

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Un sistema de Información Geográfica para la Identificación de los Determinantes de la Vegetación y Usos del Suelo en la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México.

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo Forestal

QUE PRESENTA:

Juan Carlos Ramírez Martínez

APROBADA

Dr. Alejandro Zarate Lupercio

Presidente del Jurado

Dr. Jorge Saúl Marroquín de la Fuente

Dr. Jesús Valdés Reyna

sinodal

sinodal

M.C. Mariano Flores Dávila

Coordinador División de Agronomía

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

Septiembre de 1998

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad para lograr una etapa de mi formación profesional.

Al Dr. Alejandro Zárate Lupercio por su preocupación y apoyo incondicional en mi formación y en la realización de esta investigación.

Al Dr. Jorge Saúl Marroquín de la Fuente por su orientación y disposición en la culminación de este trabajo.

Al Dr. Jesús Valdés Reyna por su apoyo y colaboración para este estudio.

A mis maestros del Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por mi formación y su amistad.

Al equipo de trabajo, compañeros y amigos del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del Departamento Forestal, en especial al Ing. José Jesús García Velázquez por apoyo moral y excelente compañero.

A mis compañeros del Equipo Internacional de Manejo de Pastizales y de La Rondalla de Saltillo por su amistad.

DEDICATORIA

A Dios por concederme la existencia

A mis padres:

Teresa Martínez Arvizu

Juan Ramírez Reyes

Especialmente a mi madre por su incansable apoyo y preocupación por mi constante superación, pero sobre todo, por profesarme su amistad.

A mis hermanos: Benito, Irma, Camilo, Daniel, Mary, José Alberto y Jaqueline, por alentarme siempre a seguir adelante.

A Lolita por apoyarme en todo lo que emprendo y enseñarme el valor de la amistad.

INDICE DE CONTENIDO

	pag
INDICE DE CUADROS	i
INDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
INTRODUCCION	1
Objetivos	2
Hipótesis	2
Justificación	2
REVISION DE LITERATURA	3
Factores que Determinan la Distribución de los Organismos	3
Factores Extrínsecos	3
Geográficos	3
Edáficos	3
Climáticos	3
Bióticos	4
Humanos	4
Factores Intrínsecos	4
Morfología de semillas	4
Número de diasporas y poder germinativo	4
Multiplicación vegetativa	4
Antigüedad de la especie	5
Plasticidad genética y tolerancia ecológica	5
Composición química	5
Nicho Ecológico	5
Componente espacial	6
Componente temporal	6
Componente funcional	6
Formaciones Bióticas	7
Criterios de Clasificación Vegetal	8
Sistemas de Clasificación de Comunidades Vegetales	10
Medidas de Asociación Interespecífica	13
Tablas de contingencia	14
Tablas de Contingencia simple	14
Tablas de Contingencia Múltiple	17
Indices de asociación	19

Indice de Ochiai	20
Indice de Dice	20
Indice de Jaccard	20
Sistemas de Información Geográfica	21
Modelo de datos vectorial	22
Modelo de datos <i>raster</i>	22
MATERIALES Y METODOS	23
Fuentes de Información	24
Digitalización de Mapas Temáticos	24
Creación de la base de datos espacial	25
Delineado	25
Digitalización	25
Detección y Corrección de errores por digitalización	25
Asignación de identificadores y corrección de errores	26
Georreferenciación y cambio de sistema de proyección	26
Creación de la base de datos temática	27
Integración de las bases de datos espacial y temática	27
Elaboración del mapa de uso del suelo y cobertura vegetal 1997	27
Representación con el Sistema de Información Geográfica <i>raster</i>	29
Variables relacionadas con la topografía	29
Análisis de los Datos	31
Descripción del Area de Estudio	32
Ubicación geográfica y vias de acceso	32
Clima	32
Fisiografía	35
Hidrología	35
Geología	35
Suelos	42
Vegetación y usos del suelo	49
Fauna	55
RESULTADOS Y DISCUSION	57
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	77
LITERATURA CITADA	79
ANEXOS	83

INDICE DE CUADROS

	Pag
1. Unidades geológicas	39
2. Unidades edafológicas	44
3. Tipos de vegetación y usos del suelo	48
4. Prueba de significancia de ji-cuadrada	57
5. Matriz de asociación de tipos de vegetación y usos del suelo con factores ambientales	71
6. Asociación de factores ambientales con bosque de piñonero	83
7. Asociación de factores ambientales con bosque de encino	84
8. Asociación de factores ambientales con bosque de pino	85
9. Asociación de factores ambientales con bosque de <i>Pseudotsuga</i>	86
10. Asociación de factores ambientales con matorral de encino	88
11. Asociación de factores ambientales con matorral inerme	89
12. Asociación de factores ambientales con matorral desértico rosetófilo	90
13. Asociación de factores ambientales con zacatal con matorral	91
14. Asociación de factores ambientales con matorral micrófilo	93
15. Asociación de factores ambientales con áreas roturadas	94
16. Asociación de factores ambientales con roquedo	95
17. Asociación de factores ambientales con minería	96
18. Asociación de factores ambientales con erosión	98
19. Asociación de factores ambientales con desarrollo urbano	99
20. Asociación de factores ambientales con carretera	100
21. Asociación de factores ambientales con desarrollo rural	101
22. Asociación de factores ambientales con plantaciones	102

INDICE DE FIGURAS

	Pag
1. Tabla de contingencia 2x2	15
2. Tabla de contingencia múltiple	18
3. Modelo esquemático de la metodología utilizada..	23
4. Figura de obtención de datos	30
5. Mapa de Ubicación	33
6. Mapa de vías de acceso	34
7. Mapa de fisiografía	36
8. Mapa de exposiciones cardinales	37
9. Mapa de clases altitudinales	38
10. Mapa de clases de pendiente.....	40
11. Mapa de hidrología.....	41
12. Mapa de geología.....	43
13. Mapa de edafología.....	45
14. Mapa de fases físicas del suelo	48
15. Mapa de tipos de vegetación y usos del suelo	54

RESUMEN

Históricamente la Sierra de Zapalinamé ha estado ligada al progreso y desarrollo de la ciudad de Saltillo y poblaciones rurales, y sobre aquella se ha ejercido una presión constante por la necesidad de espacios y recursos naturales, lo que ha mermado su cantidad y calidad; surge por ello la necesidad de crear estrategias eficientes para proteger, conservar y restaurar estos recursos.

El presente estudio consistió en identificar los factores ambientales que determinan la ocurrencia de los tipos de vegetación y usos del suelo derivados de actividades humanas, por medio de la evaluación de siete factores ambientales contra nueve tipos de vegetación y ocho usos de suelo.

Este trabajo se realizó mediante un proceso de fotointerpretación de fotografías aéreas escala 1:25,000 a partir de las cuales se elaboró el mapa de vegetación y usos del suelo 1997 y la cartografía temática básica del área de estudio a partir de mapas editados por el INEGI, los cuales fueron digitalizados e incorporados al sistema de información geográfica vectorial ARCSOFT™ para obtener la cartografía digital y posteriormente transformarla a formato matricial en el sistema de información geográfica *raster* IDRISI™. La cartografía de exposiciones cardinales y pendiente en por ciento se obtuvo a partir de un modelo digital del terreno editado por el INEGI, el cual fue reclasificado en IDRISI™.

El análisis de las imágenes *raster* se realizaron en IDRISI™ mediante el cálculo de las frecuencias de cada atributo de las coberturas temáticas, éstas fueron concentradas en una tabla. Con operaciones de sobreposición de mapas (*overlay*) de tipos de vegetación y usos del suelo con cada uno de los mapas temáticos se obtuvo una tabla de contingencia (*tabcross*) donde para cada celda se realizó la prueba de significancia de ji-cuadrada con el programa STATVIEW™ y posteriormente el grado de asociación entre factores ambientales y tipos de vegetación y usos del suelo empleando el índice de Jaccard.

Los resultados obtenidos revelaron una marcada dependencia de los tipos de vegetación y usos del suelo con los factores ambientales en estudio en la Sierra de Zapalinamé.

INTRODUCCIÓN

La Sierra de Zapalinamé es una zona sujeta a conservación Ecológica, decretada como Área Natural Protegida en el Periódico Oficial del Estado el 15 de Octubre de 1996. Esta área se localiza en los municipios de Saltillo y Arteaga, es una zona serrana que históricamente ha estado ligada al progreso y desarrollo de la ciudad de Saltillo, ya que de ella se obtienen madera, leña, carne, agua, materiales pétreos, áridos y recursos escénicos aprovechados para el esparcimiento de sus habitantes.

Así, sobre esta área se ha ejercido una presión por la necesidad de espacios para desarrollo urbano, recreación y recursos como agua y materiales pétreos lo que ha mermado y disminuído la calidad y cantidad de los recursos naturales existentes, aunado a las presiones que ejercen los propios habitantes del área (UAAAN, 1998).

Por ello, son necesarias estrategias eficientes para proteger, conservar y restaurar los recursos naturales de la zona; rescatar y perpetuar los recursos genéticos, en especial los de aquellas especies amenazadas o en peligro de extinción, que propicien investigación, recreación ordenada, aprecio por los recursos naturales y que ofrezcan además alternativas viables de existencia para los habitantes de la zona. Sin embargo, para desarrollar un programa de manejo de recursos naturales, se requiere del conocimiento sobre las interrelaciones de sus componentes, así como de la actualización de su inventario (González y Lozano, 1995)

En este contexto los Sistemas de Información Geográfica son una valiosa herramienta para apoyar la captura, manejo, manipulación, análisis, modelación y despliegue de datos espacialmente referenciados para resolver planteamientos complejos y problemas de manejo (NCGIA, 1990 citado por Bosque, 1991). Asimismo el uso de los SIG garantiza rapidez en la actualización del inventario de los recursos naturales a un bajo costo

Así, el presente estudio con la incorporación de Sistemas de Información Geográfica pretende generar información básica para coadyuvar a las estrategias de manejo, agilizando los procesos de análisis necesarios tanto en la parte de diagnóstico como en la formulación de políticas fundamentales para su elaboración (Galeano y Hernández, 1995).

HIPÓTESIS

Ho: Los factores ambientales abióticos geológicos, edáficos (tipos de suelo y fases físicas del suelo), elevación, fisiografía, exposición, y pendiente siempre han jugado un papel importante en determinar la vegetación que se ha desarrollado históricamente en un determinado paisaje y también determinan los tipos de usos del suelo derivados de actividades humanas.

OBJETIVOS

General

Identificar los factores ambientales que determinan la presencia y abundancia de los diferentes tipos de vegetación y usos del suelo en la Sierra de Zapalinamé.

JUSTIFICACIÓN

La información generada por el presente trabajo será utilizada como herramienta e insumo de información en la elaboración del Plan de Manejo del Área Natural Protegida Sierra de Zapalinamé y los aportes metodológicos podrán desarrollarse en estudios similares que pretendan identificar los factores ambientales que determinan la presencia de tipos de vegetación o usos del suelo en cualquier área de interés.

REVISION DE LITERATURA

FACTORES QUE DETERMINAN LA DISTRIBUCIÓN DE LOS ORGANISMOS

En la ampliación del área geográfica de los organismos, juegan importante papel dos procesos sucesivos: la Migración y la Ecesis, es decir, el traslado del individuo o de su descendencia a cierta distancia del punto de origen y el subsiguiente establecimiento en la nueva localidad; lo cual depende de factores diversos, unos intrínsecos y otros extrínsecos, que pueden ser favorables o adversos (Cabrera y Willink, 1973).

FACTORES EXTRINSECOS

Geográficos

Las características geográficas condicionan, moldean y afectan de diversas formas la distribución de los organismos, y actúan en forma desfavorable en ciertos casos y en forma favorable en otros. Los mares, los ríos, las montañas, los desiertos son barreras geográficas o caminos de distribución o migración, así como también influyen directa e indirectamente en el clima de una región determinada.

Edáficos

La naturaleza del suelo puede también facilitar o impedir la ampliación de un área. Si bien los suelos francos de pH medio pueden ser colonizados por numerosas especies, hay otras que requieren suelos especiales: arenosos, profundos, salobres, ácidos, etc. Por ejemplo, las plantas halófilas ensanchan su territorio fácilmente porque enfrentan poca competencia de otras plantas en suelos salinos.

Climáticos

El clima es el conjunto de factores más importante en la distribución de las plantas. Cada especie requiere condiciones especiales de temperatura, humedad y luz para germinar, crecer, florecer y fructificar. Cuando los factores climáticos exceden el grado de tolerancia de una determinada especie, ésta no puede vegetar ni desarrollar su ciclo vital.

Entre los elementos o variables meteorológicas determinantes, destacan la dirección y la intensidad de los vientos dominantes de gran importancia para explicar en parte la distribución de las plantas, en especial para las de propagación anemófila.

Bióticos

Muchas plantas están íntimamente ligadas a ciertos animales de los cuales depende su polinización o diseminación, otras veces son destructores de las plantas. Por otra parte, también los vegetales actúan sobre otras especies de plantas en la competencia por la luz, por el espacio o por los nutrientes, o bien secretan sustancias que inhiben el desarrollo de otras plantas (alelopatía).

Humanos

El hombre es el factor biótico más importante en la limitación o expansión de las áreas. Destruyendo la vegetación o implantando cultivos ha modificado el área geográfica de muchísimas especies vegetales, y ha sido la causa de la extinción de algunas especies y de la introducción de otras.

FACTORES INTRÍNSECOS

Morfología de Semillas

La morfología de las diásporas es decisiva en la extensión del área de los vegetales. Frutos o semillas pesados, desprovistos de estructuras u órganos especiales, tienen pocas posibilidades de alejarse de la planta madre. Algunas estructuras que facilitan la diseminación son: pelos largos, alas, garfios, glándulas, así como frutos o semillas carnosos, apetecidos por aves y mamíferos que se encargan de transportarlos lejos de su lugar de origen.

Número de Diásporas y Poder Germinativo

Como es lógico, en las plantas, el número de frutos o de semillas que produce una especie tiene gran importancia para la ampliación de su área geográfica. La probabilidad de invadir nuevas áreas es directamente proporcional a la producción de semillas. De la misma forma es muy importante el poder germinativo de las semillas y el hecho de que una misma planta posea semillas con diferentes periodos de reposo.

Multiplicación Vegetativa

La multiplicación vegetativa por medio de estolones, rizomas, bulbos, micelios (en líquenes), si bien contribuye a ampliar el área, lo hace en forma muy lenta y más bien tiende a determinar la dominancia de la especie en el área original. La multiplicación vegetativa por fragmentación de matitas (en acuáticas) es muy efectiva ya que las nuevas plantas son arrastradas por el agua a distancias considerables.

Antigüedad de la Especie

La edad de la especie constituye un factor significativo de la extensión de su habitat, ya que una especie cuyo origen que se remota a miles o millones de años ha tenido más tiempo para extenderse que otra originada hace menos tiempo. De acuerdo con Willis (1949) citado por Cabrera y Willink (1973) la correlación entre edad y área es relativa, ya que sólo tiene valor en igualdad de condiciones como morfología, adaptabilidad, etc. Por otra parte, hay especies antiguas cuyas áreas se han reducido por envejecimiento o por competencia con otros *taxa*, si bien más jóvenes, más agresivos.

Plasticidad genética y Tolerancia Ecológica

Hay especies genéticamente muy homogéneas y casi toda su descendencia posee las mismas características y el mismo grado de tolerancia con respecto a los factores ambientales. La descendencia de estas especies requerirá condiciones del medio idénticas a las de sus predecesores y sólo podrá ocupar áreas con tales características.

Otras, en cambio, son genéticamente heterogéneas, es decir, la descendencia posee pequeñas diferencias morfológicas y también grados de tolerancia diversos, de modo que habrá formas aptas para ocupar microambientes asimismo diversos.

Composición Química

Cuando un vegetal contiene sustancias apetitosas para los herbívoros, el efecto será negativo ya que algunas estirpes serán destruidas por éstos. Pero si las sustancias apetecibles se hallan en los frutos, el efecto puede ser favorable a la ampliación del área geográfica porque los herbívoros esparcirán sus semillas. Otras veces las sustancias tóxicas o desagradables para los herbívoros determina que una especie sea respetada por el ganado y pueda extenderse ampliamente.

NICHO ECOLOGICO

El término es utilizado para intentar expresar en una palabra: dónde, cuándo y cómo una especie se encuentra genéticamente preparada para competir con otras especies (por la luz, la humedad, los nutrientes, etc.) en su ecosistema, o dicho de otra manera, su lugar o hábitat, su tiempo de dominación en la secuencia respectiva y sus adaptaciones funcionales (fisiológicas) al medio ambiente. El nicho de las especies es el resultado de las especializaciones multifuncionales de éstas en el ecosistema (Spurr y Barnes, 1982), sin embargo, el nicho funcional es más importante que el nicho lugar, pero ambos conceptos existen y son objeto de diferentes denominaciones (Clarke, 1971).

Componente Espacial

Se considera que el nicho puede definirse por variables ambientales en relación con la comunidad, para los cuales las especies se pudiesen adaptar. Estas variables pueden ser biológicas (ej. tamaño del alimento) y no biológicas (tal como altura y estación climática), asimismo las variables que definen un espacio multidimensional abstracto definen al nicho espacial (Whittaker, 1978). Es también definido como *nicho lugar* (Clarke, 1971) y es necesario para establecer la posición funcional de un organismo (Knight, 1970).

La diferenciación dentro de los nichos es primariamente una de las condiciones de ubicación para establecerse y crecer en sus sitios respectivos (Spurr y Barnes, 1982). Se puede ilustrar un ejemplo del componente espacial por una especie que crece en el plano de inundación, mientras que la otra especie, relacionada con ésta, crece en los niveles más elevados.

Componente temporal

En este caso las especies se diferencian en su nicho, no por sus condiciones primarias (morfológicas), sino por las adaptaciones fisiológicas que las capacitan para predominar en un sitio durante diferentes épocas (Spurr y Barnes).

Un ejemplo del componente temporal se ilustra cuando una especie es la primera en dominar a continuación de un incendio, en la secuencia de formación de la flora de la región. Las plántulas de otra especie entran en competencia en los sitios de la especie establecida inicialmente en la capa inferior del dosel y dominan el sitio por periodos relativamente largos a medida que la primera especie va declinando hasta que desaparece (Spurr y Barnes).

Componente Funcional

Knight (1970) lo define como la función que cada organismo realiza en una comunidad o ecosistema. También se define como nicho funcional (Clarke, 1971). Un ejemplo de este componente se muestra cuando las adaptaciones fisiológicas de dos especies, la primera se establece rápidamente en un lugar incendiado y sus plántulas tienen un crecimiento rápido, teniendo una alta eficiencia fotosintética con niveles de iluminación elevados. Por el contrario las plántulas de la otra especie tienen una buena eficiencia fotosintética en bajos niveles de iluminación y no entran en competencia con la primera especie como tampoco con la mayor parte de las otras especies que crecen bajo un piso sombreado (Spurr y Barnes).

FORMACIONES BIOTICAS

Cabrera y Willink (1973) presentan solamente los tipos de vegetación o formaciones más importantes a nivel mundial:

A. Predominio de árboles (Mega, Meso y Microfanerófitos)

1. Selva: vegetación densa por lo general con más de un estrato de árboles y abundancia de lianas y epífitos. Es característica de las zonas tropicales húmedas. Pueden diferenciarse:
 - a. Selva pluvial, con lluvia abundante todo el año.
 - b. Selva nublada, en laderas de montañas, con lluvias estacionales y neblina casi todo el año.
 - c. Selva monzónica, con una estación seca muy conspicua y una estación de frecuentes precipitaciones.
2. Bosque: Vegetación arbórea generalmente uniestratificada, con escasas lianas y epífitos. Hay numerosos tipos de bosques:
 - a. Bosque de coníferas o aciculifolios.
 - b. Bosques tropófilos, con árboles de hoja caduca.
 - c. Bosques perennifolios, con árboles de hoja persistente.
 - d. Manglares, o bosques a orillas del mar inundados diariamente por la marea.
 - e. Palmares, o bosques de palmeras.
 - f. Cardonales, o bosques de cactáceas arborescentes (o plantas similares de otras familias).
3. Parque: Bosquecillo de poca extensión alternando con vegetación herbácea.

B. Predominio de arbustos (Nanofanerófitos)

4. Matorral: Formado por arbustos relativamente altos y densos.
5. Estepa arbustiva: Formada por arbustos bajos y esparcidos, que dejan entre ellos grandes espacios de suelo desnudo.
6. Brezal: Formado por arbustos enanos o rastreros, densos (sobre todo ericáceas)

C. Predominio de Hierbas

7. Pradera: Vegetación herbácea densa con descanso invernal.
8. Sabana: Con predominio de gramíneas de alto porte y un periodo de reposo en la estación seca.
9. Estepas herbáceas: con predominio de gramíneas cespitosas esparcidas que dejan entre ellas suelo desnudo.
10. Desierto: Predominan los terófitos de ciclo muy corto que sólo vegetan durante el breve periodo de lluvia, frecuentemente cada varios años, de modo que el suelo se halla desprovisto de vegetación la mayor parte del año.
11. Tundra: Vegetación densa de escasa altura sobre un suelo congelado casi todo el año. Predominan las ciperáceas, juncáceas, musgos y líquenes.

12. Juncal: Vegetación palustre o de suelos húmedos formada por hierbas junciformes.
13. Pantanos herbáceos. Vegetación herbácea palustre. Por lo general recibe el nombre de acuerdo con la especie dominante: carrizal, etc.
14. Camalotal: Vegetación formada por plantas flotantes libres con predominio de pontederiáceas y gramíneas. Esta denominación se usa en América austral.
15. Embalsado: Vegetación predominantemente herbácea sobre un suelo pantanoso flotante.

Todos estos tipos de vegetación pueden subdividirse en tipos subordinados en forma ilimitada. Por otra parte, las denominaciones cambian de significado en los diferentes países de América Latina.

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN VEGETAL

Una de las preocupaciones perennes de los que estudian la vegetación en cualquier parte del mundo es la de encontrar las correlaciones existentes entre la distribución de las especies y por ende de las comunidades que investigan y los factores del medio físico y biótico que están en juego. Sobre todo, resulta, en general, de interés teórico y práctico la revelación de los elementos que en una situación dada son los principales responsables de la presencia o ausencia de una biocenosis, o sea, el descubrimiento de un determinismo ecológico (Rzedowski, 1978).

De acuerdo con Mueller-Dombois & Ellenberg (1974), las comunidades vegetales pueden ser clasificadas de conformidad con los siguientes criterios:

- I. Por las propiedades de la vegetación.
 - A. Criterios fisonómicos y estructurales
 1. Ciertas formas de vida o desarrollo
 - a). Formas de vida dominante
 - b). Combinación de formas de vida
 2. Estratificación vertical
 3. Periodicidad
 - B. Criterio florístico
 1. Una sola especie vegetal (en casos especiales 2 –3 especies)
 - a). Las especies dominantes (en términos de altura o cobertura o combinación de ambas)
 - b). Las especies más frecuentes (o las más numerosas)
 2. Ciertos grupos de especies vegetales
 - a). Estadísticamente derivados de grupos de plantas
 - (1). La especie constante (siempre presente)
 - (2). La especie diferencial (o separada)

- (3). Especie característica (indicadora o de diagnóstico)
 - b). Grupos de plantas derivadas estadísticamente de las características externas de las plantas
 - (1). Especies de alguna significancia ecológica
 - (2). Especies de alguna distribución geográfica
 - (3). Especies de alguna significancia dinámica
 - C. Criterios de relación numérica (coeficientes de comunidad)
 - 1. Entre diferentes especies
 - 2. Entre diferentes comunidades
- II. Propiedades externas de la vegetación
 - A. La suposición de la estación final del desarrollo de la vegetación (clímax)
 - 2. Definida por las combinaciones de formas de vida
 - 3. Definida por el criterio florístico.
 - B. El habitat o medio ambiente
 - 2. Ciertos factores del sitio
 - a). Clima
 - b). Agua
 - c). Suelo
 - d). Influencias antropogénicas (prácticas de manejo)
 - 3. Combinación de los factores del sitio
 - C. Localización geográfica de las comunidades
- III. Interrelación de las propiedades de la vegetación y medio ambiente
 - A. Por análisis independiente de la vegetación y análisis independiente de los componentes del medio ambiente y la correlación subsecuente.
 - B. Por análisis combinado de la vegetación y medio ambiente enfatizando en las interdependencias en el sentido funcional.

SISTEMAS DE CLASIFICACION DE COMUNIDADES VEGETALES

Whittaker (1978) distingue doce diferentes posibilidades de clasificación, con referencia a qué diferentes trabajos las representan.

Unidades Fisonómicas

La fisonomía es definida por los tipos estructurales de las plantas o sus formas de crecimiento (ej. pastos, o árboles deciduos) que dominan o son más conspicuos en las comunidades. Este sistema clasifica a la vegetación por la estructura como una expresión del medio ambiente (Whittaker, 1978) y está basado enteramente en la apariencia exterior con relaciones ecológicas y taxonómicas (Daubenmire, 1968). La clasificación fisonómica o estructural es la aproximación usual para la descripción de las comunidades vegetales de un continente, o del mundo. La unidad de clasificación de este sistema son los *tipos de formación* (Whittaker, 1975). Las circunstancias que determinan la fisonomía de la vegetación son: formas de desarrollo dominante, densidad de la vegetación (número de individuos), altura y color (fenología) de la vegetación, longevidad y número de especies presentes (Shimwell, 1971).

Unidades Ambientales

Este sistema de clasificación supone que existen unidades ambientales generadas por zonas climáticas, altitudinales, o por condiciones de humedad y temperatura peculiares; incluso algunos autores designan clasificaciones según los tipos de hábitat, basados en características ambientales locales. Las unidades son caracterizadas por la diferencia de estructura en la vegetación, generada a lo largo de gradientes ambientales. (Whittaker, 1978).

Unidades de Territorio

Este sistema utiliza todas las características de las áreas geográficas y pueden ser aplicadas en dos niveles: *tipos de áreas*: que abarca clima, geología y topografía, flora y fauna, mezclas de comunidades naturales y efectos culturales del hombre y *microáreas*, que son áreas o superficies de la tierra más pequeñas y homogéneas y pueden ser tratadas como ecosistemas (Whittaker, 1978)

Áreas Bióticas

Dice (1938,1943,1952), Goldman & Moore (1946), Kendeigh (1961) citados por Whittaker (1978) reconocen como provincias bióticas unidades geográficas caracterizadas por clima, fisiografía, suelo y comunidades naturales mayores que se desarrollan con éstas. Las provincias bióticas son en su base unidades de territorio y su principal uso es, sin embargo, como unidades biogeográficas apropiadas para la interpretación de distribución de especies y la diferenciación evolutiva de especies y subespecies. El grado de endemismo suele ser indicador útil para su delimitación.

Zonas y Series

Este tipo de clasificación se basa en dividir un gradiente de vegetación en unidades, segmentos o zonas. En muchos casos las unidades son tipos de dominancia, pero en otros casos se definen por el clima como formaciones, asociaciones o sociedades. Las series ecológicas se pueden usar en circunstancias en las cuales se pueden reconocer las relaciones de los tipos de comunidad o gradientes ambientales. El uso de zonas usualmente implica, sin embargo, que un gradiente ambiental tiene un gran efecto en la comunidad en relación con otras variables ambientales (Whittaker, 1978)

Especies Dominantes

Esta es una clasificación natural de comunidades vegetales, pero, después de todo fisonómica, por su característica más obvia: especies dominantes (Whittaker, 1978). La dominancia de las especies se establece por altura, densidad y cobertura principalmente. Braun-Blanquet (1979) dice que los tipos de dominancia pueden observarse de varias maneras: por la agrupación más frecuente, en formaciones y clases de formación, y acaba por ser una *sistemática de las formaciones vitales*. Los tipos de dominancia, en ocasiones aún denominadas asociaciones, se caracterizan por una o varias especies, y en el caso de los tipos arbustivos, incluso por una lista de especies importantes.

Vegetación Dinámica

Una secuencia sucesional es una *serie ecológica* en tiempo (o considerada en movimiento a lo largo de gradientes ambientales). Las sucesiones en diferente hábitat tienden a convertirse en comunidades clímax, así, consecuentemente es posible agrupar las diversas comunidades sucesionales de un área. Las comunidades clímax fueron concebidas como formaciones, y las subdivisiones geográficas de las formaciones fueron reconocidas como *asociaciones*; las etapas sucesionales fueron nombradas como sociedades (Whittaker, 1978). Este sistema de clasificación es adecuado cuando la vegetación forma un mosaico o no es interrumpida; en las áreas con disturbio o disclímax resulta difícil su clasificación (Daubenmire, 1968). La apreciación de las etapas sucesionales

está propensa en un momento dado a la subjetividad del clasificador. Clements (1929) citado por Braun-Blanquet (1979) propone el siguiente sistema: el primer grupo (*clímax units*) abarca en orden decreciente a las unidades de la misma *clímax* y el segundo (*seral units*) indica los distintos estadios de desarrollo. El término *serule* (con subdivisiones) se emplea para el gran número de sucesiones miniatura que se dan dentro de una comunidad de mayor amplitud (en parte, comunidades dependientes).

Unidades Estratificadas

Se utiliza para clasificar fracciones de comunidades vegetales, y en particular para usar diferentes unidades de clasificación por los diferentes estratos de formas de vida como árboles, arbustos y hierbas (Whittaker, 1978).

Asociaciones

Este criterio es posible para clasificar comunidades por combinaciones de uniones (o de estratos de especies dominantes) (Whittaker, 1978).

Tipos de Sitio Forestal

Este sistema fue desarrollado por Cajander (1909) citado por Whittaker (1978) e indica que los sitios forestales se definen por la composición del desarrollo interno y se usan como indicadores ambientales y su potencialidad para el desarrollo del dosel. Los sitios se agrupan en clases por condiciones de humedad, y son ordenados dentro de series ecológicas con relación a los principales gradientes ambientales.

Clasificación Numérica

La clasificación numérica está basada directamente en las medidas de similitud relativa de cualquiera de las distribuciones de especies o de la composición de las muestras. Las técnicas numéricas no resuelven el problema fundamental de clasificar las comunidades intercaladas (Whittaker, 1978). Para este tipo de clasificación se obtienen coeficientes de las comunidades entre diferentes especies y entre diferentes comunidades (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

Florística

Este método se basa en la clasificación de la composición botánica de las comunidades. El muestreo de vegetación se agrupa en tipos de comunidad por similitud en la composición, especialmente por la representación de especies características, las cuales tienen distribución limitada

o definen un tipo de comunidad. La unidad básica del sistema es la asociación, las asociaciones son agrupadas en familias, éstas en órdenes, los órdenes en clases para producir una clasificación formal de la comunidad. Este sistema es utilizado para estudios intensivos de comunidades locales como indicador ambiental o manejo de tierras (Whittaker, 1978). Las bases teóricas del método argumentan que cada especie tiene una amplitud ecológica distinta, y un grupo particular de especies restringido por un gradiente ambiental, en el cual las amplitudes ecológicas de todas coinciden (Daubenmire, 1968).

MEDIDAS DE ASOCIACIÓN INTERESPECÍFICA

El procedimiento para estudiar la asociación interespecífica está basado en la presencia o ausencia de especies en una colección de unidades muestrales. Esto se puede representar con datos binarios, esto es, la presencia es indicada con un valor de 1 y la ausencia con un valor de 0. Las unidades a muestrear pueden ser naturales (plumas, troncos en descomposición, hojas) o artificial (parcelas, cuadrados, líneas). Dependiendo del tamaño y forma de estas unidades es posible modificar el resultado de la asociación. Esta dependencia puede ser disminuída en la selección de las unidades muestrales, relativo al tamaño, forma y distribución espacial de las especies en estudio. Las unidades deben ser lo suficientemente grandes como para ser capaces de que al menos incluyan un individuo de cada especie y no tan grandes que una de estas especies resulte incluida siempre (Greig-Smith, 1983) citado por Ludwig y Reynolds (1988).

Tablas de Contingencia

Tablas de contingencia simple

Es una tabla de doble entrada, diseñada para probar la compatibilidad de las frecuencias observadas y esperadas. Generalmente se construye para estudiar la relación entre dos variables, utilizándose la prueba de ji-cuadrada para probar la hipótesis de que las dos variables son independientes (Maisei, 1973)

De acuerdo con Ludwig y Reynolds (1988) el procedimiento es el siguiente para evaluar la asociación:

Paso 1. Suma de datos. Para cada par de especies, *A* y *B*, se obtiene lo siguiente:

a =El número de las unidades muestrales donde ambas especies ocurren.

b =El número de “ donde la especie A ocurre, pero no B

c =El número de “ donde la especie B ocurre, pero no A.

d =El número de “ donde no se encuentran A o B.

N.= El número total de “ ($N = a + b + c + d$).

Esta información se resume o se resume en la forma de una Tabla de Contingencia de 2x2. Las frecuencias esperadas de ocurrencia de la especie A en las unidades muestrales, lo que se representa como $f(A)$, está dado por

$$f(A) = \frac{a + b}{N}$$

Y para la especie B por

$$f(B) = \frac{a + c}{N}$$

Se asume que ambas especies tienen ocurrencia en al menos una de las unidades muestrales, estos es, $f(A)$ y $f(B)$ son significativas a mayores de cero.

Fig. 1 Tabla de contingencia 2X2 o de asociación de especies

		Especie B		
		presente	ausente	
Especie A	presente	a	b	M = a+b
	ausente	c	d	N = c+d
		r = a + c	s = b + d	N = a+b+c+d

Paso 2. Plantear las hipótesis. La hipótesis nula es que las especies son independientes (no hay asociación), o de otra manera, que existe dependencia en la ocurrencia de las especies, como es el caso de la presentada al inicio de este escrito.

Paso 3. Realizar la evaluación estadística. La tabla 2x2 contiene valores esperados para cada una de las celdas (*a*, *b*, *c* y *d*) hasta la muestra o tamaño *N*. Para evaluar la asociación se calculan los valores esperados para cada celda, las ocurrencias de las especies A y B son, en realidad, independientes y se comparan éstos con los valores observados. Se puede usar una evaluación estadística de ji-cuadrada para examinar la hipótesis nula de independencia en la tabla 2x2. La evaluación de ji-cuadrada es calculada como sigue:

$$X^2 = \sum \frac{(\text{observados} - \text{esperados})^2}{\text{esperados}}$$

Lo cual es una sumariación de las cuatro celdas de la tabla de 2x2.

Los valores esperados están dados por

$$E(a) = \frac{(a+b)(a+c)}{N} = \frac{rm}{N}$$

Donde:

E(a) = valores esperados de *a*

rm = número de frecuencias donde esta presente A

O, de la ecuación

$$E(a) = f(B)(a+b) = f(A)(a+c)$$

Similarmente, los valores esperados para *b*, *c*, y *d* son, respectivamente:

$$E(b) = \frac{ms}{N}, \quad E(c) = \frac{rn}{N} \quad \text{y} \quad E(d) = \frac{sn}{N}$$

Donde:

ms = número de frecuencias donde está presente B

rn = número de frecuencias donde está presente C

sn = número de frecuencias donde está presente D

La evaluación estadística de la ji-cuadrada está dada como

$$X^2 = \frac{[a - E(a)]^2}{E(a)} + K + \frac{[d - E(d)]^2}{E(d)}$$

La significancia estadística de la ji-cuadrada está determinada por la comparación de la distribución teórica de ji-cuadrada. Los grados de libertad de una tabla de contingencia son, con r filas y c columnas tiene $(r-1)$ y $(c-1)$ grados de libertad (Zar, 1974) citado por Ludwing y Reynolds (1988).

Una equivalencia matemática, pero ciertamente simple ecuación, la cual quizás puede usarse en lugar de la ecuación anterior, es:

$$X^2 = \frac{N(ad - bc)^2}{mnr s}$$

Lo cual da dos tipos de asociación (Cook and Hurst, 1963):

1. Positivo — si se observa que $a > E(a)$, el par de especies ocurren más que las esperadas, son independientes.
2. Negativo — si se observa que $a < E(a)$, el par de especies ocurre menos que las esperadas, son independientes.

De acuerdo con Spiegel (1973) y Ostle (1981), para establecer mayor o menor asociación entre las variables, se utiliza el *coeficiente de contingencia*, el cual se calcula por la fórmula siguiente y su valor oscila entre 0 y 1, y nunca es mayor de la unidad.

$$C = \sqrt{\frac{X^2}{X^2 + N}}$$

Tablas de contingencia múltiple

Se construyen con m filas y n columnas y la tabla se denota de la siguiente manera (Maisel, 1973), figura 2

La probabilidad correspondiente a la celdilla en la fila i -ésima y la columna j -ésima, se denota por P_{ij} . La probabilidad correspondiente a la fila i -ésima se denota por P_i . La probabilidad correspondiente a la columna j -ésima se denota por $\overline{P_j}$

La hipótesis de que dos variables A y B son independientes se puede expresar como $H: P_{ij} = P_i \overline{P_j}$ ($i=1, \dots, n$). El número de grados de libertad para la prueba de la independencia en una tabla de contingencia de n filas y m columnas es:

$$g. \text{ de l.} = (m-1)(n-1)$$

Las estimaciones de máxima verosimilitud de P_i y P_j son:

$$P_i = \frac{r_i}{N} \quad y \quad P_j = \frac{c_j}{N}$$

Donde r_i y c_j son las sumas de las frecuencias en la i -ésima fila y en la j -ésima columna, respectivamente. La medida de compatibilidad entre las frecuencias observadas y esperadas es:

$$X^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{[x_{ij} - (r_i c_j / N)]^2}{r_i c_j / N}$$

Cuando se aplica a datos discretos debe hacerse ciertas correcciones a los resultados para distribuciones continuas. Esta corrección se hace en general solamente cuando el número de grados de libertad es $v=1$. La corrección de Yates que se aplica está dada por la fórmula (Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974)

$$X^2(\text{corr Yates}) = \frac{(ad - bc - n/2)^2 \times n}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$$

De acuerdo con la corrección anterior se debe calcular un valor de ji-cuadrada, calculada (X^2_c) para cada variable a evaluar.

Fig. 2. Tabla de contingencia múltiple

Variable A						
Variable B	1	2	... j	... $n-1$	n	Totales
1	X_{11}	X_{12}	... X_{1j}	... $X_{1(n-1)}$	X_{1n}	r_1
2	X_{21}	X_{22}	X_{2j}	... $X_{2(n-1)}$	X_{2n}	r_2
.
.
.
i	X_{i1}	X_{i2}	X_{ij}	$X_{i(n-1)}$	X_{in}	r_i
.
.
.
m	X_{m1}	X_{m2}	... X_{mj}	... $X_{m(n-1)}$	X_{mn}	r_m
Totales	C_1	C_2	... C_j	... C_{n-1}	C_n	$N=nm$

Índices de asociación

Hubálek (1982) citado por Ludwing y Reynolds (1988) reconoce las propiedades de 43 índices que pueden ser usados para evaluar el grado de asociación entre pares de especies. Para solucionar esta gama de índices, Hubálek identificó cinco condiciones de “admisión”. Los índices que fracasaron en la aprobación de cualquiera de estas condiciones fueron considerados inadmisibles y excluidos de estas consideraciones se compararon los índices admisibles restantes contra ocho criterios en orden para lograr el mejor índice de asociación. Janson and Vegelius (1981) citados por Ludwing y Reynolds (1988) condujeron un estudio similar donde las características de veinte índices de asociación fueron evaluados por seis condiciones de “admisión”. Los detalles de todas estas condiciones de admisión están más allá del alcance de nuestra presentación, pero se enlistan aquí cinco condiciones importantes:

Condición 1. Cada índice de asociación debe de alcanzar el valor mínimo en $a=0$, que es cuando las dos especies nunca se encuentran juntas.

Condición 2. El valor máximo del índice ocurrirá cuando ambas especies ocurran juntas siempre, esto es, cuando $b = c = 0$.

Condición 3. El índice de asociación deberá ser simétrico, esto es, su valor deberá ser el mismo a pesar de que la especie sea designada “A” o “B”.

Condición 4. El índice deberá ser capaz de distinguir entre asociaciones positivas y negativas. Formalmente, las medias de valor del índice cuando $a > E(a)$ es siempre mayor que cuando $a < E(a)$.

Condición 5. El índice debe ser independiente de d , esto es, el número de ausencias. Esto ha causado mucho debate como si la ausencia de las especies tuviera alguna significancia ecológica, ya que aplicando los índices, los valores de d son limitados en ecología (Clifford and Stephenson 1975, Goodall 1978b, Sneath and Sokal, 1973) y Hubálek (1982) citados por Ludwing y Reynolds (1988), Por ejemplo, en un estudio de minerales en hojas de encino por Bultman and Faeth (1985) citado por Ludwing y Reynolds (1988), encontraron que los valores promedio para tablas de contingencia 2×2 usados para el examen de asociación fueron: $a = 24$, $b = 875$, $c = 1140$, y $d = 134650!$, por lo que cualquier índice usando d , en potencia, “enmascara” los resultados por la magnitud de d (ausencias).

Hubálek (1982) citado por Ludwing y Reynolds (1988) encontró seis medidas de asociación que satisfacen las condiciones de admisión, y Janson and Vegelius (1981) citados por el mismo autor encontraron tres que de manera general cumplen satisfactoriamente. Estas medidas recomendadas por ambos estudios --- los índices de Ochiai, Dice, y Jaccard --- se presentan abajo. Estos índices son iguales a 0 en “no asociación” y 1 en “máxima asociación”. Las mediciones de Ochai y Dice son medias de las relaciones de a/m y a/r , esto es, el número de ocurrencias de las dos especies comparadas con el total de ocurrencias de las especies A y B respectivamente.

Índice de Ochiai (IO)

El índice de Ochiai (1957) citado por Ludwing y Reynolds (1988), está basado en la media geométrica de a/m y a/r , esto es,

$$IO = \frac{a}{\sqrt{a+b}\sqrt{a+c}}$$

Donde:

a = número de frecuencias donde están presentes las especies A y B

b = “ está presente la especie A

c = “ está presente la especie B

Índice de Dice (ID) El índice de Dice (1945) citado por Ludwing y Reynolds (1988), está basado en la media armónica de a/m y a/r , esto es,

$$ID = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Índice de Jaccard (IJ) Este índice es la proporción de unidades de muestreo donde ambas especies ocurren para el número total de unidades de muestreo donde al menos una de las especies es encontrada (Hubálek, 1978), Goodall (1966) y Ludwing y Reynolds (1988):

$$IJ = \frac{a}{a + b + c}$$

Para determinar las propiedades de la muestra de varias medidas de asociación, Goodall (1973) citado por Ludwing y Reynolds (1988) toma muestras repetidas de una población con frecuencias de especies conocidas (a, b, c , y d) y calculó la media y varianza de

cada índice. **El índice de Jaccard se comportó generalmente imparcial, uniforme en tamaños de muestra pequeños ($N = 10$). El índice de Dice tendió a sobrestimar los valores verdaderos de la población en muestras pequeñas, pero cumplió bien en $N = 20$. Goodall no evaluó el índice de Ochiai.**

SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Un Sistema de Información Geográfica se puede definir como: base de datos computarizada que contiene información espacial (Cebrián y Mark, 1986c, p. 277), el NCGIA (1990) los define como un sistema de *hardware* , *software* y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (Bosque, 1992), aunque esta última definición parece un tanto redundante en cuanto a la utilización de materiales tanto físicos como periféricos y paquetes computacionales.

Varios hechos son importantes en las citadas definiciones: la capacidad de este dispositivo informático para gestionar/analizar datos espaciales y la combinación de distintas funciones operativas definidas sobre este tipo de información: 1. Introducir los datos espaciales en el ordenador; 2. creación de una base de datos que conserve sus características de modo económico y coherente; 3. gestión y manipulación para interrogar a la base de datos; 4. análisis y generación de nueva información a partir de la ya incluida en la base de datos (Bosque y col., 1994)

Sin embargo, se puede señalar que la mayor parte de las aplicaciones de la tecnología SIG en México (académicas y no académicas) se ha dedicado más al almacenamiento de datos y a la producción de cartografía automatizada, que al análisis de modelamiento geográfico, objetivos de un SIG en términos genéricos (Palacio y Bocco, 1996).

De acuerdo con el mismo autor, la representación del aspecto espacial se basa en dos formas o modelos de datos diferentes: formato *raster* y *vectorial*.

Modelo de Datos Vectorial

Define un objeto geográfico de la realidad a través de sus límites o fronteras con el exterior. Para ello, establece, mediante unos ejes de coordenadas, la posición de una serie de vértices que, unidos dos a dos, forman líneas y rectas y facilitan la delimitación de esas fronteras de los objetos geográficos. Dentro del mismo enfoque vectorial existen dos formas de organizar y/o estructurar los datos: a) en lista de coordenadas, y b) en organización arco/nodo.

Modelo de Datos *raster*

El modelo de datos *raster* representa digitalmente la información espacial de manera diferente y, en cierto modo, complementario al anterior. Ahora lo que se codifica en el ordenador es el contenido de los objetos geográficos, en lugar de sus límites exteriores. Para ello, el procedimiento consiste en superponer al mapa a representar, una rejilla formada de unidades regulares, normalmente cuadrados y rectángulos, con lo cual el espacio geográfico queda particionado en forma sencilla y regular y, por ello, fácil de representar.

En conclusión, un Sistema de Información Geográfica debe estar en condiciones de manejar tanto las características espaciales de los objetos geográficos (la geometría o localización absoluta y la topología o relaciones cualitativas entre ellos) como los aspectos temáticos asociados a los objetos o unidades de observación (Bosque, 1992)

MATERIALES Y MÉTODOS

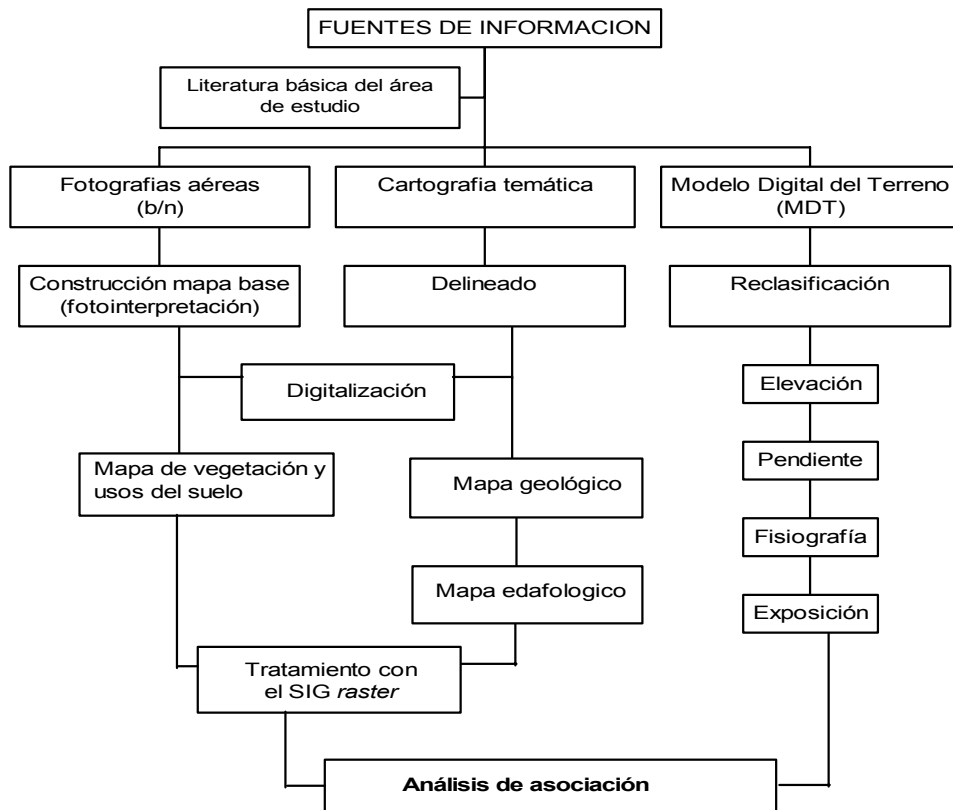
Los variados atributos del territorio, ej. suelos, topografía, pendiente, clima, obviamente juegan una función importante en determinar la vegetación natural que se desarrolla en éste. Para (Major, 1961) citado por Iverson (1988), un estudio de la vegetación implica por tanto, el análisis de los factores del medio ambiente, en especial de los topográficos, climáticos y edáficos (Rzedowski, 1966).

Los sistemas de información geográfica (SIG) pueden asistir en gran medida para encontrar las relaciones entre usos del suelo o tipos de vegetación y las características del ambiente físico (Iverson, 1988).

La metodología empleada para el estudio del grado de asociación interespecífica entre tipos de vegetación y usos del suelo y factores ambientales (geología, edafología, fases físicas del suelo, altitud, fisiografía, exposición y pendiente) es descrita a continuación.

Figura 3

Modelo esquemático de la metodología utilizada



FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes secundarias de información analógicas utilizadas para la realización de este estudio son:

- A. Fotografías aéreas en blanco y negro del año 1994 a escala 1:25 000
- B. Cartografía: mapas temáticos de Edafología, Geología, y mapa topográfico elaborados por CETENAL escala 1:50 000 y con clave G14C33 y G14C34.
- C. Material bibliográfico y literatura de los trabajos específicos del área de estudio realizados por Marroquín y Arce (1985), Meganck y Carrera (1981), Portes (1996) y UAAAN (1998).
- D. Modelo Digital del Terreno (MDT) elaborado por INEGI con clave GMDO, 26N100W y 26N101W.

DIGITALIZACIÓN DE LOS MAPAS TEMÁTICOS (geología, edafología, fases físicas)

Aspectos que se pueden distinguir en un mapa: por un lado, está la *componente espacial* de los datos geográficos, con sus elementos constituyentes: la localización geométrica de los hechos sobre la superficie del mapa, que se refleja, generalmente, en unos ejes de coordenadas ortogonales: X e Y, Este-Oeste y Norte-Sur, con relación a los cuales se establece la posición absoluta de cada punto, y las relaciones topológicas entre los objetos geográficos existentes en el mapa: conectividad, antigüedad, proximidad/lejanía, inclusión, etc. Las ideas topológicas, aunque cualitativas, resultan de gran importancia.

El segundo aspecto es la *información temática* contenida en el mapa. La información recogida en un mapa se puede definir, por tanto, con relación a los dos aspectos mencionados, los tipos de objetos o unidades de observación (el contenedor), y las diversas formas en que se mide u observa la característica temática, es decir, el contenido (Bosque, 1992).

Para la digitalización de los mapas temáticos se utilizó el Sistema de Información Geográfica Vectorial ARC INFO™, el cual tiene un componente denominado módulo ARC, que manipula la base de datos espacial de *arcos* o líneas; por otra parte, otro módulo INFO (actualmente para microordenadores MS-DOS puede ser el programa dBASE III o dBASE IV) que es un sistema de gestión de bases de datos relacionales que maneja los atributos o variables temáticas. La clave reside

en la estrecha interrelación entre los dos componentes, establecida a través del identificador unívoco de cada objeto geográfico que aparece en las dos bases de datos (la espacial y la temática), de manera que los cambios en un aspecto (espacial) repercutan de inmediato en el otro (temático).

CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL o GRÁFICA

La fase de creación de esta base de datos es generalmente la que presenta problemas y dificultades mayores, por tanto es más costosa. Este proceso se realizó en las etapas siguientes: *delineado, digitalización, corrección de errores por digitalización, georreferenciación y cambio de sistema de proyección.*

Delineado

Esta etapa consistió en dibujar de los mapas temáticos, las características deseadas sobre papel transparente, además de éstas se establecieron ocho puntos de control, los cuales fueron tomados de las coordenadas geográficas que coinciden con las esquinas y costados de los mapas temáticos, y que sirven como base para la georreferenciación y, por medio de los cuales se calcula el error medio cuadrático para indicar la variación relativa de las coordenadas de los puntos de control, que se graban en la base de datos gráfica en la primera ocasión y las coordenadas de los puntos de control en sesiones posteriores de digitalización.

Digitalización

El mapa delineado se colocó sobre una *tableta digitalizadora*, y posteriormente se introdujeron los puntos de control y los objetos del mapa con el *mouse* de la tableta en forma manual en el modo discreto y continuo que ofrece el programa. La digitalización se llevó a cabo en el módulo Arc de ARC INFO™. Se tuvo un control del avance por sesiones, con el objeto de que no faltara ningún elemento por digitalizar, el cual consistió en marcar cada elemento que se estaba ingresando a la base de datos gráfica o espacial.

Detección y corrección de errores por digitalización

Los errores que se cometen en el proceso de digitalización son muy comunes, por ejemplo: arcos (líneas) colgadas, o arcos que no interseccionaron satisfactoriamente con los nodos o puntos de intersección; estos errores ocasionan como resultado elementos o polígonos incompletos o arcos que figuren en el mapa sin corresponder a ningún elemento del mapa. Los errores de digitalización se detectaron con el comando DRAW ARC NODE ERROR desde el módulo ARCEDIT.

Estos errores se corrigieron mediante un procedimiento con el comando CLEAN, el cual funciona con datos de longitud y radio relativos a los puntos de intersección o nodos. Los arcos

colgados o sin intersectar que no figuren en este rango, seguirán figurando como errores de nodo, los cuales se corrigieron manualmente desde el módulo ARCEDIT de ARC INFO™.

Asignación de Identificadores (ID) y corrección de errores

Este proceso consistió en asignar a cada elemento un identificador (etiqueta) y se registra en el mapa, el procedimiento se realiza con el comando EF LABEL. En esta etapa también se cometen errores como asignar dos identificadores al mismo elemento o polígono, así como elementos sin identificador; estos errores por etiquetado se detectaron con el comando LABELERROR, el cual los enlista por identificador asignado.

Las correcciones de errores por etiquetado se realizaron manualmente desde el módulo ARCEDIT ya sea seleccionando y borrando los identificadores sobrantes o bien asignando identificadores a elementos sin ellos. Posteriormente se construye la topología del mapa o cobertura con los comandos BUILD y CLEAN los cuales logran relacionar los elementos digitalizados y construir la base de datos gráfica.

Georreferenciación y cambio de sistema de proyección.

En esta etapa se transformaron las coordenadas de cada uno de los elementos de la cobertura digitalizada —que hasta ahora tenían coordenadas en pulgadas de la tableta digitalizadora— a coordenadas reales tomadas del mapa fuente. Esta transformación se realizó primero, creando una copia de la cobertura con el comando CREATE, la cual sólo tenía el marco exterior y los puntos de control; a los cuales se le introdujeron los valores de coordenadas en grados decimales. Finalmente con el comando TRANSFORM la cobertura sin georreferenciar se "transformó" en la cobertura actualizada, de tal manera que se tuvo la cobertura completa en coordenadas geográficas.

A las coberturas de los mapas temáticos edafológico y geológico se les aplicó un cambio de proyección de coordenadas en grados decimales a unidades métricas o Proyección Cilíndrica de Mercator (UTM), las cuales tienen la característica de uniformizar la escala en todo el mapa, estas nuevas unidades de referencia sirvieron para el cálculo y registro de áreas y longitudes de los elementos de las coberturas.

CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS TEMÁTICA

A partir del análisis previo de la información que se incluiría en la base de datos temática, se elaboraron fichas temáticas en las cuales, de acuerdo con el identificador asignado en la base de datos espacial, se les describió los atributos a cada elemento digitalizado; por ejemplo al polígono o elemento con identificador 45 le corresponde un suelo litosol. Estas fichas temáticas ya completas se capturaron en el programa EXCELL™ en formato dBASE en el que cada "Item" o columna almacenó un atributo temático y las filas o registros las diversas características o información correspondiente a cada elemento.

INTEGRACIÓN DE LA BASE DE DATOS ESPACIAL CON LA BASE DE DATOS TEMÁTICA

Para tal proceso se estableció un elemento o lazo lógico relacional entre una columna o "item" del archivo de la base de datos gráfica y la base de datos temática. El lazo relacional utilizado fue el identificador asignado a cada elemento. Este procedimiento se efectuó con el comando JOINITEM que une las columnas o "items" especificados.

De esta manera se obtuvo la base de datos digital de las coberturas correspondientes a los mapas temáticos edafológico y geológico.

ELABORACIÓN DEL MAPA DE USO DEL SUELO Y COBERTURA VEGETAL 1997

La elaboración de este mapa se hizo en base a la interpretación de fotografías aéreas en blanco y negro escala 1:25 000, las cuales cubrían la "Zona Sujeta a Conservación Ecológica". Así, se identificaron los tipos de usos de suelo y los tipos de vegetación del área, lo cual se apoyó con recorridos de campo. Arce y Marroquín (1985) y Portes (1996) realizan la descripción de los usos del suelo y tipos de vegetación de una parte del área, lo cual se utilizó como apoyo en este estudio.

La fotointerpretación arrojó la siguiente información: nueve clases de vegetación y 7 usos del suelo.

Clases de Vegetación

1. Bosque de Pino Piñonero
2. Bosque de Encino
3. Bosque de Pino
4. Bosque de *Pseudotsuga*
5. Matorral de Encinos Arbustivos
6. Matorral Denso Inerme Parvifolio de Rosáceas
7. Matorral Desértico Rosetófilo
8. Zacatal con Leñosas Arbustivas
9. Matorral Micrófilo

Usos del Suelo

1. Áreas Roturadas
2. Roquedo
3. Minería
4. Erosión
5. Desarrollo Urbano
6. Desarrollo Urbano rural
7. Carreteras

Elaboración de un mapa base o fuente

La utilización de técnicas de teledetección como la fotointerpretación, facilitan la construcción de bases de datos espacial mediante la generación de mapas temáticos en forma relativamente rápida y económica (Ciuffo y Ojeda, 1995)

Así, la elaboración del mapa de vegetación y usos del suelo consistió en dibujar o delinear los elementos identificados en acetatos que, dada su transparencia, se facilita delinear con más exactitud. Esto fué posible dado que se acomodaron las fotografías interpretadas en orden, lo que dió la cobertura total del área de estudio. Posteriormente se eliminaron errores causados por las deformaciones geométricas de las fotografías aéreas causadas por las propiedades ópticas de las cámaras fotográficas empleadas y por el relieve del terreno, esto con apoyo del SIG PC-ARCINFO™ y con la utilización de los puntos de control.

A los puntos de control que se establecieron en las fotografías se les asignó las coordenadas reales a partir de un mapa topográfico editado por CETENAL. El proceso de integración al Sistema de

Información Geográfica se realizó con la misma metodología utilizada con los mapas geológico y edafológico.

REPRESENTACIÓN CON EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA "RASTER"

Las coberturas vectoriales de geología, suelos y vegetación se convirtieron a formato *raster* con las utilidades del mismo sistema PC-ARC/INFO™. Ahora en lugar de codificar las fronteras de los objetos o elementos, se registra el interior, y sus límites quedan implícitamente representados. Para lo cual se superpusieron rejillas— también llamadas matrices, celdillas o "pixels"— de unidades regulares de 90 x 90 m en los mapas ya vectorizados, de tal forma que se registró el valor en cada celdilla o "pixel" superpuesto de acuerdo con el valor que el mapa en formato vectorial tenía; de esta manera a cada celdilla o "pixel" le correspondió un área de 8100 m².

El Sistema de Información Geográfica "raster" utilizado fué el programa IDRISI™, en el cual las coberturas del área de estudio, en este formato, son matrices de 220 renglones por 356 columnas y con una resolución espacial de 90x90 metros.

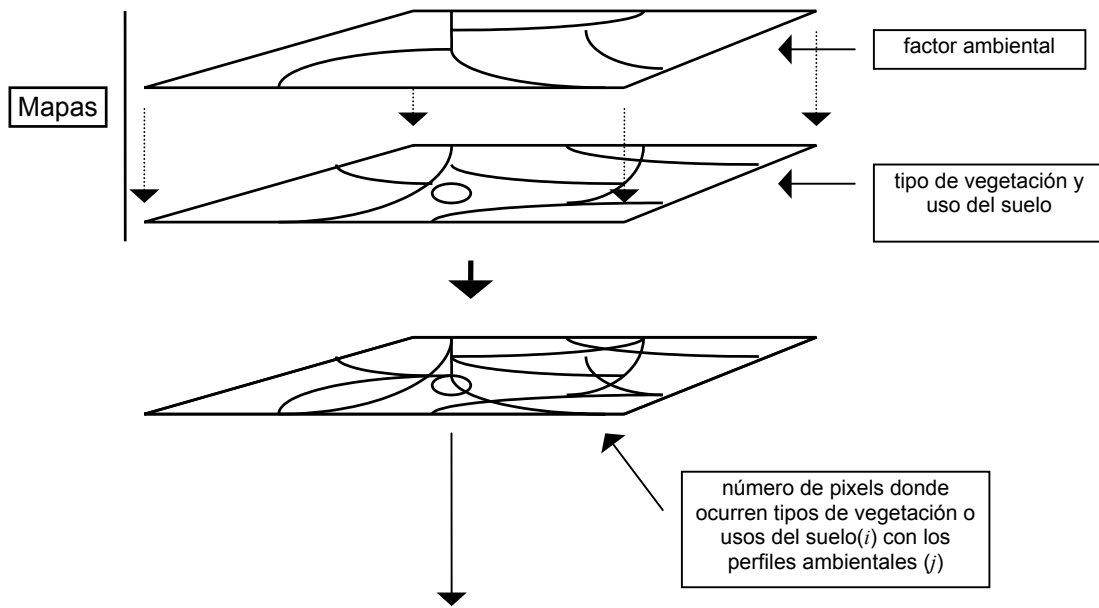
Variables relacionadas con la topografía.

A partir del modelo digital de elevaciones editado por INEGI, se generaron los mapas *raster* de pendientes en por ciento y exposiciones azimutales. Posteriormente, dichos mapas se reclasificaron a clases con intervalos regulares para facilitar el análisis de sus gradientes con los tipos de vegetación y usos del suelo.

El análisis de las imágenes "raster" se realizaron en el programa IDRISI™ mediante el cálculo de las frecuencias de cada atributo o elemento de las coberturas edafológica, geológica, usos del suelo y vegetación, altitudes y pendiente, las cuales se arrojan en una tabla.

Para obtener los diferentes factores ambientales en estudio (geología, suelos, fases físicas del suelo, altitud y pendiente) en donde ocurren los diferentes tipos de vegetación y usos del suelo, se realizaron operaciones de sobreposición del mapa (*OVERLAY*) de tipo de vegetación con cada uno de los otros mapas temáticos, obteniendo de esta manera una tabla de contingencia (*TABCROSS*) en donde las filas corresponden a los tipos de vegetación (*i*), las columnas a las diferentes clases nominales del factor ambiental en cuestión (*j*) y el valor de cada celda (X_{ij}) del número de "pixeles" donde ocurre el tipo de vegetación (*i*) con las clases (*j*), (ver esquema 2).

Figura 4. Obtención de datos en la tabla de contingencia.



Variable A \ Variable B						
	1	2	... j	... $n-1$	n	Totales
1	X_{11}	X_{12}	... X_{1j}	... $X_{1(n-1)}$	X_{1n}	r_1
2	X_{21}	X_{22}	X_{2j}	... $X_{2(n-1)}$	X_{2n}	r_2
.
.
.
i	X_{i1}	X_{i2}	X_{ij}	$X_{i(n-1)}$	X_{in}	r_i
.
.
m	X_{m1}	X_{m2}	... X_{mj}	... $X_{m(n-1)}$	X_{mn}	r_m
Totales	C_1	C_2	... C_j	... C_{n-1}	C_n	$N=nm$

Fuente: Maisel (1973)

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para cada tabla de contingencia, se realizó la prueba de asociación de ji-cuadrada con el empleo del programa STATVIEW™. Posteriormente, se obtuvieron los valores del índice de Jaccard (1901) citado por Hubálek (1978) para cada celdilla de la tabla de contingencia. Este índice, establece el grado de asociación interespecífica por el método propuesto por el mismo autor, en el cual utiliza la ji-cuadrada como un "test" de significancia pero no como una medida de asociación (cuadro 4), ya que la ji-cuadrada es marcadamente dependiente del número relativo de muestras en las cuales no contiene las especies que se están comparando, y algunas asociaciones (especialmente en las frecuencias extremas de ocurrencia de las especies) son sobrestimadas o subestimadas.

Aclaración.

En el presente trabajo se utiliza el término "asociación" para designar la relación entre factores ambientales y tipos de vegetación y usos del suelo, ya que dada la naturaleza de este estudio, pudiera entenderse — con bastante fundamento — *asociación* como un grupo de vegetales con afinidad florística.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La descripción del área de estudio se realizó con la información cartográfica, aerofotogramétrica y digital incorporada a la base de datos digital de la "Zona Sujeta a Conservación Ecológica Sierra de Zapalinamé", la cual se encuentra a disposición en el Departamento Forestal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Ubicación geográfica y vías de acceso

Se localiza al sureste del estado de Coahuila y la constituyen los municipios de Saltillo y Arteaga, que colindan con los de Ramos Arizpe y General Cepeda (fig. 5). Se localiza entre las coordenadas geográficas 25°15' y 25°25' de latitud norte y 100°47' y 102°06' de longitud oeste. Al norte y este colinda con la carretera federal 57 México-Piedras Negras, al oeste con la carretera 54 Saltillo-Zacatecas. Al sur está limitada por la coordenada de latitud 25°15'

Las vías de acceso al área son variadas; carreteras, caminos de terracería, brechas y veredas. Por el este se tiene acceso a través de los ejidos Sierra Hermosa, El Diamante, San José de los Cerritos y El Cedrito, los cuales están ubicados entre 9 y 15 kilómetros al sur del poblado de Arteaga por la carretera 57. Por el Sur se puede entrar por el ejido Los Llanos que se ubica por la carretera libre a México y que conecta a la carretera Saltillo-Zacatecas, de igual forma se llega por el ejido Cuauhtémoc localizado a 42 km hacia el sur de la Ciudad de Saltillo. Por el Oeste y Norte las vías de acceso son varias y diversas: carretera, veredas y trazos urbanos, los cuales están conectados a las carreteras Saltillo-Zacatecas y México-Piedras Negras. (fig. 6)

Clima

El clima del área de acuerdo con el Sistema de Clasificación Climática de Köppen, modificado por García (1973) es del tipo BSok(x')(e) que corresponde a un clima seco, templado con verano cálido, extremo, con temperatura media anual entre 12 y 18° C, la del mes más frío entre -3 y 18° C y la del mes más caliente superior a 18° C, con régimen de lluvias entre el verano e invierno. Esta clasificación corresponde al Valle de Saltillo, localizado en la parte norte del área de estudio y es la parte más baja con 1650 m de altitud

El clima correspondiente a la parte más alta del área, en el macizo montañoso, está clasificado como BSok(x')(e) que corresponde a un clima seco, templado cálido, semifrío, con temperatura media anual entre 5 y 12° C, la del mes más frío -3 y 18° C, la del mes más caliente menor a 18° C, con un régimen de lluvias de verano, por lo menos diez veces mayor de precipitación en el mes más lluvioso que el más seco; extremo, con una oscilación

térmica de entre 7 y 14° C (temperaturas medias mensuales). El promedio de precipitación para el área es de 498 mm. Cabe mencionar que la orografía y la altitud provocan diferencias muy marcadas en precipitación en relación con la altitud y exposiciones. Las precipitaciones son de tipo convectivo, que coinciden con los meses calientes del año.

Fisiografía

El área de estudio pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental y a la Subprovincia de la gran sierra plegada. La provincia se extiende desde el centro del país hasta el sureste del estado de Coahuila, en el cual los plegamientos en forma continua direccionan hacia el noroeste (SPP, 1981; CETENAL, 1977).

De acuerdo con CETENAL (1977), el área está conformada por seis unidades fisiográficas: cumbres con un 1.04%, taludes 51%, pié de monte 16.6%, cañones 6.3%, abanicos aluviales 1.97% y valles 22.8% (fig 7). La orientación de los pliegues transversales de la Sierra es de este a oeste (fig. 8) y las altitudes van de 1590 msnm (en el pie de monte en la parte norte del área) hasta los 2200 msnm (en los valles intermontanos, localizados en el centro de la sierra), y el punto más alto en el Cerro denominado El Penitente, con una altitud de 3140 msnm (fig 9), asimismo, el área está conformada, en su mayoría por pendientes abruptas, principalmente en el macizo montañoso (fig 10)

Hidrología

El área de estudio corresponde a la región hidrológica **RH-24**, cuenca hidrológica **B** y subcuenca **e**. Se presentan corrientes intermitentes en épocas de lluvias depositando material aluvial acarreado de las partes altas de la sierra, estos coeficientes de escurrimiento son de 5 a 10% en la parte montañosa, de 0 a 5% en los valles, y de 10 a 20% en las partes abruptas (SPP, 1983). La mayor parte de los escurrimientos suceden en la parte sureste de la Sierra, por lo cual es la parte donde se localiza la mayor disponibilidad de agua (fig 11)

La hidrología subterránea está dominada por material consolidado, ampliamente distribuída en la porción montañosa, formada principalmente de roca caliza, lo cual le otorga posibilidades bajas y permeabilidad variable, dado que se encuentra en un relieve elevado. Funciona sólo como zona de recarga, por consecuencia los valles tendrán agua que ha emigrado de las partes altas. En los valles se localizan materiales no consolidados con posibilidades altas, lo que permite que por medio de infraestructura se pueda extraer agua suficiente para abastecimiento.(SSP, 1983)

Geología

La litología presente comprende del jurásico superior al cretácico superior (Meganck y Carrera, 1981). De acuerdo con CETENAL (1977) e INEGI (1989), el área presenta rocas

sedimentarias marinas: aluvial, arenisca, brecha, caliza, conglomerado, lutitas y travertino (Cuadro 1 y fig. 12); siendo la más representativa la roca caliza y el material aluvial; estos materiales son carbonatados, arcillosos y clásticos. La región se encuentra en la unidad geotectónica denominada Provincia Geológica de la Sierra Madre Oriental (SPP, 1983).

Cuadro 1. Unidades Geológicas

Clases de Roca	Superficie (ha)	Ocupación (%)
1. Aluvial	13579.0778	32.1594
2. Arenisca	64.3486	0.1523
3. Arenisca/conglomerado	7281.6334	17.2451
4. Brecha	7.9683	0.0188
5. Caliza	19591.9812	46.3997
6. Caliza/lutita	1376.2189	3.2593
7. Conglomerado	260.1523	0.6161
8. Lutita	482.4654	1.1426
9. Lutita/arenisca	2520.7388	5.9698
10. Travertino	51.8982	0.1229
Total	42224.2797	100

Fuente: CETENAL (1977). Carta Geológica

Toda la porción montañosa tiene una topografía muy accidentada, lo que forma valles en los sinclinales y porciones escarpadas en los anticlinales.

Las rocas calizas son las más representadas en el área, ya que conforman todo el macizo montañoso con aproximadamente un 46% del área total, seguida por los suelos aluviales con un 32%. Los materiales presentes en el área se describen a continuación (INEGI, 1989).

Arenisca

Son rocas sedimentarias, clásticas de grano medio, con abundantes granos de arena y limo grueso (.05 mm a 2 mm) constituida principalmente por minerales de cuarzo y feldespatos. Están localizadas al NE del área, en el pie de monte. Es muy poco representativa.

Conglomerado

Rocas sedimentarias, clásticas de grano grueso, constituidas por rocas de diversos tamaños llamados cantos rodados y guijarros (2 mm a más de 256 mm). Están presentes en toda el área, dominan los pie de monte y afloran en los escurrimientos, también se encuentran en los valles localizados en los terrenos de la UAAAN.

Brecha Sedimentaria

Roca clástica de grano grueso, constituida por partículas de diversos tamaños como guijarros y fragmentos angulosos como característica principal, (2 mm a más de 256 mm). Se encuentran en muy poca proporción al norte del área en el pie de monte que da a Boca Negra y San José de los Cerritos.

Caliza

Es una roca química constituida por la precipitación del carbonato de calcio; se denominan calizas a todas aquellas rocas sedimentarias de las cuales la porción carbonosa está compuesta principalmente de mineral de calcita. Coincide con los taludes y cumbres del área.

Lutita

Roca clástica de grano fino del tamaño de la arcilla (menos de .005 mm) compuesta principalmente por minerales de arcilla. Se encuentran en las áreas de escurrimiento en los taludes, pie de monte y abanicos aluviales y en las áreas cercanas a la zona de transición hacia el pie de monte. Se encuentran en muy poca proporción

Travertino

Roca química formada por la precipitación de la calcita como resultado de la evaporación de manantiales, corrientes y aguas subterráneas (se presenta como aglutinados calcáreos)

Suelos

El suelo es una formación natural que conforma la superficie de la tierra y en el cual crecen las plantas; está compuesto de materia orgánica y minerales (Spurr y Barnes, 1982) complementado con cantidades variables de agua, aire y está habitado por organismos (Nieves y Sorani, 1995). También representa el medio donde crecen las plantas y permite un crecimiento vertical (Spurr y Barnes, 1982).

Sin embargo, los suelos no sólo figuran como el sustento de los vegetales, sino que también en él se desarrollan procesos físicos, químicos y biológicos importantes como lo son los procesos biogeoquímicos.

Los suelos encontrados en el área (fig. 13) son en su mayor parte aluviales, con componentes calcáreo arcillosos, originados de depósitos aluviales y fluviales, constituidos por gravas, arenas y arcillas sin consolidar su espesor, varía en su profundidad de unos cuantos a cientos de centímetros, constituye planicies con clásticos finos o abanicos aluviales al pie de la sierra (SPP, 1983).

Cuadro 2. Unidades edafológicas

Unidades de Suelo	Superficie (ha)	Ocupación (%)
1. Castañozem cálcico	1108.5300	1.8987
2. Castañozem háplico	243.1851	0.4164
3. Castañozem Lúvico	803.9053	1.3769
4. Feozem calcárico	1999.5020	3.4247
5. Fluviosol calcárico	10.9418	0.0187
6. Litosol	22624.8699	38.7523
7. Regosol calcárico	409.7677	0.7018
8. Regosol eútrico	1386.2717	2.3744
9. Rendzina	12991.5792	22.2540
10. Xerosol cálcico	2020.0815	3.4600
11. Xerosol háplico	1546.6342	2.6491
12. Yermosol háplico	58.3908	0.1000
Total	58383.2595	100

Fuente: CETENAL (1977). Carta Edafológica.

Los perfiles de suelo presentes en el área (INEGI, 1990), se describen a continuación

Castañozem

Estos suelos propios de regiones semiáridas. en condiciones naturales tienen vegetación de pastizal con algunas áreas de matorral. Se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuros. ricos en materia orgánica y nutrientes; y acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo. Son suelos que tienen una alta fertilidad natural,

son moderadamente susceptibles a la erosión. En el área, estos suelos se localizan: al oeste y sur en los valles, al noreste en los pie de monte y al sur en los valles intermontanos.

Feozem

Son suelos que se encuentran en varias condiciones climáticas, desde zonas semiáridas hasta templadas o tropicales muy lluviosas, así como en diversos tipos de terrenos, desde planos hasta montañosos. pueden presentar cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales. Su característica principal es una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, Los suelos feozem que se encuentran en laderas y pendientes se erosionan con facilidad. Se localizan en la parte sur en los valles intermontanos y en el sureste del área asociados a cañones y valles.

Litosol

Se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 centímetros hasta la roca, tepetate o caliche duro. Se localizan en todas las sierras de México. La susceptibilidad a erosionarse depende de la zona donde se encuentren, de la topografía y del mismo suelo. Son suelos dominantes, los cuales se localizan en los taludes y cumbres, que es todo el macizo montañoso.

Regosol

Se caracterizan por no presentar capas distintas. En general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos. Frecuentemente son someros y su fertilidad es variable. Son de susceptibilidad variable a la erosión. Están muy poco presentes en el área en los valles que limitan el área y en el centro del área en el Cañón de Sierra Hermosa.

Rendzina

Se caracterizan por tener una capa superficial en humus y muy fértil, que descansa sobre roca caliza o en algún material rico en cal. No son muy profundos, son generalmente arcillosos. su vegetación natural es de matorral, selva o bosque. Son susceptibles de erosión en forma moderada, pero aumenta en las laderas y lomas cuando son desmontados. Se localizan en los valles y pie de monte.

Xerosol

Su vegetación natural es de matorrales y pastizales. Se caracterizan por tener una capa superficial de color claro y muy pobre en humus. Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, polvo o aglomeraciones de cal, y cristales de yeso, o caliche, de mayor o menor dureza. A veces son salinos. Son suelos con baja susceptibilidad a la erosión, salvo cuando están en pendientes y sobre caliche o tepetate en donde sí presentan este problema. Se localizan al este del

valle de Vista Hermosa y en el Cañón de San Lorenzo, al noreste se observan en el pié de monte enfrente del poblado de Arteaga.

Fluvisol

Se caracterizan por estar formados siempre por materiales acarreados por agua. Están constituídos por materiales disgregados que no presentan estructura en terrones, es decir, son suelos muy poco desarrollados. La vegetación que presentan varía desde selvas hasta matorrales y pastizales. Presentan muchas veces capas alternadas de arena, arcilla o grava. Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que los forman. Se encuentran en mínima escala al este en la región cercana a la carretera 57.

Yermosol

Su vegetación natural es de matorrales o pastizales. Se caracterizan por tener una capa superficial clara y un subsuelo rico en arcilla o similar a la capa superficial. Presentan también acumulaciones de sal o yeso en el subsuelo o bien caliche. Se pueden encontrar en los valles o laderas de los terrenos de la UAAAN.

Por otra parte, los suelos del área presentan las fases físicas (fig. 14) que se describen a continuación (INEGI, 1990).

Fases Físicas

Las fases físicas indican la presencia de fragmentos de roca o materiales cementados que limitan el uso de la maquinaria agrícola y la penetración de raíces en el suelo.

A) Superficiales

Fase pedregosa. Se refiere a la presencia de fragmentos de roca mayores de 7.5 cm de largo en la superficie del terreno o cerca de ella.

Fase gravosa. Se refiere a la presencia de gravas (piedras menores de 7.5 cm de largo) en la superficie del terreno.

B) De Profundidad

Se refiere a capas duras que se presentan a cierta profundidad y limitan la capacidad del suelo para prácticas agrológicas, entre otros aspectos. Estas se dividen en: *someras*, que son aquellas que se encuentran a menos de 50 cm de profundidad, y, *profundas*, es decir, las que están entre 50 cm y 1 m de profundidad.

Fase lítica (somera). Es una capa de roca dura o contigua o un conjunto de trozos de roca muy abundantes que impiden la penetración de raíces.

Fase petrocálcica. (somera) y *petrocálcica profunda*. Se refiere a la presencia de una capa de caliche duro. Es una capa cementada y endurecida con carbonatos.

Vegetación y Usos del Suelo

Marroquín y Arce, (1985) definen 11 tipos de vegetación, en los cuales se basó la clasificación; se agregó además el matorral micrófilo, el cual se localiza al suroeste y sur del área; así como 6 usos del suelo, los cuales son descritos por Portes (1996); cuadro 3 y fig. 15

Cuadro 3. Tipos de vegetación y Usos del suelo

Categorías	Superficie (ha)	Ocupación (%)
1. Bosque de Piñonero	11425.1941	25.27
2. Bosque de Encino	204.3209	0.45
3. Bosque de Pino	8597.7512	19.02
4. Bosque de <i>Pseudotsuga</i> - <i>Cupressus</i> - <i>Abies</i>	834.0089	1.84
5. Matorral de Encinos Arbustivos	1893.1326	4.18
6. Matorral Denso Inerme Parvifolio de rosáceas	4417.7614	9.77
7. Matorral Desértico Rosetófilo	1822.6148	4.032
8. Zacatal con Leñosas Arbustivas	1158.5718	2.56
9. Matorral Micrófilo	5494.5145	12.15
10. Áreas Roturadas	5017.1630	11.09
11. Roquedo	834.0081	1.84
12. Minería	208.3892	0.46
13. Erosión	390.5603	0.86
14. Desarrollo urbano	1384.1385	3.06
15. Carretera	91.7635	0.20
16. Desarrollo Rural	546.5132	1.20
17. Plantación	882.3767	1.95
TOTAL	45203.7391	100

Fuente: creación propia con referencia a Marroquín y Arce (1985)

Matorral Desértico Rosetófilo

Es un tipo de vegetación polimorfa formada por arbustos desérticos esparcidos perennes, chaparros, con hojas en roseta, con espinas y algunas carnosas; se le encuentra sobre suelos someros, pedregosos. Normalmente esta vegetación forma un estrato subarborescente muy denso.

Las especies dominantes encontradas de este tipo lo constituyen las siguientes: *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Agave striata* (espadín), *Hechtia glomerata* (guapilla china), *Dasyllirion cedrosanum* (sotol), *Ephedra pedunculata* (popotillo), *Mortonia palmeri* (afinador), *Nolina caespitifera* (cortadillo), *Agave sp.* (maguey) *Echinocactus visnaga* (biznaga burra), *Ferocactus pilosus* (biznaga colorada), *Yucca carnerosana* (palma samandoca) y *Opuntia sp.* (nopal).

Este tipo de vegetación se localiza en exposiciones norte y sur y se extiende altitudinalmente entre los 1880 - 3070 msnm e indica seguramente disturbios antropogénicos como la influencia del fuego (Megank y Carrera, 1981)

Matorral de Encinos Arbustivos

Esta asociación incluye comunidades densas, generalmente caducifolias, prosperan sobre suelos someros y pedregosos de laderas de cerros y con frecuencia las especies dominantes se reproducen vegetativamente por sus partes subterráneas. Las especies dominantes son:

Quercus intricata (charrasquillo), *Q. saltillensis* (charrasquillo), *Q. hypoxantha*, *Q. greggii*, *Berberis trifoliolata* (agrito, palo amarillo), *Rhus virens* (lantrisco), *Dasyllirion cedrosanum* (sotol), *Gochnatia hypoleuca* (chomongue), *Nolina caespitifera* (cortadillo), *Ceanothus greggii*, *Garrya ovata*, *Fraxinus greggii* (fresno), *Yucca carnerosana* (palma samandoca).

En las crestas se encuentran algunas especies de gramíneas como los del género *Aristida*, y de otras familias como *Conopholis mexicana*. En el estrato herbáceo se encuentran entre las más representativas *Dyssodia acerosa* (parraleña), *Tragia amblyodonta* (ortiga) y *Hedeoma plicatum* (mirto).

Matorral Denso Inerme Parvifolio de Rosáceas

Este tipo de vegetación es semejante al anterior pero con la diferencia de que los elementos que dominan son de la familia Rosaceae. Las especies dominantes son: *Lindleyella mespiloides* (barreta), *Amelanchier denticulata* (manzanilla), *Cercocarpus mojadensis*, *Cowania plicata* (rosa mexicana de castilla), *Quercus saltillensis* (charrasquillo), *Ceanothus coeruleus* (chaquirilla), *Crataegus baroussana* (tejocote), *Ceanothus greggii*, *Berberis trifoliolata* (palo amarillo) y *Mimosa biuncifera* (gatuño).

Este tipo de vegetación se encuentra sobre suelos someros con regular pendiente a altitudes que varían entre los 1800 y 2480 msnm.

Matorral de Manzanita

Son agrupaciones densas de encinos bajos acompañados de arbustivas. Este tipo de vegetación es casi puro, pero presenta elementos de otras comunidades adyacentes.

Las principales especies que lo componen son entre otras: *Arctostaphylos pungens* (manzanita), *Cowania plicata* (rosa mexicana de castilla), *Rhus virens* (lantrisco) y *Salvia regla*. También se encuentran en extensiones muy limitadas y húmedas el roble (*Quercus mexicana*) y el ciprés (*Cupressus lindleyi*). Esta vegetación sirve de alimento y refugio a una gran variedad de fauna silvestre.

Matorral Micrófilo

Este tipo de vegetación se localiza en las áreas bajas y valles del norte y suroeste del área, asociada a suelos xerosoles háplicos y es dominada por arbustos, de 30 a 60 cm de alto. La especie que domina por su frecuencia es *Larrea tridentata*. Dentro de las principales especies se encuentran *Fouquieria splendens*, *Mimosa pringlei*, *Lippia graveolens* y *Agave lechuguilla*.

Zacatal con Leñosas Arbustivas

Llamado también pastizal. La cubierta de gramíneas está constituida principalmente por zacates amacollados de los géneros *Muhlenbergia* y *Stipa*. También se encuentran algunos zacates de especial interés desde el punto de vista del pastoreo como son el género *Bouteloua* y en menor grado el pasto búfalo *Buchloe dactyloides*, y varias especies del género *Aristida* que en común se conocen como "tres barbas".

En algunas áreas el *Juniperus flaccida* "táscate" se presenta esporádicamente. Se le encuentra en suelos someros claros a altitudes de 1950 - 2500 msnm.

Bosque de Pino Piñonero

Es un tipo de vegetación típico de la transición entre la zona árida chihuahuense y las zonas orogénicas que limitan la altiplanicie mexicana, tanto por el occidente como por el oriente.

Forma bosques bien definidos y caracterizados por el tamaño reducido de las hojas. Las principales especies de árboles en este tipo de vegetación son: *Pinus cembroides* (pino piñonero), *P. greggii* (pino prieto), *Juniperus flaccida* (táscate), *J. deppeana* (enebro), *Yucca carnerosana* (palma samandoca), *Arbutus xalapensis* (madroño).

Bosques de Pino

Este tipo de vegetación está pobremente representado en el área, debido a que las especies dominantes sirven como material de construcción de viviendas y corraleras por parte de los ejidatarios y por tanto este tipo de vegetación tiende a desaparecer en un tiempo relativamente corto.

Las especies principales que se localizan en esta área son: *Pinus arizonica* (pino), *P. teocote* (pino), *P. greggii* (pino prieto), *P. cembroides* (pino piñonero) y *Cupressus arizonica* (cedro blanco).

Bosques de Encinos

Bosque bajo donde predomina el género *Quercus* (encinos, roble); son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas y constituyen el elemento dominante de la Sierra Madre Oriental.

Las principales especies son: *Quercus mexicana* (roble), *Q. laceyi* (roble), *Q. hypoxantha* (encino), *Q. greggii* (encino), *Q. intricata* (encino), *Q. endlichiana* (roble), *Q. hartwegii* (roble), *Q. saltillensis* (charrasquillo) y *Yucca carnerosana* (palma samandoca). Se considera que es un tipo de vegetación de distribución irregular y escaso valor de importancia de sus elementos florísticos dominantes

Esta asociación vegetal se localiza a altitudes que varían entre los 1860 - 2700 msnm y reviste gran interés como hábitat para algunas especies importantes de fauna silvestre

Bosque de *Pseudotsuga* - *Cupressus* - *Abies*

Es uno de los tipos de vegetación más interesante del área, está compuesto por especies poco comunes o de distribución escasa como el caso de *Pseudotsuga flahaulti*. Son en general árboles entre 20 y 40 m de altura, característicos de climas fríos y húmedos normalmente por encima de los 2500 msnm.

Las especies dominantes que destacan en esta asociación vegetativa: *Pseudotsuga flahaulti* (guayamé colorado), *Cupressus arizonica* (cedro blanco), *Abies vejari* (hayarín), *Pinus greggii* (pino prieto), *P. hartwegii* (pino).

Portes (1996) propone una aproximación relativamente actualizada de usos del suelo, la cual es retomada para la presente investigación y es descrita a continuación.

Áreas Roturadas

En esta categoría se incluyen todas las áreas utilizadas para el desarrollo de agricultura de temporal, de riego o de cultivos perennes como el manzano, e incluso aquellas áreas que están en barbecho en el cual es evidente este uso. Están distribuidas en la parte sur-sureste del área que corresponde a los centros de población de Cuauhtémoc, El Recreo, San José de los Cerritos y la entrada a la comunidad del Cedrito.

Roquedo

Estas áreas corresponden básicamente a las paredes escarpadas, cimas de las sierras y áreas que por su escasa presencia de vegetación, principalmente matorrales rosetófilos, tiene afloramiento de la roca y son una parte importante del hábitat de rapaces y especies a proteger como las palmillas (*Brahea berlandieri* y *B. dulcis*).

Erosión

Sólo se consideran aquellas áreas que presentan un alto grado de erosión. Aquí se ubican tres zonas que presentan una alta erosión: los pié de monte y taludes en las zonas cercanas a Bellaunión, en el valle localizado en el poblado de la Angostura y, sobre el arroyo de San José de los Cedritos.

Plantación

Se refiere a las áreas sometidas a reforestación y son tres las áreas importantes. La de mayor importancia es la de la UAAAN, otra en las áreas adyacentes a Cuauhtémoc y El Recreo y la otra en el Cerro Los Elotes.

Minería

Se encuentran en esta categoría las áreas sometidas a la explotación de materiales pétreos y/o áridos. Esta actividad en el área se localiza en la parte norte en los cauces de los arroyos San Lorenzo y Las Terneras, a un costado del cañón de Los Pericos y del León.

Desarrollo urbano

Se refiere a las áreas con desarrollo urbano, las cuales corresponden a las inmediaciones de la ciudad de Saltillo y ejidos.

Desarrollo Rural

Corresponde a las áreas con núcleos ejidales y desarrollo campestres, los cuales se asientan sobre áreas boscosas.

Carreteras

Esta se refiere a las construcciones de comunicaciones terrestres, las cuales circundan el área por el este y oeste.

Fauna

Meganck y Carrera, (1981) citan algunas especies de especial interés estético y cinegético y otros por su carácter único.

Mamíferos

Entre los mamíferos mayores el más importante es el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), el coyote (*Canis latrans*), entre algunos de los pequeños mamíferos están la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), el cacomixtle (*Basariscus astutus*), ardillas arbóreas (*Sciurus spp.*), ardillas terrestres (*Spermophilus*), la comadreja (*Mustela frenata*), el zorrillo (*Conepatus mesoleucus*), la liebre (*Lepus sp.*) y el conejo serrano (*Sylvilagus floridanus*), estos dos últimos son muy característicos del área. El mamífero más abundante son los ratones principalmente de los géneros *Peromyscus*, *Reithrodontomys* y *Neotoma*.

Avifauna

Está representada por los zopilotes (*Cathartes aura*), aguilillas (*Buteo jamaicensis*) y (*Circus hudsonius*), gavilán (*Falco sparverius*); en la parte baja es común la godorniz escamosa (*Callipepla squamata*), y la huilota (*Zenaidura macroura*). En las partes altas, arriba de los 1900 metros se localizan tres especies de particular importancia como son la paloma de collar (*Columba fasciata*), guacamaya enana (*Rhynchopsittacus*) considerada en peligro de extinción y la codorniz pintada (*Cytornix montezumae*) que se encuentra en números reducidos. Existe una gran variedad de otras aves que suman más de 100 especies entre las que se encuentra al colibrí (*Calothorax lucifer*), al azulejo (*Aphelocoma sordida*) y al cuervo (*Corvus spp.*)

Herpetofauna

Se localizan algunos de los reptiles más representativos, lagartijas escamosas del género *Sceloporus*, gecos como *Coelonix sp.* y entre las serpientes a las especies *Crotalus sp.* y *Fisimia sp.* Otros representantes de la herpetofauna que se encuentran en el área son las lagartijas de los

géneros *Holbrookia*, *Crotaphytus*, y *Eumeces*, camaleones como *Phrynosoma sp.*, y serpientes como *Masticophis sp.*, *Pituophis sp.*, *Hypsiglena sp.*, y *Lampropeltis sp.*

La ausencia de agua superficial permanente involucra que la fauna acuática no sea abundante, sin embargo en corrientes o depósitos temporales es posible encontrar algunos anfibios como sapos del género *Bufo* y ranas *Scaphiopus*, y *Rana*,. también reptiles como las culebras de agua del género *Tamnophis*.

Entomofauna

Entre los insectos fitófagos más importantes hay especímenes de la familia *Scolytidae*, el *Ips sp.*, que se relaciona con el descortezamiento de los árboles, el *Conophthorus cembroides* que ataca conos y semillas del pino piñonero *Pinus cembroides* . De igual manera los insectos defoliadores de la familia *Olethreutidae* y muchos otros insectos que representan plagas potenciales que se pueden presentar en cualquier momento de disturbio ecológico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los factores evaluados (geología, suelos, fases físicas del suelo, altitud, fisiografía, exposición y pendiente) son los mismos para cada tipo de vegetación y uso del suelo.

Los resultados obtenidos de la aplicación de la prueba de significancia de ji-cuadrada para establecer independencia entre factores ambientales *versus* tipos de vegetación y usos del suelo son descritos en el cuadro 4.

Cuadro 4. Prueba de significancia de ji-cuadrada

Factor Ambiental	Grados de Libertad	X² total	Probabilidad <small>P(A y B sean independientes)</small>	Coef. de contingencia
Geología	144	40034.89	.0001	0.641909
Suelos	112	33356.17	.0001	0.607128
Fases físicas	80	17325.10	.0001	0.482339
Altitud	128	64247.06	.0001	0.726299
Fisiografía	80	41725.62	.0001	0.649606
Exposición	64	10503.17	.0001	0.392899
Pendiente	48	20192.62	.0001	0.509657

De acuerdo con los valores de probabilidad y coeficiente de contingencia, se puede aseverar que los tipos de vegetación y usos del suelo no ocurren de manera independiente con las clases de los factores ambientales en estudio.

Por tanto, para conocer el grado de asociación entre dichos factores ambientales físicos y tipos de vegetación y usos del suelo, se tuvieron los siguientes resultados.

En el caso de los perfiles correspondientes a los factores evaluados en los que no se menciona asociación, significa que dichos perfiles no la presentaron (Ludwing and Reynolds, 1988), y dado que los valores de asociación que arroja el índice de Jaccard son relativos, los perfiles ambientales asociados se mencionan por grado de asociación de mayor a menor.

De manera anexa, se presentan para cada tipo de vegetación y factor ambiental una tabla de valores de frecuencias absolutas y relativas e índice de Jaccard. A continuación se presenta de manera resumida la información de dichas tablas.

Bosque de Piñonero

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	caliza y suelo aluvial
<u>Edafología</u>	litosol y rendzina
<u>Fases físicas del suelo</u>	Petrocálcica y sin fase física
<u>Altitud</u>	2000 a 2600 msnm
<u>Fisiografía</u>	Taludes, cañones y valles
<u>Exposición</u>	S, N, y E.
<u>Pendiente</u>	de 0 a <20% y >30%

Este tipo de vegetación mostró mayor asociación con la roca caliza, suelo litosol y menor con suelo aluvial y rendzina. Los suelos sin fase física presentaron menor asociación con relación a la fase petrocálcica. La altitud con mayor asociación se mostró en tres clases estableciendo el rango de 2000 a 2600 msnm, sin embargo, la clase altitudinal de 2200 a 2400 msnm presentó mayor valor de asociación; asimismo la pendiente mayor de 0 a menor 20%, y mayor o igual a 30% probó asociación, asociándose más la clase de 10 a <20%. Las exposiciones más asociadas fueron sur y norte. El bosque de pino piñonero se distribuyó en los taludes, cañones y valles.

Bosque de encino

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Caliza/lutita y lutita/arenisca
<u>Edafología</u>	Regosol
<u>Fases físicas del suelo</u>	Lítica y sin fase física
<u>Altitud</u>	2200 a 2400 msnm
<u>Fisiografía</u>	Taludes
<u>Exposición</u>	O, N y S
<u>Pendiente</u>	20 a <30% y > 30%

La roca caliza/lutita, regosol y los suelos con fase litica fueron los perfiles que aprobaron mayor valor de asociación y la altitud de 2000 a 2400 msnm. Asimismo, los taludes localizados en las exposiciones oeste y norte mostraron mayor grado de asociación y menor en la exposición sur. Las pendientes mayores o iguales de 30% se asociaron en mayor grado.

Bosque de pino

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Caliza y lutita/arenisca
<u>Edafología</u>	Litosol y regosol
<u>Fases físicas del suelo</u>	sin fase física
<u>Altitud</u>	2200 a 2800 msnm
<u>Fisiografía</u>	Taludes
<u>Exposición</u>	N, S y E
<u>Pendiente</u>	> 30%

La roca caliza, el suelo litosol y los suelos sin fase física fueron los perfiles que aprobaron asociación, además del rango altitudinal de 2200 a 2800 msnm, y la clase de 2400 a 2600 mostró mayor asociación, así como la pendiente mayor o igual de 30%. Los taludes asociados son los localizados en las exposiciones norte y sur, en menor grado la exposición este.

Bosque de *Pseudotsuga*

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Caliza
<u>Edafología</u>	Litosol
<u>Fases físicas del suelo</u>	sin fase física
<u>Altitud</u>	2800 a 3000 msnm
<u>Fisiografía</u>	Taludes y cumbres
<u>Exposición</u>	E
<u>Pendiente</u>	> 30%

Los perfiles que mostraron asociación son la roca caliza, suelo litosol, los suelos sin fase física y las pendientes mayores o iguales a 30%. El rango altitudinal que mostró asociación es de 2800 a 3000 msnm. Los taludes y cumbres situados en la exposición este fueron los perfiles ambientales asociados.

Matorral de encino

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Caliza
<u>Edafología</u>	Litosol
<u>Fases físicas del suelo</u>	sin fase física
<u>Altitud</u>	2200 a 2600 msnm
<u>Fisiografía</u>	Taludes
<u>Exposición</u>	O y S
<u>Pendiente</u>	> 30%

El matorral de encino mostró asociación con los siguientes perfiles: roca caliza, suelo litosol suelos sin fase física y pendientes iguales o mayores de 30%. La clase altitudinal que mostró mayor asociación fue de 2200 a 2400 msnm. Las exposiciones oeste y los taludes fueron los que mejor probaron asociación.

Matorral inerme

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Arenisca/conglomerado
<u>Edafología</u>	Rendzina
<u>Fases físicas del suelo</u>	Lítica y petrocálcica
<u>Altitud</u>	1600 a 2000 msnm
<u>Fisiografía</u>	Pie de monte
<u>Exposición</u>	N
<u>Pendiente</u>	de 0 a <10%

Los perfiles que probaron mayor asociación son: roca arenisca-conglomerado, suelo rendzina y los suelos con fase física lítica. La altitud asociada es del rango de 1600 a 2000 msnm, con mayor valor de asociación la altitud comprendida de 1800 a 2000 msnm, la pendiente 0 a <10% aprobaron asociación, así como los pie de monte y exposición norte.

Matorral desértico rosetófilo

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Caliza
<u>Edafología</u>	Litosol
<u>Fases físicas del suelo</u>	Sin fase física
<u>Altitud</u>	2400 a 2800 msnm
<u>Fisiografía</u>	Cañones y taludes
<u>Exposición</u>	S
<u>Pendiente</u>	> 30%

La roca caliza, suelo litosol, suelos que no presentan fase física y las pendientes iguales o mayores de 30% mostraron estar asociadas. La altitud asociada comprende de 2400 a 2800 msnm, mostrando mayor valor de asociación la clase altitudinal de 2600 a 2800 msnm. La exposición sur, los cañones y taludes mostraron asociación.

Zacatal con matorral

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Conglomerado y aluvial
<u>Edafología</u>	Castañozem y rendzina
<u>Fases físicas del suelo</u>	Petrocálcica
<u>Altitud</u>	2000 a 2200 msnm
<u>Fisiografía</u>	Valles y taludes
<u>Exposición</u>	S y E
<u>Pendiente</u>	De 0 a <10% y > 30%

Este tipo de vegetación aprobó asociación con los perfiles descritos en el cuadro anterior, de los cuales la roca caliza, suelo litosol, los suelos sin fase física y las pendientes iguales o mayores de 31% presentaron mayor asociación, así como la clase de altitud de 2000 a 2200 msnm y los taludes en la exposición sur.

Matorral micrófilo

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Arenisca/conglomerado
<u>Edafología</u>	Rendzina
<u>Fases físicas del suelo</u>	Petrocálcica
<u>Altitud</u>	1800 a 2200 msnm
<u>Fisiografía</u>	Pie de monte
<u>Exposición</u>	O
<u>Pendiente</u>	0 a <10%

La roca arenisca/conglomerado, suelos de tipo rendzina presentaron asociación, así como los suelos con fase física petrocálcica.

Las altitudes de 1800 a 2200 msnm mostraron estar asociados, la clase altitudinal de 1800 a 2000 msnm mostró mayor asociación, así como las pendientes correspondientes al rango 0 a <10%. Los pie de monte localizados en la exposición oeste probaron estar asociados a este tipo de vegetación.

Áreas roturadas

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Aluvial
<u>Edafología</u>	Xerosol y feozem
<u>Fases físicas del suelo</u>	sin fase física
<u>Altitud</u>	2000 a 2200 msnm
<u>Fisiografía</u>	Valles
<u>Exposición</u>	E
<u>Pendiente</u>	0 a <10%

Este uso del suelo solo tuvo asociación con las rocas aluvial, el tipo de suelo que mostró mayor asociación fue xerosol y los suelos que no presentan fase física.

La clase altitudinal asociada conforma el rango de 2000 a 2200 msnm, así como las pendientes de 0 a <10%. Las áreas roturadas ocurrieron en los valles de la exposición este preferentemente.

Roquedo

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Caliza, caliza/lutita y lutita/arenisca
<u>Edafología</u>	Litosol
<u>Fases físicas del suelo</u>	sin fase física
<u>Altitud</u>	2600 a 3000 msnm
<u>Fisiografía</u>	Taludes y cumbres
<u>Exposición</u>	S y E.
<u>Pendiente</u>	> 30%

El uso de suelo denominado roquedo presenta asociación con los perfiles ambientales descritos en el cuadro anterior. La roca caliza, los taludes y la altitud de 2800 a 3000 msnm presentaron mayor valor de asociación.

Los taludes localizados en la exposición sur presentaron mayor grado de asociación.

Minería

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Caliza, arenisca/conglomerado
<u>Edafología</u>	Litosol y rendzina
<u>Fases físicas del suelo</u>	Gravosa
<u>Altitud</u>	1800 a 2000 msnm
<u>Fisiografía</u>	Abanicos aluviales y cañones
<u>Exposición</u>	N
<u>Pendiente</u>	20 a <30%

La actividad minera mostró estar asociada a más de un perfil ambiental. La roca caliza tuvo mayor asociación relativa a la roca arenisca/conglomerado. Los suelos litosol y rendzina mostraron estar asociados, así como los suelos con fase gravosa

Esta actividad se asoció a la clase altitudinal que va de 1800 a 2000 msnm y a las pendientes de 20 a <30%. Los abanicos aluviales de la exposición norte probaron mayor ocurrencia y en menor grado los cañones.

Erosión

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Arenisca/conglomerado, lutita y aluvial
<u>Edafología</u>	Castañozem y feozem
<u>Fases físicas del suelo</u>	Pedregosa
<u>Altitud</u>	1600 a 2000 msnm
<u>Fisiografía</u>	Abanico aluvial y valles
<u>Exposición</u>	E y N
<u>Pendiente</u>	10 a <20%

Las áreas con este tipo de uso se asociaron con las rocas arenisca-conglomerado, lutita y aluvial, con mayor asociación la primera, así como el suelo castañozem con relación al suelo feozem. Los suelos con fase física pedregosa fueron los mejor asociados.

Las altitudes de 1800 a 2000 msnm son las que presentaron mayor asociación. Las exposiciones norte y este, los abanicos aluviales y valles probaron ocurrencia en este tipo de uso del suelo.

Desarrollo urbano

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Arenisca/conglomerado
<u>Edafología</u>	Xerosol y rendzina
<u>Fases físicas del suelo</u>	Lítica
<u>Altitud</u>	1600 a 1800 msnm
<u>Fisiografía</u>	Pie de monte
<u>Exposición</u>	N.
<u>Pendiente</u>	0 a <10%

Las rocas arenisca-conglomerado y los suelos con fase lítica presentaron asociación; el suelo xerosol presentó mayor valor de asociación con relación a los suelos de tipo rendzina. Las altitudes de 1600 a 1800 msnm presentaron asociación. Los pie de monte distribuidos en la exposición norte ocurrieron en las actividades humanas de urbanización.

Carreteras

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Aluvial
<u>Edafología</u>	Feozem y xerosol
<u>Fases físicas del suelo</u>	Sin fase física
<u>Altitud</u>	2000 a 2200 msnm
<u>Fisiografía</u>	Pie de monte y valles
<u>Exposición</u>	C
<u>Pendiente</u>	0 a <10%

Con respecto a las asociaciones mostradas en el cuadro, el uso del suelo en cuestión mostró una asociación muy bien definida con respecto a los perfiles ambientales, a excepción del factor edafológico, en el cual el mayormente asociado es el suelo de tipo feozem.

Las carreteras se asociaron con los pie de monte y valles en la exposición cenital.

Desarrollo rural

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Aluvial
<u>Edafología</u>	Rendzina
<u>Fases físicas del suelo</u>	Petrocálcica
<u>Altitud</u>	2000 a 2400 msnm
<u>Fisiografía</u>	valles y cañones
<u>Exposición</u>	E
<u>Pendiente</u>	0 a 20%

El perfil geológico aluvial probó asociación. Los suelos de tipo rendzina y la fase petrocálcica presentaron asociación de manera determinante, ya que fueron los únicos perfiles que mostraron asociación respectivamente.

Las altitudes de 2200 a 2400 msnm fueron las que mostraron mayor asociación, aunque mostraron asociación las altitudes desde los 2000 msnm. Las pendientes de 0 a <10% fueron las que presentaron asociación en mayor grado con respecto a las 10 a <20%. Los valles y cañones en la exposición este y sur fueron las que más presentaron ocurrencia con las poblaciones rurales.

Plantación

Factor ambiental	Perfiles asociados
<u>Geología</u>	Arenisca-conglomerado
<u>Edafología</u>	Rendzina
<u>Fases físicas del suelo</u>	Petrocálcica
<u>Altitud</u>	1800 a 2000 msnm
<u>Fisiografía</u>	pie de monte y abanicos aluviales
<u>Exposición</u>	N
<u>Pendiente</u>	0 a <10%

Este tipo de uso, presentó asociación con la roca arenisca/conglomerado; suelo rendzina y suelos con fase petrocálcica. Los pie de monte y abanicos aluviales distribuidos en la exposición norte y pendientes suaves se asociaron mejor a las plantaciones.

Con base en los resultados obtenidos, la discusión correspondiente es descrita a continuación.

La importancia que presenta el material original en la distribución de la vegetación, es a menudo obvia, ya que cuando se encuentran dos vegetaciones completamente diferentes limitando una con la otra, la investigación normalmente revelará que cada una está creciendo sobre distintos materiales geológicos de diferente composición y origen mineral. Estas correlaciones planta-rocas se ponen de manifiesto cuando los suelos en los cuales crecen las plantas se derivan de una roca fundamental. En tales casos, distintas bandas de vegetación a menudo sirven para delimitar igualmente franjas de diferente material.

El material original del cual se derivan los suelos, puede ser formado *in situ* que generalmente transfiere sus propiedades al suelo; o transportado por agentes naturales que en tal caso se produce una gran mezcla de diversos materiales (Spurr y Barnes, 1982).

Los factores físicos pueden utilizarse en una forma aislada o en combinación, así, dentro de una región climática dada, el crecimiento variará mucho dependiendo de las condiciones del suelo y topográficas. Por tanto, los factores climáticos generales se pueden utilizar para delinear las diferencias en altitud, y los factores fisiográficos y del suelo para distinguir las diferencias particulares de las distribuciones vegetales (Spurr y Barnes, 1982; Fuller, 1984).

El caso del bosque de pino piñonero es especial, ya que analizando los factores asociados, muestra un amplio rango de asociación con más de un perfil ambiental, lo que hace ver su alto potencial adaptativo (Zárate, 1982). Sin embargo, el factor que limita su distribución es la fase física del suelo e indirectamente la temperatura, la cual es modificada por las exposiciones cardinales, debido a que en este sentido no puede competir con otras especies. Sus semillas por su tamaño y cantidad de carbohidratos son atractivas como alimento para la guacamaya enana y las ardillas que encuentran su hábitat en los roquedos, además de que no las transporta ningún agente natural a excepción de la gravedad y corrientes aluviales. La exposición que más se asoció a este tipo de vegetación fue la exposición sur, que de acuerdo con García (1998) presentó mayor dominancia, ya que en esta exposición las condiciones del ambiente físico propicia condiciones desfavorables para la diversidad vegetal, asimismo la aptitud de esta especie le otorga tolerancia para situarse en una zona de transición entre la vegetación de tipo semiárido y la de tipo templado (Rzedowski, 1978), lo cual también explica su asociación con diversos ambientes fisiográficos (valles, cañones y taludes).

El bosque de pino presenta un rango altitudinal de 2200 a 2800 msnm, específicamente de 2400 a 2600 msnm, sin embargo puede encontrarse o distribuirse en cotas superiores a estas, lo que le hace una especie tolerante a las variaciones de temperaturas.

De igual manera, la exposición norte es apta para la distribución de este tipo de vegetación, aunque también se asoció con la exposición sur, lo que refleja su tolerancia a condiciones precarias a las cuales obliga esta exposición cardinal, debido a la incidencia directa de los rayos solares.

El bosque de encino, parece ser que sus especies dominantes tienen más aptitud para desarrollarse sobre suelos someros y con material o capa dura de roca o trozos de roca muy abundantes, es decir, tienen facilidad a desarrollar sistema radicular ante estas condiciones difíciles del medio físico. Parece compartir la misma exposición con el matorral de encino.

Los tipos de vegetación: bosque de pino, bosque de *Pseudotsuga* y matorral de encino muestran asociación similar con los mismos perfiles ambientales (geológicos, edafológicos y fases físicas, por lo que se puede inferir que lo que determina su distribución, es la influencia de la temperatura y humedad atmosférica, las cuales son modificadas por las diferencias en altitud (el aumento en temperatura se relaciona a las bajas altitudes y viceversa) y por las diferencias en pendiente (las pendientes pronunciadas registran más bajas temperaturas que las pendientes suaves), que en este caso las pendientes asociadas son las mismas para los tipos de vegetación mencionados; el contenido de humedad atmosférica se relaciona a las temperaturas bajas

relativamente. Los suelos sin fase física son los más asociados debido a que las raíces de las especies de estos tipos de vegetación necesitan estar enclavadas en profundidad para poder sostener las formas biológicas respectivas (árboles principalmente).

El matorral desértico rosetófilo, mostró distribución en la exposición sur, ya que las especies dominantes presentan modificaciones morfológicas (Rzedowski, 1978) para tolerar la alta tasa de evapotranspiración a que obliga la incidencia de longitudes de onda de los rayos solares, lo cual le da cierta ventaja competitiva con relación a los demás tipos de vegetación. Además, en grandes altitudes puede constituir comunidades serales producto de disturbios como fuego y pastoreo.

El matorral inerme, por su asociación con las altitudes más bajas del área de estudio tiene influencia de las actividades humanas específicamente del pastoreo, las cuales facilitan su diseminación por ésta área (por lo que a menudo se le observa en las concreciones de caliche, lugar donde transita el ganado caprino), así como las especies dominantes por la morfología de las hojas y tallos adquieren la capacidad de tolerar las temperaturas extremas de las que se registran en las partes bajas, así como le da ventaja competitiva con respecto a otras especies. Se localiza junto con el matorral micrófilo.

El zacatal con matorral, está asociada a suelos someros, ricos en materia orgánica relativamente con capas de caliche duro, debido a que las especies dominantes son de longevidad perenne y amacollados, lo que garantiza que la producción de biomasa anual yacerá en el mismo lugar, dicha materia orgánica no corre alto riesgo de ser transportada por algún agente natural, ya que se asocia con pendientes suaves y abruptas en las altitudes similares a las actividades agrícolas. Por otro lado su tolerancia a los suelos someros, se debe a que su sistema radicular no es tan profundo relativamente y se adapta bien al suelo. El pastizal es el ecosistema que más sitios seguros ofrece para la germinación de las especies, y su distribución en exposiciones sur preferentemente, obedece a las condiciones microclimáticas que crea, y a la alta adaptabilidad de sus diversas especies dominantes.

La modificación de las hojas y tallos de las especies dominantes del matorral micrófilo (Rzedowski, 1978), le otorga ventaja en ambientes edafológicos difíciles, además de que algunas especies presentan alelopatía (como *Larrea tridentata*), lo que le quita competitividad por espacios y nutrientes de otras especies, razón lógica, ya que se asocia con suelos ricos en materia orgánica como rendzina localizadas en las pendientes suaves. Parece ser que este tipo de vegetación, dadas las modificaciones morfológicas de las hojas, no tolera otras exposiciones a que no sea la oeste, ya que se han modificado el tamaño de sus hojas, y las paredes celulares de la cutícula.

Las áreas roturadas del área, se asocian a los suelos xerosol y feozem, ya que se localizan en pendientes suaves (que concuerdan con los valles), las cuales son a su vez zonas de deposición de materiales originales y edafológicos; estos suelos son de semidesierto que pueden soportar cualquier tipo de vegetación, pero en condiciones de riego, dan buenos resultados en la agricultura asimismo se asocian mejor a los suelos sin fase física, debido a que la presencia de rocas o concreciones limitan las labores de labranza de la tierra ya sea tradicional o mecánica. Estas áreas se localizan al sur y este del área principalmente, a una altitud de 2000 a 2200 msnm. Su asociación con las exposiciones este, ya que estas áreas reciben la luz solar de la mañana, la cual es más favorable que la ocuriente por la tarde, debido a que la primera no provoca evapotraspiración significativa y favorece una tasa fotosintética favorable en relación a la luz de la tarde.

Los roquedos se refieren a las áreas rocosas del área de estudio, cuya utilidad es la de proveer refugio para fauna silvestre, sobre todo para rapaces, por lo cual se encuentran en las pendientes más abruptas de la sierra, asociado por su rango altitudinal a la vegetación de piñonero y matorral de encino, vegetación que provee de frutos comestibles para la fauna.

La actividad minera mostró asociación con las rocas caliza, arenisca-conglomerado; suelo litosol y rendzina, debido a que se extraen arena y materiales cementantes para la construcción en general, asimismo, se localizan en áreas con pendientes abruptas en las partes bajas de la sierra en los abanicos aluviales y cañones, ya que sería dificultoso e ineficiente económicamente el transportar los materiales extraídos de partes abruptas y desde partes más altas de la sierra y por otra parte, en esta fisiografía los materiales pétreos afloran en la superficie terrestre lo cual facilita las tareas de extracción.

Las zonas que presentan erosión mostraron asociación con los perfiles geológicos aluvial y arenisca-conglomerado, ya que estos dos tipos de material son muy fácilmente disgregables por los agentes naturales. Los suelos aluviales son en sí producto de procesos erosivos. La erosión en el área se produce en las partes relativamente bajas, coincidiendo con el matorral micrófilo, el cual no proporciona cobertura vegetal suficiente para proteger al suelo. La actividad minera que se localiza también en esas altitudes, por el empleo de maquinaria y vehículos, modifican la estructura del suelo y lo desprotegen con la remoción de la cubierta vegetal, lo que ocasiona que esté propenso a los agentes naturales erosivos; este uso del suelo coincide en la exposición este y norte, lo que da como resultado un ambiente donde hay mucha ocurrencia de actividades humanas y por tanto un alto impacto por cambio de uso del suelo.

El factor limitante para el desarrollo urbano es las pendientes abruptas, motivo por el cual se asocia a pendientes de 0 a 10%, en las altitudes bajas que corresponden a los valles y pié de monte al norte del área protegida.

Las carreteras mostraron asociación con las pendientes suaves de 0 a 10% debido a que en la construcción de carreteras se busca el bajo costo energético de los motores de combustión interna. Las carreteras del área se localizan circundándola en los pié de monte y valles, en terrenos con características edafológicas para la agricultura, por lo cual se relacionan a los mismos factores que las áreas roturadas a excepción de la exposición cardinal.

Las áreas de desarrollo rural se refieren a los ejidos circundantes del área; dichos asentamientos mostraron asociación con material aluvial y rendzinas, pendientes suaves y altitudes de 2200 a 2400 msnm, dichos factores coinciden con el bosque de piñonero, áreas roturadas y pastizal, dado que representan las áreas fuente directa e indirecta de recursos para la satisfacción de sus necesidades como actividades agrícolas, pastoreo y recolección de semillas del pino piñonero.

En el presente estudio puede observarse que las plantaciones fueron planeadas para dar protección al suelo del proceso erosivo, ya que se localiza en las áreas de mayor influencia humana y material original y edafológico fácil de disgregar, asimismo, en las áreas cercanas a la extracción minera.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados y discusiones se concluye que:

- Los tipos de vegetación y usos del suelo evaluados mostraron asociación con determinados perfiles de los diferentes factores ambientales bajo estudio como son geología, edafología, fases físicas del suelo, elevación, fisiografía, exposiciones y pendiente, por tanto, se considera aprobada la hipótesis presentada al inicio del presente trabajo.

Geología

- Las rocas calizas influyen en la ocurrencia de los tipos de vegetación bosque de piñonero, bosque de pino, bosque de *Pseudotsuga*, matorral de encino, matorral desértico rosetófilo, roquedo y minería.
- El perfil geológico arenisca conglomerado estuvo más asociado a la presencia del matorral inerme parvifolio de rosáceas, matorral micrófilo, erosión, desarrollo urbano, plantación y en menor grado a la minería.
- El material aluvial estuvo mayormente asociado a las áreas roturadas, carreteras y desarrollo rural, y en menor grado al bosque de piñonero y zacatal con matorral. Las rocas de tipo conglomerado se asociaron sólo al zacatal con matorral.

Edafología

- Los suelos aluviales mostraron más asociación con las áreas roturadas, erosión, carreteras y desarrollo rural y menor con zacatal con matorral, matorral micrófilo, desarrollo urbano y plantación.
- Los suelos del orden litosol presentaron mayor asociación en la ocurrencia de bosque de piñonero, bosque de pino, bosque de *Pseudotsuga*, matorral de encino, matorral desértico rosetófilo, roquedo y minería.
- El suelo de tipo rendzina influyó en la presencia del matorral inerme parvifolio de rosáceas, matorral micrófilo, desarrollo rural y plantación. También mostró asociación, aunque en menor medida con el bosque de piñonero, zacatal con matorral, desarrollo urbano y minería.

- Los suelos de tipo xerosol presentaron asociación con las áreas roturadas, desarrollo urbano, y en menor medida con las áreas con presencia de carreteras. Los suelos castañozem influyeron en la ocurrencia del zacatal con matorral, carreteras; y los suelos feozem en la de las carreteras, además demostraron un menor grado de asociación con áreas roturadas y erosión.

Fases físicas

- La presencia de los tipos de vegetación: bosque de pino, bosque de *Pseudotsuga*, matorral de encino y matorral desértico rosetófilo, así como los usos del suelo: áreas roturadas, roquedo y carreteras, mostraron asociación con los suelos sin fase física, de igual manera con este factor ambiental en menor grado de asociación ocurrieron el bosque de pino piñonero y bosque de encino.
- Las fases físicas pedregosas se asociaron sólo a las áreas que presentaron erosión y los suelos con fase gravosa a la minería.
- Los suelos con fase física petrocálcica se asociaron a la presencia del bosque de pino piñonero, zacatal con matorral, matorral micrófilo, desarrollo rural y plantación, en menor grado se asoció con el matorral inerme parvifolio de rosáceas. Los suelos con fase lítica sólo influyeron en la ocurrencia del bosque de encino, matorral inerme parvifolio de rosáceas y desarrollo urbano.

Altitud

- El gradiente altitudinal de 1600 a 1800 msnm mostró mayor asociación con el desarrollo urbano y en menor grado con el matorral inerme parvifolio de rosáceas y las áreas con erosión. Las altitudes de 1800 a 2000 msnm influyeron en la ocurrencia del matorral inerme parvifolio de rosáceas, del matorral micrófilo, minería, erosión y de las plantaciones.
- El bosque de piñonero, bosque de encino, matorral de encino y desarrollo rural mostraron mayor dependencia al gradiente altitudinal de 2200 a 2400 msnm que el bosque de pino. En el gradiente de 2000 a 2200 msnm mostraron asociación el zacatal con matorral, áreas roturadas y las carreteras, en menor medida el bosque de piñonero, el matorral micrófilo, matorral de encino y desarrollo rural. El bosque de pino mostró dependencia con la altitud de 2400 a 2600 msnm, la cual influyó en menor grado en la ocurrencia de los bosques de pino piñonero matorral de encino y matorral desértico rosetófilo.

- El matorral desértico rosetófilo mostró dependencia con la clase altitudinal de 2600 a 2800 msnm, en menor valor de asociación ocurrió el bosque de pino y roquedo. El gradiente de 2800 a 3000 msnm solo en menor grado influyó en la presencia del bosque de *Pseudotsuga* y roquedo.

Fisiografía

- Los taludes mostraron influencia en la ocurrencia de los tipos de vegetación tales como bosque de piñonero, bosque de pino, bosque de encino, bosque de *Pseudotsuga*, matorral de encino y roquedo y sólo en menor medida influyó sobre el matorral desértico rosetófilo y zacatal con matorral.
- Con el pié de monte mostraron dependencia el matorral inerme parvifolio de rosáceas, matorral micrófilo, desarrollo urbano, carreteras y plantación. Con los valles, se asociaron, el zacatal con matorral, áreas roturadas, desarrollo rural, y en menor proporción con el bosque de pino piñonero, minería y carretera.
- En los abanicos aluviales ocurrieron los usos del suelo: minería y erosión y en menor grado las áreas con plantación. El matorral desértico mostró asociación con los cañones y con menor valor el bosque de piñonero, minería y desarrollo rural, asimismo, el bosque de *Pseudotsuga* y roquedo se asociaron, aunque en una baja intensidad a las cumbres.

Exposición

- Los tipos de vegetación: bosque de pino, matorral inerme parvifolio de rosáceas; y los usos del suelo: minería, erosión, desarrollo urbano y plantación presentaron dependencia con la exposición norte, con menor valor de asociación el bosque de piñonero, bosque de encino y erosión.
- Las exposiciones sur influyeron en la ocurrencia del bosque de piñonero, matorral desértico rosetófilo, zacatal con matorral y roquedo, en menor grado influyó en la presencia del bosque de encino, bosque de pino y matorral de encino.
- La exposición este influyó en la ocurrencia del bosque de *Pseudotsuga*, áreas roturadas, erosión y desarrollo rural, y en menor medida en la de bosque de piñonero, bosque de pino, zacatal con matorral y roquedo. Las exposiciones oeste mostraron dependencia para las carreteras, y en menor grado para el bosque de encino, matorral de encino, matorral inerme parvifolio de rosáceas, zacatal con matorral, minería, erosión y plantación.

Pendientes

- Las pendientes de 0 a <10% influyeron en la ocurrencia del matorral inerme parvifolio de rosáceas, matorral micrófilo, áreas roturadas, desarrollo urbano, carreteras, desarrollo rural y plantación, de manera menor influyó en la presencia del bosque de pino piñonero.
- Las pendientes comprendidas entre 10 y <20% mostraron mayor influencia en la ocurrencia del bosque de piñonero, y menor con el desarrollo rural. Con las pendientes de 20 a <30% se observó asociación con la minería y en menor intensidad con el bosque de pino piñonero y bosque de encino.
- Las pendientes iguales y mayores de 30% influyeron en la ocurrencia del bosque de encino, bosque de pino, bosque de *Pseudotsuga*, matorral de encino, matorral desértico rosetófilo, zacatal con matorral y roquedo, en menor grado de asociación el bosque de piñonero.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar el índice de Jaccard y en general la metodología propuesta en este estudio para realizar investigaciones similares que pretendan conocer el grado de asociación entre factores ambientales y tipos de vegetación, comunidades y/o especies.
- Realizar estudios de impacto ambiental en el área protegida a fin de que las decisiones sobre aprovechamientos de los recursos naturales del área tengan fundamentos técnicos. Asimismo, investigaciones para conocer las asociaciones específicas de fauna y vegetación a fin de realizar actividades tendientes a la protección y conservación de dichos ecosistemas, así como la protección de hábitats que pueden utilizarse como corredores de fauna migratoria.

En general, se recomiendan todas aquellas investigaciones que permitan conocer todos los factores que forman y/o participan en el ecosistema de la zona sujeta a conservación ecológica Sierra de Zapalinamé.

- Revisar las regulaciones jurídicas en el marco ecológico para las empresas de extracción de recursos naturales del área, con el fin de disminuir el gran impacto ecológico tanto en el ecosistema como en los asentamientos humanos adyacentes a las áreas de extracción por las industrias.
- Realizar actividades educativas entre la población que ejerce presión con sus actividades productivas y recreación al área protegida, sobre su importancia florística y faunística, además de los perjuicios que se tienen de seguir perturbando el área: disminución de la captación de agua, como importante regulador de temperaturas, belleza escénica, esparcimiento y fuente de alimentos, por mencionar algunos de los más importantes.
- El manejo de los recursos naturales del área protegida deberá observar la rehabilitación de áreas degradadas, la no sustitución de vegetación original por desarrollos urbanos, rurales o agrícolas, ya que sólo se desprotege al suelo a favor de los procesos erosivos y por ende acelera la disminución de la diversidad vegetal y animal.
- Establecer vigilancia para evitar saqueos e incendios forestales, asimismo restaurar las áreas degradadas utilizando como base estudios específicos donde se señalen los ambientes ecológicos más aptos para cada asociación o especies vegetales.

- Los trabajos de restauración deben estar basados en los principios de la sucesión ecológica a fin de lograr una mayor protección al suelo, que es el medio donde se desarrollaran las comunidades serales.

LITERATURA CITADA

- Arce G., L. y Marroquín, J. 1985. Las Unidades Fisonómico-Florísticas del Cañon de San Lorenzo, Saltillo, Coahuila, México. *Biotica*. 10(4): 369-393.
- Bosque, J. 1992. Sistemas de Información Geográfica. Ediciones Rialp. Madrid, España. 451 pp.
- Bosque, J. 1994. Sistemas de Información Geográfica. Prácticas con ArcInfo e Idrisi. RA-MA Editorial. Madrid, España. 478 pp.
- Braun–Blanquet, J. 1979. Fitosociología. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 820 pp.
- Cabrera, A. y Willink, A. 1973. Biogeografía de América Latina. Organización de los Estados Americanos, Washington, D.C. USA. 120 pp.
- CETENAL, 1977. Cartografía Temática (Edafología, Geología, Usos del Suelo y Vegetación). Cartas G14C3 y G14C34. Escala 1:50 000. México.
- Ciuffo, L. y G. Ojeda. 1995. Teledetección y SIG como herramienta para el análisis de vegetación considerando variables ambientales. Experiencia piloto en un área protegida de la provincia de San Luis. SELPER-México, A.C. In: VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Puerto Vallarta, México. Pag 1-8.
- Clarke, G. 1971. Elementos de Ecología. Cuarta edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. 637 pp.
- Cook, C y Rex Hurst. 1963. A quantitative measure of plant asociation on ranges in good and poor condition. *Journal of Range Management* 15: 266-274
- Daubenmire, R. 1968. Plant Communities. Harper and Row Publishers. New York, NY. USA. 300 pp.
- Daubenmire, R. 1982. Ecología Vegetal. Editorial Limusa. Primera reimpresión. México, D.F.. 496 pp.
- Fuller, H. y Col. (1974). Botánica. Edit. Interamericana. Quinta edición. México, D.F. 512 pp.

- Galeano, R., Hernández, A. 1995. Sistemas de Información Geográfica: Un Elemento Estratégico para el Ordenamiento Territorial. SELPER-México, A.C. In: Memorias VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pag. 187-196.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Tercera edición. UNAM. México, D.F. 217 pp.
- García, J. 1998. Evaluación de la Diversidad del Paisaje, Utilizando un Sistema de Información Geográfica, para la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah. 83 pp.
- Gastó, J. 1980. Ecología. El Hombre y la Transformación de la Naturaleza. Edit. Universitaria. Santiago de Chile, Chile. 561 pp.
- González, R.y Lozano, D. 1995. Modelos ecológicos de la cobertura vegetal. SELPER-México, A.C. In: Memorias VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pag. 628-639.
- Goodall, D. 1966. A new similarity index based on probability. The Biometric Society. *Biometrics* 22: 882-907.
- Graham, O. 1992. Survey of Land Degradation in New South Wales. Australia. *Environmental Management* 16:205-233
- Greulach , V. y Adams, E. 1980. Las plantas. Editorial Limusa. México, D.F. 679 pp.
- Hubálek, Z. 1978. Coincidence of fungal species associated with birds. *Ecology* 59(3): 438-442.
- INEGI, 1989. Guías para la Interpretación de Cartografía. Geología. Primera reimpresión. Aguascalientes, México.
- INEGI, 1990. Guías para la Interpretación de Cartografía. Edafología. Segunda reimpresión. Aguascalientes, México.
- Iverson, L. 1988. Land-use changes in Illinois, USA: The influence of landscape attributes on current and historic land-use. *Landscape Ecology* 2:45-61

- Knigh, C. 1970. Ecology. seventh impresión. The MacMillan Company. New York, NY. USA. 468 pp.
- Kormondy, E. 1985. Conceptos de Ecología. Cuarta edición en español. Alianza Editorial. Madrid, España. 278 pp.
- Ludwing, J y James Reynolds. 1988. Statistical Ecology. John Wiley & Sons. USA. p. 329.
- Maisel, L. 1973. Probabilidad y Estadística. Fondo educativo Interamericano. México, D.F. 280 pp.
- Meganck, R. y J. Carrera. 1981. Plan de Manejo para el Uso Múltiple del Cañón de San Lorenzo. UAAAN – OEA. Saltillo, Coah. 134 pp.
- Mueller-Dombois, D. y Heinz Ellenberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons. USA. 547 pp.
- Nieves, J., Sorani, V. 1995. Estudio de relaciones suelo-vegetación en las áreas forestales de la república mexicana. SELPER-México, A.C. In: Memorias VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Puerto Vallarta, Jalisco, México. Pag. 658-665.
- Odum, E. 1978. Ecología. Editorial Continental. segunda edición. México, D.F. 295 pp.
- Ostle, 1981. Estadística Aplicada. Editorial Limusa, México, D.F. 629 pp.
- Palacio, J. y Bocco, G. 1996. Investigaciones Geográficas. Instituto de Geografía. UNAM. *Boletín especial número 4*.
- Portes, V., L. 1996. Análisis de los cambios de usos del suelo en la Sierra Zapalinamé. Municipios de Arteaga y Saltillo, Coah. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 110 pp.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Edit. Limusa. México. 431 pp.
- SELPER-México, A.C. 1995. Memorias VII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota. Puerto Vallarta, México. 972 pp.
- Shimwell, D. 1971. The Description and Classification of Vegetation . Washington Press University, Seattle, USA. 332 pp.

Spiegel, 1970 . Teoría y Problemas de Estadística. Serie de compendios Schaum. McGraw-Hill. México, D.F. 356 pp.

Spurr, S., y Burton V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. AGT Editor, S.A. México, D.F. 690 p.

UAAAN (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). 1998. Diagnóstico de la zona sujeta a conservación ecológica Sierra de Zapalinamé. Programa de Manejo. Buenavista, Saltillo, Coah. 105 pp.

Whittaker, R. H. 1970. Communities and Ecosystems. The McMillan Co. New York, NY, USA. 158 pp.

Whittaker, R. H. 1975. Communities and Ecosystems. Second Edition. MacMillan Publishing Co. New York, NY. USA. 385 pp.

Whittaker, R. H. 1978. Clasificación of Plants Communities. The Hague, Boston, USA. 408 pp.

Zárate L, A. 1982. Ensayo de dos especies y una variedad de *Pinus* con dos diferentes sistemas de plantación para trabajos de reforestación en zonas semiáridas. Tesis de Licenciatura. Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah.

Cuadro 6. Asociación de Factores Ambientales con Bosque de Piñonero

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	GEOLOGIA	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza		
frec. absoluta	5108	0	1462	0	6704			
frec. relativa	35.17	0	10.07	0	46.16			
índice de Jaccard	.192	0.000	0.065	0.000	0.206			
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	582	6	82	551	28			
frec. relativa	4.01	0.04	0.56	3.79	0.19			
índice de Jaccard	0.037	0.000	0.005	0.031	0.001			
EDAFOLOGIA	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermo sol
frec. absoluta	959	402	7576	427	5076	84	0	0
frec. relativa	6.6	2.77	52.16	2.94	34.95	0.58	0	0
índice de Jaccard	.0591	0.024	0.214	0.026	0.195	0.004	0.000	0.000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	1	409	0	5622	9	8483		
frec. relativa	0.01	2.82	0	38.71	0.06	58.41		
índice de Jaccard	0.000	0.022	0.000	0.210	0.000	0.209		
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	0	375	3625	6994	2752	670	108	0
frec. relativa	0	2.58	24.92	48.08	18.92	4.61	0.74	0
índice de Jaccard	0.000	0.016	0.140	0.318	0.128	0.035	0.006	0.000
FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	91	7585	1978	127	1817	2930		
frec. relativa	0.626	52.21	13.61	0.87	12.50	20.16		
índice de Jaccard	0.006	0.209	0.122	0.008	0.081	0.118		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital			
frec. absoluta	4875	4639	3016	1904	112			
frec. relativa	33.51	31.89	20.73	13.09	0.77			
índice de Jaccard	0.146	0.198	0.140	0.084	0.007			

... Continuación

PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%
frec. absoluta	3570	4031	2224	4721
frec. relativa	24.54	27.71	15.29	32.46
indice de Jaccard	0.113	0.188	0.119	0.159

Cuadro 7. Asociación Factores Ambientales y Bosque de Encino

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	GEOLOGIA	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza		
frec. absoluta	6	0	1	0	161			
frec. relativa	2.31	0	0.38	0	61.92			
indic de Jaccard	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006			
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	42	0	0	50	28			
frec. relativa	16.15	0	0	19.23	0			
indic de Jaccard	0.022	0.000	0.000	0.144	0.000			
EDAFOLOGIA	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermo sol
frec. absoluta	0	0	222	37	1	0	0	0
frec. relativa	0	0	85.38	14.23	0.38	0	0	0
indic de Jaccard	0.000	0.000	0.007	0.014	0.00	0.000	0.000	0.000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	0	37	0	1	0	222		
frec. relativa	0	14.23	0	0.38	0	85.38		
indice de Jaccard	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.006		
ALTITUD	1600- 1800	1800- 2000	2000- 2200	2200- 2400	2400- 2600	2600- 2800	2800- 3000	3000- 3200
frec. absoluta	0	2	10	179	64	5	0	0
frec. relativa	0	0.77	3.85	68.85	24.62	1.92	0	0
indice de Jaccard	0.000	0.000	0.000	0.123	0.006	0.000	0.000	0.000

... Continuación

FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles
frec. absoluta	0	251	2	0	7	0
frec. relativa						
indice de Jaccard	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital	
frec. absoluta	121	61	19	59	0	
frec. relativa						
indice de Jaccard	0.005	0.004	0.001	0.005	0.000	
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%		
frec. absoluta	51	39	38	132		
frec. relativa	16.92	15	14.62	50.77		
indice de Jaccard	0.002	0.003	0.005	0.006		

Cuadro 8. Asociación Factores Ambientales y Bosque de Pino

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza			
frec. absoluta	787	0	325	0	7970			
frec. relativa	7.19	0	2.97	0	72.85			
indic de Jaccard	0.028	0.000	0.016	0.000	0.289			
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	340	32	4	1482	0			
frec. relativa	3.11	0.29	0.04	13.55	0			
indic de Jaccard	0.027	0.002	0.000	0.116	0.000			
EDAFOLOGIA	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermo sol
frec. absoluta	79	19	8480	1255	1090	21	0	0
frec. relativa	0.72	0.17	77.49	11.47	9.96	0.19	0	0
indic de Jaccard	0.005	0.001	0.275	0.104	0.041	0.001	0.000	0.000

... Continuación

FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	1	1316	7	1036	0	8585		
frec. relativa	0.01	12.02	0.06	9.47	0	78.44		
indice de Jaccard	0.000	0.094	0.000	0.037	0.000	0.233		
ALTITUD	1600- 1800	1800- 2000	2000- 2200	2200- 2400	2400- 2600	2600- 2800	2800- 3000	3000- 3200
frec. absoluta	0	135	899	2827	3742	2673	631	38
frec. relativa	0	1.23	8.21	25.83	34.19	24.42	5.77	0.35
indice de Jaccard	0.000	0.007	0.036	0.125	0.223	0.199	0.054	0.003
FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	172	9679	302	6	185	601		
frec. relativa	1.57	88.43	2.75	0.05	1.69	5.49		
indice de Jaccard	0.015	0.317	0.021	0.000	0.009	0.025		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital			
frec. absoluta	4321	2853	2044	1596	131			
frec. relativa	39.47	26.06	18.67	14.58	1.19			
indice de Jaccard	0.143	0.132	0.108	0.083	0.011			
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%				
frec. absoluta	1540	1398	1456	6551				
frec. relativa	14.07	12.77	13.3	59.85				
indice de Jaccard	0.051	0.068	0.092	0.270				

Cuadro 9. Asociación Factores Ambientales y Bosque de *Pseudotsuga*

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S				
GEOLOGIA	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza
frec. absoluta	12	0	44	0	907
frec. relativa	1.13	0	4.14	0	85.40
indic de Jaccard	0.000	0.000	0.004	0.000	0.036
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin
frec. absoluta	42	0	0	57	0
frec. relativa	3.95	0	0	5.37	0

... Continuación

índice de Jaccard	0.015		0.000		0.000		0.013		0.000	
EDAFOLOGIA	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermo sol		
frec. absoluta	1	0	964	22	75	0	0	0		
frec. relativa	0.09	0	90.77	2.07	7.06	0	0	0		
índice de Jaccard	0.000	0.000	0.033	0.006	0.004	0.000	0.000	0.000		
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa		lítica		pedregosa	petrocalci ca		petrocal/ profunda		sin fase física
frec. absoluta	0		22		0	74		0		966
frec. relativa	0		2.07		0	6.97		0		90.96
índice de Jaccard	0.000		0.004		0.000	0.003		0.000		0.027
ALTITUD	1600- 1800	1800- 2000	2000- 2200	2200- 2400	2400- 2600	2600- 2800	2800- 3000	3000- 3200		
frec. absoluta	0	1	0	67	242	429	276	47		
frec. relativa	0	0.09	0	6.31	22.79	40.4	25.99	4.43		
índice de Jaccard	0.000	0.000	0.000	0.004	0.023	0.074	0.135	0.041		
FISIOGRAFIA	cumbres		taludes		cañones	a aluviales		pie de m		valles
frec. absoluta	38		993		8	1		22		0
frec. relativa	3.57		93.50		0.75	0.09		2.07		0
índice de Jaccard	0.067		0.033		0.001	0.000		0.002		0.000
EXPOSICION	norte		sur		este		oeste		cenital	
frec. absoluta	401		217		322		93		29	
frec. relativa	37.75		20.43		30.32		8.75		2.73	
índice de Jaccard	0.016		0.015		0.030		0.008		0.015	
PENDIENTE	0-<10%			10-<20%		21-<30%			=30%	
frec. absoluta	111			66		80			805	
frec. relativa	10.45			6.21		7.53			75.8	
índice de Jaccard	0.005			0.005		0.011			0.040	

Cuadro 10. Asociación Factores Ambientales y Matorral de Encino

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	GEOLOGIA		aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza	
frec. absoluta			128	0	189	0	1843	
frec. relativa			5.35	0	7.9	0	77.08	
indic de Jaccard			0.006	0.000	0.016	0.000	0.073	
	cal/lutita		conglo	lutita	lut/aren	travertin		
frec. absoluta			65	26	0	136	4	
frec. relativa			2.72	1.09	0	5.69	0.17	
indic de Jaccard			0.016	0.009	0.000	0.024	0.001	
EDAFOLOGIA	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermostol
frec. absoluta	1	0	964	22	75	0	0	0
frec. relativa	0.09	0	90.77	2.07	7.06	0	0	0
indic de Jaccard	0.007	0.001	0.071	0.012	0.013	0.000	0.000	0.000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	0	22	0	74	0	966		
frec. relativa	0	2.07	0	6.97	0	90.96		
indice de Jaccard	0.000	0.008	0.000	0.014	0.000	0.059		
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	0	1	0	67	242	429	276	47
frec. relativa	0	0.09	0	6.31	22.79	40.4	25.99	4.43
indice de Jaccard	0.000	0.025	0.036	0.048	0.040	0.037	0.003	0.000
FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	4	2006	146	15	145	84		
frec. relativa	0.16	83.58	6.08	0.62	6.04	3.50		
indice de Jaccard	0.001	0.067	0.024	0.004	0.012	0.005		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital			
frec. absoluta	814	679	220	667	30			
frec. relativa	33.77	28.17	4.12	27.67	1.24			
indice de Jaccard	0.032	0.044	0.018	0.057	0.009			

... Continuación

PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%
frec. absoluta	111	66	80	805
frec. relativa	10.45	6.21	7.53	75.8
índice de Jaccard	0.012	0.025	0.046	0.067

Cuadro 11. Asociación Factores Ambientales y Matorral Inerme

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	GEOLOGIA	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza		
frec. absoluta	482	0	2923	11	1735			
frec. relativa	8.65	0	52.43	0.2	31.12			
índice de Jaccard	0.021	0.000	0.024	0.001	0.061			
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	158	1	183	82	0			
frec. relativa	2.83	0.02	3.28	1.47	0			
índice de Jaccard	0.022	0.000	0.305	0.009	0.000			
SUELOS	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermo sol
frec. absoluta	39	113	2234	23	2278	884	0	0
frec. relativa	0.7	2.03	40.1	0.41	40.89	15.87	0	0
índice de Jaccard	0.004	0.014	0.070	0.002	0.114	0.095	0.000	0.000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	102	946	12	2208	0	2305		
frec. relativa	1.83	16.97	0.22	39.62	0	41.36		
índice de Jaccard	0.018	0.105	0.002	0.104	0.000	0.061		
ALTITUD	1600- 1800	1800- 2000	2000- 2200	2200- 2400	2400- 2600	2600- 2800	2800- 3000	3000- 3200
frec. absoluta	1570	2291	872	516	273	51	0	0
frec. relativa	27.92	40.74	15.5	9.17	4.85	0.91	0	0
índice de Jaccard	0.195	0.204	0.044	0.026	0.018	0.004	0.000	0.000

... Continuación

FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles
frec. absoluta	0	2276	281	602	2267	175
frec. relativa	0	40.63	5.01	10.74	40.47	3.12
indice de Jaccard	0.000	0.069	0.031	0.097	0.174	0.009
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital	
frec. absoluta	4134	265	125	1042	58	
frec. relativa	73.50	4.71	2.22	18.52	1.03	
indice de Jaccard	0.164	0.014	0.008	0.072	0.008	
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%		
frec. absoluta	2269	1145	582	1628		
frec. relativa	40.34	20.36	10.35	28.95		
indice de Jaccard	0.094	0.074	0.051	0.068		

Cuadro 12. Asociación Factores Ambientales y Matorral Desértico Rosetófilo

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
GEOLOGIA	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza			
frec. absoluta	411	0	89	0	1620			
frec. relativa	17.79	0	3.85	0	70.13			
indice de Jaccard	0.021	0.000	0.007	0.000	0.064			
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	113	38	0	39	0			
frec. relativa	4.89	1.65	0	1.69	0			
indice de Jaccard	0.029	0.014	0.000	0.007	0.000			
SUELOS	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermosol
frec. absoluta	146	2	1773	21	336	28	0	7
frec. relativa	6.31	0.09	76.65	0.91	14.53	1.21	0	0.3
indice de Jaccard	0.030	0.000	0.061	0.004	0.018	0.004	0.000	0.002
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalcica	petrocal/profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	2	22	0	378	0	1911		

... Continuación

frec. relativa	0.09	0.95	0	16.34	0	82.62		
indice de Jaccard	0.000	0.003	0.000	0.019	0.000	0.054		
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	14	160	212	307	894	589	115	22
frec. relativa	0.6	6.9	9.14	13.23	38.53	25.39	4.96	0.95
indice de Jaccard	0.002	0.015	0.012	0.018	0.081	0.085	0.033	0.009
FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	41	1704	326	7	104	132		
frec. relativa	1.77	73.63	14.08	0.30	4.49	5.70		
indice de Jaccard	0.015	0.057	0.057	0.002	0.008	0.008		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital			
frec. absoluta	256	1165	206	408	15			
frec. relativa	22.67	50.21	8.87	17.58	0.64			
indice de Jaccard	0.020	0.079	0.017	0.0349	0.004			
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%				
frec. absoluta	289	349	332	1350				
frec. relativa	12.46	15.04	14.31	58.19				
indice de Jaccard	0.012	0.027	0.040	0.064				

Cuadro 13. Asociación Factores Ambientales y Zacatal con Matorral

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S				
	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza
frec. absoluta	495	0	120	0	648
frec. relativa	33.67	0	8.16	0	44.08
indice de Jaccard	0.027	0.000	0.011	0.000	0.025
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin
frec. absoluta	45	56	0	106	0
frec. relativa	3.06	3.81	0	7.21	0
indice de Jaccard	0.144	0.321	0.000	0.229	0.000

... Continuación

SUELOS	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	l	fluvisol	yermo sol
frec. absoluta	143	14	759	61	488	5	0	0
frec. relativa	9.73	0.95	51.63	4.15	33.2	0.34	0	0
indice de Jaccard	0.035	0.003	0.026	0.016	0.027	0.000	0.000	0.000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa			pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica	
frec. absoluta	0	67		0	609	0	794	
frec. relativa	0	4.56		0	41.43	0	54.01	
indice de Jaccard	0.000	0.011		0.000	0.032	0.000	0.022	
ALTITUD	1600- 1800	1800- 2000	2000- 2200	2200- 2400	2400- 2600	2600- 2800	3000	3000- 3200
frec. absoluta	24	36	688	351	295	73	3	0
frec. relativa	1.63	2.44	46.64	23.8	20	4.95	0.2	0
indice de Jaccard	0.044	0.003	0.044	0.022	0.027	0.011	0.001	0.000
FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	0	840	13	15	97	507		
frec. relativa	0	57.06	0.88	1.01	6.59	34.44		
indice de Jaccard	0.000	0.028	0.002	0.005	0.008	0.035		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste		cenital		
frec. absoluta	449	515	179	325		7		
frec. relativa	30.44	34.91	12.13	22.03		0.47		
indice de Jaccard	0.018	0.035	0.016	0.029		0.029		
PENDIENTE	0-<10%		10-<20%		21-<30%		=30%	
frec. absoluta	464		219		127		665	
frec. relativa	31.46		14.85		8.61		45.08	
indice de Jaccard	0.021		0.018		0.016		0.032	

Cuadro 14. Asociación Factores Ambientales y Matorral Micrófilo

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	GEOLOGIA	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza		
frec. absoluta	1864	83	1935	0	1932			
frec. relativa	27.22	1.21	28.26	0	28.22			
índice de Jaccard	.084	.012	.135	.000	.065			
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	231	119	112	556	15			
frec. relativa	3.37	1.74	1.64	8.12	0.22			
índice de Jaccard	.027	.016	.015	.058	.0021			
SUELOS	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermosol
frec. absoluta	449	223	2727	267	2472	659	12	52
frec. relativa	6.54	3.25	39.75	3.89	36.03	9.61	0.17	0.76
índice de Jaccard	.049	.024	.083	.029	.118	.061	.0017	.0075
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	14	475	217	2800	5	3351		
frec. relativa	0.2	6.92	3.16	40.8	0.07	48.83		
índice de Jaccard	.0019	.044	.031	.1281	.0007	.088		
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	778	2658	2042	563	605	193	22	2
frec. relativa	11.12	38	29.19	8.05	8.65	2.76	0.31	0.03
índice de Jaccard	.076	.217	.103	.026	.037	.016	.002	.0002
FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	18	2573	217	46	2392	1653		
frec. relativa	0.26	37.29	3.14	0.66	34.67	23.96		
índice de Jaccard	.002	.076	.021	.005	.169	.089		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital			
frec. absoluta	2777	1337	1076	1645	160			
frec. relativa	39.70	19.11	15.38	23.51	2.28			
índice de Jaccard	.099	.070	.068	.108	.020			

... Continuación

PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%
frec. absoluta	3033	1624	665	1673
frec. relativa	43.36	23.22	9.51	23.92
indice de Jaccard	.123	.099	.052	.066

Cuadro 15. Asociación Factores Ambientales y Áreas Roturadas

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	aluvial		arenisca	are/con	brecha	caliza		
frec. absoluta	6145		0	61	0	49		
frec. relativa	96.39		0	0.96	0	0.77		
indice de Jaccard	.354		.000	.003	.000	.001		
	cal/lutita		conglo	lutita	lut/aren	Travertin		
frec. absoluta	0		38	44	32	6		
frec. relativa	0		0.6	0.69	0.5	0.09		
indice de Jaccard	.000		.005	.006	.003	.0009		
SUELOS	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermostol
frec. absoluta	634	1559	241	2	1678	2241	0	17
frec. relativa	9.95	24.47	3.78	0.03	26.33	35.17	0	0.27
indice de Jaccard	.075	.211	.006	.0002	.078	.256	000	.002
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa		litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica	
frec. absoluta	0		2	28	2169	148	4026	
frec. relativa	0		0.03	0.44	34.03	2.32	63.17	
indice de Jaccard	000		.0001	.004	.098	.023	.109	
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	178	231	4901	1043	19	0	0	0
frec. relativa	2.79	3.62	76.73	16.33	0.3	0	0	0
indice de Jaccard	.017	.016	.300	.052	.001	0000	0000	0000

... Continuación

FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles
frec. absoluta	0	40	175	1	417	5742
frec. relativa	0	0.62	2.74	0.01	6.54	90.07
índice de Jaccard	000	.001	.017	.0001	.026	.4161
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital	
frec. absoluta	19.29	1016	2026	1233	183	
frec. relativa	30.20	15.90	31.72	19.30	2.86	
índice de Jaccard	.068	.054	.142	.082	.025	
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%		
frec. absoluta	5709	603	53	22		
frec. relativa	89.38	9.44	0.83	0.34		
índice de Jaccard	.268	.036	.004	.0008		

Cuadro 16. Asociación Factores Ambientales y Roquedo

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
GEOLOGIA	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza			
frec. absoluta	99	0	88	0	709			
frec. relativa	9.36	0	8.32	0	67.01			
índice de Jaccard	.005	0000	.008	0000	.028			
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	64	7	1	85	5			
frec. relativa	6.05	0.66	0.09	8.03	0.47			
índice de Jaccard	.023	.005	.0006	.020	.004			
SUELOS	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol	yermo sol	
frec. absoluta	28	1	832	47	133	17	0	
frec. relativa	2.65	0.09	78.64	4.44	12.57	1.61	0	
índice de Jaccard	.0075	.0002	.029	.014	.007	.003	0000	
FASES FISICAS	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	0	43	0	177	0	838		
frec. relativa	0	4.06	0	16.73	0	79.21		
índice de Jaccard	0000	0000	0000	.009	0000	.0241		

... Continuación

ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	51	94	179	277	202	168	78	9
frec. relativa	4.8	8.85	16.85	26.08	19.02	15.82	7.34	0.85
indice de Jaccard	.020	.010	.011	.018	.019	.027	.034	.007
FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m			
frec. absoluta	31	781	62	16	99	69		
frec. relativa	2.93	73.81	5.86	1.51	9.35	6.52		
indice de Jaccard	.021	.026	.013	.007	.009	.004		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital			
frec. absoluta	306	322	220	204	10			
frec. relativa	28.81	30.32	20.71	19.20	0.94			
indice de Jaccard	.012	.022	.020	.019	.005			
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%				
frec. absoluta	147	139	117	659				
frec. relativa	13.84	13.09	11.02	62.05				
indice de Jaccard	.006	.011	.016	.032				

Cuadro 17. Asociación Factores Ambientales y Minería

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S				
GEOLOGIA	aluvial	arenisca		brecha	caliza
frec. absoluta	51	0	111	0	94
frec. relativa	19.32	0	42.05	0	35.61
indice de Jaccard	.002	000	.035	000	.037
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin
frec. absoluta	3	0	0	0	5
frec. relativa	1.14	0	0	0	1.89
indice de Jaccard	.001	000	0000	000	.015

... Continuación

SUELOS	casta	feozem	litosol	regosol	rendzi	xerosol	fluvisol	yermo
---------------	--------------	---------------	----------------	----------------	---------------	----------------	-----------------	--------------

	ñozem				na			sol
frec. absoluta	1	30	84	2	99	48	0	0
frec. relativa	0.38	11.36	31.82	0.76	37.50	18.18	0	0
índice de Jaccard	.0003	.0001	.069	.0007	.059	.0009	0000	0000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalcica	petrocal/ profunda	sin fase fisica		
frec. absoluta	27	4	0	144	0	89		
frec. relativa	10.23	1.52	0	54.55	0	33.71		
índice de Jaccard	.065	.0008	000	.008	000	.002		
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	22	204	33	3	2	0	0	0
frec. relativa	8.3	76.98	12.45	1.13	0.75	0	0	0
índice de Jaccard	.0052	.025	.0021	.0002	.0002	000	000	000
FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	0	131	39	15	71	8		
frec. relativa	0	49.62	14.77	5.68	26.89	3.03		
índice de Jaccard	000	.004	.010	.010	.007	.0005		
EXPOSICION	norte	sur	este			cenital		
frec. absoluta	197	1	12	54	1			
frec. relativa	74.34	0.37	4.52	20.37	0.37			
índice de Jaccard	.008	000	.001	.005	.0008			
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%				
frec. absoluta	103	32	40	90				
frec. relativa	38.87	12.08	15.09	33.96				
índice de Jaccard	.0049	.0028	.0061	.0044				

Cuadro 18. Asociación Factores Ambientales y Erosión

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S									
	GEOLOGIA	aluvial		arenisca		are/con		caliza		
frec. absoluta	212		0		140		0 97			
frec. relativa	43.27		0		28.57		0 19.8			
indice de Jaccard	.012		000		.014		000 .003			
	cal/lutita		conгло		lutita		lut/aren			
frec. absoluta	1		6		15		19 0			
frec. relativa	0.2		1.22		3.06		3.88 0			
indice de Jaccard	.0004		.007		.014		.005 000			
SUELOS	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol		yermo sol		
frec. absoluta	82	12	134	41	96	123	0	0		
frec. relativa	16.8	2.46	27.46	8.4	19.67	25.2	0	0		
indice de Jaccard	.026	.003	.004	.014	.005	.024	000	000		
FASES FISICAS	gravosa		litica		pedregosa		petrocalci ca		petrocal/ sin fase fisica	
frec. absoluta	0		51		20		184 0		233	
frec. relativa	0		10.45		4.1		37.7 0		47.75	
indice de Jaccard	000		.010		.026		.010 000		.006	
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200		
frec. absoluta	95	201	136	48	8	0	0	0		
frec. relativa	19.11	40.44	27.36	9.66	1.61	0	0	0		
indice de Jaccard	.021	.024	.008	.003	.0007	000	000	000		
FISIOGRAFIA	cumbres		taludes		cañones		a aluviales		pie de m valles	
frec. absoluta	0		120		0		47 96		230	
frec. relativa	0		24.34		0		9.53 19.47		46.65	
indice de Jaccard	000		.004		000		.029 .009		.017	
EXPOSICION	norte		sur		este		oeste		cenital	
frec. absoluta	256		15		164		53		9	
frec. relativa	51.50		3.01		32.99		10.66		1.81	
indice de Jaccard	.010		.001		.016		.005		.006	

... Continuación

PENDIENTE	0-<10%		21-<30%	=30%
frec. absoluta	225	159	30	83
frec. relativa	45.27	31.99	6.04	16.7
índice de Jaccard	.010	.014	.004	.004

Cuadro 19. Asociación de factores ambientales con Desarrollo Urbano.

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	aluvial		arenisca	are/con	brecha	caliza		
frec. absoluta	431		0	1065	0	14		
frec. relativa	25.96		0	64.16	0	0.84		
índice de Jaccard	.023		000	.106	000	.0005		
	cal/lutita		conglo	lutita	lut/aren	travertin		
frec. absoluta	0		0	150	0	0		
frec. relativa	0		0	9.04	0	0		
índice de Jaccard	000		000	.071	000	000		
SUELOS	casta ñozem	feozem	litosol	regosol	rendzi na	xerosol		yermosol
frec. absoluta	5	28	117	0	1082	422	3	0
frec. relativa	0.3	1.69	7.06	0	65.3	25.47	0.18	0
índice de Jaccard	.001	.006	.003	000	.063	.072	.001	000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa		litica	pedregosa	petrocalci ca	profunda		sin fase fisica
frec. absoluta	29		802	0	699	0		127
frec. relativa	1.75		48.4	0	42.18	0		7.66
índice de Jaccard	.016		.155	000	.037	000		.003
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	1209	448	0	0	0	0	0	0
frec. relativa	68.62	25.43	0	0	0	0	0	0
índice de Jaccard	.2677	.048	000	000	000	000	000	000

... Continuación

FISIOGRAFIA	cumbres	taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles
frec. absoluta	0	23	22	105	1021	540
frec. relativa	0	1.34	1.28	6.13	59.67	31.56
indice de Jaccard	000	.000	.004	.038	.0988	.037
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital	
frec. absoluta	1550	0	5	102	105	
frec. relativa	87.96	0	0.28	5.78	5.95	
indice de Jaccard	.065	000	.0004	.008	.041	
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%		
frec. absoluta	1482	246	26	8		
frec. relativa	84.11	13.96	1.48	0.45		
indice de Jaccard	.070	.019	.003	.0003		

Cuadro 20. Asociación de factores ambientales con Carreteras

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	aluvial		arenisca	are/con	brecha	caliza		
frec. absoluta	82		0	6	0	1		
frec. relativa	92.13		0	6.74	0	1.12		
indice de Jaccard	.004		000	.0006	000	.00004		
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	0	0	0	0	0			
frec. relativa	0	0	0	0	0			
indice de Jaccard	000	000	000	000	000			
SUELOS	casta	feozem	litosol	regosol	rendzi na	fluvisol	yermo sol	
frec. absoluta	18	25	1	0	12	34	0	0
frec. relativa	20	27.78	1.11	0	1.33	37.78	0	0
indice de Jaccard	.006	.009	.000	000	.0007	.007	000	000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci ca	petrocal/	sin fase fisica		
frec. absoluta	0	0	0	12	0	78		
frec. relativa	0	0	0	13.33	0	86.67		

... Continuación

indice de Jaccard	000	000	000	000	000	000	000	.0022
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	0	16	75	0	0	0	0	0
frec. relativa	0	13.68	64.1	0	0	0	0	0
indice de Jaccard	000	.002	.005	000	000	000	000	000
FISIOGRAFIA		taludes	cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	0	0	1	0	42	55		
frec. relativa	0	0	1	0	42.85	56.12		
indice de Jaccard	000	000	.0002	000	.0043	.0041		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital			
frec. absoluta	21	14	22	32	28			
frec. relativa	17.94	11.96	18.80	27.35	23.93			
indice de Jaccard	.0008	.001	.002	.003	.028			
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%				
frec. absoluta	111	5	1	0				
frec. relativa	94.87	4.27	0.85	0				
indice de Jaccard	.005	.0004	.0001	000				

Cuadro 21. Asociación de factores ambientales con el Desarrollo Rural

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S							
	aluvial	arenisca	are/con	brecha	caliza			
frec. absoluta	441	0	156	0	39			
frec. relativa	63.36	0	22.41	0	5.6			
indice de Jaccard	.025	000	.015	000	.001			
	cal/lutita	conglo	lutita	lut/aren	travertin			
frec. absoluta	0	0	1	0	0			
frec. relativa	0	0	0.14	8.48	0			
indice de Jaccard	000	000	000	.015	000			
SUELOS	casta ñozem	feozem	regosol	rendzi na	xerosol	fluvisol	yermo sol	
frec. absoluta	26	27	25	59	530	29	0	0

... Continuación

frec. relativa	3.79	3.88	3.59	8.48	76.15	4.17	0	0
indice de Jaccard	.007	.008	.0008	.019	.031	.005	000	000
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa	litica	pedregosa	petrocalci	ca	petrocal/ profunda	sin fase fisica	
frec. absoluta	0	57	6	534	0	99		
frec. relativa	0	8.19	0.86	76.72	0	14.22		
indice de Jaccard	000	.015	.006	.029	000	.002		
ALTITUD	1600-1800	1800-2000	2000-2200	2200-2400	2400-2600	2600-2800	2800-3000	3000-3200
frec. absoluta	4	24	298	367	3	0	0	0
frec. relativa	0.57	3.45	42.82	52.73	0.43	0	0	0
indice de Jaccard	.0008	.002	.019	.024	.0002	000	000	000
FISIOGRAFIA	cumbres		cañones	a aluviales	pie de m	valles		
frec. absoluta	0	167	78	0	146	305		
frec. relativa	0	23.99	11.20	0	20.97	43.82		
indice de Jaccard	000	.005	.018	000	.014	.022		
EXPOSICION	norte	sur	este	oeste	cenital			
frec. absoluta	204	170	201	117	4			
frec. relativa	29.31	24.42	28.87	16.81	0.57			
indice de Jaccard	.008	.012	.019	.011	.002			
PENDIENTE	0-<10%	10-<20%	21-<30%	=30%				
frec. absoluta	431	208	34	23				
frec. relativa	61.93	29.89	4.89	3.3				
indice de Jaccard	.020	.018	.004	.001				

Cuadro 22. Asociación de factores ambientales con las Plantaciones.

FACTOR AMBIENTAL	P E R F I L E S				
	aluvial	arenisca	are/con		caliza
frec. absoluta	342	0	694	0	76
frec. relativa	30.65	0	62.19	0	6.81
indice de Jaccard	.019	000	.070	000	.002

... Continuación

	cal/lutita		conгло		lutita		lut/aren		travertin	
frec. absoluta	2		0		0		2		0	
frec. relativa	0.18		0		0		0.18		0	
indice de Jaccard	0.000		0.000		0.000		0.000		0.000	
SUELOS	casta	feozem	litosol	regosol	rendzi na		fluvisol	yermo sol		
frec. absoluta	15	88	158	2	850	3	0	0		
frec. relativa	1.34	7.89	14.16	0.18	76.16	0.27	0	0		
indice de Jaccard	.003	.024	.005	.0005	.050	.0005	000	000		
FASES FISICAS DEL SUELO	gravosa		litica		pedregosa		petrocalci ca		petrocal/ sin fase fisica	
frec. absoluta	0		2		0		850		0	
frec. relativa	0		0.18		0		76.16		0	
indice de Jaccard	000		.0003		000		.047		000	
ALTITUD	1600- 1800	2000	2000- 2200	2200- 2400	2400- 2600	2600- 2800	2800- 3000	3000- 3200		
frec. absoluta	13	761	223	117	2	0	0	0		
frec. relativa	1.16	67.76	19.86	10.42	0.18	0	0	0		
indice de Jaccard	.002	.092	.014	.007	.0001	000	000	000		
FISIOGRAFIA	cumbres		taludes		cañones		a aluviales		pie de m valles	
frec. absoluta	0		83		0		143		712	
frec. relativa	0		7.73		0		13.32		66.35	
indice de Jaccard	000		.002		000		.068		.0711	
EXPOSICION	norte		sur		este		oeste		cenital	
frec. absoluta	689		171		25		228		0	
frec. relativa	61.90		15.36		2.24		20.40		0	
indice de Jaccard	.028		.011		.002		.021		000	
PENDIENTE	0-<10%		10-<20%		21-<30%		=30%			
frec. absoluta	779		281		43		20			
frec. relativa	69.37		25.02		3.83		1.78			
indice de Jaccard	.037		.023		.005		.0009			