeste de la entidad, sobre sierras y mesetas de la Sierra Madre del Sur donde están asociados a luvisoles, andosoles y cambisoles, los climas en estas áreas son templados, semicálidos y cálidos y la vegetación que sustentan está constituida por bosque de pino-encino, pastizal inducido y selva baja caducifolia, su uso más adecuado es el forestal pues debido a su mínimo contenido de nutrientes y fuerte acidez no son aptos para la agricultura, además las limitantes físicas más severas para sus usos y manejo agrícola son las pendientes muy abruptas.

Luvisol

Suelos con un horizonte B, rico en acumulación de arcilla (argílico), característico de zonas muy lluviosas, el porcentaje de saturación de bases es mayor al 35%. La formación de estos suelos se debe básicamente a las condiciones de alta humedad existentes en la zona y al material parental, por

lo que su origen es principalmente residual, presentan una clase textural media y fina, por lo que su drenaje va de drenado a escasamente drenado, el material parental está constituido básicamente por rocas de origen ígneo extrusivo, se localizan en aéreas con climas cálidos y templados, con vegetación de bosque de pino-encino, selva baja caducifolia y pastizal inducido, las limitantes para su uso y manejo son las pendientes muy abruptas y la presencia de un estrato rocoso a menos de 50 cm de profundidad. La susceptibilidad a la erosión va de moderada a muy alta, por lo que se recomiendan para uso forestal y vida silvestre (INEGI, 2001).

Vertisol

Suelos de origen aluvial y residual, formados a partir de rocas sedimentarias clásticas y rocas ígneas extrusivas, tienen más de 30% de arcilla expandible (montmorillonita), en todos los horizontes que se encuentran a menos de 50 cm de la superficie, o menos si la profundidad del perfil está interrumpida por un contacto lítico. Son duros cuando están secos, pegajosos en húmedo y con agregados estructurales en forma de cuña, el comportamiento de la textura arcillosa provoca dificultades en la labranza, sobre todo con mal drenaje en época de lluvias con problemas de inundación y en época de secas por lo duro de los agregados estructurales y el agrietamiento, su drenaje interno no varía de escasamente drenado a muy escasamente drenado y tienen baja susceptibilidad a la erosión (INEGI, 2001).

En varios casos se encuentran limitados por un duripán (tepetate) a una profundidad mayor a 50 cm, aunque también existen áreas con suelos profundos, es recomendable usar estos suelos para el cultivo de maíz y sorgo. Son suelos de textura arcillosa, adhesividad y plasticidad fuerte, se encuentran sobre lomeríos, laderas con poca pendiente, llanuras con piso rocoso o cementado y algunos vasos lacustres, el clima es templado y semiseco, el uso está constituido por agricultura de temporal con cultivos anuales, agricultura de riego y pastizales cultivados, sustenta pastizal inducido y vegetación halófila (INEGI, 2001).

Feozems

Se caracterizan por presentar un horizonte A mólico, suave, rico en materia orgánica (más de 1%) y saturación de bases mayor de 50%, por lo tanto el contenido de nutrientes (calcio, magnesio y potasio) es elevado, la formación de estos suelos es generada en gran medida por el intemperismo de las rocas de origen ígneo extrusivo que son abundantes en la zona. La clase textural es media y

su drenaje interno varía de drenado a moderadamente drenado, las limitantes físicas para su uso y manejo son la presencia de una capa lítica (rocosa) o dúrica (tepetate) a menos de 50 cm de profundidad, su susceptibilidad a la erosión es leve en las zonas planas y moderada en laderas con pendientes más fuertes.

Se encuentran sobre llanuras de piso rocoso o cementado, lomeríos, laderas tendidas, y edificios volcánicos, están en climas templados y semisecos, y la vegetación natural que sustenta está constituida por bosques de encino, encino-pino, pastizal natural e inducido y matorral crasicaule, sin embargo, en los terrenos planos y profundos gran parte de ésta ha sido removida para dar lugar a superficies con agricultura de temporal y de riego (INEGI, 2001).

Regosol

Suelos poco desarrollados cuya formación generalmente depende de la litología, pues generalmente se derivan de la roca que les subyace, no presentan capas con diferencias claras y tienen un horizonte A ócrico muy claro en color y pobre en materia orgánica, el cual sobreyace directamente sobre roca o sobre un horizonte C. Tienen textura media, por lo que su drenaje interno es moderado, el material parental del que se han originado son principalmente rocas ígneas extusivas, se encuentran sobre mesetas, cañadas y valles de laderas tendidas, lomeríos y edificios volcánicos, se presentan en climas cálidos, semicálidos y templados donde la vegetación que sustentan es selva baja caducifolia, pastizal inducido, bosque pino-encino y algunas áreas dedicadas a la agricultura de temporal con cultivos anuales. Están a profundidades someras (lecho rocoso a menos de 50 cm de profundidad), pendientes muy pronunciadas, así como la presencia de gravas y piedras en la superficie e interior (INEGI, 2001).

Andosol

Suelos derivados de la intemperización de cenizas volcánicas, son muy ligeros (densidad de masa menor de 0.85), con una alta capacidad de retención de agua y fijación de fósforo, debido al alofano (mineral amorfo), tienen una fuerte tendencia a la acidez, presentan una estratificación con un horizonte A y puede haber o no un horizonte B. Son esponjosos y de textura media (contenido de arcilla y arena menor de 35% y 65% respectivamente), por lo cual son susceptibles a la erosión en grado moderado o alto y el drenaje interno que presentan va de drenado a muy drenado, para su mejor conservación deben ser usados con fines forestales.

Se encuentran sobre sierras volcánicas, estrato-volcanes, valles de laderas tendidas y algunos lomeríos, están sobre climas templados y templado semifrío, la vegetación principal que sustentan es bosque de pino-encino, pino, encino, oyamel-pino, encino-pino y algunos son utilizados en agricultura de temporal. Las limitantes físicas más severas para su uso y manejo son: un estrato rocoso a menos de 50 cm de profundidad, pedregosidad y en varios casos las pendientes muy abruptas de las topoformas donde se ubican, aunque existen áreas de suelos profundos sin limitante alguna (INEGI, 2001).

5.7 Vegetación y Usos de Suelo

El tipo de vegetación que presenta Jungapeo es selva baja caducifolia, bosques mixtos con pino y encino. La selva baja caducifolia es una comunidad formada por árboles que no pasan de 15 metros de altura, se desarrolla preferentemente bajo climas cálidos pero también se le encuentra en secos y templados, muestra dos cambios fisionómicos drásticos durante el periodo de un año, la época de defoliación la más larga del año y la más seca dura aproximadamente 8 meses y brinda un aspecto gris y desolado ya que la mayoría de los árboles pierden sus hojas en este tiempo y se mantienen así hasta la caída de las primeras lluvias, cuando vuelven a reverdecer, y en este periodo de lluvias la selva cambia presentándose frondosa con una cubierta foliar uniforme de tonalidad verde claro.

La estructura de la selva caducifolia depende del estado en que se encuentre, es decir, del grado de perturbación o explotación que haya sido sometida, así una selva baja caducifolia que no ha sido alterada por el hombre presenta por lo general un solo estrato arbóreo bien definido, de este modo también se pueden encontrar algunas eminencias arbóreas que no suelen tratarse como estrato por presentarse en forma aislada, también cuando la selva presenta pocas alteraciones, el estrato herbáceo y arbustivo no se desarrollan debido a la penumbra producida por el follaje del estrato superior.

Sin embargo en aquellas zonas que han sido perturbadas por el hombre por medio del desmonte y quema de los árboles para la introducción de agricultura nómada (maíz), o para el desarrollo de pastizales inducidos con el fin de alimentar el ganado, al ser abandonadas permiten el crecimiento del estrato herbáceo y arbustivo en el que predominan las leguminosas al principio y posteriormente los arbustos (INEGI, 1985).

Los suelos sobre los que crece esta vegetación son principalmente Regosoles aunque también sobre Feozems, Litosoles y Luvisoles. Las altitudes donde se desarrolla esta vegetación van desde los 400-1600 metros sobre diferentes sistemas de topografías, tales como valles, mesetas, lomeríos y sierras y la precipitación media anual oscila entre 700-1000 mm, la selva baja caducifolia se encuentra intercalada con áreas de pastizales inducidos y con zonas netamente agrícolas con prácticas temporales. En su composición florística destacan: *Bursera* (Copal), *Pseudosmodium perniciosum* (Chupiri), *Lonchocarpus constrictus* (copalillo), *Haematoxylum brasiletto* (Brasil), *Pithecellobium acatlense* (azinchete), *Lysiloma acapulcensis* (tepehuaje), *Lysiloma divaricata* (cuitaz) (INEGI, 1985).

Los bosques de pino-encino se localizan a altitudes que van de los 1400-3000 m, que por lo general está constituido por pinos casi exclusivamente, los suelos que sostienen a este bosque son fundamentalmente Acrisoles que son suelos rojos y arcillosos; también se encuentran sobre suelos como Regosoles y Luvisoles. Se desarrollan en climas cálidos subhúmedos y templados subhúmedos, con una precipitación media anual de 800-1000 mm. Este tipo de bosque presenta una alta perturbación por la práctica de la agricultura nómada, y por la explotación de los árboles de pino a nivel industrial, ya que de estos se obtiene el látex y resinas, además de su madera que tiene importancia comercial por su utilización para la construcción de casas, trojes y muebles en general, algunas especies comunes son *Pinus oocarpa* (Pino ocote) *Pinus michoacana* (El trompillo), *Pinus pseudostrobus* (Pino guajiquiro), *Quercus magnoliafolia* (Encino amarillo) y *Quercus pendinularis* (Encino avellano) (INEGI, 1985).

Los bosques de encino se les encuentran a altitudes entre los 700-2200 m en grandes manchones que penetran hacia la zona de clima cálido subhúmedo, crecen sobre suelos relativamente profundos como los Regosoles y Litosoles. Este tipo de bosque es menos explotado debido a las características que tiene su madera, la cual es de mayor dureza y llena de nudos, por lo cual presenta dificultades para su explotación a nivel industrial, dentro de su listado florístico se encuentran: *Quercus magnoliafolia* (Encino amarillo) y *Quercus glaucooides* (Encino blanco) (INEGI, 1985).

Los bosques de encino-pino se localizan en altitudes que oscilan entre los 800-1800 m, con particularidad de que por lo general se encuentran en estado secundario de tipo arbustivo, ya que la explotación de este tipo de bosque ha sido intensiva.

El pastizal inducido está compuesto por plantas gramíneas que sirven como alimento al ganado, se desarrolla sobre cualquier tipo de suelo y bajo los climas cálidos, cálidos semicálidos

subhúmedos, semisecos y templados, se encuentran en altitudes que van de 300-2500 m, dentro de su composición florística se encuentran algunos arbustos aislados como: *Acacia pennatula* (Tepame), *Ipomoea* (Yedra morada), *Cordia* (Laurel blanco) y entre los pastos que se observan están *Aristida*, (Flechilla), *Andropogon Hirtiflorus* (Pasto lanudo), *Bouteloua* (Banderilla), *Muhlenbergia* (Dos zacates), *Stipa virescens* (Flechilla mansa) entre otras de las cuales se alimenta el ganado bovino (INEGI, 1985).

El uso de suelo es para la agricultura, forestal y en una menor proporción ganadero, mientras que el uso potencial de la tierra es para la agricultura mecanizada continua (7.81%), agricultura con tracción animal continua (6.45%), agricultura manual continua (0.38%), no aptas para la agricultura (85.36%), para el establecimiento de praderas cultivadas (7.81%), para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente al pastizal (6.83%), para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (84.52%), no aptas para el uso pecuario (0.84%) (INEGI, 2009).

6.0 METODOLOGÍA

Para la Elaboración del Sistema de Información Geográfica Ambiental (SIGMA), se creó una base de datos en formato digital para lo cual se recabó la información que hasta el momento existe para el Municipio de Jungapeo, en dicha base de datos se incluyeron aspectos Físicos (climatológicos), Sociales, Económicos, Culturales y Biológicos.

6.1 Físicos

Los factores físicos están caracterizados por tener elementos físicos y químicos que se encuentran interactuado con los organismos de un sistema que ejercen presión sobre ellos, dentro de estos están la altitud, temperatura, latitud, humedad, clima, agua, viento, precipitación, suelo. Estos factores limitan la distribución de las diferentes especies de seres vivos y por ende los recursos naturales que se encuentren en el territorio.

Se hizo la recopilación de los factores climatológicos de la Comisión Nacional del Agua (CNA), obteniendo los siguientes factores:

Temperatura máxima mensual y mínima mensual (°C), Evapotranspiración total normal y Precipitación máxima mensual (mm).

A través de la información recopilada se realizó una serie de análisis de los cuales se generaron Mapas Temáticos como son:

Para los factores climatológicos; temperatura máxima mensual, mínima mensual, evapotranspiración total normal, precipitación máxima mensual, se realizaron interpolaciones mediante el método IDW (Inverse Distance Weighted), el cual toma cada uno de los puntos los cuales tiene una influencia local que disminuye con la distancia, uno los puntos más cercanos a los puntos que se encuentran más lejos, creando así datos continuos.

Este método se aplico para cada uno de estos factores climatológicos con la ayuda del programa Arc View GIS 3.1 en el cual se importo la base de datos en formato DBASE IV, elaborada a partir de 28 estaciones meteorológicas cercanas al municipio de Jungapeo como se muestra en el siguiente listado:

Estación	Nombre
15005	Amanalco de Becerra
15035	Ixtapan del Oro
15066	Palizada Villa Victoria
15107	Santa Barbara Sto. Tomás
15108	Santa Maria del Monte
15130	Presa Valle de Bravo
15131	Villa de Allende
15133	Presa Villa Victoria
15146	Pueblo Nuevo San Felipe
15178	Ixtapatongo Nvo. Sto Tomás
15197	Cuesta del Carmen V. A.
15219	Presa Pinzanes
15247	La Cienga, San Felipe
15322	Asunción Donato Guerra
16002	Agostitlan Ciudad Hidalgo
16036	El Bosque Zitácuaro
16058	Jungapeo, Jungapeo
16061	Laguna del Fresno
16092	Presa Agostitlán Cd. Hidalgo
16097	Presa Pacuato Cd. Hidalgo
16098	Presa Sabaneta Cd. Hidalgo
16099	Presa Tuxpan, Tuxpan
16122	Susupuato de Guerrero
16134	Tuxpan, Tuxpan
16135	Tuzantla, Tuzantla (SMN)
16136	Tztzio Tztzio
16163	Tuzantla, Tuzanta (DGE)
16206	San Jose Purua Jungapeo

Listado de las estaciones meteorológicas consultadas en el sistema meteorológico nacional (SMA)

6.2 Biológicos

En cuanto a los factores biológicos se realizó la cartografía temática correspondiente a la vegetación y usos de suelo, realizando un mapa donde se pudo observar la distribución de estos dentro del municipio de Jungapeo.

6.3 Socioeconómicos

Los factores socioeconómicos son aquellos que comprenden a la población humana y dan una visión de la calidad de vida, las actividades realizadas, la dinámica poblacional, lo que permite determinar cuáles son las necesidades que presentan y los recursos que requieren para satisfacerlas, lo cual permite dar información del efecto de estas actividades en los ecosistema y las acciones que se deben llevar a cabo para mitigar estos efectos, por eso el SIGMA toma en cuenta estos factores, para poder sentar las bases del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Jungapeo.

Para los factores socioeconómicos se consideraron: población económicamente activa e inactiva perteneciente al sector primario y secundario.

Dentro de los factores socioeconómicos se incluyó la Infraestructura, que está constituida por las vías de comunicación, cuerpos de agua, edificios, núcleos urbanos, instalaciones para la generación de energía eléctrica, puntos de interés histórico, áreas de conservación de la naturaleza entre otros.

En cuanto a los aspectos sociales, se incluyeron en el SIGMA:

Densidad de población, población total, población femenina, masculina, población con derecho a salud IMSS o ISSSTE y promedio de hijos.

Con respecto a los factores culturales se incluyeron: Población con educación, población con 15 años y más con educación básica completa e incompleta, población sin educación con 15 años y mas, así como la población masculina y femenina con 15 años y mas sin educación, la población analfabeta, grado de escolaridad y hogares con jefatura masculina y femenina, junto con la migración.

En cuanto a los factores Socioeconómicos-Culturales se consultaron los Censos Poblacionales de 2005 y 2010 realizados por el INEGI para el Municipio de Jungapeo para cada una de las localidades

siendo un total de 58 localidades, siendo la cabecera municipal “Jungapeo de Juárez, la Tinaja, la Mora, la Florida y la Soledad” las que mayor población tienen, las cuales fueron determinadas a partir de la generación de polígonos para delimitar su forma utilizando centroides de cada una de ellas, asignando aéreas por proximidad.

Es importante mencionar que los datos obtenidos de densidad de población, población masculina y femenina, migración, población con derecho y sin derecho a salud, población total, población con y sin educación, grado de escolaridad, promedio de hijos, jefatura masculina y femenina se obtuvieron a partir de ambos censos de INEGI 2005 y 2010.

En el caso de los datos de la población activa e inactiva se tomaron de los censos 2000 y 2010 por su parte los datos de la población perteneciente al sector primario, secundario y terciario, fueron obtenidos a partir del año 2000.

Con el fin de recopilar la información existente hasta el momento del Municipio de Jungapeo para la elaboración del SIGMA, con los insumos y productos necesarios para el desarrollo de la caracterización fueron utilizados los siguientes aspectos:

Cartografía Básica: Geología, Geomorfología, Litología, Clima (a escala 1:250,000), Hidrología superficial y subterránea (a escala 1:50,000), Vegetación, Suelo y Usos de suelo (a escala 1:250,000); Modelo digital de elevación, Curvas de nivel, Núcleos urbanos, Vías de Comunicación (a escala 1:50,000), Conjunto de datos vectoriales (a escala 1:50,000) y Ortofotos (fotografías aéreas) a escala 1:20,000. El producto fue la base de datos generada, el programa que se utilizó fue el Sistema de Información Geográfica Arc View GIS Versión 3.1.

Dicha Información fue consultada en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, censo poblacional 2005 y 2010), Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y Comisión Nacional del Agua (CNA).

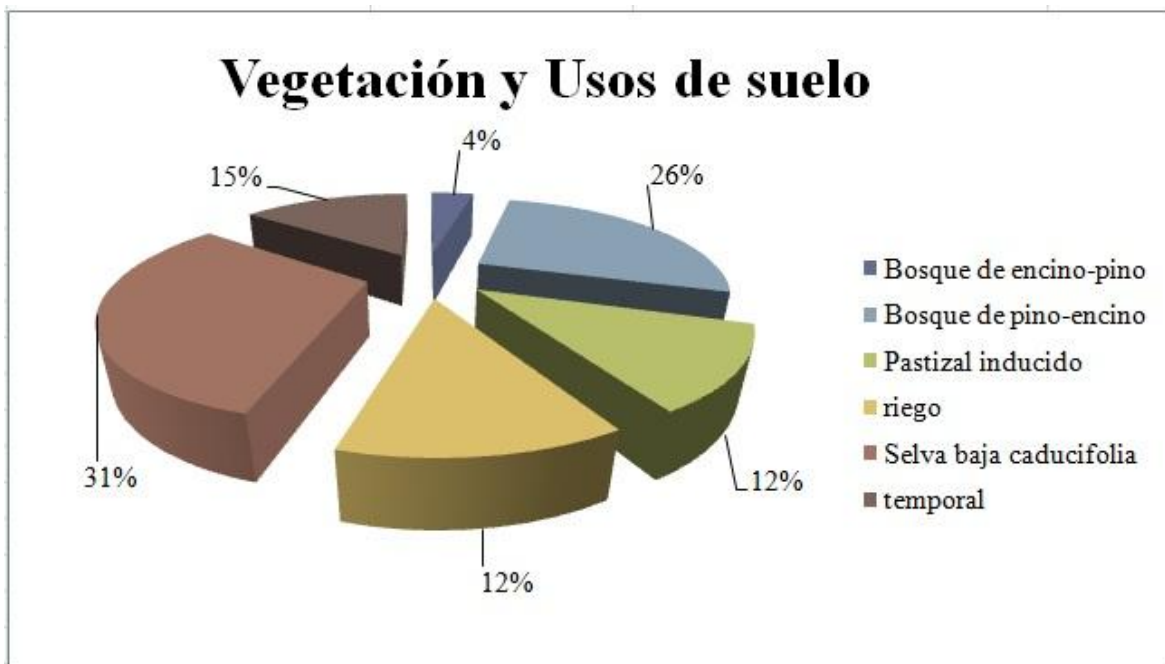
7.0 RESULTADOS Y ANÁLISIS

A partir de la elaboración del Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), se pudo obtener la base de datos georreferenciada en formato digital con factores biológicos, físicos y socio-económicos, con la cual se obtuvo la cartografía temática y el mapa base del Municipio de Jungapeo, la base de datos permitió realizar análisis para conocer el medio físico, biológico y socioeconómico, crear modelos para identificar los riesgos naturales (erosión, incendio, deslave), y el estado de los

recursos vegetales (fragilidad y calidad), todo esto con el finalidad de establecer las bases para el Ordenamiento Ecológico Territorial.

Factores Biológicos

Con respecto a la vegetación el Municipio de Jungapeo presenta los siguientes tipos de vegetación: selva baja caducifolia, con 8,100 ha, que representan el 31% del territorio, el bosque de pino-encino con 6,842 ha, que cubre el 26 % del territorio, la agricultura de temporal con 3,824 ha, que abarca el 15% del territorio, la agricultura de riego con 3,218 ha, que representa el 12 % del territorio, el pastizal inducido con 3,125 ha, lo cual cubre el 12% del territorio y el bosque de encino-pino con el menor porcentaje 4% con 974 ha, cabe mencionar que las zonas urbanas no presentan un porcentaje significativo, es decir solo abarcan 28.32 ha, la ilustración de los porcentajes se observa en la Gráfica 1. La vegetación del municipio cuenta principalmente con selva baja caducifolia y bosques de pino encino, por lo cual debe ser conservado y restaurado, proponiendo cuales son las zonas más aptas para la explotación forestal ya que el mayor porcentaje de la población pertenece al sector primario y está actividad es una de las más realizadas.



Gráfica 1.- Proporción en porcentaje de la vegetación y usos de suelos presentes en Jungapeo.

Para la elaboración del SIGMA, se realizaron una serie de mapas temáticos en el caso de los factores biológicos se elaboro el mapa de vegetación y usos de suelo. Mapa 2 (Ver Anexo Cartográfico).

Factores Físicos

Hidrografía

Ya que la orografía en el estado de Michoacán presenta fuertes variantes que ocasionan contraste en la hidrografía, la vegetación y el clima, debido a lo accidentado del relieve se han formado tres vertientes la del norte, la del centro y la del sur, el municipio de Jungapeo pertenece a la vertiente del centro donde se encuentran los ríos Tepalcatepec y Balsas, que presentan climas subhúmedos, con precipitaciones que oscila de 1,000 a 1,200 mm y originan importantes corrientes como la de los ríos Zitácuaro, Tuxpan y Agostitlán entre otros, sobre los cauces de estos ríos se encuentran almacenamientos que son empleados para la generación de energía eléctrica o para uso agrícola.

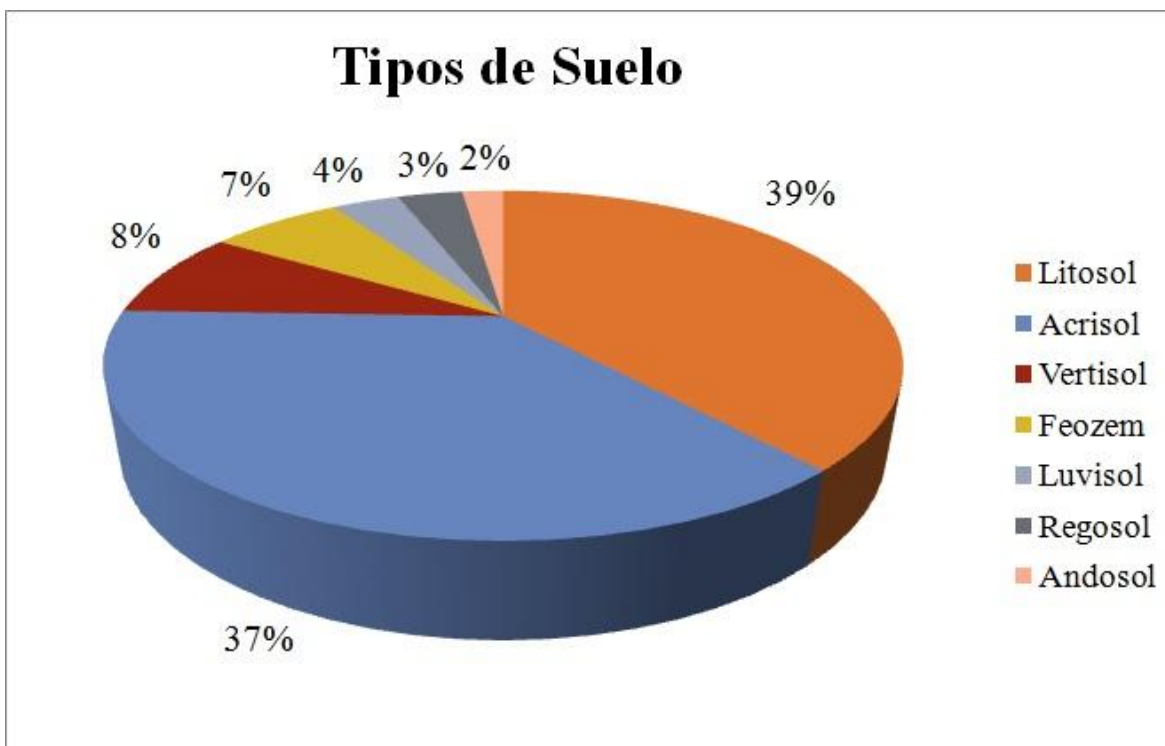
El río Balsas nace en la confluencia de los ríos Atoyac y Mixteco, donde es conocido como río Poblano, después de que confluye con el río Amuco, recibe por la margen derecha los aportes del río Cutzamala. La cuenca del río Balsas es conocida también como “Depresión del Balsas”; en ella las altitudes que no sobrepasan los 600 m y en su parte occidental altitudes del orden de los 200 m, en cuanto a su litología y estructura es variada y compleja.

El río Cutzamala es uno de los más importantes del estado de Michoacán ya que comprende 7,135.15 km, es la corriente más importante de la cuenca, y es también uno de los principales afluentes del río Balsas, en su recorrido total de 262 km, recibe la siguientes denominaciones; Taximara, en su origen a 61.5 km al este de la ciudad de Morelia; Turundeo, después de captar las aguas del río Agostitlán; Río Grande, 28 km aguas abajo de este último; Tuxpan al recibir los aportes del río Chiquito; Zitácuaro, al confluir con el río del mismo nombre y finalmente Cutzamala, a partir de su unión con el Tetengueo. Además durante su trayecto recibe otros afluentes, entre ellos los arroyos Tetengueo y Fresno y los ríos Salitre y Tapatío.

El gasto medio en esta porción es de 4.612 m³ /seg y corresponde al 1.23% del total estatal, las rocas que predominan en esta cuenca y que determinan un control litológico sobre el patrón del drenaje son lutitas intercaladas con areniscas, areniscas asociadas con conglomerados y andesitas asociadas con brechas volcánicas intermedias, principalmente las rocas sedimentarias, de acuerdo a su dureza y oposición a la erosión, son las que definen el patrón de drenaje dendrítico y la densidad de éste.

En cuanto a los recursos hidrográficos Jungapeo cuenta con un cuerpo de agua de tipo perene interior, un amplio número de ríos intermitentes y perenes, así como manantiales, lo que denota que las actividades agrícolas son altamente realizadas por la población ya que la mayoría de esta se dedica al sector primario. Con bases en estos recursos hidrológicos se obtuvo el mapa de hidrología del municipio de Jungapeo Mapa 3 (Ver Anexo Cartográfico).

En base a la información obtenida con respecto a los tipos de suelo en Jungapeo, se encuentran principalmente, el Litosol con una superficie de 108,574 ha, que representa el 39%, seguido del Acrisol con 103,765 ha, que abarca el 37% del territorio, mientras que el Vertisol tiene 23,466 ha, que cubre el 8%, el Feozem con 19,385 ha que abarca el 7%, el Luvisol con 10,042 ha, el Regosol con 9,686 ha y por último el Andosol con 6,141 ha, que representan el, 4%, 3% y 2% respectivamente como se puede observar en la Gráfica 2. En cuanto a la geología del área de estudio se consulto que su origen data del periodo Neogéno, perteneciente a la era Cenozoica.



Gráfica 2.- Porcentaje de los tipos de suelo presentes en el territorio del municipio de Jungapeo.

Así mismo se añadió la cartografía correspondiente a la información edafológica, generando el mapa de edafología del municipio de Jungapeo Mapa 4, en el cual se puede apreciar esta distribución (Ver Anexo Cartográfico).

Factores climáticos

En cuanto a los factores climáticos y en función en la base de datos se realizaron interpolaciones con estos factores, para obtener mapas continuos de la información para las 28 estaciones meteorológicas alrededor de Jungapeo, mostrando la siguiente tabla de promedios, con los valores máximos y mínimos obtenidos en dichas interpolaciones.

Temperatura	Valor mínimo °C	Valor máximo °C
Máxima mensual	21.755	39.916
Mínima mensual	-1.091	16.133

Tabla 1.- Representa los valores mínimos y máximos de las temperaturas.

Para la Temperatura máxima mensual se registró que los meses más calurosos fueron Abril y Mayo con las temperaturas más altas con 42°C en ambos meses, mientras que para la Temperatura mínima mensual los valores más bajos se registraron en el mes de Noviembre y Diciembre con -2.3 y -4.5°C respectivamente.

Así mismo se llevaron a cabo las interpolaciones para la precipitación máxima mensual y la evapotranspiración de los cuales se obtuvieron los siguientes datos:

	Valor mínimo °C	Valor máximo °C
Precipitación máxima mensual	93.719	534.327
Evaporación total normal	104.693	180.92

Tabla 2.- Valores mínimos y máximos de la evaporación y precipitación

En cuanto a la precipitación máxima mensual en los meses de Marzo y Abril se registraron los valores más bajos con valores de 3 – 3.5 mm, mientras que Octubre y Diciembre presentaron los valores más altos con 1225 y 1210 mm respectivamente, sin embargo al realizar mapas continuos de precipitación se ve que en los meses que llueve más son a partir de Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre por lo cual se recomienda realizar cultivos en este periodo para aprovechar el agua de lluvia y por ende contar con mayores recursos agrícolas.

Respecto al predominio de los climas que se distribuyen el área de Jungapeo son; cálido subhúmedo con lluvias en verano, en el cual la temperatura media anual llega a los 23°C, con una máxima de

24.6°C, en Junio y la mínima en Enero con 20.8°C, el periodo de lluvias ocurre de Junio a Octubre, pero la mayor incidencia se registra en Septiembre cuando alcanza 258 mm, en su total al año suma 989 mm.

En el clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación fluctúa entre 720 – 900 mm anuales, el mes más cálido es Mayo con 24.1°C, y el más frío enero con 14.2°C, y la precipitación suma 788 mm al año con mayor concentración en verano, el intermedio en humedad es de 800 – 1200 mm anuales de lluvia. Finalmente el clima templado subhúmedo con lluvias en verano se presenta en altitudes que van de 1800 – 2700 m, la temperatura media anual fluctúa de 12.5°C a 17°C y la precipitación total va de 790 – 1343 mm al año, conforme se avanza hacia el norte las condiciones se tornan menos húmedas pues la precipitación disminuye de 741 – 959 mm anuales, el régimen térmico medio anual oscila entre 14.5°C y 18°C (INEGI, 1985).

En lo que respecta con la Evaporación total normal el mes de Diciembre presentó menor humedad con 66 mm, mientras que Marzo y Abril presentaron mayor humedad con 251 y 263 mm, respectivamente.

Con la información de todos estos factores climáticos permite establecer estrategias una vez realizado el Diagnostico y Pronostico, dentro del programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial, para sustentar cultivos agrícolas que se puedan llevar a cabo en estos tipos de clima, condiciones fisiográficas, temperaturas, humedad y aptitud del suelo y así establecer un desarrollo sustentable en el municipio de Jungapeo.

En cuanto a estos factores climáticos se realizó la cartografía a partir de la base de datos generado por el cálculo de las interpolaciones obteniendo los mapas de Temperatura mínima mensual, Temperatura máxima mensual, Precipitación máxima mensual y Evaporación total normal, en los cuales se observan los intervalos de los valores para cada uno de estos parámetros para la Temperatura en “°C” y en “mm” para la Evaporación y Precipitación (Ver Anexo Cartográfico).

Variables altimétricas

La altitud es un aspecto principal en los estudios del medio físico, la altitud determina la cliserie de los distintos tipos de vegetación (MOPT, 1994), dependiendo su altura que son la basal, montano, subalpino y alpino, colocados a diferentes alturas y distintos espesores según las altitudes y

orientaciones. La cliserie es una distribución escalonada de diferentes tipos de vegetación los cuales están determinados por variaciones del clima, los valores de altitud para Jungapeo se obtuvieron a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE), a escala 1:50 000 con datos que van de 820 – 2500 msnm.

La pendiente se define como la inclinación de un terreno respecto a un plano horizontal, que describe una unidad geomorfológica compleja (MOPT, 1994), por consiguiente la pendiente permite decidir la asignación de actividades a desarrollar en la zona o su impacto sobre ésta, ya que la pendiente puede limitar los usos del terreno, es decir la pendiente no será la misma para usos agrarios que para usos urbanos. La clasificación Soil Survey Staff (1951) se basa en el grado de pendiente y en el concepto de pendiente simple o compleja, de ambas características se pueden deducir consecuencias prácticas, bajo determinadas condiciones de suelo como son; la proporción y cantidad de la escorrentía, susceptibilidad a la erosión del suelo y la aptitud para el uso de maquinaria agrícola. Utilizando el MDE se realizó el cálculo de la pendiente obteniendo como valores de 0 (zonas planas llanas) como valor mínimo y 67.22° como valor del máximo (representando el grado de inclinación) (Mapa 11, Ver Anexo Cartográfico).

Por otro lado se utilizó el MDE para calcular las curvas de nivel a una equidistancia de 10 m, (Mapa 12 Ver Anexo Cartográfico), las curvas de nivel son la representación gráfica de los puntos del terreno situados a la misma cota sobre el nivel del mar, que se trazan a intervalos fijos de altitud (equidistancia), que se mantienen constante (MOPT, 1994), a partir de estas se delimitan clases o intervalos de altura de la amplitud que se considere más conveniente según la escala de trabajo, relieve de la zona. Esta separación horizontal da referencia para establecer la pendiente del territorio, ya que a medida que las curvas se aproxima la pendiente se hace mayor, proporcionando diferentes altitudes y tipos de relieve, lo cual está asociado a los tipos de vegetación.

La orientación se determina a partir de la posición de una superficie respecto a los puntos cardinales, la orientación influye en la energía radiante que llega a la superficie, es decir cuánto influye en la insolación (MOPT, 1994). Por ejemplo si se trata de hacer un estudio de capacidad para actuaciones agrarias con la exposición y la pendiente combinadas obtenemos el coeficiente de insolación, que parte de los valores de pendiente y orientación de cada unidad, la orientación del relieve determina una exposición variada de las vertientes del sol, lo que da como resultado una distribución diferente de la vegetación entre solana y umbría, en relación a los vientos influye en la cantidad de precipitaciones, Con el MDE también se calculo la orientación (Mapa 13 Ver Anexo Cartográfico).

Por último se calculo la iluminación con un azimut de 315° (ángulo de la dirección en la que se encuentra la fuente de luz partiendo del Norte) y una altitud de 45° (pendiente o ángulo de la fuente de luz sobre el horizonte), (Mapa 14 Ver Anexo Cartográfico), el cual fue utilizado para obtener el sombreado topográfico.

Factores socio-económicos

Infraestructura

Dentro de los estudios sobre el territorio es de mucha importancia, saber acerca de la infraestructura, vías de comunicación, para poder establecer rutas por ejemplo: cuales son la rutas más rápidas para llegar a un determinado centro ya sea algún hospital en un punto determinado del territorio, o bien para el establecimiento de un centro sanitario y vertedero de residuos sólidos, para el cual se necesita saber la distancia de determinado punto a las vías de comunicación. Con respecto a las vías de comunicación se tiene que la principal carretera que atraviesa en su totalidad al municipio de Jungapeo es la carretera estatal libre que cruza de noroeste al centro y viceversa con una distancia de 15.17 Km de longitud (Mapa 9, Vías de comunicación Ver Anexo Cartográfico), la otra vía es la carretera estatal de terracería en operación las cuales atraviesan al municipio del noroeste pasando por el centro y culminando hasta el sur con una longitud de 78.90 Km, dentro del territorio municipal, por lo cual se requiere que se pavimenten más las carreteras para tener un rápido acceso al municipio ya que el 83% de estas son de terracería.

Dentro de un SIGMA, es de mucha importancia integrar los factores de la población para saber cómo está la situación económica, social y cultural en el municipio, la información es valiosa ya que la población tiene un papel muy importante en el manejo de los recursos naturales, por lo que partiendo de la población dependerá el tipo de sector al que pertenezca (primario, secundario, terciario) y por tanto el tipo de recursos que se requieren para determinada actividad, por eso se integra esa información en el proyecto. Estas variables se consultaron en el INEGI para los censos de 2005 y 2010.

En cuanto a la población el municipio de Jungapeo ha presentado un crecimiento poblacional del año 2005 – 2010 del 7.7%.

Dentro del municipio de Jungapeo existen 58 localidades:

1. Agua Amarilla	21. El Tamarindo	41. Las Cuchillas
2. Agua Salada	22. El Tepeguaje	42. Las Escobas
3. Berbecho Colorado	23. Huanguito	43. Las Guásimas
4. Cerrito del Muerto	24. Jungapeo de Juárez	44. Las Nuñez
5. Colonia Nueva	25. La Mora	45. Las Pilas
6. Colonia San Pedro	26. La Camelina	46. Las Salas
7. Cóporo	27. La Cienega	47. Las Suertes
8. Cuatro Ojos	28. La Florida	48. Lázaro Cárdenas
9. El Arenal	29. La Garita	49. Los Machetes
10. El Barrio	30. La Granja	50. Ojo Seco
11. El Carrizal	31. La Laja	51. Pácuaro
12. El Carrizo	32. La Mesa del Campo	52. Piedras de Lumbre
13. El Círian (14)	33. La Miel	53. Pino solo
14. El Círian (126)	34. La Mina	54. Pueblo Viejo
15. El Espinal	35. La Soledad	55. Puerto de la Miel
16. El Mango	36. La Tinaja	56. Puerto Itziapo
17. El Mezquite	37. La Vega	57. Toluquilla
18. El Paso	38. La Yerbabuena	58. Veinte de Noviembre
19. El Puerto de Jungapeo	39. Las Anonas	
20. El Salitre	40. Las Canoas	

Tabla 3.- Localidades del municipio de Jungapeo.

Dentro de estas localidades la que menor población presenta para el año del 2005, es “El Salitre” localizada en la parte central del municipio un con solo 5 persona, lo cual puede deberse a errores en los censos, es decir no se registró el número de habitantes de esta localidad por no saber la ubicación o no existía dicho sitio para ese año, mientras que para el año del 2010 presenta 14 habitantes, en tanto que la localidad que mayor habitantes presentó fue la cabecera de Jungapeo de Juárez que en el 2005, registra 4822 habitantes, mientras que para el censo del 2010 aumentó a 5073 habitantes lo cual se puede ver en un incremento del 5 % como se puede observar en la tabla 4.

Nombre de la Localidad	Densidad Poblacional Censo 2005	Densidad Poblacional Censo 2010
Agua Amarilla	0.60	0.68
Agua Salada	126.83	145.59
Berbecho Colorado	1.02	1.31
Cerrito del Muerto	21.53	27.59
Colonia Nueva	124.67	148.82
Colonia San Pedro	5.39	5.86
Cóporo	2.17	1.50
Cuatro Ojos	0.29	0.25
El Arenal	0.78	0.71
El Barrio	3.67	3.67
El Carrizal	4.25	4.47
El Carrizo	1.00	1.19
El Círian (14)	10.59	14.14
El Círian (126)	2.34	0.39
El Espinal	3.12	3.71
El Mango	12.10	14.86
El Mezquite	5.62	6.05
El Paso	2.17	2.35
El Puerto de Jungapeo	15.54	15.39
El Salitre	0.16	0.44
El Tamarindo	3.26	2.91
El Tepeguaje	8.82	7.11
Huanguito	12.46	13.33
Jungapeo de Juárez	213.55	224.67
La Mora	15.74	16.85
La Camelina	0.53	0.66
La Cienega	0.33	0.18
La Florida	6.47	6.82
La Garita	41.47	70.36
La Granja	304.32	315.40
La Laja	7.69	10.04
La Mesa del Campo	0.58	0.60
La Miel	2.27	2.96
La Mina	1.94	1.67
La Soledad	10.06	11.81
La Tinaja	627.95	426.46
La Vega	9.04	9.32

Nombre de la Localidad	Densidad Poblacional	Densidad Poblacional
	Censo 2005	Censo 2010
La Yerbabuena	0.30	0.30
Las Anonas	13.61	15.09
Las Canoas	2.61	3.11
Las Cuchillas	1.57	1.46
Las Escobas	0.59	0.64
Las Guásimas	2.44	2.84
Las Nuñez	5.23	3.73
Las Pilas	10.36	11.13
Las Salas	2.16	2.40
Las Suertes	4.57	3.07
Lázaro Cárdenas	211.75	216.37
Los Machetes	0.07	0.18
Ojo seco	0.29	0.38
Pácuaro	6.30	6.93
Piedras de Lumbre	9.45	14.68
Pino solo	0.13	0.21
Pueblo Viejo	1.39	1.64
Puerto de la Miel	0.44	0.41
Puerto Itziapo	2.46	3.08
Toluquilla	0.71	0.67
Veinte de Noviembre	2.97	3.17

Tabla 4.- Densidades poblacionales correspondientes a los censos de población 2005 – 2010, para cada una de la localidades.

En base a los datos de densidad de población la localidad que presentó mayor crecimiento poblacional fue la Garita con el 70% y el que menor crecimiento poblacional registró fue la Mesa del Campo con el 3%, mientras que la Localidad la Tinaja registro una disminución del 32% esto puede ser a causa principalmente de la migración.

En cuanto a la población femenina la localidad la Garita presentó el mayor crecimiento poblacional con el 69%, mientras que el Barro presentó el menor crecimiento poblacional con el 1.2%, otras por ejemplo como la Yerbabuena y Agua Amarilla se mantuvieron con el mismo número de mujeres, por otro lado la localidad la Tinaja presentó un alto porcentaje de disminución en el crecimiento poblacional con un 33%, lo que podría indicar que las mujeres están emigrando para buscar mejores

condiciones de vida, la población femenina representa el 51% de la población total del municipio de Jungapeo.

Para la población masculina la localidad la Garita como en el caso de las mujeres, presentó el mayor porcentaje de crecimiento poblacional con el 69%, mientras que la Yerbabuena y Ojo seco presentaron el menor porcentaje de crecimiento poblacional con el 6% y 11% respectivamente, y la que presentó una disminución en el crecimiento fue la Tinaja igual que en las mujeres con el 31% , lo que supone que en esta localidad la población emigra a otros lugares para una mejor calidad de vida, algunas por su parte se mantuvieron con el mismo número de hombres como el Arenal. La población masculina representa el 48% del total de la población de Jungapeo.

En cuanto a la situación socioeconómica se consultaron los censos del año 2000 y 2010, ya que en el censo del 2005 no vienen estas variables, para la población económicamente activa en el censo del 2000, se registró que la localidad los Machetes tiene los valores más bajos con tan solo 2 personas, mientras que la cabecera de Jungapeo presentó los registros más altos con 1595 personas, representando un 32%, del total de la población económicamente activa del municipio. En el caso de la población económicamente inactiva en el censo del 2000 se tiene que la localidad Agua amarilla, presentó solo 4 registros, siendo la más baja de todas las localidades y la cabecera municipal Jungapeo de Juárez la que mayor registro tuvo con 1987 personas lo que representa un 28% de la población económicamente inactiva, como se muestra en la Tabal 5.

Para el censo de 2010, la población económicamente activa tuvo su menor registro en la localidad los Machetes con 4 personas, y el mayor registro lo tuvo la cabecera municipal de Jungapeo de Juárez con 1886, registros, representando el 29% del total de la población económicamente activa, para la población económicamente inactiva el menor registro lo tiene la localidad Cuatro ojos con 3 personas y el mayor valor está en la cabecera municipal Jungapeo de Juárez con 1907 registros, representando el 25% del total de la población inactiva (Tabla 5).

Localidad	Población económicamente activa (Censo 2000)	Población económicamente inactiva (Censo 2000)	Población económicamente activa (Censo 2010)	Población económicamente inactiva (Censo 2010)
Agua Amarilla	6	4	4	11
Agua Salada	152	304	226	262
Barbecho Colorado	6	5	6	6
Cerrito del Muerto	211	269	300	369
Colonia Nueva	58	109	116	100
Colonia San Pedro	15	30	55	48
Cóporo	21	27	11	16
Cuatro Ojos	4	14	5	3
El Arenal	11	12	7	10
El Barro	58	64	63	64
El Carrizal	109	198	128	161
El Carrizo	-	-	9	8
El Cirián (14)	30	40	72	17
El Cirián (126)	30	40	5	89
El Espinal	16	26	29	34
El Mango	101	174	227	255
El Mezquite	23	25	19	34
El paso	20	32	20	38
El Puerto de Jungapeo	95	174	120	172
El Salitre	-	-	5	5
El Tamarindo	12	20	14	16
El Tepeguaje	8	26	7	13
Huanguito	211	312	331	391
Jungapeo de Juárez	1595	1987	1886	1907
La Camelina	-	-	5	6
La Ciénega	11	10	4	9
La Florida	241	267	243	276
La Garita	125	193	287	341
La Granja	99	117	101	204
La Laja	18	29	47	55
La Mesa del Campo	19	25	10	26
La Miel	11	16	17	28
La Mina	19	37	21	31
La Mora	238	308	267	345
La Soledad	201	225	258	319
La Tinaja	167	288	184	233
La Vega	33	41	36	43
La Yerbabuena	12	8	10	12
Las Anonas	100	229	157	214
Las Canoas	20	31	28	35
Las Cuchillas	29	19	23	36
Las Escobas	29	47	36	45

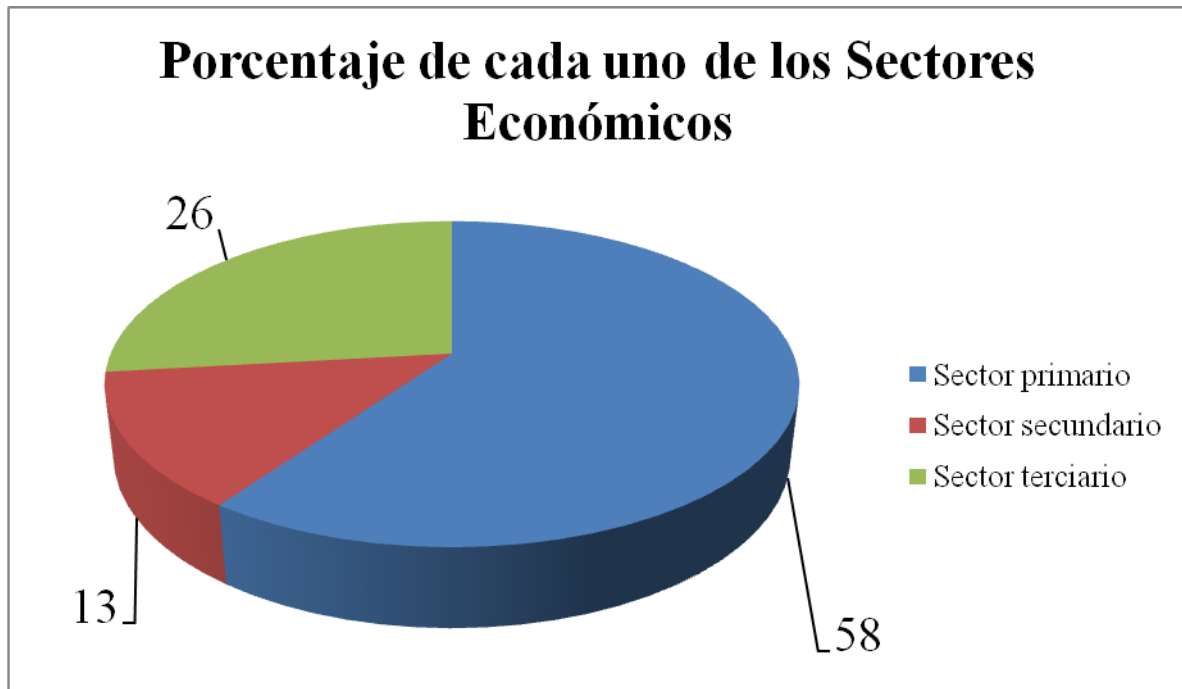
Localidad	Población económicamente activa (Censo 2000)	Población económicamente inactiva (Censo 2000)	Población económicamente activa (Censo 2010)	Población económicamente inactiva (Censo 2010)
Las Guásimas	32	33	31	43
Las Nuñez	-	-	19	16
Las Pilas	56	76	51	71
Las Suertes	24	37	15	19
Lázaro Cárdenas	489	757	626	775
Los Machetes	2	8	4	8
Las Salas	-	-	10	29
Ojo Seco	5	10	8	8
Piedras de Lumbre	68	94	95	107
Pino Solo	19	15	10	13
Pácuaro	87	126	130	139
Pueblo Viejo	30	26	41	48
Puerto de la Miel	14	8	17	9
Puerto Itziapo	15	28	43	70
Toluquilla	10	12	13	18
Veinte de Noviembre	39	88	33	69

- Sin datos

Tabla 5.- Datos de la población económicamente activa e inactiva de los censos INEGI 2000 – 2010, de las localidades.

Como se puede observar en la tabla no hay una mejoría en cuanto a las actividades de la población, ya que en ambos censos en la mayor parte de las localidades la población se mantiene inactiva, lo que refleja falta de empleo, la emigración y una disminución notable en el número de habitantes de las localidades antes mencionadas.

En lo que respecta a la población perteneciente a los sectores productivos que son primario, secundario y terciario, se obtuvo que la cabecera municipal Jungapeo de Juárez registro los valores más altos en los tres sectores (primario, secundario, terciario), por lo que con estos datos nos permite concluir que el sector primario ocupa un 58%, mientras que el sector secundario el 13% y el sector terciario el 26%, de la población económicamente activa, como se observa en la Gráfica 3, lo cual indica que la mayoría de la población del municipio se dedica principalmente a las actividades de agricultura, ganadería, explotación forestal, caza, pesca y explotación de minas e hidrocarburos y en menor proporción las actividades industriales, manufacturas, construcción, electricidad, gas y agua, lo cual que refleja que la población prefiere realizar las actividades básicas y no cambia su estilo de vida.



Gráfica 3.- Porcentaje de los tres sectores económicos primario, secundario y terciario, en el municipio de Jungapeo.

La población analfabeta de 15 años y mas presentó un aumento repartido ya que el 40 % de las localidades aumento y el 60%, disminuyo, siendo “El Mango” la localidad la que mayor crecimiento registró con el 85%, en tanto que el Puerto de Jungapeo registró el menor crecimiento con el 5%, por su parte la cabecera municipal presentó una disminución del 17%, en general se ha presentado una disminución en el analfabetismo lo que nos indica que la población joven asiste en su mayoría a la escuela lo cual podría beneficiar en un futuro en las cuestiones culturales de la sociedad.

Para estos factores se realizó la cartografía temática para obtener los mapas de la situación socioeconómica del municipio de Jungapeo como lo fueron: Densidad de Población 2005 y 2010, (Mapas 15 y16), Población masculina y femenina 2005 y 2010 (Mapas 17, 18, 19 y 20) y Población perteneciente al sector primario, secundario y terciario (Mapas 21, 22 y 23), estos últimos correspondientes al año 2000 (Ver Anexo Cartográfico).

8.0 APLICACIÓN DEL SIGMA A 5 MODELOS PRÁCTICOS

Un modelo es una representación de cualquier aspecto o tema extraído del mundo real, a una base de datos, esta representación se realiza de una forma gráfica. Por su parte un modelo de datos, es un conjunto de conceptos que nos permiten describir los datos, las relaciones entre ellos, la semántica y las restricciones de consistencia (Fernández, 2003).

En estas definiciones caben multitud de tipos, que responden a diferencias que pueden ir desde el mismo carácter de la representación hasta las técnicas utilizadas para manejarlas, las ciencias del medio ambiente son inexactas, por eso la planificación física se enfrenta con problemas que no tienen solución única, sino muchas soluciones, difícilmente comparables en buena parte de los casos, y que se prestan bien, en cambio a la formulación de modelos (Ramos, 1979).

Los SIG disponen de una herramienta muy importante para la toma de decisiones que es la evaluación Multi-criterio (EMC). Como está se entiende a un conjunto de 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 los modelos ambientales, este método valora las posibles alternativas de selección (vegetación, pendiente, uso, vientos entre otras), que van a ser considerados como los diversos criterios a evaluar según uno o más objetivos (Abarca & Quiroz, 2005).

Con base a esto en el presente trabajo se han considerado 5 modelos a partir de la utilización del SIGMA.

8.1 Valoración del riesgo de incendio

El riesgo es la posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario (Ayala & Olcina, 2002).

México y Centroamérica son ricos en biodiversidad y sustentan unos 73 000 000 ha, forestales incluyendo ecosistemas adaptados al fuego o influidos por este, sin embargo debido al exceso de fuego con bases de pobreza y falta de cultura forestal, el 43% de las causas se relacionan con actividades agropecuarias, los incendios forestales contribuyen a la deforestación y a la contaminación, así como al cambio climático global entre otros impactos negativos, por ello se hace necesaria la colaboración internacional, la búsqueda de esquemas de financiamiento para incrementar recursos humanos y materiales de capacitación, prevención, detención y combate de incendios (Martínez & Rodríguez, 2008).

México comparte con centroamérica el “Corredor biológico mesoamericano”, con recursos naturales de importancia ambiental, social, cultural, científica y económica. Dada la variación en la topografía con altitudes desde el nivel del mar hasta 5,700 msnm, suelos y climas en el municipio existen vegetación tropical (Bosque tropical perenifolio, subperenifolio, tropical caducifolio), templados (Bosques de pino, encino, oyamel, pastizales), y zonas semiáridas (matorrales espinosos, xerófilos), por lo que algunas especies están adaptadas al fuego con regímenes de fuego frecuentes (cada 10 años) y poco intensos (superficiales), como en muchos pinares, encinares, palmares, pastizales y humedales.

También existe vegetación adaptada al fuego, con regímenes pírnicos caracterizados por incendios relativamente frecuentes (cada 50 – 10 años) e intensos, de copa como el caso de muchos matorrales. Finalmente están los regímenes catastróficos muy poco frecuentes, con incendios cada varios siglos, como los bosques de oyamel (con incendios de copa) y los bosques tropicales perenifolios (selvas altas) y subperenifolios (con incendios subterráneos de copa). Para el caso de México se estima que la mitad de los 32 tipos de vegetación, con el 58% de la superficie forestal, tiene regímenes de fuego con periodos de retorno hasta de 100 años (Martínez & Rodríguez, 2008).

Al ser el territorio el escenario de lo posible, corresponde al estudioso de los riesgos naturales precisar, matizar y establecer jerarquía sobre la posibilidad de que un espacio geográfico registre un evento natural de rango extraordinario, lo que debe conducir al establecimiento de ámbitos y de

grados de riesgo. En este sentido el riesgo es la representación territorial de una actuación humana poco acorde con los rasgos del medio donde tienen lugar, es decir una infracción del hombre sobre el territorio por la implantación inadecuada de actividades o asentamientos (Ayala & Olcina, 2002).

Los orígenes de los riesgos naturales se atribuye al medio natural, entre estos los más importantes son, inundaciones, deslaves, terremotos, derrumbes, incendios, erosión y sequías entre otras. El estudio de los riesgos tiene un carácter multidisciplinar ya que aborda temáticas de fenómenos excepcionales (geografía, ecología biología, geología, física, matemáticas, químicas entre otras) y los efectos de las actividades humanas, a partir de un conocimiento exhaustivo del medio y de la sociedad que la habita, es posible llegar a conocer los territorios de riesgo (Ayala & Olcina, 2002).

La cartografía digital y los sistemas de información geográfica son una gran herramienta para la representación de peligros y riesgos naturales ya que pueden almacenar y procesar grandes volúmenes de datos, por lo tanto hace posible actualizar o recuperar información espacial, así como para obtener modelos cartográficos por combinaciones de diferentes maneras y capas de información incluidas en la base de datos (Chuvienco & Congalton, 1989). Las investigaciones de incendios forestales son una de las muchas aplicaciones de los SIG, dado que la diversidad de factores que afectan el comienzo y la difusión de un incendio forestal dicta el uso de un enfoque integrado al análisis (Chuvienco & Congalton, 1989).

Un incendio es una reacción química que necesita calor, oxígeno y combustible para que se inicie y continúe. Cuando un fuego incontrolable inicia en un espacio de vegetación natural se convierte en un incendio forestal, por lo tanto la probabilidad de que esta suceda depende de las causas de ignición y de las precondiciones medioambientales entre estas están la calidad y distribución del combustible, el agua y los factores humanos (Juárez, 2008).

Cuando se hable de riesgo de incendio se refiere principalmente a un instante en el tiempo y a las condiciones del medio ambiente que se dan en ese momento, entonces el riesgo va a depender de cambios en los factores climáticos durante un periodo de tiempo (Chico, 2010).

Una combinación de factores medioambientales, condiciones meteorológicas y causas antropogénicas parecen ser la causa de la mayor parte de los grandes incendios forestales, la elevadas temperatura, junto con las altas velocidades del viento, terrenos abruptos, y la presencia de material con un bajo grado de humedad, altamente inflamable, en el suelo de los bosques son

algunos de los factores que determinan una rápida generación y expansión de un incendio. No obstante las actividades humanas siguen siendo una de las principales causas en su origen haciendo que realmente sea compleja la generación de un mapa de riesgo que alerte de una manera efectiva acerca de cuáles son las zonas que puedan verse afectadas (Gonzalez-Clavo *et al.*, 2007).

Juárez en el 2008, propuso un modelo de riesgo de incendio forestal en una zona crítica del estado de Michoacán, en el cual integra las variables biofísicas y humanas dentro del modelo, para posteriormente analizarlas estadísticamente y obtener la cartografía de tipos de vegetación áreas susceptibles al fuego en la fase exploratoria, mientras que en la fase de modelización se identificaron las áreas con alto, medio y bajo riesgo, desarrollando cinco submodelos: combustibilidad, ignición, detección, respuesta y agua, finalmente en la última fase la validación del modelo fue presentado con un mapa de riesgo de incendio del área de estudio. Cabe mencionar que el estado de Michoacán se encuentra entre los estados con mayor número de incendios al año (Juárez, 2008).

Modelo de Evaluación para el riesgo de Incendio para Jungapeo

A continuación se presenta un modelo modificado por Montoya *et al.*, 2008 en el cual se centro la probabilidad de que inicie el fuego y a la facilidad de que se propague, para que un incendio se inicie son necesarios 3 componentes: el combustible, un comburente y una fuente de calor que inicie el proceso de combustión, a continuación se analizan los factores que influyen en su desarrollo.

Vegetación

Constituye la fuente de combustible de los incendios, las especie vegetales poseen distinta inflamabilidad, así como distintos mecanismos de adaptación al fuego lo que se refleja en una mayor o menor resistencia al fuego. Las formaciones vegetales constituidas por dichas especies presentan un valor de combustibilidad que depende básicamente de su estructura y de la cantidad de biomasa disponible, estas características están condicionadas por las prácticas culturales.

El tamaño del combustible es de particular importancia, ya que la velocidad de reacción de la combustión está directamente relacionada con la superficie de exposición ofrecida por el combustible (Gonzalez-Clavo *et al.*, 2007).

Teniendo en cuenta las características propias de las especies vegetales que caracterizan su combustibilidad (presencia de resinas, gomas, follaje inflamable, contenido en humedad de las hojas, grosor de la corteza, persistencia de follaje, capacidad de poda natural) y los aspectos de la estructura de las formaciones vegetales, que favorecen el inicio del incendio (densidad por unidad de volumen, tasa de superficie vegetal respecto al espacio), en función de estos elementos se reclasifica la vegetación y usos de suelo, para obtener un cartografía, de la combustibilidad intrínseca de la vegetación. Se realizó el mapa de combustibilidad intrínseca de la vegetación, a partir de la siguiente clasificación propuesta.

Tipo de vegetación	Combustibilidad intrínseca	Valor
Agricultura de riego y Zonas Urbanas	Baja	1
Agricultura de Temporal	Media	2
Selva baja caducifolia	Alta	3
Bosques y Pastizal	Muy Alta	4

Tabla 6.- Clasificación de la vegetación en base a la combustibilidad intrínseca, con los valores de 1, para el riesgo más bajo y 4 para el riesgo más alto.

Características físicas locales: exposición y fisiografía

En estos aspectos se deben incluir dos factores: los climáticos y los ligados al relieve. Los factores climáticos son determinantes en el desarrollo de un incendio, por una parte condicionan las especies que pueden vivir en un determinado lugar y por lo tanto determinan el tipo de biomasa combustible, y por otro lado modifican el contenido en humedad de dicha biomasa y por tanto su inflamabilidad. Para el presente trabajo se conto con la información de una red de estaciones meteorológicas que permitió un análisis de los distintos factores climáticos que influyen en el desarrollo de un incendio como en este caso se considero Temperatura, Precipitación y Evapotranspiración realizando promedios de dos semestres por año de Enero-Junio (primer semestre) y de Julio-Diciembre (segundo semestre), considerando la etapa calurosa y la épocas de lluvias. Se obtuvo el mapa de componentes meteorológicos a partir de la siguiente reclasificación:

Los datos fueron obtenidos a partir de las interpolaciones de cada componente meteorológico, por medio de una reclasificación en 5 clases:

Temperatura °C	Clase
13.96 – 16.02	1
16.02 – 18.07	2
18.07 – 20.12	3
20.12 – 22.18	4
22.18 – 24.33	5

Tabla 7.- Clasificación de la temperatura para el riesgo de incendio del municipio de Jungapeo modificada de Montoya *et al.*, 2008.

Evapotranspiración mm	Clase
193.82 – 207.42	1
180.22 – 193.82	2
166.62 – 180.22	3
153.02 – 166.62	4
139.42 – 153.02	5

Tabla 8.- Clasificación de la evapotranspiración para el riesgo de incendio del municipio de Jungapeo modificada de Montoya *et al.*, 2008.

Precipitación mm	Clase
56.18 – 62.51	1
49.85 – 56.18	2
43.52 – 49.82	3
37.19 – 43.52	4
30.86 – 37.19	5

Tabla 9.- Clasificación de la precipitación para el riesgo de incendio del municipio de Jungapeo modificada de Montoya *et al.*, 2008.

Los factores ligados al relieve utilizados han sido la exposición y la topografía. La exposición condiciona el grado de humedad local, en las solanas se recibe más calor, hay menos humedad y el calor acumulado genera una brisa desde los valles hacia las cumbres, que favorece la propagación de un posible fuego.

La exposición se clásica en función del grado de humedad que conlleva, las exposiciones oeste y norte o noroeste presentan un grado de humedad máximo, mientras que las solanas están afectadas por vientos desecantes del sur, la clasificación propuesta es:

Clase1.- Exposiciones **N, NO, O**

Clase 2.- Exposiciones **E, NE, T.V.**

Clase 3.- Exposiciones **S, SE, SO**

El comportamiento de un incendio está muy influido por la diferente configuración del terreno, siendo más agresivo en cañones y vaguadas cuando el viento sigue su dirección, en cumbre muy quebradas por esperarse remolinos a sotavento, en laderas donde el precalentamiento es más rápido (sobre todo en valles estrechos). El incendio es más débil en cerros donde el cambio de rasante dificulta el avance, o en llanos donde su avance es más lento.

En función de este factor se reclasifica la geomorfología en clases topográficas de la siguiente manera:

Geomorfología	Topografía	Valor
Laderas irregulares, aluvial, coluvial, terrazas, terrazas degradadas, escarpe de terrazas, cono de deyección	Formas de fondo de valle	1
Laderas planas, pendientes convexas	Formas de ladera irregular	2
Vertientes, vertientes irregulares, pendiente, rellanos, aluvial	Formas de ladera plana	3
Planicies culminantes, divisoras, crestas, collados o puertos, cerros residuales y lonas residuales	Superficies culminantes	4

Tabla 10.- Clasificación de la geomorfología en cuatro clases fisiográficas, modificada de Montoya *et al.*, 2008.

Para obtener el mapa de los focos de incendio se tomaron en cuenta dos factores; la distancia a usos de riesgo y la distancia a las vías de comunicación.

Distancia a usos de riego

La práctica de usos de riego se ha considerado en función de los usos agrícolas y ganaderos y cualquier otro tipo que represente una actividad antrópica, se han identificado las zonas donde se concentran estos usos que son: zonas agrícolas de temporal, los pastizales y los núcleos urbanos.

El riesgo se considera a partir de la distancia de ese uso al resto del territorio, partiendo de la clasificación propuesta por Montoya *et al.*, 2008:

Clase 1. Distancia de 0 a 400 m

Clase 0. Distancia > 400m

Distancia a vías de comunicación

La probabilidad de que una fuente de calor inicie un incendio aumentará con la accesibilidad del punto. Dicha accesibilidad se estima en función de la distancia a vías de comunicación:

Clase 1. Distancia a vías de comunicación 400m

Clase 0. Distancia a vías de comunicación > 400m

Pendiente

Si queremos analizar no sólo la probabilidad de inicio de fuego si no su facilidad para propagarse, es necesario contemplar otros tipos de factores como: vientos locales y pendientes. Ante la falta de datos respecto a vientos locales, se estima la velocidad de propagación del incendio a partir de la pendiente. La pendiente del terreno es un factor indicador de la velocidad de propagación, a mayor pendiente, mayor velocidad de propagación y por tanto mayor riesgo de incendio. Se calculo y reclasifico la pendiente en las siguientes clases tomando como base el trabajo de Montoya *et al.*, 2008:

Clase 1. Pendiente <4.5

Clase 2. Pendiente 4.5 - 9

Clase 3. Pendiente 9 - 18

Clase 4. Pendiente 18 – 45

Clase 5. Pendiente 45 -90

A continuación se presenta el desarrollo del modelo y la integración de estos aspectos del medio considerados:

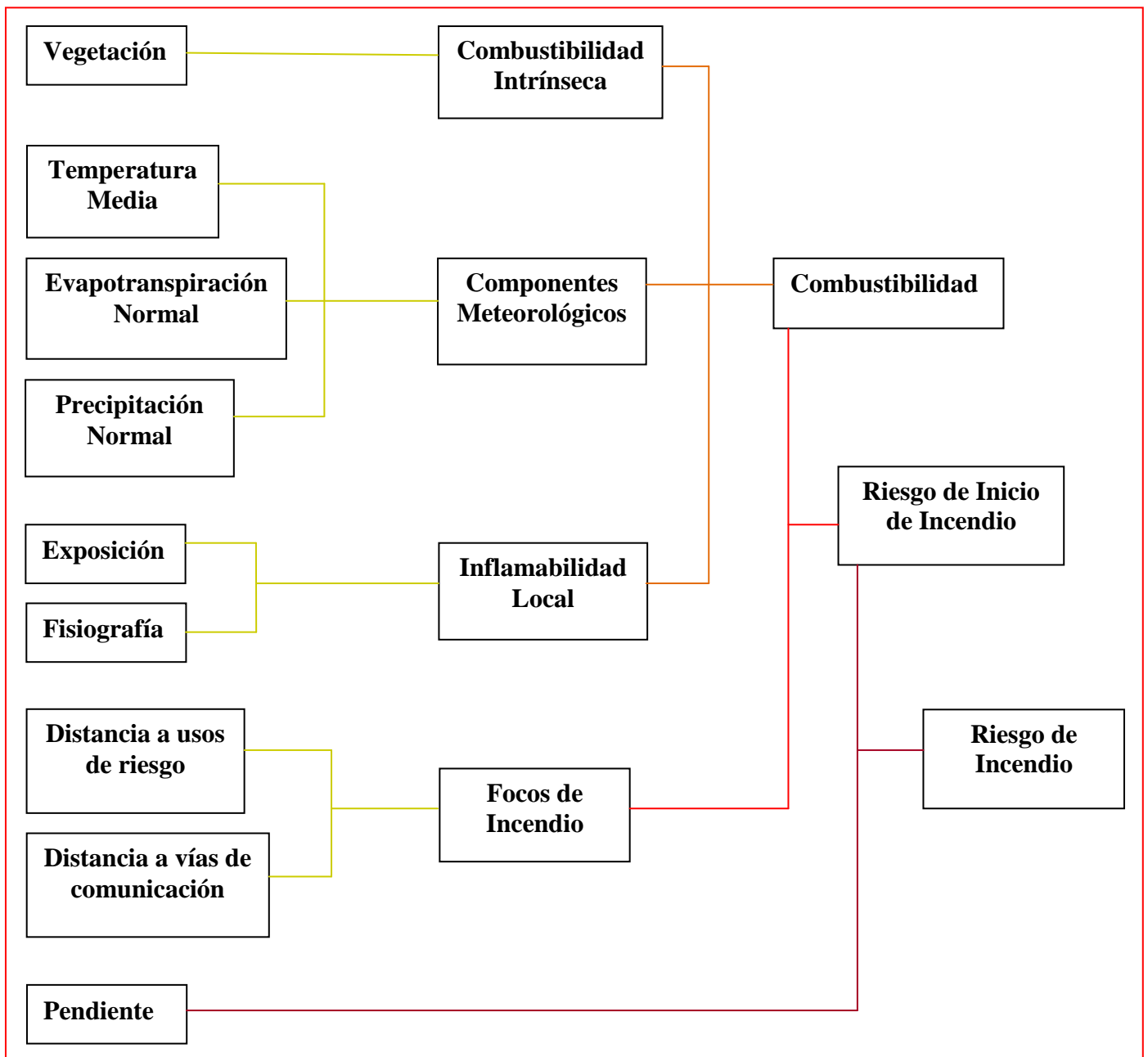


Fig 4. Representación del modelo de riesgo de incendio

Lo primero fue la determinación de la combustibilidad, la cual se obtuvo por medio de la integración de la combustibilidad intrínseca de la Vegetación, Inflamabilidad local y los componentes meteorológicos para cada semestre, para ello se utilizaron las siguientes matrices.

Para comenzar con el modelo, la combinación de la Fisiografía y Exposición nos permitió estimar la inflamabilidad local.

		Fisiografía			
		1	2	3	4
Exposición	1	1	1	2	3
	2	1	2	3	4
	3	2	3	4	4

Al resultado se le integro la Combustibilidad Intrínseca de la Vegetación.

		Combustibilidad Intrínseca			
		1	2	3	4
Inflamabilidad local	1	1	1	2	3
	2	1	2	3	4
	3	2	3	4	5
	4	3	4	5	5

A continuación se precedió a la integración de los valores de este resultado con los componentes meteorológicos.

Combustibilidad Intrínseca de la vegetación + Inflamabilidad local

		1	2	3	4	5
Componentes Meteorológicos	1	1	1	2	3	3
	2	1	2	3	3	4
	3	2	3	3	4	5
	4	3	3	4	5	5

La existencia de focos de incendio ha sido considerado a partir de los parámetros distancia a usos de riesgo y distancia a vías de comunicación. Se ha considerado como valor 1 cuando en algunos de estos parámetros presentan la clase 1.

Esta combinación permite determinar el riesgo de inicio de incendio la cual se realizó por medio de la siguiente matriz.

		Combustibilidad				
		1	2	3	4	5
Focos de Incendio	0	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	5

Una vez conocido cual es el riesgo de inicio de incendio en el territorio, en cada uno de los semestres, es interesante conocer en qué zonas su propagación será más rápida en aras de facilitar la planificación de las labores de prevención y extinción en las campañas de incendio. Para

determinar la velocidad de propagación del incendio se utiliza el grado de pendiente del terreno, como factor indicador de la misma, a mayor pendiente, mayor velocidad de propagación y por tanto mayor riesgo de incendio.

Finalmente se clasifica el territorio en función de su “riesgo de incendio”, mediante la combinación entre el riesgo de inicio de incendio y la pendiente, conforme la siguiente matriz:

		Pendiente				
		1	2	3	4	5
Riesgo de Inicio de incendio	1	1	1	2	3	3
	2	1	2	3	3	4
	3	2	3	3	4	5
	4	3	3	4	5	5

Se calcularon las frecuencias con las que aparecen estas clases de Riesgo de Incendio en el territorio.

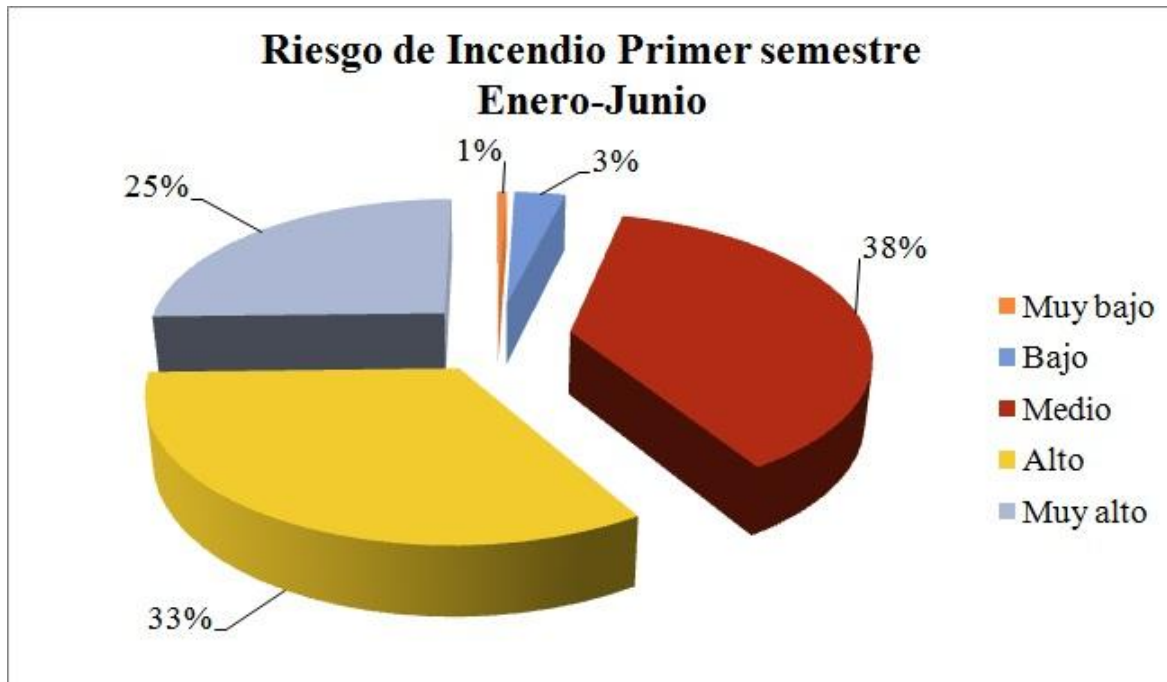
Primer semestre de Enero a Junio:

- Clase 1. Riesgo muy bajo: 149 ha (596 cuadrículas)
- Clase 2. Riesgo bajo: 856.50 ha (3426 cuadrículas)
- Clase 3. Riesgo medio: 9,800.75 ha (39203 cuadrículas)
- Clase 4. Riesgo alto: 8,675.50 ha (34702 cuadrículas)
- Clase 5. Riesgo muy alto: 6,627 ha (26508 cuadrículas)
- Total: 26,108.75 ha (104435 cuadrículas)

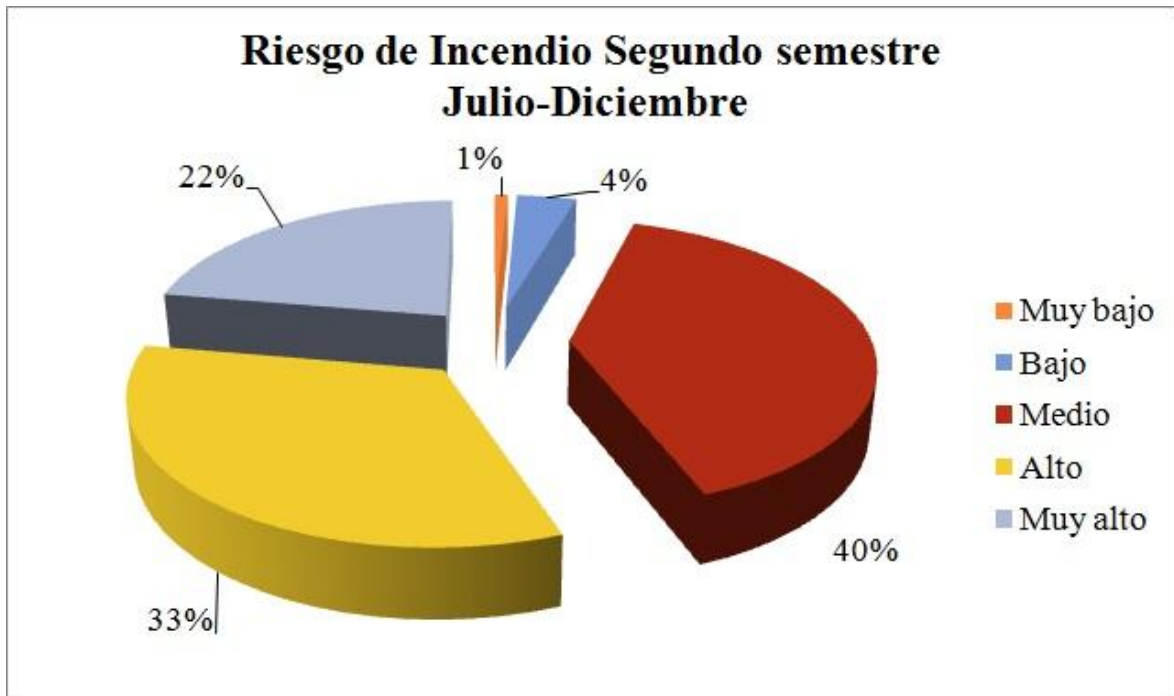
Segundo semestre de Julio a Diciembre:

Clase 1. Riesgo muy bajo:	<u>208 ha (832 cuadrículas)</u>
Clase 2. Riesgo bajo:	<u>983 ha (3932 cuadrículas)</u>
Clase 3. Riesgo medio:	<u>10,388 ha (41552 cuadrículas)</u>
Clase 4. Riesgo alto:	<u>8,701.25 ha (34805 cuadrículas)</u>
Clase 5. Riesgo muy alto:	<u>5,828.50 ha (23314 cuadrículas)</u>
Total:	<u>26,108.75 ha (104435 cuadrículas)</u>

Con base en estos cálculos se tiene que para el primer semestre el 1% del territorio total del municipio presenta un riesgo muy bajo, mientras que un 3% registra riesgo bajo y un 38% de la superficie un riesgo medio, y el 58% presenta riesgo alto (Gráfica 4), esto indica que el territorio del municipio de Jungapeo tiene un riesgo alto de incendio, mientras que para el segundo semestre el 55% registra riesgo alto, lo que resalta que en el primer semestre se tiene más probabilidad de que se inicie un incendio, ya que abarca una extensión de 15,302.50 ha de 26,108.75 ha que comprenden al total del municipio, más de la mitad del territorio (Gráfica 5).



Gráfica 4.- Representación en porcentaje de la superficie del territorio del municipio de Jungapeo que presenta riesgo de incendio de muy bajo a muy alto en el primer semestre.



Gráfica 5.- Representación en porcentaje de la superficie del territorio del municipio de Jungapeo que presenta riesgo de incendio de muy bajo a muy alto en el segundo semestre.

Al realizar el análisis de los datos se puede decir que el municipio de Jungapeo presenta un riesgo medio a lo largo del año, ya que en ambos semestres registro los valores más altos con mayor superficie de hectáreas, mientras que la menor superficie la presento el riesgo muy bajo. Por otro lado aunque no exista una diferencia muy notoria entre los valores de los dos semestres, las superficies de los riesgos Bajo y Muy Bajo presentan un aumento del 39% y el 14% respectivamente, caso contrario con las superficies de los riesgos Alto y Muy alto en el cual el riesgo presenta una ligera disminución en el riesgo de incendio para el segundo semestre, el cual está ligado al periodo de lluvias. No obstante Juárez (2008), menciona que los incendios son estacionales predominando el primer semestre del año (Enero-Junio), esto puede atribuirse a los factores climáticos como los son la precipitación que trae consigo humedad y aumenta la evapotranspiración, la cual provee de agua y humecta la vegetación evitando así que se deseeque y por lo tanto lo hace menos susceptible al riesgo de incendio.

En el transcurso del primer semestre del año las temperaturas son altas y las precipitaciones bajas, a diferencia del segundo semestre del año donde las temperaturas disminuyen, entra el periodo de lluvias, dentro del cual los meses Julio-Octubre, son la que presentan mayores precipitaciones, el

cual es determinante para que se inicie un fuego ya que el riesgo de incendio depende de variación de los factores climáticos en un lapso de tiempo (Chico, 2010).

Con relación de la pendiente con el riesgo de incendio, se tienen que en las partes donde hay un alto riesgo de incendio la pendiente presenta valores que van de 18 – 45°, mientras que para las zonas con un menor un valor de riesgo de incendio, la pendiente va de 0-4.5°, lo cual refleja que la pendiente es un elemento indispensable para que se propague un incendio, ya que el fuego tiene un comportamiento ascendente que va de abajo hacia arriba.

Como lo argumenta Juárez (2008), las formas del terreno tienen efectos en la distribución de un fuego, lo cual está relacionado con la extensión y dirección del fuego ya que las flamas establecen un fuerte contacto con la superficie del terreno, que a la vez calienta el combustible y favorece la dispersión del incendio. Por su parte la orientación de la pendiente juega un papel clave en el comportamiento de un incendio, esto es porque en el hemisferio norte, una ladera sur es más seca que la ladera norte, la ladera sur es más favorable a que se incendie el territorio que ladera norte que tiene más humedad y cubierta vegetal. Es recomendable establecer estrategias de monitoreo de incendios forestales, como lo son las torres de vigilancia de guarda bosques, y así identificar la zona para evitarlo o contrarrestarlo, en el municipio de Jungapeo, la zonas con riesgo alto y muy alto, están ubicadas en las partes montañosas sobre la parte noroeste y centro del municipio, que junto con el riesgo medio abarcan el mayor porcentaje del total del territorio (Mapas 24 y 25. Ver Anexo Cartográfico).

En cuanto a la vegetación se tiene que los tipos que presentaron los riesgos Muy Alto, Alto, Medio fueron el Pastizal, Bosques y Selva baja caducifolia, lo que indica que estos tipos de vegetación presentan una relación con la inflamabilidad, y como Juárez (2008), menciona las características del tipo de vegetación tienen una gran influencia en el desarrollo de un incendio forestal. La quema de pastizales y el descuido de fogatas registran el mayor número de incendios en el periodo de Enero-Mayo, que es temporada seca coincidiendo con las actividades agrícolas de la región, los pastizales se encuentran en zonas planas y descubiertas donde el viento agiliza la combustión y la propagación del mismo. Catchpole (2002), menciona que el aumento en la velocidad del viento dobla las llamas, y aumenta así la transferencia de calor por radiación, la transferencia de calor por convección aumenta debido al paso de gases turbulentos sobre el combustible sin quemar, aunado a las actividades humanas, en donde la quema intencional del territorio (raza, tumba y quema), para la actividad de la agricultura representa otro riesgo.

La Selva baja caducifolia es un tipo de vegetación que presenta humedad y desarrolla bajo climas templados, húmedos y subhúmedo, lo cual disminuye un poco la probabilidad de que se inicie un incendio ya que también están presentes factores como la pendiente, orientación y elevación, complementado con elevadas temperaturas y baja humedad es más factible que se inicie un incendio (Juárez 2008). Por otro lado los Bosques son un tipo de vegetación que tienen la característica de presentar resinas que son altamente inflamable al igual que la leñosidad de sus componentes vegetales añade un mayor riesgo, por otra parte actividades como la deforestación están ligadas con los incendios forestales. Finalmente las zonas que presentaron la clase Muy baja fue la Agricultura de riesgo lo cual refleja que por las características de la actividad realizada en esa parte del territorio, existe un constante flujo de agua disminuyendo el riesgo de incendio y para la clase Baja el uso de suelo que se presenta es la Agricultura de Temporal.

8.2 Valoración del Riesgo de Erosión

Los problemas asociados a la erosión de los suelos, el movimiento y la acumulación de los sedimentos en los ríos, lagos y estuarios persisten a través de las edades geológicas, en casi todas las partes de la Tierra, pero la situación se ve agravada en los últimos tiempos con el aumento de las intervenciones del hombre con el medio ambiente (Anaya & Colon 2007).

La sostenibilidad de la utilización agrícola de las tierras se ve amenazada por su degradación, que crea grandes dificultades para producir alimentos demandados por la creciente población mundial, especialmente en los países en desarrollo. La degradación se produce por la erosión, degradación y pérdida de fertilidad, indirectamente tiene efectos por los riesgos crecientes de inundaciones, deslizamiento de tierras y disminución de la diversidad (Díaz *et al.*, 2008).

El proceso de erosión está asociado a varios factores de destrucción de las rocas y arrastre del suelo, realizados por agentes naturales móviles e inmóviles. Por otra parte existe una serie de términos que engloban el concepto de erosión; el desgaste químico por agentes físicos (ríos, viento, pendiente, entre otras), que constituyen la corrosión y el fenómeno de abrasión por partículas que transporta el viento. La mayor parte de los procesos desarrollados por agentes esencialmente inmóviles se incluyen en el término meteorización, que es llevada a cabo por la vía química la descomposición y los que se realizan por vía mecánica la desintegración (MOPT, 1994).

El concepto de erosión va estudiar dos aspectos fundamentales: la erosión actual y la erosión potencial, como lo menciona el MOPT, 1994:

La erosión actual.- Es la erosión que existe en un determinado lugar en el momento presente, y que será objeto de medida y cartografía, sin perjuicio de que dicha erosión no pueda seguir manifestándose al mismo ritmo y de la misma forma en el futuro. Esto es a medida de que se conozca la erosión actual podrá deducirse muchas veces la evolución del fenómeno en el futuro, si no cambian las circunstancias actuales.

La erosión potencial (Erosionabilidad). Con este término se designa a la susceptibilidad a la erosión que se prevé que va a tener un lugar en un futuro, en una determinada zona, en este caso interesa la medida de lo que “puede o va a ocurrir”, no de lo que hay, el estudio de la erosionabilidad es a través de las variables que van a condicionar el proceso erosivo, por ejemplo el uso de suelo.

Los factores responsables de la erosión son el clima, bajo la forma de energía cinética de la lluvia, el relieve, bajo la forma de los grados de pendiente, el suelo, la susceptibilidad a ser disgregado y de tipo antrópico. La escasez de precipitaciones y su distribución irregular en el espacio y tiempo dificultan el desarrollo de una cubierta vegetal que proteja al suelo, la topografía del terreno condiciona los efectos de los agentes corrosivos, en los suelos desarrollados en pendientes, estos efectos suelen aparecer con mayor rapidez e intensidad que en las zonas llanas (Montesinos, 1987).

Sumado a los factores antes mencionados las actividades humanas juegan un papel importante en el proceso erosivo, la agricultura ha dado lugar a la utilización de tierras marginales, que en condiciones naturales se mantienen en un precario equilibrio, por lo que la situación se agrava con el abandono de estas tierras, generalmente en pendiente ya que la erosión es más acentuada en zonas aterrazadas abandonadas que zonas similares no aterrazadas (Montesinos, 1987).

Otro factor que contribuye de manera decisiva en la erosión son los incendios forestales, por un lado provocan la desaparición de la cubierta vegetal que protege el suelo y por otro lado la disminución de los contenidos en nitrógeno y materia orgánica, este último elemento es esencial en la estructura del suelo, todo favorece la acción de los agentes erosivos y trae consigo un empobrecimiento general en los suelos, con una pérdida de la productividad de los terrenos agrícolas y forestales.

Las consecuencias de la erosión no solo afecta al lugar donde se localiza, los arrastres procedentes de la erosión inciden negativamente en los ríos, las aguas se cargan de sedimentos dando lugar a que la profundidad de los canales disminuya, desborden con mayor frecuencia y acaben por cambiar su dirección produciendo graves daños en las explotaciones agrícolas. Además la destrucción de la cubierta vegetal en zonas montañosas aumenta el riesgo de graves catástrofes causadas por fenómenos torrenciales o inundaciones. Por último la sedimentación puede producir colmatación de embalses, pérdida de la fertilidad de las tierras ribereñas, obstrucción de las vías de comunicación y fenómenos de eutrofización (Montesinos, 1987).

Modelo para la Evaluación del Riesgo de Erosión

El modelo que se utilizó para la evaluación de los riesgos de erosión fue modificado por Montoya *et al.*, 2001, el cual es un modelo predictor de los riesgos erosivos en la región estudiada, a través de su aplicación al territorio se pretende localizar las zonas susceptibles al desarrollo de estos procesos ya sea en la situación actual o como resultado de alteraciones a partir de la misma.

El modelo contempla la erosión como concepto geológico antes que edáfico, por no disponerse de una cartografía adecuada de los suelos, la erosión evaluada sería sobre el material disgregado procedente de la alteración *in situ* de las diferentes litologías o bien sobre las distintas formaciones superficiales, y no necesariamente sobre material edáfico.

Factores y criterios de clasificación

Ante la inexistencia de datos detallados acerca de los diferentes elementos que intervienen en los procesos erosivos, se ha optado por la elaboración de un modelo simple de tipo cualitativo. Los criterios seguidos para la elaboración del modelo son los siguientes:

Geomorfología

Probabilidad de presencia de mantos alterados; se considera que los procesos erosivos se desarrollarán con mayor intensidad sobre acumulos de material disgregado.

Litología

Permeabilidad (textura) del manto alterado; a mayor relación escorrentía superficial/infiltración será mayor la capacidad erosiva de las aguas.

Pendiente

Inclinación de la superficie del terreno; las pendientes fuertes propiciarán mayor caudal de escorrentía y mayor velocidad de las aguas, así como una mayor inestabilidad de los materiales geológicos.

Vegetación

Se valora la protección contra la erosión por la cubierta vegetal.

Desarrollo del modelo

A continuación se desarrolla el procedimiento utilizado para elaborar el modelo propuesto:

En primer lugar, se realiza una clasificación de los tipos geomorfológicos según la probabilidad de que alberguen mantos alterados:

- Clase 1. Crestas, Divisoras, Hombreras, Pendientes Convexas, Escarpe de Terraza
- Clase 2. Collados, Laderas Planas, Laderas, Cerros Residuales
- Clase 3. Vertientes, Vertientes Irregulares, Rellanos, Lomas Residuales, Plataformas
- Clase 4. Aluviales, Aluvial-Coluviales, Terrazas, Terrazas Degradadas, Conos de Deyección, Islas, Navas

Por otra parte se realiza una clasificación de los tipos litológicos en función de la riqueza en finos de sus residuos de alteración

Litología	
Clase 1	Rocas ígneas extrusivas e intrusivas
Clase 2	Rocas metamórficas y sedimentarias
Clase 3	Rocas sedimentarias y blandas

Tabla 11. Clasificación de la litología en base a la textura del manto

Con respecto a la pendiente se realizó la siguiente clasificación:

- Clase 1. Pendiente entre 0 – 3%
- Clase 2. Pendiente entre 3 – 8%
- Clase 3. Pendiente entre 8 – 15%
- Clase 4. Pendientes > 15

El último elemento considerado en el modelo es la clasificación de las formaciones vegetales según su grado de protección frente a la erosión:

Unidades de vegetación	
Clase 1	Bosque y Selva baja caducifolia
Clase 2	Matorral subcaducifolio
Clase 3	Pastizal inducido y Agricultura de Riesgo
Clase 4	Agricultura de Temporal
Clase 5	Núcleos urbanos y Cuerpos de Agua (Excluidos)

Tabla 12. Clasificación de la vegetación según su grado de protección frente a la erosión.

Integración

El modelo integra las categorías mostradas de la siguiente manera:

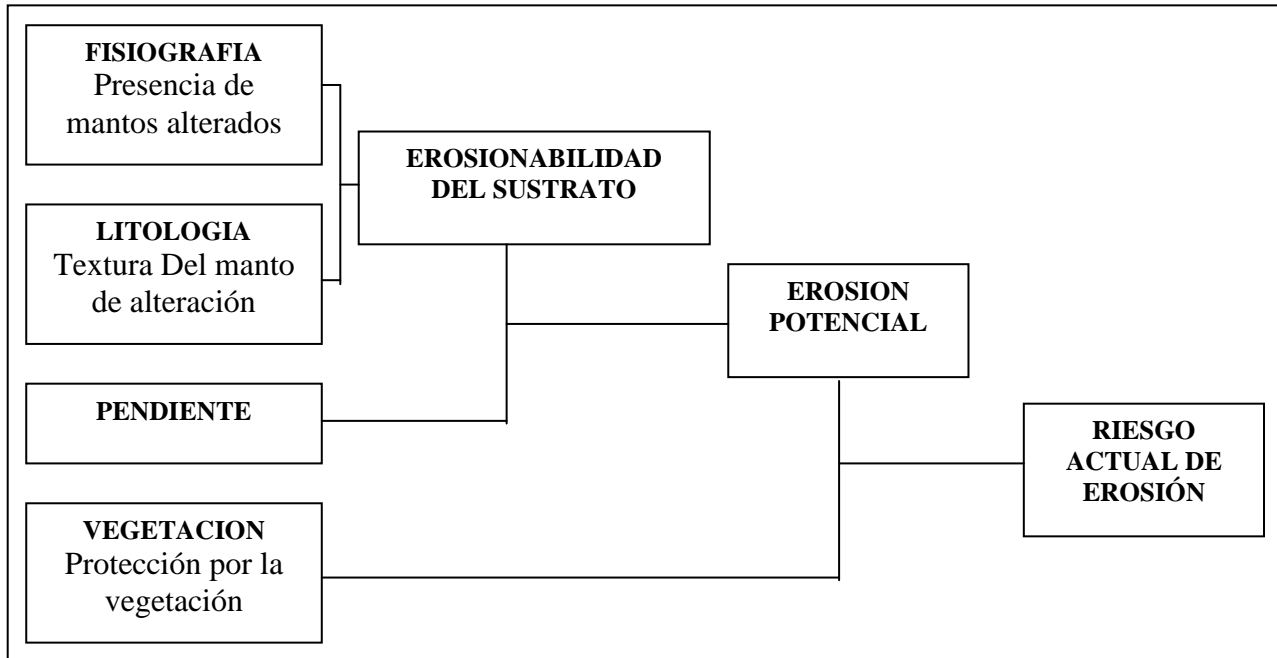


Fig 5. Representación del modelo de Riesgo de erosión

En primer lugar, se cruzan las clases de Probabilidad de presencia de mantos alterados con la textura del manto de alteración para obtener los valores de Erosionabilidad del sustrato.

		Litología (Textura del Manto)		
		1	2	3
Fisiografía (Presencia de Mantos alterados)	1	1	1	2
	2	1	2	3
	3	2	3	4
	4	3	4	4

A continuación se cruza el resultado de esta matriz de Erosionabilidad del sustrato con la Pendiente para obtener la Erosión potencial del territorio.

		Pendiente			
		1	2	3	4
Erosionabilidad del sustrato	1	1	1	2	2
	2	1	2	2	3
	3	2	2	3	4
	4	2	3	4	4

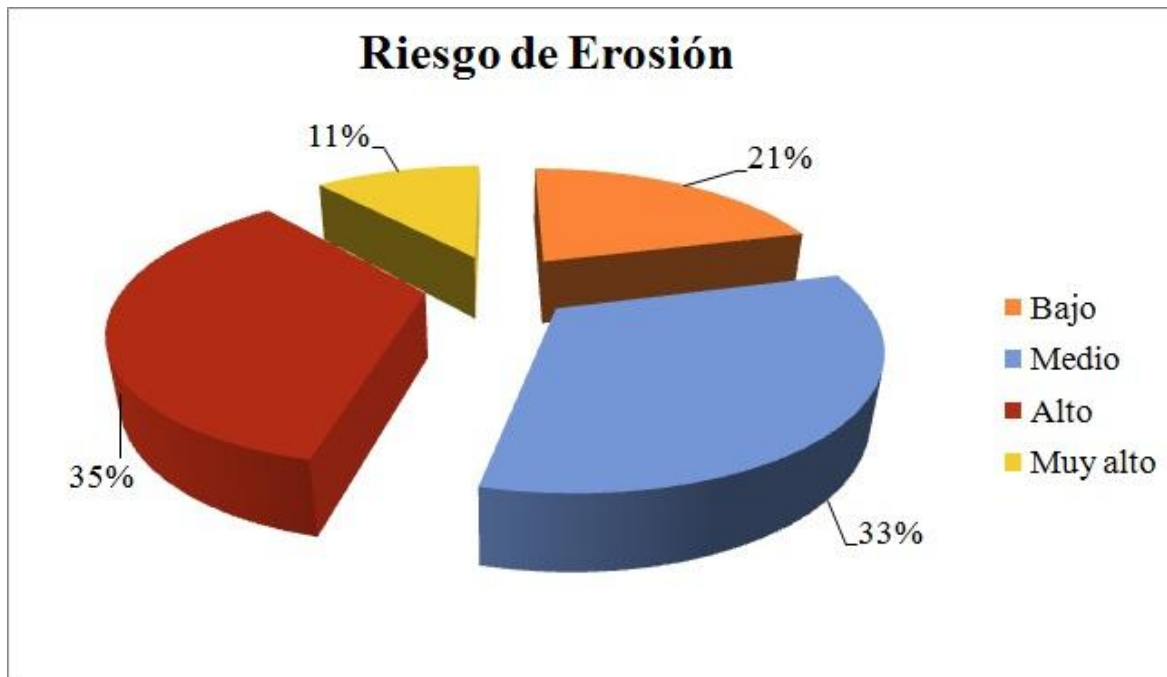
Los valores de Erosión Potencial se verán modificados por la Protección que ofrece la Vegetación, para obtener el valor final de Riesgo de Erosión, con arreglo en la siguiente matriz:

		Protección por la vegetación				
		1	2	3	4	E
Erosión potencial	1	1	1	2	3	E
	2	1	2	3	3	E
	3	2	3	3	4	E
	4	3	3	4	4	E

Tras la aplicación de este modelo para la determinación del Riesgo actual de erosión, el territorio en estudio ha quedado clasificado en 4 niveles de Riesgo más una categoría excluyente (núcleos urbanos y cuerpos de agua con 28 cuadrículas), tal como se observa en el Mapa de Riesgo actual de erosión (Anexo cartográfico). Las frecuencias con que aparecen estas clases de Riesgo son:

Clase 1.	Riesgo bajo:	<u>5,447.50 ha (21790 cuadrículas)</u>
Clase 2.	Riesgo medio:	<u>8,555.50 ha (34222 cuadrículas)</u>
Clase 3.	Riesgo alto:	<u>9,104.25 ha (36417 cuadrículas)</u>
Clase 4.	Riesgo muy alto:	<u>2,973.5 ha (11894 cuadrículas)</u>
	Total:	<u>26,080.75 ha (104323 cuadrículas)</u>

Como se puede ver en la Gráfica 6, las clases que dominan dentro del territorio son Riesgo alto con el 35% del total del territorio, mientras que el 33% representa el Riesgo medio, en tanto que el 21% pertenece al Riesgo bajo y un 11% de la superficie con un Riesgo muy alto, lo que indica que el municipio de Jungapeo presenta un riesgo alto ya que representa el 46.30% del total de la superficie del municipio que comprende 26,080.75 ha.



Gráfica 6.- Superficie abarcada por cada una de las clases de riesgo de erosión de Jungapeo.

En cuanto al tipo de vegetación que presentó menor riesgo a la erosión fueron los Bosques de pino y encino y la Selva baja caducifolia, ambos representan la cobertura vegetal que protege al suelo contra la erosión ya que como lo menciona Custode & Viennot 1986, la cobertura vegetal tiene funciones como absorber la humedad de las gotas de lluvia, fija el suelo por sus raíces y frena el escurrimiento, la rápida desaparición de la vegetación ocasiona una mayor incidencia de las alternativas climatológicas, dejando al suelo sometido contra los efectos de la lluvia, cuyo impacto directo provoca la destrucción de los agregados y su arrastre por la escorrentía superficial, lo que aumenta el riesgo potencial, aumentando este último con la utilización de tractores pesados para desmontar o cultivar. La deforestación acelera la humificación de la materia orgánica que no puede ser reemplazada, lo que tiene como consecuencia, efectos en la fertilidad y efectos físicos como incremento en la intensidad aparente de la compacidad y disminución de la permeabilidad, porosidad y aceleración. En cuanto al riesgo medio el Matorral subtropical presenta menor cobertura vegetal debido a que el clima es más seco sobre zonas áridas y semiáridas, cuya comunidad vegetal está representada por tres estratos, arbustivo, arbóreo y herbáceo, representando una vegetación baja en altura.

La superficie de la clase Alta pertenece al Pastizal y a la Agricultura de riego ya que los procesos erosivos pueden ser activos o potenciales en función de la antigüedad de la ocupación del suelo por el hombre. Custode & Viennot 1986, reportan que los primeros desmontes se dan en los sectores débiles de pendiente (terrazas, glacise, planicies), con una agricultura diversa; bosques con arboricultura, pastizales y cultivos de subsistencia. A medida que progresa hacia arriba, en zonas con pendientes mayores, aumentan los riesgos de aceleración erosiva por procesos de carácter indiferenciado; movimientos en masa en suelos volcánicos y arcillosos, escurrimiento difuso y concentrado y movimientos de gravedad en las pendientes más pronunciadas. Los pastizales son muy susceptibles a los movimientos en masa que se manifiestan por golpes de cuchara, roturas de desgarramiento y lupas de soliflexión, por su parte la Agricultura de riego al ser una actividad que aportar agua al suelo para el crecimiento de los vegetales la constante humedad va erosionando las rocas alterando la textura del manto lo que acelera el proceso erosivo.

Por último la clase muy alta presentada es atribuida a la Agricultura de Riesgo porque presenta suelos agrícolas que frecuentemente están expuestos al impacto directo de las gotas de lluvia, la presencia de cultivos aumentan el peligro de erosión ya que al inicio del ciclo del cultivo el suelo queda desprotegido de su cubierta y la temporada crítica depende del tipo de cultivo y de la calidad del suelo, mientras tanto la agricultura al ser una actividad muy desarrollada dentro del sector

primario se traduce en un empobrecimiento físico-químico, de los suelos debido a los fenómenos oxi-reducción en los primeros centímetros de los perfiles, el principal agente es el pisoteo del ganado que deja las huellas de los cascos de los animales reteniendo el agua y asfixiando el suelo.

Por otra parte la topografía accidentada y las profundas alteraciones de las rocas constituyen factores condicionantes importantes, así como las fuertes intensidades pluviométricas, las pendientes muy pronunciadas presentan un riesgo de erosión más alto mientras que las pendientes nulas a leves y planicies la erosión será muy baja. Como se observa en el mapa de riesgo de erosión (Mapa 26, Ver Anexo Cartográfico), en la parte central del municipio se localizan las pendientes más altas lo que coincide con lo antes mencionado. Otro factor es el escurrimiento que afecta a las vertientes de las cubiertas de vegetación natural herbácea, discontinua, y densamente ocupadas por la agricultura, pastizales naturales y artificiales los cuales son sensibles a los movimientos en masa.

8.3 Valoración del Riesgo de Deslizamientos

Durante los últimos años el estudio de los deslizamientos ha cobrado mayor importancia, puesto que son considerados como uno de los peligros geológicos que generan grandes pérdidas tanto humanas como de bienes. Un deslizamiento es una masa de terreno que se mueve por la acción de la fuerza de la gravedad, el proceso incluye tanto movimientos gravitatorios de ladera, como desplazamientos laterales de los materiales, el deslizamiento es un término que se aplica, en general, a movimientos rápidos del terreno; estos están relacionados con sismos aunque también pueden originarse por otras causas y frecuentemente empiezan con una lenta reptación. La acción constante de la fuerza de la gravedad y el debilitamiento progresivo de los materiales, principalmente el efecto de la meteorización física y química, hacen que los movimientos de ladera sean muy abundantes a lo largo del registro geológico (Ayala & Olcina, 2001).

La pérdida de masas es una parte importante en el proceso erosivo, ya que mueve el material de elevaciones altas a elevaciones bajas, donde transporta agentes como corrientes, que recogen el material y lo transportan hasta las partes más bajas. El proceso de pérdida de masa ocurre continuamente sobre todas las pendientes, algunos ocurren lentamente y otros de manera repentina a menudo con resultados desastrosos. Cualquier movimiento perceptible de la pendiente hacia abajo de la roca se refiere, a menudo en términos generales como deslizamiento de tierra (Tesfahunegn, 2008).

Los deslizamientos de tierra pueden ser clasificados de varias maneras que reflejan los mecanismos responsables de los movimientos y la velocidad en la que este ocurre. Los movimientos de masas son clasificados por su comportamiento dominante de acuerdo con; el tipo de movimiento, la tasa del movimiento y el tipo de material involucrado, menciona Varnes, 1975 citado por Tesfahunegn. Los tipos de movimientos de masa son divididos en 5 grupos: caídas, derrumbamientos, deslizamientos, afluencias y un quinto grupo que abarca dos o más tipos de movimientos.

Caídas

El material puede que esté en caída libre, perdiendo el contacto con la superficie del terreno de forma intermitente o totalmente. En este tipo de deslizamiento, la masa de movimientos se mueve como partículas individuales con una estructura incompleta desarrollándose entre partículas, esto ocurre usualmente en pendientes muy empinadas por ejemplo los acantilados, el material de la roca puede que este flojo por lluvia, temblores, el acuñaamiento en la raíces de las plantas o la expansión del hielo.

Deslizamientos

En los deslizamientos los materiales se mueven como bloques o masas a lo largo de falla, los derrumbes exhiben una cortada o deformación interna de tal manera que los parches de césped, arboles y estructuras sobre la superficie pueden estar relativamente intactos y no son incorporados dentro deslizamiento.

Derrumbes

Los derrumbes ocurren como resultado de una abertura en los bloques en lugar de un deslizamiento, los derrumbes se darán cuando el centro de gravedad de cada bloque de suelo, que es producido gracias a la combinación del plano basal con por lo menos dos conjuntos de planos inclinados y escarpados, cae fuera de su ángulo externo interior por lo tanto los derrumbes son causados por la pérdida de equilibrio.

Afluencias

Los materiales se mueven como un conjunto coherente pero, con un constante cambio de masas, envolviendo cortadas internas o mezcla de masas, incluso clasificaciones basadas en el tamaño de la partícula y la posición del flujo. Las características de la superficie tales como el pasto, arbustos, arboles y estructuras son incorporadas dentro del flujo, los materiales pendiente abajo y las características de la superficie puede que estén enterrados por los flujos de masas, pero estas también pueden estar incorporadas dentro del flujo, el flujo de masas tiende a ser un proceso erosivo a lo largo de su trayectoria.

Durante el proceso de un deslizamiento las fuerzas que involucran la pérdida de masas juegan un papel importante dentro de dicho proceso ya que esto determina la magnitud de los daños, dentro de las más importantes están:

- ✓ La gravedad es una fuerza vertical que puede dividirse en vectores paralelos (tangencial) y perpendiculares (normal) a la superficie.
- ✓ La fricción es una fuerza que actúa sobre la superficie o entre los granos.
- ✓ La intensidad de la cortada es una medida de la cohesión y de la resistencia del material.

Por otra parte existen fenómenos naturales que pueden acrecentar la probabilidad de que ocurra un deslizamiento, por ejemplo cuando se da la presencia de un sismo, un movimiento fuerte sobre una pendiente ya inestable por ondas sísmicas puede causar los deslaves, por lo general, cuanto mayor sea la magnitud de un terremoto mayor será la pérdida de masa. Cuando una pendiente cuyo material es estable en un ángulo bastante suave, se vuelve inestable si el ángulo de la pendiente es más empinado, esto puede ocurrir cuando una corriente corta la secuencia de una ladera o cuando las olas del mar remueven la base de una pendiente, en ocasiones los seres humanos realizan construcciones de obras, carreteras sobre zonas montañosas donde las pendientes son más pronunciadas (Teshahunegn, 2008).

Otro factor muy importante en los deslizamientos es la eliminación de la vegetación sobre la pendiente, la superficie pierde la protección contra los impactos de la lluvia que pueden movilizar, granos de sedimento con el agua que fluye por la pendiente, las raíces de las plantas juegan un rol significativo en los sedimentos vinculados reduciendo la probabilidad de una rápida o repentina pérdida de masa, el exterminio de la vegetación por actividades humanas como la agricultura o los incendios provocados para el desarrollo de la mismas reduce la resistencia de la ladera.

Una excesiva cantidad de agua dentro de una pendiente aumenta su masa, incrementando la tensión del corte, sobre todo a lo largo de las fracturas de la roca inclinada en la misma dirección que la superficie de la pendiente, si la pendiente está compuesta de sedimentos donde los granos no son cementados juntos, el exceso de agua puede aflojar los granos por separado, reducir la fricción (la resistencia al corte), ambas situaciones a menudo se asocian con lluvia fuerte o rápido deshielo que pueden dirigir la pérdida de masa (Tsfahunegn, 2008).

El agua puede fluir incluso en las partes más estrechas de las fracturas de la roca, si la temperatura cae debajo del punto de congelación, se forman cristales de hielo expandiendo el volumen hasta un 9%, esto es una fuerza muy poderosa que puede separar las rocas y provocar la caída desde pendientes empinadas en montañas y cañones. Por último las actividades biológicas como el movimiento de los animales a lo largo de pendientes escarpadas pueden aflojar las rocas ocasionando el derrumbe de tierra y rocas.

Modelo para la Evaluación del Riesgo de deslizamientos

Para la evaluación del riesgo de deslizamientos se siguió el propuesto por Ramakrishnan *et al.*, 2002 el cual integra la Pendiente, Edafología, Geología, Vegetación y Usos de suelo para obtener la áreas propensas a deslizamientos, cabe mencionar que en la pendiente se tomaron los mismos valores propuestos por el autor, basados en la información citada.

Factores y criterios de clasificación

Edafología

El tipo de suelo va a depender que tan susceptible sea a la erosión ya que existen suelos que son mas compactados que otros y su desintegración tarda más tiempo y al estar suelto el suelo sobre la superficie con una lluvia intensa o la intensidad de un sismo es más probable que se dé un deslave, la clasificación se realizo en base a su susceptibilidad a erosión.

Tipo de suelo		
Clase 1	Vertisol pélico, Luvisol cromico	Erosión baja
Clase 2	Andosol húmico, Feozem háplico, Acrisol órtico, Andosol ócrico, Luvisol cromico, Vertisol cromico, Vertisol pélico, Feozem lúvico	Erosión media
Clase 3	Litosol, Acrisol órtico, Acrisol húmico, Vertisol pélico, Andosol ócrico, Andosol húmico, Luvisol crómico,	Erosión alta
Clase 4	Litosol, Regosol éutrico, Regasol calcárico, Acrisol órtico	Erosión muy alta

Tabla 13.- Clasificación de los tipos de suelo en base a la susceptibilidad a la erosión.

Geología

La presencia del tipo de rocas es factor determinante en el proceso de deslizamientos ya que a mayor escorrentía superficial (infiltración) será mayor la capacidad erosiva de las aguas y se verá afectada la permeabilidad del manto.

Litología	
Clase 1	Rocas ígneas extrusivas e intrusivas
Clase 2	Rocas metamórficas y sedimentarias
Clase 3	Rocas sedimentarias y blandas

Tabla 14.- Clasificación de los tipos de roca basada en la textura del manto.

Pendiente

Inclinación de la superficie del terreno. Las pendientes muy pronunciadas propiciarán los deslizamientos con mayor velocidad, así como una mayor inestabilidad de los materiales geológicos.

- Clase 1. Pendiente entre 0 – 18°
- Clase 2. Pendiente entre 18 – 36°
- Clase 3. Pendiente entre 36 – 54°
- Clase 4. Pendiente > 54

Vegetación y Usos de Suelo

Este es el último elemento considerado ya que funge como factor protector, mantiene al suelo compactado y lo protege contra la erosión.

Unidades de vegetación	
Clase 1	Bosque y Selva baja caducifolia
Clase 2	Matorral subcaducifolio
Clase 3	Pastizal inducido y Agricultura de Riesgo
Clase 4	Agricultura de Temporal
Clase 5	Núcleos urbanos y Cuerpos de Agua (Excluidos)

Tabla 15. Clasificación de la vegetación según su grado de protección frente a la erosión.

Integración

Con base a la cartografía temática incluida en el SIGMA se procedió a la integración de las siguientes clasificaciones antes mencionadas como se muestra en la figura 6.

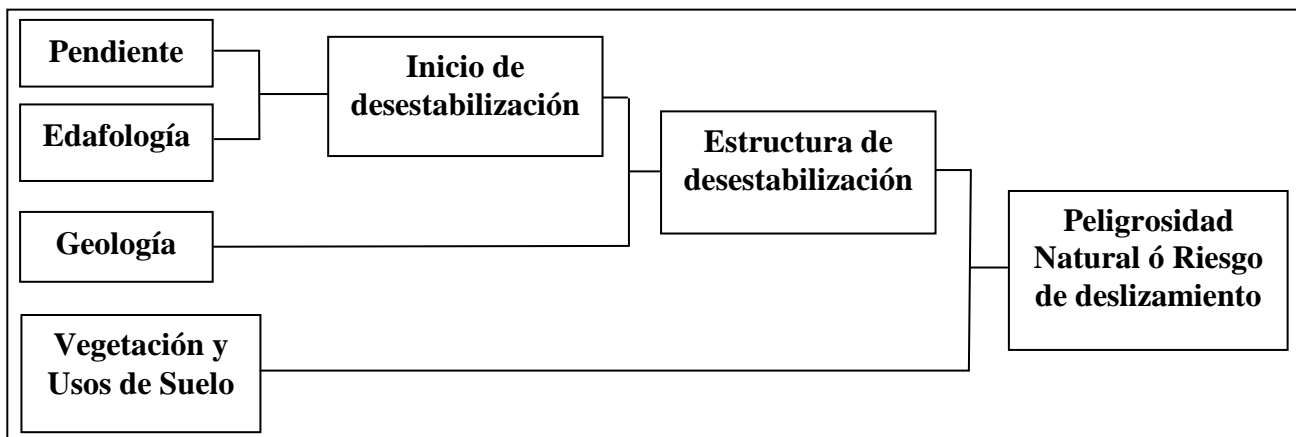


Fig 6. Integración de la información temática para el modelo de riesgo de deslizamientos

En primer lugar se cruzan las matrices de Pendiente contra Edafología, para obtener el Inicio de Desestabilización.

		Pendiente			
		1	2	3	4
Edafología	1	1	1	2	3
	2	1	2	3	4
	3	2	3	4	5
	4	3	4	5	5
	E	E	E	E	E

Posteriormente, se cruza el resultado de esta matriz de Inicio de desestabilización con la Litología para obtener la Estructura de desestabilización.

		Inicio de Desestabilización					
		E	1	2	3	4	5
Litología	1	E	1	1	2	3	4
	2	E	1	2	3	4	5
	3	E	2	3	4	5	5

Finalmente a ese último resultado se le agrega la Vegetación y usos de suelo para obtener el valor final que es la Peligrosidad Natural o el Riesgo de Deslizamiento.

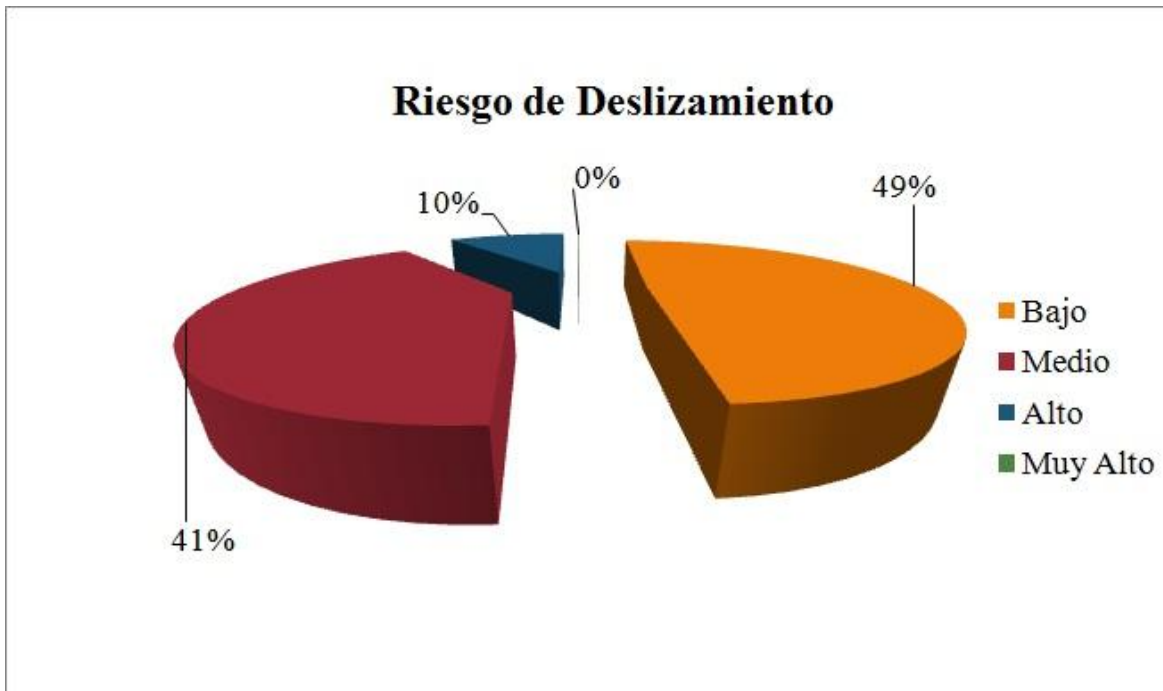
Estructura de Desestabilización

		E	1	2	3	4	5
Vegetación	1	E	1	1	2	2	3
	2	E	1	2	2	3	3
	3	E	2	2	3	3	4
	4	E	2	3	3	4	4
	E	E	E	E	E	E	E

Los valores de secuencia para cada una de las clases de riesgo de deslizamiento fueron las siguientes:

- Clase 1. Riesgo bajo: 12,776.75 ha (51107 cuadrículas)
- Clase 2. Riesgo medio: 10,631 ha (42524 cuadrículas)
- Clase 3. Riesgo alto: 2,651.50 ha (10606 cuadrículas)
- Clase 4. Riesgo muy alto: 21.50 ha (86 cuadrículas)
- Total: 26,080.75 ha (104323 cuadrículas)

Dentro del territorio la clase de Riesgo bajo ocupa un 49%, mientras que la clase de Riesgo medio abarca un 41% y el 10% de la superficie pertenece a la clase Alta, del total del territorio que comprende 26,080.75 ha, como se muestra en la Gráfica 7. Cabe mencionar que la clase muy Alta no presenta valores significativos con respecto a los otras con apenas el 0.08%.



Gráfica 7.- Porcentajes de riesgo de deslizamiento para el territorio del municipio de Jungapeo que va de bajo a muy alto.

Al realizar el análisis de la cartografía obtenida se observa que en la mayor parte del territorio del municipio prevaleció el riesgo bajo, esto puede atribuirse a que en dichas zonas predomina la vegetación, en otras palabras el hombre no ha tenido tanta influencia sobre la naturaleza, en un estudio realizado por Zaitchik & Van Es, 2003, mencionan que las actividades agroforestales pueden estabilizar la superficie del suelo, donde las raíces de las plantas, alcanzan las bases de la rocas o le confieren un buen drenaje a los suelos, sin embargo el incremento en la profundidad y tasa de infiltración asociado a nuevos árboles, puede tener impactos negativos sobre la estabilidad cuando el plano de la falla potencial se encuentre por debajo de las zonas de las raíces. Las raíces poco profundas de algunos árboles no reforzaran el suelo a lo largo de planos potenciales a fallas, pero ciertas coberturas pueden arrojar agua de manera efectiva y en paralelo orientado a la pendiente del terreno, las cuales pueden actuar como un lecho de paja, esto reducirá la saturación del suelo y la acumulación de presiones de poros, mientras proporciona protección contra la erosión superficial.

En lo que respecta a la superficie de la clase media se localiza principalmente donde están los asentamientos urbanos lo que indica, que la estabilidad de la pendiente sobre condiciones secas está completamente gobernadas por la cohesión de los suelos, el ángulo de fricción interno y la pendiente del perfil, gracias a la falta de saturación en las condiciones el escenario da la cantidad

más alta de la parcela de terreno en condiciones estables. A medida en que las construcciones humanas van hacia pendientes más pronunciadas el riesgo de deslaves se incrementa ya que al dejar desnuda la superficie de la pendiente para la realización de dichas actividades el suelo queda frágil, al no soportar el peso de determinadas obras, incrementándose el riesgo con fuertes lluvias que aflojan los sedimentos.

El área que cubre la clase de riesgo alto, se localizan particularmente en la zona centro del municipio, que es donde están las pendientes más pronunciadas, se encontró que a partir de una pendiente mayor a 35° el riesgo de deslave aumenta, lo cual coincide con lo reportado por Gahgah *et al.*, 2009, quien menciona que en un ángulo de pendiente mayor a 35° y una elevación de más de 500 metros, junto con los factores de la precipitación, se asumen como una característica externa de parámetros que influyen en los deslizamientos de tierra. La mayoría de los deslizamientos de tierra ocurren en laderas muy empinadas, donde la inestabilidad de los suelos residuales son un factor importante, este tipo de deslaves se producen en lugares donde las rocas son sedimentarias y metasedimentarias, el suelo residual se produce fácilmente en estas rocas y la erosión en estas áreas pueden causar deslizamientos de tierra con la lluvia como el factor desencadenante. El deslave ocurre cuando la filtración del agua aumenta con el incremento de la presión intersticial, y la disminución de la resistencia del corte. Las localidades con mayor riesgo a deslizamiento son; Piedras de lumbre, El Mezquite, Las Nuñez, Las Salas, la Vega y Puerto Itziapo por encontrarse sobre las pendientes mayores a los 35° como se explico anteriormente.

Finalmente las zonas que presentaron la clase de riesgo muy alto estuvieron restringidas las partes en donde las pendientes están muy pronunciadas y existe una condición de saturación ya que como menciona Tesfahunegn (2008), una masa de suelo pierde su cohesión debido al agua intersticial de alta presión desarrollada en la masa del suelo disminuyendo la fuerza del suelo. Por lo tanto la inestabilidad es importante debido al aumento en el esfuerzo del corte y la disminución de la fuerza del mismo, también la inclinación de las pendientes aumenta la inestabilidad del perfil del suelo. Se obtuvo el mapa de riesgo de deslizamiento Mapa 27, (Ver Anexo Cartográfico).

Cabe mencionar que el análisis de estabilidad a través de la pendiente, es directamente influenciado por la profundidad del suelo y el perfil de la pendiente, el efecto de la profundidad del suelo, la estabilidad de la pendiente para cierto tipo de suelo, esto puede ser analizado por el cambio de la profundidad y manteniendo otros parámetros constantes.

8.4 Valoración de la Calidad de la Vegetación

Se entiende por vegetación al manto vegetal de un territorio determinado, la importancia y significado de la vegetación en los estudios del medio físico salta a la vista, teniendo en cuenta el papel que desempeña como asimilador básico de la energía solar, constituyéndose como productor primario de casi todos los ecosistemas. La vegetación es estabilizadora de pendientes, retarda la erosión, influye en la cantidad y calidad del agua, mantiene microclimas locales, filtra la atmósfera, atenúa el ruido, es el hábitat de las especies animales entre otras (MOPT, 1994).

Por su parte la calidad de la vegetación se entiende como el grado de excelencia o mérito para no ser alterado o destruido, en otras palabras el merito para que esencia y su estructura actual se conserve (Montoya *et al.*, 2001).

La calidad de la vegetación se refiere tanto a los aspectos fisionómicos de pura apreciación visual como aquellos que guardan relación con los elementos del medio. La calidad visual se basa en características fisionómicas, tales como el color, la forma, la estacionalidad y estructurales como la disposición horizontal, composición, visibilidad entre otras, mientras tanto la calidad ecológica de la vegetación hace referencia a la relación que existe entre una determinada comunidad y medio en el que vive, aportando información sobre sus características (clima, sustrato, topografía, altitud, exposición), esta relación permite hablar de comunidades indicadoras como aquellas que sólo pueden vivir bajo unas determinadas condiciones del medio (MOPT, 1994).

El concepto de calidad puede estar relacionados con diferentes conceptos como lo menciona Montoya *et al.*, 2008 citado por Chico (2010):

- * Valores preceptuales y culturales, que abarcan aquellos valores subjetivos derivados del paisaje: sensaciones de misterios, grandiosidad o respeto, valores de tipo cultural o histórico, testimonios de épocas pasadas.
- * Valores relacionados con la productividad.
- * Productividad agraria en sentido amplio (agrícola, forestal, ganadera).
- * Productividad ecológica, medida en términos de energía fijada por unidad de superficie y tiempo.
- * Valor naturalístico que es el merito de la unidad debido al estado de conservación de los ecosistemas que contiene o la presencia de especies (animales y vegetales) notables. También puede incluirse el merito debido a ciertas singularidades naturales: rasgos geológicos, yacimientos paleontológicos, únicos o de interés científico.

Se puede hablar de ciertos parámetros que están ligados a una o varias características de la calidad de la vegetación, en este sentido el análisis de la calidad va unido al estudio de los atributos o aspectos tales como:

- Rareza
- Reversibilidad
- Estabilidad
- Productividad
- Naturalidad
- Diversidad
- Usos e influencias
- Singularidad
- Proximidad al climax
- Integridad

Modelo de la Calidad de la Vegetación de Jungapeo

El modelo propuesto que se empleo para evaluar la calidad de la vegetación de Jungapeo fue modificado por Montoya *et al.*, 2001, en el que se valoraron dos factores la etapa sucesional y la singularidad de la vegetación

La calidad como se menciona anteriormente es la excelencia o mérito para no ser alterada o destruida, en este caso son las unidades de vegetación presentes en el territorio. Se han elegido como criterios definitorios de la calidad de la vegetación la etapa sucesional y singularidad.

Factores y criterios de clasificación

a) Etapa sucesional

Se refiere a las secuencias naturales, en las cuales un organismo o grupo de organismos reemplaza a otro en un hábitat tendiendo a una etapa hipotética llamada clímax que representa el final del proceso de colonización de un medio con características determinadas. Aquellos medios con mayor acercamiento a su estado climaxico poseerán una estructura más compleja, más estable y mejor adaptada a las condiciones ambientales del territorio en el que se asienta. Se admite por tanto que a mayor acercamiento al clímax, mayor calidad.

En este caso, los conceptos de diversidad florística y naturalidad de la estructura entendida tanto como el número de estratos como la adaptación de la estructura natural a las condiciones del terreno, quedan incluidas en este criterio la etapa sucesional. Cuanto mayor proximidad al clímax, mayor número de especies o estratos presentes en la unidad y entre mayor sea la adaptación de su estructura al terreno, mayor será la calidad ecológica de la vegetación.

b) Singularidad

Condición de fuera de lo común. Se ha incluido en este criterio la presencia de endemismos y de formaciones raras, se considera un endemismo como aquella especie que aparece exclusivamente en un determinado territorio de extensión variable. La rareza indica la abundancia relativa de las distintas formaciones vegetales, dentro del área de estudio y a nivel nacional.

Desarrollo del modelo

Con respecto a la etapa sucesional se asigna a cada tipo de vegetación inventariado un valor entre 1 y 4. Siendo la clase 4 la de mayor proximidad al clímax y la clase 1 la de menor. Quedando excluidos de esta valoración las Zonas Urbanas, por carecer de vegetación continúa. De esta forma la clasificación propuesta es:

- Clase 1. Unidades de vegetación: Agricultura de temporal
- Clase 2. Unidades de vegetación: Agricultura de riego
- Clase 3. Unidades de vegetación: Pastizal y Matorral subtropical
- Clase 4. Unidades de vegetación: Selva baja caducifolia y Bosques

Con respecto a la singularidad, la calidad de la vegetación será mayor si hay presencia de singularidad. Se ha asignado a cada tipo de vegetación inventariado dos valores, siendo la clase 2 de mayor calidad

- Clase 1. Unidades de vegetación: Agricultura de temporal, Agricultura de riego y Pastizal
- Clase 2. Unidades de vegetación: Matorral subtropical, Bosques y Selva baja caducifolia

Integración

Para la determinación de la calidad de la vegetación se han integrado los aspectos de singularidad y de nivel de sucesión, tomando en cuenta la cartografía de Vegetación y Usos de suelo incluida en el SIGMA, dicha integración se muestra en la figura 7.

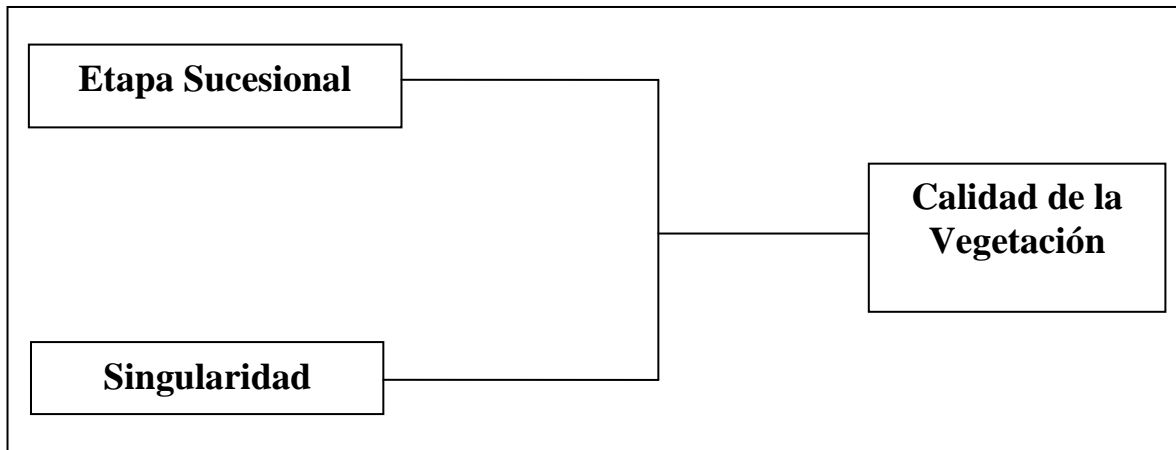


Fig 7. Representación del modelo de calidad de la vegetación juntando los factores considerados

La integración de las valoraciones parciales de estos elementos en un valor final representativo de la calidad de la vegetación se ha efectuado mediante una matriz. El criterio seguido ha sido que la singularidad actúa como modificador al aumentar el valor de calidad respecto al nivel de sucesión. La matriz resultante es:

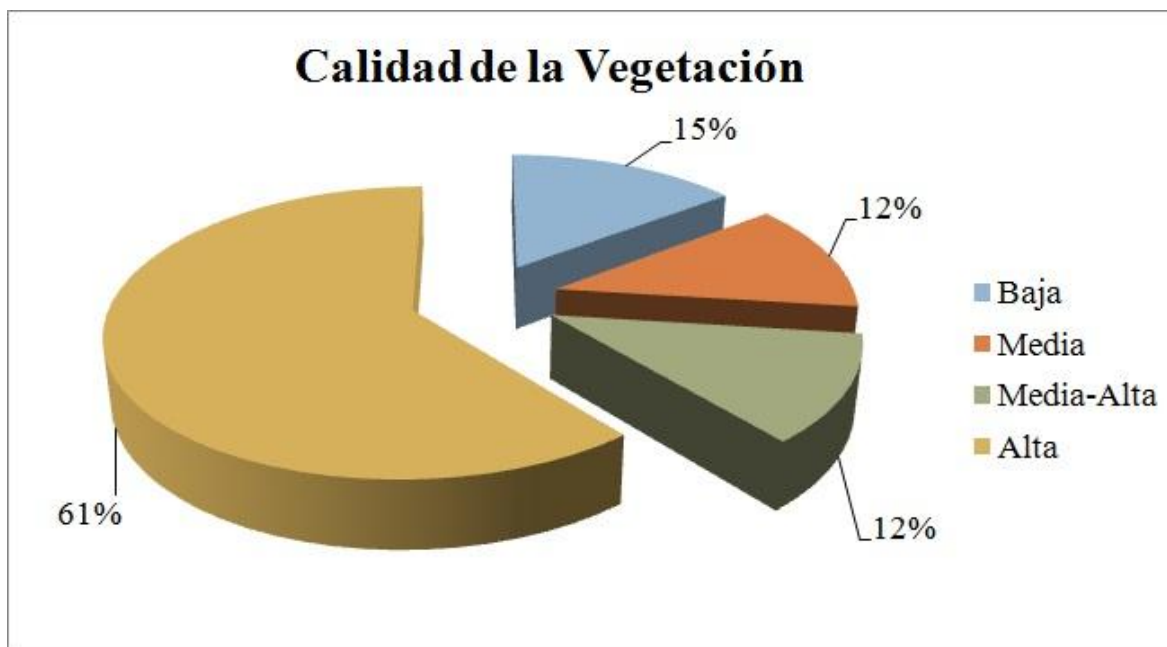
		Nivel de sucesión			
		1	2	3	4
Singularidad	1	1	2	3	3
	2	2	3	3	4

En la clasificación definitiva la calidad de la vegetación queda agrupada en cuatro clases, siendo la de la Clase 4 la de mayor calidad y la Clase 1 la de menor calidad.

Los valores de las frecuencias para cada una de las clases de calidad de la vegetación son los siguientes:

Clase 1.	Calidad baja:	<u>3,821.25 ha (15285 cuadrículas)</u>
Clase 2.	Calidad media:	<u>3,217 ha (12868 cuadrículas)</u>
Clase 3.	Calidad media-alta:	<u>3,126 ha (12504 cuadrículas)</u>
Clase 4.	Calidad alta:	<u>15,916.50 (63666 cuadrículas)</u>
	Total:	<u>26,080.75 ha (104323 cuadrículas)</u>

Como se puede observar en la Gráfica 8, en el territorio domina la clase de calidad de la vegetación Alta ocupando un 61% seguida de la calidad baja con un 15% mientras que la calidad media y media alta abarcan el 12% para ambas del total del territorio que comprende 26,080.75 ha (Mapa 28. Ver Anexo Cartográfico).



Grafica 8.- Superficie abarcada en porcentaje por cada una de las clases de calidad de la Vegetación de Jungapeo.

El uso de suelo que presentó la calidad más Baja fue la Agricultura de Temporal ya que está actividad no tiene singularidad, por lo que la mayoría de los cultivos se enfatizan en especies comerciales o culturales, en cuanto al nivel de sucesión este es simple, lo que no conlleva a un clímax sobre todo porque el desarrollo de la sucesión culmina con el asentamiento de una biocenosis capaz de explotar de forma óptima los recursos disponibles adquiriendo un equilibrio estable en las

condiciones ecológicas del biotopo, siendo entonces en las últimas etapas donde tiene mayor incremento. Si estas situaciones sufren secundariamente alteraciones debidas a causas naturales o artificiales que supongan su destrucción o sustitución por otras especies, a este conjunto de procesos degradativos se le denomina sucesión regresiva o regresión según menciona el MOPT, 1994. Caso contrario al proceso progresivo de recuperación del clímax a partir de esas comunidades es la sucesión secundaria.

En lo que respecta a la clase Media el uso de suelo que abarca este territorio es la Agricultura de riego, la cual es una actividad que está en un continuo cambio lo que establece un flujo de energía, no obstante este tipo de uso de suelo por la características propias de sus usos es muy susceptible a la erosión y por ende la perdida de nutrientes, lo cual se relaciona con el nivel de sucesión, ya que como lo menciona Walker 2005, el aumento de la biomasa trae consigo un incremento en la eficiencia de los ciclos de los nutrientes y de la especialización de un individuo en su medio, por lo tanto al no existir nutrientes en el suelo las especies vegetales registran un déficit, evitando el proceso de sucesión así como la singularidad. Como lo menciona Walker (2005), la agricultura es un ejemplo de la persistencia de estados iniciales de la sucesión como consecuencia de la constante explotación del sistema, por lo que se recomienda establecer policultivos para contribuir con los ciclos de nutrientes y aumentar la calidad de la vegetación.

La superficie que abarca la clase Media-Alta corresponde al Pastizal y al Matorral subcaducifolio, los cuales no presentan una singularidad alta ya que su composición florística están presentes gramíneas y arbustos de baja altura, en este tipo de vegetación la sucesión aumenta su nivel ya que estas especies pueden ser reemplazadas por otras y así alcanzar mejores condiciones del clímax. Si la vegetación no sufre cambios los componentes vegetales acumularan durante las etapas de la sucesión la energía necesaria para llegar a la explotación la cual Margalef (citado por Walker 2005), refiere como la transferencia de energía a través de las etapas de sucesión, inclusive implementado actividades de quema inducida o la propagación de un incendio natural, si se dispone de la condiciones apropiadas para esto, cabe destacar que el proceso de incendio es favorable para la sucesión ecológica por la remoción de nutrientes y aumenta la energía disponible en el ecosistema (Chico, 2010).

Por último la clase Alta, presenta su distribución en la Selva baja caducifolia y los Bosques de pino y encino, lo cual se base en las unidades vegetales ya que poseen mayor singularidad porque presentan especies propias del sistema y con una gran importancia ecológica, pueden presentar un

alto nivel de sucesión ya que contienen varios estratos como herbáceo, arbustivo y arbóreo, lo cual refleja un alta competencia, un aumento en la cantidad de biomasa incrementado su estructura y por ende un aumento en la transferencia de energía lo cual coincide con lo reportado por Walker (2005).

8.5 Valoración de la Fragilidad de la Vegetación

Se entiende por Fragilidad de la vegetación al grado de susceptibilidad al deterioro ante la incidencia de determinadas actuaciones, o de otra forma, el inverso de la capacidad de absorción de posibles actuaciones sin pérdida de calidad. El estudio de la fragilidad de la vegetación ha surgido y tomado importancia ante problemas concretos como la extracción de recursos mineros, nuevas urbanizaciones, plantas de energía, actividades agrícolas, forestales e industriales entre otros. La fragilidad o capacidad para absorber elementos extraños se presta mejor que la calidad a la objetivación y cuantificación porque depende principalmente del tipo de actividad que se piensa desarrollar (Montoya *et al.*, 1997).

La fragilidad es una cualidad intrínseca del territorio, propia de cada formación vegetal, en función de las características de ésta (diversidad, estabilidad entre otras) y en función del tipo de acción que se lleve a cabo sobre ella, que puede expresarse en impactos más o menos graves antes las distintas actividades (Montoya *et al.*, 2001).

Los tipos de actividades que se van a contemplar inciden de distinto modo sobre el medio natural; unas cambian por completo el uso del suelo, mientras que otras se superponen al uso actual, por lo que con relación con estas últimas es importante hablar de vulnerabilidad como otro enfoque, puede consistir en ligar la fragilidad al riesgo de desaparición, así serían más vulnerables las formaciones escasamente representadas, las situadas en lugares más accesibles y las distribuidas de forma más dispersa (Montoya *et al.*, 2001).

A través del concepto de vulnerabilidad se trata de valorar los valores intrínsecos propios de cada formación vegetal en determinada área de estudio que hace que ésta sea más o menos susceptible a una alteración, se tiene en cuenta especialmente la reversibilidad de las distintas formaciones, es decir el grado de dificultad que tendrían para recuperarse de los efectos de una alteración natural o artificial. Cuanto más lento sea el proceso de recuperación, más vulnerable será la formación, para valorar la fragilidad de las formaciones vegetales se consideran los siguientes factores según Montoya *et al.*, 2001:

- Aproximación al clímax, atribuyendo una mayor fragilidad a las unidades vegetales más cercanas a este estado.
- Complejidad espacial, considerando que un alto índice de complejidad conlleva una alta fragilidad.
- Influencia antrópica, puesto que las formaciones menos naturales son las menos frágiles.
- Existencia de factores limitantes para el crecimiento de la vegetación, las formaciones que se desarrollan bajo condiciones limitantes poseen una mayor fragilidad.
- Capacidad de regeneración y persistencia de las especies dominantes de la formación, de forma que cuanto más alta sean éstas menor será la fragilidad de la unidad vegetal.

Modelo de Fragilidad de la Vegetación de Jungapeo

El siguiente modelo fue el modificado por Montoya *et al.*, 2001, el cual atiende a la fragilidad y la vulnerabilidad, mediante la consideración de los factores antes mencionados. Es importante aclarar que no se ha considerado la valoración en las zonas urbanas.

Factores y criterios de clasificación

Los factores utilizados para determinar la fragilidad de la vegetación son la representación y distribución, la accesibilidad y la capacidad de absorción de las actividades compatibles.

Representación y distribución

El tamaño y su reparto induce a establecer una mayor fragilidad a medida que el tipo de vegetación es más raro, se estiman más vulnerables las formaciones vegetales menos representadas pero distribuidas (en menor número de unidades separadas).

Accesibilidad

Las formaciones situadas en lugares fácilmente accesibles, se consideran más vulnerables que las situadas en zonas más alejadas. Para la valoración de este factor se ha tenido en cuenta la proximidad a núcleos urbanos y/o carreteras.

Capacidad de absorción de actividades compatibles:

Para la valoración de este factor se han tenido en cuenta aspectos como:

- Diversidad (riqueza en especies de la unidad)
- Estado natural de la unidad, que depende del nivel de degradación y del carácter actual de la sucesión y permite situar a las unidades de vegetación más próximas a la vegetación potencial entre las más frágiles.
- Reversibilidad, cuando ésta es más factible y más corta en el tiempo, su fragilidad es menor.

Desarrollo del modelo

En cuanto a la Representación y Distribución, para su evaluación se tiene en cuenta el número de unidades de la misma agrupación vegetal presentes, así como la superficie que éstas ocupan (referida a número de cuadrículas). También se estudia la distribución espacial relativa de las unidades.

Unidad de vegetación	Superficie ocupada (cuadrículas)	No de localizaciones
1.- Bosque de encino	7038	4
2.- Bosque de encino con vegetación secundaria arbustiva	10152	6
3.- Bosque encino-pino	3746	3
4.- Bosque encino-pino con vegetación secundaria arbórea	3074	1
5.- Bosque encino-pino con vegetación secundaria arbustiva	12740	7
6.- Bosque pino-encino	58121	13
7.- Bosque pino-encino con vegetación secundaria arbórea	1063	1
8.- Bosque pino-encino con vegetación secundaria arbustiva	30695	9
9.- Matorral subtropical con vegetación arbustiva	4020	3
10.- Pastizal inducido	30165	19
11.- Agricultura de Riego	33767	17
12.- Agricultura de Temporal	48077	37
13.- Selva baja caducifolia	14691	6
14.- Selva baja caducifolia con vegetación arbustiva	75925	4
15.- Cuerpo de agua	2929	2
16.- Zona urbana	334	3

Tabla 16.- Unidades de vegetación con la superficie ocupada y el número de localizaciones.

A la vista de los valores obtenidos se ha realizado una clasificación de los valores de superficie que ocupa y del número de localizaciones en las que aparecen.

Superficie ocupada

- Clase 1. Superficie ocupada entre 0 y 1000 cuadrículas
- Clase 2. Superficie ocupada entre 1000 y 2500 cuadrículas
- Clase 3. Superficie ocupada entre 2500 y 7500 cuadrículas
- Clase 4. Superficie ocupada mayor a 7500 cuadrículas

Localizaciones

- Clase 1. 1 localización
- Clase 2. 2 y 3 localizaciones distintas
- Clase 3. 4 y 5 localizaciones distintas
- Clase 4. Más de 6 localizaciones

Accesibilidad

Para determinar los valores de accesibilidad se ha tenido en cuenta la proximidad a núcleos urbanos y/o carreteras.

- Clase 1. Puntos situados a menos de 400m de núcleos urbanos y/o carreteras
- Clase 2. Puntos situados entre 400 y 1000m de núcleos urbanos y/o carreteras
- Clase 3. Puntos situados a más de 1000m de núcleos urbanos y/o carreteras

Capacidad de absorción de actividades compatibles

Para la valoración de la capacidad de absorción, se ha tenido en cuenta aspectos como la diversidad, el estado natural y la reversibilidad. En función de éstos aspectos se han agrupado los diferentes tipos de vegetación y usos de suelo en 4 clases a la cual se denomina capacidad de respuesta.

Tipo	Vegetación secundaria	Diversidad	Estado Natural	Reversibilidad	Capacidad de Respuesta
Bosque encino	Ninguno	1	2	0	3
Bosque encino	Secundaria arbustiva	2	1	1	2
Bosque encino-pino	Ninguno	1	2	0	3
Bosque encino-pino	Secundaria arbórea	3	2	1	4
Bosque encino-pino	Secundaria arbustiva	2	1	1	2
Bosque pino-encino	Ninguno	1	2	0	3
Bosque pino-encino	Secundaria arbórea	3	2	0	4
Bosque pino-encino	Secundaria arbustiva	2	1	1	2
Matorral subtropical	Secundaria arbustiva	2	1	1	2
Pastizal inducido	no aplicable	1	1	1	1
Riego	no aplicable	1	1	2	1
Temporal	no aplicable	1	1	2	1
Selva baja caducifolia	Ninguno	2	2	0	4
Selva baja caducifolia	Secundaria arbustiva	3	1	1	3

Tabla 17. – Tabla de la capacidad de absorción de actividades compatibles en base a la diversidad, estado natural y reversibilidad.

Integración

A continuación se muestra el esquema seguido en la integración de los aspectos anteriormente expuestos para la determinación de la Fragilidad de la vegetación como se muestra en la figura 8.

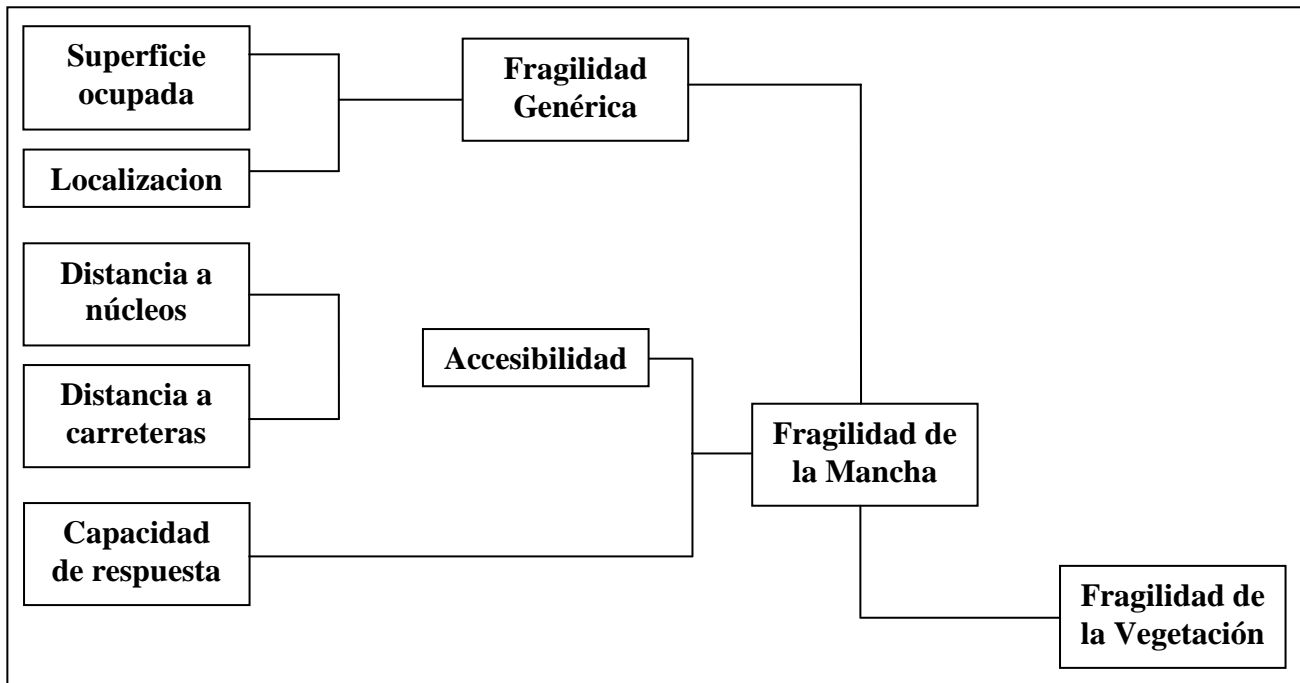


Fig 8. Representación de la integración temática para la fragilidad de la vegetación.

La integración de los factores anteriores se realiza considerando por un lado la fragilidad dentro de la mancha, que vendría definida por la accesibilidad y la capacidad de absorción, y la fragilidad genérica, definida por la representación y distribución. Los valores de la superficie ocupada y del número de localizaciones diferentes se ha combinado con el fin de obtener un valor de la fragilidad genérica en función de la distribución y representación. La matriz utilizada para realizar esta combinación es la siguiente:

		Superficie ocupada			
		1	2	3	4
Localizaciones	1	4	4	3	2
	2	4	3	2	2
	3	3	3	2	1
	4	3	2	1	1

Por otro lado se determina el valor de la fragilidad dentro de la mancha, que viene dado por la accesibilidad y la capacidad de absorción de actividades compatibles. La combinación entre estos dos aspectos se realiza mediante la matriz que se expone a continuación.

Capacidad de respuesta

		1	2	3	4	E
Accesibilidad	1	1	1	2	2	E
	2	1	2	3	3	E
	3	2	2	3	3	E

Posteriormente la fragilidad de la mancha se cruza a su vez con la fragilidad genérica, definida en este caso por la distribución y representación de las unidades de vegetación, para obtener el valor de la Fragilidad de la vegetación.

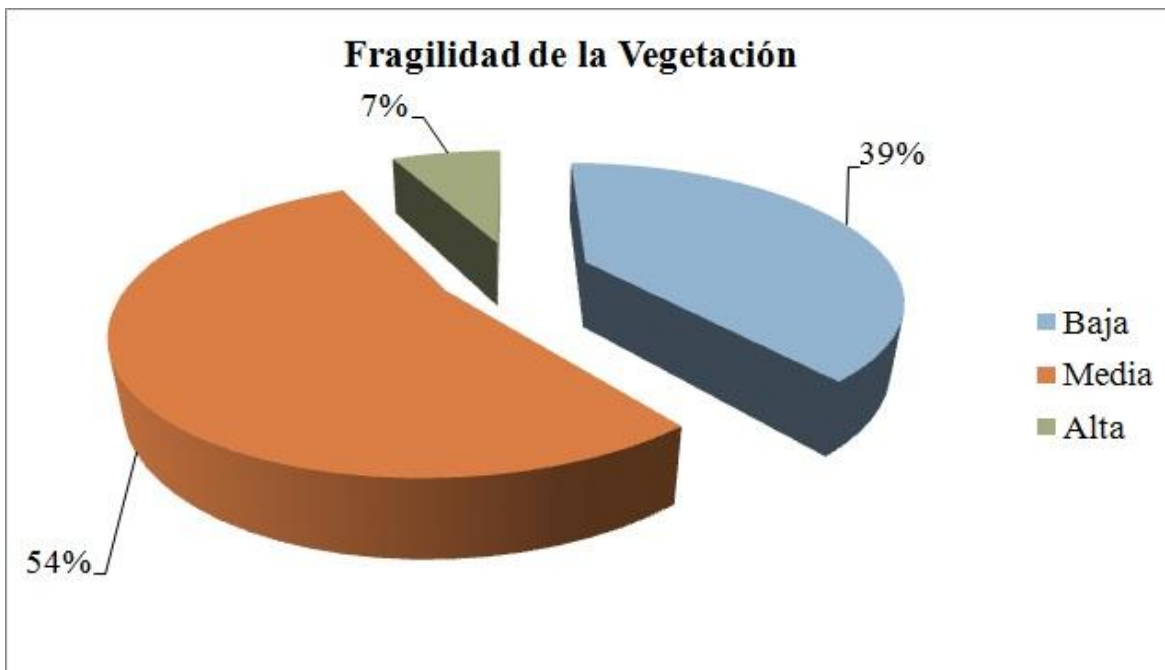
Fragilidad genérica

		1	2	3	4
Fragilidad dentro de la Mancha	E	E	E	E	E
	1	1	1	2	2
	2	1	2	2	3
	3	2	2	3	3

Tras la aplicación de este modelo para la determinación de la fragilidad de la vegetación se obtienen los siguientes datos de frecuencias para cada una de las clases:

Clase 1.	Fragilidad baja:	<u>10,233 ha (40932 cuadrículas)</u>
Clase 2.	Fragilidad media:	<u>13,930 ha (55720 cuadrículas)</u>
Clase 3.	Fragilidad alta:	<u>1,917.75 ha (7671 cuadrículas)</u>
	Total:	<u>26,080.75 ha (104323 cuadrículas)</u>

En el territorio del municipio de Jungapeo predominan la clase de Fragilidad Media que representa el 53% mientras que la clase de Fragilidad Baja abarca el 39% y con apenas el 7% la clase de Fragilidad Alta del total del territorio como se puede observar en la Gráfica 9.



Gráfica 9.- Superficie en porcentaje que cubre cada clase de fragilidad de la vegetación del municipio de Jungapeo.

Haciendo un análisis de los datos obtenidos la clase de Fragilidad baja se encuentra situada en la parte central del municipio y algunas manchas se extienden hacia la parte sur del mismo lo que indica que estas zonas son muy accesibles para el ser humano así mismo dentro de estas zonas se dan la mayoría de la actividades agrícolas (áreas de cultivo) por lo que la vegetación es nula en estas áreas, el MOPT 1994, menciona que en pendientes más bajas mayor será la capacidad de absorción, por otro lado la orientación tiene un papel importante ya existe mayor fragilidad en la zonas más iluminadas, el Sur y el Oeste, son en este sentido más frágiles que las exposiciones al

Norte y al Este, también existe una mayor fragilidad en las zonas cuya orientación vaya a contra luz durante un tiempo más prolongado.

En el caso de la clase Media esta se encuentra situada en las partes Oeste, Este y Sur del territorio donde la mayor parte de la vegetación no ha sido alterada por el hombre, existe mayor diversidad atribuida a las plantaciones y formaciones arbustivas, presenta una mayor densidad de la cubierta vegetal lo que indica que a mayor densidad de la vegetación, expresada por el porcentaje de suelo cubierto por la proyección horizontal de las especies leñosas, menor fragilidad intrínseca presentara.

Finalmente la clase de Fragilidad Alta está presente en las partes montañosas del municipio, lejos de las actividades humanas, por lo que la accesibilidad a estas zonas es difícil, la extensión de esta clase engloba principalmente las masas arbóreas que están próximas al clímax, en estas áreas la vegetación alcanza su máxima altura que es el poder enmascarante de la vegetación, cuanto mayor es la complejidad de la estructura de la misma, mayor número y densidad de estratos y menor será el nivel de fragilidad. Los medios con mayor acercamiento a su estadio climácico poseerán una estructura más compleja, más estable y mejor adaptada a las condiciones ambientales del territorio en el que se asientan, se admite por tanto que a mayor acercamiento al clímax menor será la fragilidad. Con base en los resultados obtenidos para este modelo se obtuvo el Mapa 28, Fragilidad de la vegetación (Ver Anexo Cartográfico).

8.6 Integración de los Modelos de Calidad y Fragilidad de la vegetación

En los estudios del medio físico aplicados a la planificación territorial, puede ser necesario la elaboración de un modelo que resulte en la integridad de la calidad y fragilidad de la vegetación en cada punto del territorio.

Las combinaciones calidad-fragilidad pueden ser útiles, en efecto, cuando se desee tener en cuenta los valores de la vegetación a la hora de conservar y promover: las combinaciones alta calidad-alta fragilidad serán candidatos destacados a la protección, las de alta calidad-baja fragilidad como promoción de actividades en las cuales la vegetación constituya un factor de atracción, las de baja calidad-baja fragilidad a la localización de actividades del tipo disposición de residuos u otras. Las posibles combinaciones calidad-fragilidad pueden agruparse según las características particulares del territorio estudiado, para el estudio en el municipio de Jungapeo estado de Michoacán se adopto la siguiente clasificación:

Clase 1. Zonas de alta calidad y alta fragilidad, cuya conservación resulta prioritaria.

Clase 2. Zonas de alta calidad y baja fragilidad, aptas en principio para la promoción de actividades que requieran calidad de la vegetación y causen impactos de poca intensidad en la vegetación.

Clase 3. Zonas de calidad media o alta y fragilidad variable, que puedan incorporarse a las anteriores cuando las circunstancias lo aconsejen.

Clase 4. Zonas de calidad baja y de fragilidad media o alta, que puedan incorporarse a la Clase 5 cuando sea preciso, en esta clase los impactos causados por las actividades son más fuertes.

Clase 5. Zonas de calidad baja y fragilidad baja, aptas desde el punto de vista paisajístico para la localización de actividades poco gratas o que causen impactos muy fuertes.

Integración de los Modelos

El modelo que utilizo para la integración de ambos modelos fue el propuesto por el MOPT 1994, el cual une los dos modelos en base a la clasificación mencionada anteriormente:

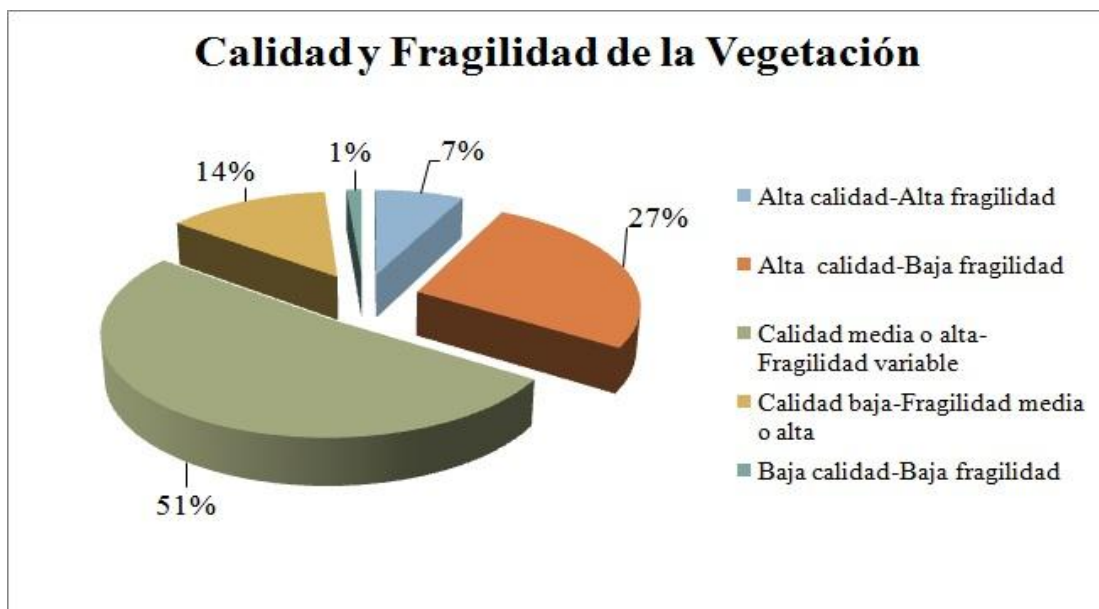
Fragilidad		Calidad			
		Baja			Alta
		I	II	III	IV
Baja ↑ ↓ Alta	I	5	3	2	
	II	4		3	
	III			1	

Tabla 18.- Clasificación para la Ordenación del Territorio (Clase 1: Máxima Conservación, Clase 5: Máxima Intervención).

Los valores de frecuencias para cada una de las clases de Calidad-Fragilidad son las siguientes:

Clase 1. Calidad alta y Fragilidad alta:	<u>1,917.75 ha (7671 cuadrículas)</u>
Clase 2. Calidad alta y Fragilidad baja:	<u>6,963 ha (27852 cuadrículas)</u>
Clase 3. Calidad media alta y Fragilidad variable:	<u>13,378.75 ha (53515 cuadrículas)</u>
Clase 4. Calidad baja y Fragilidad media o alta:	<u>3,491.75 ha (13967 cuadrículas)</u>
Clase 5. Calidad baja y Fragilidad baja:	<u>329.50 ha (1318 cuadrículas)</u>
Total:	<u>26,080.75 ha (104323 cuadrículas)</u>

Como lo muestra la Gráfica 10, dentro del territorio de Jungapeo domina la clase de Calidad media o alta-Fragilidad variable representando el 51% mientras que la clase alta Calidad-baja Fragilidad abarcan el 27%, por su parte la clase Calidad baja-Fragilidad media o alta cubre el 14% y finalmente las clases alta Calidad-alta Fragilidad y baja Calidad-baja Fragilidad ocupan el 7% y 1% respectivamente del total de territorio que cubre 26,080.75 ha.



Gráfica 10.- Área representada en porcentaje para la integración de los modelos de calidad y fragilidad de la vegetación del municipio de Jungapeo.

Finalmente con la integración de estos dos modelos se puede estructurar el territorio en zonas definidas, según sus distintos grados de protección establecidos en la integración en la que el nivel 5 corresponde al grado mayor de protección, no obstante dentro del territorio de Jungapeo se requiere de una mayor conservación de la vegetación ya que la mayoría del territorio presenta zonas con alta calidad y fragilidad variable lo que promovería actividades que requieran la calidad paisajística, causando el menor impacto en la misma.

9.0 Conclusiones

Con base en la recopilación e incorporación de la información en el SIGMA que hasta el momento existe del municipio de Jungapeo se puede concluir:

Se elaboró el Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental (SIGMA), con los factores físicos, biológicos y socioeconómicos del municipio de Jungapeo Edo, de Michoacán, el cual se pondrá a disposición del gobierno municipal, con el fin de sentar las bases e iniciar con el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio.

Se elaboró el Mapa base con los insumos cartográficos a escala 1:50,000 del municipio de Jungapeo.

Se presentan 3 tipos de vegetación dentro del municipio de Jungapeo, de los cuales la Selva baja caducifolia es la que abarca más superficie con 31% y el Bosque de encino-pino el que menor superficie cubre con apenas el 4% del total del municipio.

El Litosol es la unidad de suelo con más superficie ocupando el 39%, siendo muy susceptibles a la erosión

La Temperatura máxima mensual registró los valores más altos fue en los meses de Abril y Mayo con 42°C en ambos meses.

La Temperatura mínima mensual presento los valores más bajos en los meses de Octubre y Noviembre con -1.3 y -2.3°C respectivamente.

La Precipitación máxima mensual tuvo los valores más altos en los meses de Octubre y Diciembre con 1225 mm y 1210mm, mientras que la Precipitación mínima mensual se presento en los meses de Marzo y Abril con 3 mm y 3.5.

La principal vía de comunicación del municipio de Jungapeo es la carretera estatal libre con una longitud de 15.17 Km.

El territorio de Jungapeo tiene una altitud entre 820 – 2500msnm.

El Municipio presenta una pendiente que va de 0 a 67.22°.

El municipio de Jungapeo presentó un crecimiento poblacional del año 2005 al 2010 del 7%.

La Población total del municipio de Jungapeo para el año 2010 es de 19,889 habitantes, de los cuales el 49% son hombre y el 51% son mujeres.

El Municipio de Jungapeo presenta 58 localidades, de la cuales las comunidades Los Machetes y La Ciénega presentaron los valores más bajos de densidad de población, mientras que la cabecera de Jungapeo de Juárez es la localidad con mayor densidad de población.

La población analfabeta disminuyó el número de personas entre los censos de INEGI, 2005-2010 lo que refleja un avance en la educación básica.

El sector primario es al que más se dedica los habitantes del municipio de Jungapeo.

La valoración del riesgo de incendio para el municipio de Jungapeo reveló que es Alto, en el periodo de Enero-Junio y para el otro periodo del año Julio- Diciembre predomina el riesgo medio.

La pendiente es un factor determinante en la propagación de un incendio, ya que a mayor grado de pendiente, se presentara un mayor riesgo incendio.

La vegetación que presentó mayor riesgo de incendio fue la Selva caducifolia, el Bosque y el Pastizal

El riesgo de erosión dentro del municipio de Jungapeo mostró que es Alto ocupando el 34.91 % del total del territorio

La Agricultura de riego y el Pastizal son lo que presentan mayor riesgo de erosión, al ser suelos agrícolas están expuestos al impacto de las gotas de lluvia.

En la evaluación del riesgo de deslizamiento el estudio arrojó que el municipio de Jungapeo presenta un riesgo bajo ocupando el 48.99% del total del territorio. Sin embargo las áreas con mayor riesgo aunque son pocas deben tomarse en cuenta y establecer restricciones de uso de suelo en sus áreas de influencia.

La vegetación es un punto determinante protegiendo al suelo, ya que las raíces de la plantas compactan el mismo y le proporcionan buen drenaje.

La máxima calidad de la vegetación en el municipio de Jungapeo la presentaron la Selva baja caducifolia y los Bosque de pino y encino ocupando el 61.03% con la clase Alta.

La vegetación conformada por las actividades agrícolas presentan la más baja calidad, cubriendo el 14.65% de la extensión total del territorio.

El municipio de Jungapeo presenta una Fragilidad media representando el 53.41% del total de la superficie del territorio.

Las zonas con Fragilidad alta deberán estar a una distancia considerables de las actividades humanas o su vulnerabilidad será mayor.

Se realizó la integración de los modelos de calidad y fragilidad de la vegetación, el cual muestra que el municipio de Jungapeo presenta una Calidad media o alta con fragilidad variable abarcando el 51% del total del territorio.

Es de vital importancia conservar las áreas con alta calidad y fragilidad, por formar parte de la biodiversidad y mantenerlas protegidas, ya que el municipio de Jungapeo presenta zonas con este tipo de características.

Se necesita realizar más estudios de ordenación y planificación del territorio a nivel municipal, para gestionar de manera más productiva los recursos naturales.

Dentro de la elaboración de un SIGMA es muy importante integrar las variables económicas y sociales para entender como estas actúan sobre los ecosistemas y medio ambiente, y los impactos que generarían los mismos.

10.0 Recomendaciones

A partir del análisis realizado para el municipio de Jungapeo se pueden sentar las bases para iniciar con el Plan de Ordenamiento Ecológico y Territorial una vez realizadas las primeras tres fases Diagnostico, Prospectiva e Inventario.

Considerando los tipos de vegetación:

- Promover programas de reforestación en la zonas donde no existe vegetación para mejorar la calidad del paisaje.
- Conservar las especies propias de la región incrementando la conciencia y cultura en la población para asegurar su desarrollo.

En el caso de las actividades agrícolas como Agricultura de riego y temporal:

- Generar diferentes tipos de cultivo para disminuir los riesgos de erosión y deslizamientos.
- Eliminar el uso de sustancia químicas contra plagas que puedan afectar la calidad de los cultivos.

Tomando en cuenta que el Litosol y Acrisol son los suelos que predominan en el territorio de Jungapeo:

- Se recomienda realizar actividades de reforestación, ya que las limitantes más severas para su uso agrícola son las pendientes muy abruptas y con gran susceptibilidad a la erosión.

En cuanto al uso del suelo:

- Realizar un estudio del cambio de uso de suelo dentro del plan de Ordenamiento Ecológico y Territorial, con el objetivo de conocer cuáles son las zonas más afectadas con las actividades y establecer estrategias adecuadas para el desarrollo sustentable del territorio.

Con base en los sectores de producción:

- Apoyar más a los sectores secundario y terciario, generando nuevos empleos, actividades comerciales entre otras para incrementar el desarrollo económico de la población aumentado el ingreso y la calidad de vida.

En las zonas que registran el mayor riesgo de incendio:

- Hacer estudios de monitoreo constante de inicio de incendio sobre todo en las áreas que presentaron el riesgo alto y muy alto.
- Concientizar a la población de cuáles son las causas de los incendios forestales, por medio de programas de prevención, o con la ayuda de volantes didácticos que incluyan las características como pendiente, vegetación, variables meteorológicas, entre otros.
- Establecer torres de observación y cortafuegos alrededor de las zonas con vegetación forestal.

En las áreas donde el riesgo de erosión es mayor:

- Reducir la tala forestal ya que la cubierta vegetal es un factor importante en la protección contra la erosión.
- Identificar las aéreas aptas para el desarrollo de la Agricultura de riego y temporal, porque al ser actividades agrícolas el uso constante del agua va erosionando las rocas.

Para las zonas donde existe mayor riesgo a deslizamientos:

- Evitar la construcciones de obras, asentamiento humanos sobre pendientes muy abruptas, y sobre suelos flojos esto debilita al suelo volviéndolo vulnerable a un deslave.
- Se sugiere promover las actividades agroforestales que estabilizan el suelo proporcionando buen drenaje.

En las zonas donde la calidad de la vegetación es baja:

- Inducir la reforestación con especies que puedan adaptarse a las condiciones del medio para mejorar la calidad de la vegetación
- Desarrollar actividades sustentables que promuevan la preservación, conservación y restauración de los ecosistemas.

En áreas que presentan calidad alta:

- Planificar las actividades humanas, haciendo énfasis en los asentamiento urbanos, estableciendo un plan de crecimiento urbano hacia las áreas más adecuadas con el fin de evitar la pérdida de la vegetación y del los ecosistemas.

En extensiones donde la Fragilidad es alta:

- Establecer una distancia considerable entre los núcleos urbanos y la vegetación para evitar el deterioro de la misma.
- Promover programas de conservación y restauración de especies vegetales para mejorar la calidad del paisaje.

En la superficie donde la Fragilidad es baja:

- Zonas aptas para el desarrollo de actividades humanas que producen impactos fuertes al medio ambiente.
- Crear medidas de mitigación que puedan reducir el impacto de estas actividades, y poder establecer un periodo de recuperación.

11.0 Bibliografía

Abarca, I. O. y Quiroz, G. J. G. 2005. "Modelado Cartográfico de Riesgo de Incendios en el Parque Nacional Henri Pittier. Estudio de caso: Vertiente Sur, Área Colindante con la Ciudad de Maracay". Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Ingeniería Agrícola. 55(1): 36-62.

Aguilar. O. M. C. 1999. Propuesta de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Santiago de Anaya, Hgo. Tesis de Licenciatura, ENEP. Iztacala UNAM. pp 131.

Alvarez, A. 2005. "Sobre la Evaluación de Riesgos de Desastres Naturales y Vulnerabilidad de la Comunidad utilizando Sistemas de Información Geográficos". Revista del Instituto de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Universidad de Puerto Rico. Vol 5(2). pp. 101-102.

Anaya, A. A. y Colón, E. J. 2007. Erosión de suelo y mapa de riesgo para la cuenca del Río Grande de Añasco, Puerto Rico. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez. pp. 1-7.

Arcillas. G. M. 2002. "Técnicas de Desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica". Ciencias Ambientales-Área de Análisis Geográfico Regional. U.C.A. España.

Aronoff, S. 1989. "Geographical Information Systems: A Management Perspective. Ottawa. WDL Publications.

Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica (A.E.S.I.G). Junio, 1993. Madrid, España. pp 127-142.

Ayala. C. F,J. y Olcina C. J. 2002. Riesgos naturales. 1ª ed. Ariel, S.A. Barcelona España. pp 41-70.

Ayala-Carcedo. F. J. 2002. La ordenación del territorio en la prevención de catástrofes naturales y tecnológicas. Bases para un procedimiento Técnico-Administrativo de Evaluación de riesgos para la población. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Ciencia y Tecnología Boletín de la A. G. E. No 30 pp. 37-49.

Barredo, C. J. I. 1996. "Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en el Ordenamiento del Territorio". RA-MA Editorial Madrid.

Bocco, G. y Mendoza, M. 1999. "Evaluación de los cambios de la cobertura vegetal y uso de suelo en Michoacán (1975-1995) Lineamientos para la ordenación ecológica de su territorio". Programa SIMORELOS-CONACYT. Departamento de Ecología de los Recursos Naturales. Instituto de Ecología, UNAM Campus Morelia. pp 6-48.

Bosque. S. J. 1992. Sistemas de Información Geográfica. 2ª ed. Rialp. S.A. Madrid, España. pp 21-90.

Bosque S. J.; Gómez, D. M.; Rodríguez, D. A.; Rodríguez E. V. y Vela, G. A. 1997. "Valoración de los aspectos visuales del Paisaje Mediante la Utilización de un SIG" Documents d' Análisis Geográfica, nº 30.

Burrough. P. A. 1989. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessmant. Clavendon Press-Oxford. 194:1-11 pp.

Calvo, G. T. F. 2000. "Panorama de los Estudios sobre Riesgos Naturales en la Geografía Española". Boletín de la A.G.E. Nº 30. pp. 21-35.

Carver, S. 1991. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. Int. Journal of Geographical Information System. vol. 5, No. 3. pp. 321-329.

Catchpole, W. 2002. Fire properties and burn patterns in heterogeneous landscapes. Cambrige University Press.

Cebrian, J. 1988. Sistemas de Información Geográfica. En Bosque, J. (Ed.). Aplicaciones de la Información a la Geografía y Ciencias Sociales. Síntesis, Madrid. pp. 60.

Chico, A. M. 2010. Elaboración de un Sistema de Información Geográfica Medio Ambiental como base para el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Municipio de Tequixquiac, Edo. de México. Tesis de Licenciatura. FESI. UNAM.

Chuvieco, E. y Conglaton. G. R. 1989. "Application of Remote Sensing and Geographic Information Systems to Forest Fire Hazard Mapping". Elsevier Science Publishing Co. 29:147-159.

Congalton, G. R. y Green. K. 1992. The ABCs of GIS An introduction to geographic information systems. Peer Reviewed. 27: pp. 13-21.

Custode, E. y Viennot, M. 1986. "El Riesgo de Erosión en la región Amazónica". Departamento de Edafología del PRONAREG. Quito. Ecuador. pp. 79-88.

Díaz, R. J. R.; Pérez, C. D.; Rodríguez, A. Y.; Febles, G. J. M. 2008. "Determinación de Índices de Erosión de suelos aplicando análisis SIG para la localidad de San Andrés en la Provincia de Pinar del Río. Revista Chapingo. Serie de ciencias forestales y del ambiente. Universidad Autónoma de Chapingo. Revista Chapingo. pp. 15-19.

Eustaquio, V. C. E. 1998. "Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la Determinación de áreas vulnerables a Riesgos Naturales". Proyecto GEODECI. Instituto Nacional de Defensa Civil. Lima Perú. pp. 1-8.

Ferrandiz. G.I.A. S.L. 2008. Grupo de Ingeniería Ambiental. Estudio de Riesgos Ambientales en Cártama. Málaga España. pp. 2-25.

Fernández, G. M. I. 2006. Los Riesgos Naturales en España y en la Unión Europea: Incidencia y Estrategias de Actuación. Tesis Doctoral. Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio. Universidad de Cantabria. Santander España.

Fernández, R. J. 2003. "Modelo de datos". [www. aurea.es](http://www.aurea.es)

Gahgah, M. M.; Akhir, J. M.; Ghani. R. A.; Abdullah, I. 2009. "GIS Based Assessment on Landslide Hazard Zonation: Case Study of Cameron Highlands-Gua Musang Road Kelentan, Malaysia". Sains Malaysiana. 38(6): 827-833.

García, C. M.; Páez, M. M.; Martínez, F. P. 1999. Sistema de Información Geográfica (SIG) para el manejo integral del ecosistema Sabana Camagüey. Empresa GEOCUBA- La Habana, Agencia de Cartografía Digital. La Habana, Cuba.

Gómez, O. D. 2002. "Ordenación Territorial". Ed. Agrícola Española. Madrid, España. pp 29-49.

González-Clavo, A.; Hernández, L.; Pedro, A.; Arbelo, M.; Barreto, A.; Arvelo-Valencia, L. 2007. Evaluación del riesgo de incendios forestales en las Islas Canarias usando datos AVHRR y MODIS. Departamento de Física, Grupo de Observación de la Tierra y la Atmósfera (GOTA), Facultad Física, Universidad de la Laguna, España.

Gould, M. 1994. El uso de los Sistemas de Información Geográfica Aplicaciones con ARC/INFO. ESRI-España Geosistemas, S.A, Arapiles. Madrid, España. pp 65-110.

Gudiño, M. E. 2000. "Diseño de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para la gestión de los Recursos Naturales, Construcción de un Observatorio Ambiental". Instituto de Cartografía, Investigación y Formación para el Ordenamiento Territorial (CIFOT), Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza Argentina.

Gudiño, M. E. 2001. "Un Sistema de Información Ambiental para Mendoza". en Revista Proyección (CIFOT), Ex Libris, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza Argentina.

Gutiérrez. P. J. y Gould. M. 1994. "Sistemas de Información Geográfica". Editorial Síntesis. Madrid, España. pp 13-233.

Gutiérrez. P. J. 2000. "Sistemas de Información Geográfica: funcionalidades, aplicaciones y perspectivas en Mato Grosso do Sul. Revista Internacional de Desarrollo Local Vol. 1.

INEGI. 1985. Síntesis de Información Geográfica de Estado de Michoacán. Aguascalientes. Ags. México.

INEGI. 2000. Estadísticas. Censos y conteos de población y vivienda.

INEGI. 2001. Síntesis de Información Geográfica de Estado de México. Aguascalientes. Ags. México.

INEGI. 2005. Estadísticas. Censos y conteos de población y vivienda.

INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Jungapeo, Michoacán de Ocampo.

INEGI. 2010. Estadísticas. Censos y conteos de población y vivienda.

INE-SERMANAT-SEDESOL. 2005. Términos de Referencia para la Elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico y Territorial.

Juárez, O. S. 2008. Forest Fire Risk Model for Michoacán, México. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, the Netherlands.

LGEEPA. 2009. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente.

López. B. J. 1998. "Sistemas de Información Geográfica (SIG): Conceptos, Definiciones y Contexto Metodológico que involucra su uso". Instituto de Geografía de la UNAM. CU. pp. 27-38.

Martínez, D. R. y Rodríguez T. D. A. 2008. "Los Incendio Forestales en México y América Central". Segundo Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas de Protección contra Incendios Forestales: Una Visión Global. pp. 767-777.

Maskrey. A. 1998. "La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Análisis de los Riesgos en América Latina. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. pp. 4-12.

Montesinos, A. S. 1987. "Desarrollo Metodológico para la Evaluación del Riesgo de Erosión Hídrica en el área Mediterránea, utilizando técnicas de Teledetección y GIS. Facultad de Ciencia Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. España.

Montoya, A. R.; Aramburu. M. M. P.; Escribano, B. R. 1997. "La fragilidad del paisaje de los Tuxtlas, Veracruz, México", en primera Reunión de Usuarios de IDRISI, Alcalá de Henares.

Montoya, A. R.; Bernal, N. N.; Gódinez, C.; Parado, G. E. 2001. Planificación física con base ecológica para el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. México. CONACYT / UNAMFESI / I30002-B.

Montoya, A. R.; Gracia, P. J. C.; Padilla, R. J. 2004. "Utilización de un SIG para la determinación del Impacto Ambiental generado por Actividades Agrícolas, Ganaderas e Industriales: El caso del Valle de Zapotitlán en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán Cuicatlán. Boletín de la A.G.E. N° 38. FESI. UNAM. pp. 115-129.

Montoya, A. R.; Benavides, G. L.; De la Cruz, R. L. I. 2008. Valoración de Riesgo de Incendio e Inundación en el Edo. México, por medio de un Sistema de Información Geográfica. XVIII Congreso Nacional de Geografía. Zacatecas, Zac. México. Pp. 16.

Moreno. J. A. 2008. Sistemas y análisis de la Información Geográfica, Manual de autoaprendizaje con ArcGIS. 2ª ed Alfaomega. RA-MA editorial. Madrid, España. pp 1-36.

M. O. P. T. (Ministerio de Obras Públicas y Transportes). 1994. "Guía para la elaboración de Estudios del Medio Físico". Monografías de la Secretaría del Estado para las Políticas del Agua y del Medio Ambiente. Madrid, España.

Peña. L. J. 2006. Sistemas de Información Geográfica aplicados a las Gestión del Territorio, entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales. Editorial Club Universitario. Universidad Alicante. España. pp 1- 91.

Ramakrishnan, S. S.; Sanjeevi, K. V.; Zaffar. S. M.; Arulraj, M.; Venugopal, k. 2002. "Landslide Disaster Management and Planning-A GIS based Approach". Institute of Remote Sensing, Anna University Chennai. Indian Cartographer. pp. 192-195.

Ramos, F. A. 1979. Planificación física y ecológica, modelos y métodos. Madrid, España. Ed. Magisterio Español. pp. 25-53.

Rodríguez, P. A. 1993. "Proposición de una definición Profunda de SIG". In: Actas del II Congreso de la Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica (A. E. S. I. G). Junio. Madrid. pp. 127-142.

Roma. P. 1998. Ordenación y Planificación Territorial. Editorial Síntesis. Madrid, España. pp. 20-243.

Secretaría de Ecología, Gobierno del Estado de México. 1999. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México. Toluca. Edo. de México.

Seco, G. R. A. 2010. "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. pp. 12-31.

Soil Survey Staff. 1951. Soil survey manual. USDA Handbook 18. Washington, USA.

Tesfahunegn, A. G. 2008. "Landslide Risk Assessment with the help of GIS and Remoting Sensing in and around Hagere Selam". Interuniversity Programme Master of Science in Physical Land Resources. Vrije Universiteit Brussel Belgium. pp. 10-64.

Walker, L. R. 2005. Margalef y la sucesión ecológica. Departament of Biological, Sciences, University of Nevada, Las Vegas. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente 14(1): 66-78.

Zaitchik, B. F. y van Es, H. M. 2003. "Applying a GIS slope-stability model to site-specific landslide prevention in Honduras". Journal of Soil and Water Conservation. Vol 58. N°1. pp. 45-53.

<http://www.jungapeo.gob.mx/>.

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

<http://smn.cna.gob.mx/>

La Jornada. 2010. Publicada en:

<http://www.jornada.unam.mx/2010/02/08/index.php?section=estados&article=031n1est>

12.0 Anexo Cartográfico

Mapa 1. Mapa Base

Mapa 2. Vegetación y usos de suelo

Mapa 3. Hidrología

Mapa 4. Edafología

Mapa 5 Temperatura Máxima Mensual (promedio)

Mapa 6. Temperatura Mínima Mensual (promedio)

Mapa 7. Precipitación Máxima Mensual (promedio)

Mapa 8. Evapotranspiración Total Normal

Mapa 9. Vías de Comunicación

Mapa 10. Modelo Digital de Elevación (MDE)

Mapa 11. Pendiente

Mapa 12. Curvas de Nivel

Mapa 13. Exposición

Mapa 14. Iluminación

Mapa 15. Densidad de Población censo 2005

Mapa 16. Densidad de Población censo 2010

Mapa 17. Población Masculina censo 2005

Mapa 18. Población Masculina censo 2010

Mapa 19. Población Femenina censo 2005

Mapa 20. Población Femenina censo 2010

Mapa 21. Población perteneciente al Sector Primario

Mapa 22. Población perteneciente al Sector Secundario

Mapa 23. Población perteneciente al Sector Terciario

Mapa 24. Riesgo de Incendio Primer Semestre

Mapa 25. Riesgo de Incendio Segundo Semestre

Mapa 26. Riesgo de Erosión

Mapa 27. Riesgo de Deslizamiento

Mapa 28. Calidad de la Vegetación

Mapa 29. Fragilidad de la Vegetación

Mapa 30. Integración de los modelos de Calidad y Fragilidad de la Vegetación

