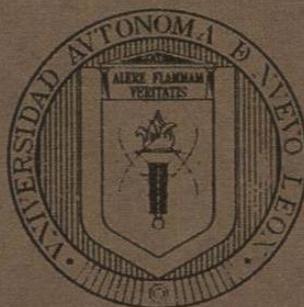


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCION DE POSTGRADO



ANÁLISIS DE LA CUBIERTA VEGETAL Y PROPUESTA PARA LA  
ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA DEL CERRO "EL POTOSÍ", GALEANA,  
N.L., MÉXICO

TESIS DE MAESTRIA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

BIOL. MARIO ALBERTO GARCIA ARANDA

LINARES, N.L.

JULIO DE 1996

T.M

Z5991

FCF

1996

G3



1020115667

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCION DE POSTGRADO



ANÁLISIS DE LA CUBIERTA VEGETAL Y PROPUESTA PARA LA  
ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA DEL CERRO "EL POTOSÍ", GALEANA,  
N.L., MÉXICO

TESIS DE MAESTRIA

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

BIOL. MARIO ALBERTO GARCIA ARANDA

LINARES, N.L.

JULIO DE 1996

TM  
Z5991  
FCF  
1996  
G3



FONDO TES S

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

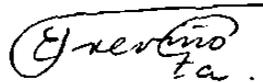
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

" Análisis de la cubierta vegetal y Propuesta para la zonificación ecológica  
del cerro "El Potosí", Galeana, N.L., México"

TESIS DE MAESTRIA  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES  
PRESENTA:

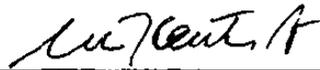
Biol. Mario Alberto García Aranda

Comisión de Tesis:



---

Dr. Eduardo J. Treviño Garza  
Presidente



---

Secretario  
Dr. Cesar M. Cantú Ayala



---

Vocal  
Dr. Javier Jiménez Pérez



---

Asesor Externo  
M.C. Glafiro Alanís Flores

Campus Linares, N.L.

Julio de 1996

## INDICE

	Página
Dedicatoria . . . . .	i
Agradecimientos . . . . .	ii
Resumen . . . . .	iii
Summary . . . . .	iv
Indice . . . . .	v
Indice de tablas . . . . .	viii
Indice de figuras . . . . .	x
1. Introducción . . . . .	1
2. Objetivos . . . . .	3
2.1 Justificación . . . . .	3
3. Antecedentes . . . . .	5
3.1 Estudios de la vegetación en el cerro "El Potosí" . . . . .	5
3.2 Uso de imágenes de satélite en estudios de la vegetación . . . . .	6
3.3 Empleo de los Sistema de Información Geográfica en el manejo de los recursos naturales . . . . .	9
4. Descripción del área de estudio. . . . .	12
4.1 Localización . . . . .	12
4.2 Fisiografía . . . . .	14
4.3 Geología y suelos . . . . .	14
4.4 Clima . . . . .	14
4.5 Vegetación y uso del suelo . . . . .	16
5. Materiales de laboratorio y campo . . . . .	18
6. Metodología . . . . .	19
6.1 Procesamiento de la imagen de satélite . . . . .	19
6.1.1 Corrección geométrica y realces . . . . .	19
6.1.2 Preparación del material . . . . .	20
6.1.3 Clasificación de las imágenes . . . . .	21
6.1.4 Determinación de áreas de entrenamiento . . . . .	23

6.1.5	Análisis de firmas espectrales	23
6.1.6	Algoritmo de clasificación	24
6.1.7	Verificación de las clases determinadas en el mapa de vegetación	25
6.1.8	Criterios de postclasificación en base a datos adicionales	26
6.2	Elaboración del sistema de información geográfica (SIG)	28
6.3	Criterios de zonificación y manejo de los recursos forestales	29
6.4	Trabajo de campo	29
6.4.1	Selección de los sitios	29
6.4.2	Levantamiento de información	30
6.5.3	Colecta de material botánico	31
6.5.4	Análisis de los datos de campo	31
7.	Resultados	32
7.1	Procesos de clasificación	32
7.1.1	Clasificación de la imagen	35
7.2	Sistema de información geográfica	38
7.2.1	Geología	38
7.2.2	Suelos	38
7.2.3	Vegetación y uso del suelo 1971	38
7.2.4	Límite catastral del área de estudio.	40
7.3	Análisis de la vegetación	41
7.3.1	Pradera alpina y subalpina	42
7.3.2	Matorral de <i>Pinus culminicola</i>	43
7.3.3	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	45
7.3.4	Bosque de <i>Abies vejarii</i> - <i>Pseudotsuga menziesii</i> .	47
7.3.5	Chaparral	49
7.3.6	Bosque de <i>Quercus spp.</i>	51
7.3.7	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>	53
7.3.8	Bosque de <i>Pinus arizonica</i>	55
7.3.9	Bosque de <i>P. cembroides</i> - <i>P. arizonica</i>	56

7.3.10 Areas abiertas sin vegetación natural . . . . .	57
8. Discusión . . . . .	59
8.1 Procesos de clasificación . . . . .	59
8.1.1 Imagen Landsat MSS (1973) . . . . .	59
8.1.2 Imagen Landsat TM (1993) . . . . .	61
8.2 Sistema de información geográfica . . . . .	63
8.3 Análisis de resultados de campo . . . . .	64
8.4 Propuesta de manejo para el cerro “El Potosí”.. . . .	66
9. Conclusión . . . . .	75
10. Recomendaciones . . . . .	76
11. Literatura citada. . . . .	77
12. Anexo . . . . .	84

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
4.1 Niveles de clasificación de los tipos de cobertura en el cerro "El Potosí". . . . .	17
6.1 Sensores de las imágenes Landsat MSS y TM . . . . .	20
6.1 Criterios de reclasificación de las clases problema en la imagen - MSS 1973. . . . .	27
6.2 Criterios de reclasificación de las clases problema en la imagen- TM 1993. . . . .	27
7.2 Listado de especies presentes en el área de estudio por tipo de ve- getación. . . . .	89
7.3 Análisis espacial de los substratos geológicos . . . . .	39
7.4 Análisis espacial de los tipos de suelo . . . . .	39
7.5 Análisis espacial de la vegetación de 1971 . . . . .	40
7.6 Relación de predios . . . . .	41
7.7 Parámetros observados en los sitios de observación y muestreo.	42
7.8 Parámetros del Bosque de <i>P. hartwegii</i> exposición este. . . . .	45
7.9 Parámetros del Bosque de <i>P. hartwegii</i> exposición suroeste. . . . .	46
7.10 Parámetros del Bosque de <i>Abies - Pseudotsuga</i> exposición este	48
7.11 Parámetros del Bosque de <i>Abies - Pseudotsuga</i> exposición norte	48
7.12 Parámetros del Chaparral. . . . .	51
7.13 Parámetros del Bosque de <i>Quercus spp.</i> . . . . .	53
7.14 Parámetros del Bosque de <i>P. cembroides</i> . . . . .	54
7.15 Parámetros del Bosque de <i>P. arizonica.</i> . . . . .	56
7.16 Parámetros del Bosque de <i>P. cembroides - P. arizonica.</i> . . . . .	57
7.17 Listado de campos de entrenamiento utilizados en la clasifica- ción de la imagen TM 1993. . . . .	85
7 18 Matriz de contingencia generada en la clasificación de la ima-	

gen TM 1993. . . . .	86
7.19 Listado de campos de entrenamiento utilizados en la clasificación de la imagen MSS 1973. . . . .	87
7.20 Matriz de contingencia generada en la clasificación de la imagen MSS 1993. . . . .	88
8.1 Análisis espacial de coberturas por clase en el área de estudio, Landsat MSS 1973. . . . .	61
8.2 Análisis espacial de coberturas por clase en el área de estudio, - Landsat TM 1993. . . . .	62

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
4.1 Diagrama de ubicación del área de estudio.	12
4.2 Imagen de satélite con ubicación del área de estudio.	13
4.3 Distribución mensual de temperatura y precipitación en las estaciones Galeana 19-015 y El Potosí 19-076	15
6.1 Esquema de la metodología de clasificación de las imágenes.	22
7.1 Clases temáticas de áreas abiertas en la imagen MSS 1973.	33
7.2 Clases temáticas de la vegetación baja en la imagen MSS 1973.	33
7.3 Clases temáticas de áreas con bosque en la imagen MSS 1973.	33
7.4 Clases temáticas de áreas abiertas en la imagen TM 1993.	34
7.5 Clases temáticas de la vegetación baja en la imagen TM 1993.	34
7.6 Clases temáticas de áreas con bosque en la imagen TM 1993.	34
7.7 Cobertura por ha en el estrato bajo del Bosque de <i>Pinus hartwegii</i> .	46
7.8 Area basal por ha en el estrato alto del Chaparral.	50
7.9 Cobertura por ha en el estrato alto del Chaparral.	50
7.10 Area basal por ha en el estrato alto y medio del Bosque de <i>Quercus spp</i> .	52
7.11 Cobertura por ha en el estrato alto y medio del Bosque de <i>Quercus spp</i> .	52
7.12 Cobertura por ha en el Bosque de <i>Pinus cembroides</i> .	55
7.13 Mapa de vegetación del cerro "El Potosí" 1973.	35
7.14 Mapa de vegetación del cerro "El Potosí" 1993.	37
7.15 Mapa de zonificación con la propuesta de manejo del cerro "El Potosí".	69

## RESUMEN

La localidad del cerro "El Potosí" representa para el estado de Nuevo León un sitio con características muy especiales en altitud, endemismo y a la vez una fuente importante de recursos naturales, por este motivo, se realizó un estudio para conocer el estado actual de la vegetación del área empleando imágenes de satélite para su clasificación; las imágenes utilizadas para el estudio fueron Landsat MSS de 1973 y TM 1993; la técnica de clasificación digital utilizada fue del tipo *supervisada*, para establecer *áreas de entrenamiento* se realizaron visitas previas al área de estudio para ser usadas en el clasificador de *máxima verosimilitud*. Se reconocieron 14 tipos de cobertura principales en el área, entre las que destacan : pradera alpina, matorral de coníferas (*Pinus culminicola*), bosque de *Pinus hartwegii*, bosque de *P. cembroides*, bosque de *P. arizonica*, bosque de *Quercus* spp., bosque de *P. arizonica - P. cembroides*, chaparral, pastizales y cultivos. Con el resultado de las clasificaciones se elaboraron mapas de vegetación del cerro "El Potosí" para 1973 y 1993.

A su vez, se reportan resultados de densidad, cobertura, y área basal obtenidos en campo, para los diferentes tipos de vegetación.

Se elaboró un Sistema de Información Geográfica para el área que incluye información sobre topografía (altitud, pendiente y exposición), geología, los tipos de suelo principales, la infraestructura (red de caminos, eléctrica, poblaciones cercanas) y el régimen de propiedad del terreno. También se establecen propuestas para el manejo racional del área, en ellas se proponen tres zonas principales de manejo que son la zona de conservación, la zona de recuperación del hábitat, y la zona de manejo y uso sustentable del recurso. Con la propuesta se incluye un mapa de zonificación del Cerro integrado al SIG.

## SUMMARY

The location of the "El Potosí" represents a special site for the state of Nuevo León with characteristic very special in altitude, endemism and at the same time an important source of natural resources, for this motive the study was in order to know the current state of the vegetation of the area employing remote sensing and image interpretation for their classification; the images utilized for the study were Landsat MSS 1973 and TM 1993; the technique utilized for the classification was a *supervised* type in which they were carried out previous visits to the area of study in order to establish *training samples* utilized in the clasificator of *maximum likelihood*; 14 types of vegetation in the area between those are recognized that they highlight : alpine prairie, heath of conifers (*Pinus culminicola*), forest of *Pinus hartwegii*, forest of *P. cembroides*, forest of *P. arizonica*, forest of *Quercus* spp., forest of *P. arizonica* - *P. cembroides*, chaparral, grasses and agriculture. With the result of the classifications maps of vegetation of the Hill for 1973 and 1993 were elaborated.

Results of density, cover, and basal area are gotten in field, for the several types of vegetation of the area.

A Geographical Information System of the area was elaborated that include information on topography (altitude, slope and exposition), the geology of the zone, the types of principal soils, the infrastructure (net of roads, electric lines, near populations), and the regimen of property of the land.

They also settled down nominative for the rational handling of the area, they in them propose three principal zones of handling that are the zone of conservation, the zone of recuperation of the habitat, and the zone of handling and stable use of the resource With the management proposal a map of zonification is included in the GIS

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la cadena montañosa de la Sierra Madre Oriental, el cerro "El Potosí" se encuentra entre los de mayor importancia por su altitud (3,670 msnm) así como también por las características de su fisiografía, que dan como resultado la formación de una variedad de microclimas que generan cierto grado de endemismo como producto de su aislamiento con respecto a otras montañas de similar o mayor altitud, sin embargo en algunas zonas sus comunidades florísticas se han visto afectadas en los últimos años debido a manejos inadecuados de los recursos naturales propiciando alteraciones y en ciertos casos la desaparición de la vegetación original.

El pastoreo extensivo, la construcción de caminos y brechas, la extracción de minerales y los incendios que ha sufrido la zona hace más de veinte años han acelerado los cambios en la fisonomía del área. Por lo antes mencionado el cerro "El Potosí" ha sufrido cambios en sus comunidades biológicas, así como también en los suelos por su alto grado de erodabilidad por ausencia de una cobertura vegetal.

Tales cambios deben ser evaluados y registrados para establecer una estrategia adecuada de recuperación tanto de las zonas alteradas como de las que aun conservan determinadas condiciones naturales

Bajo el régimen actual de intensa actividad en la explotación de los recursos forestales, debido al incremento poblacional ha provocado una mayor presión sobre estos recursos, por lo anterior, es de primordial importancia utilizar nuevas metodologías que permitan inventariar y actualizar la

información de los recursos naturales existentes de una manera rápida y eficiente.

El desarrollo de las técnicas no fotográficas de percepción remota obtenida desde satélites permite obtener imágenes que representan una amplia región de manera periódica. Estas imágenes son capturadas con equipos de sensores multiespectrales que registran la energía electromagnética reflejada o emitida desde la superficie del terreno, los datos digitales obtenidos por el sensor llamado mapeador temático (TM) del satélite Landsat registran la información con una cobertura de 185 km. Cada elemento de la imagen o pixel (*picture element*) es la representación más simple en el registro de una imagen y equivale a un área de 30 metros cuadrados.

Una de las técnicas a emplear para la clasificación de imágenes es el procesamiento digital. Dentro de estos procesos, el más utilizado es la clasificación de datos multiespectral, que consiste en discriminar los diferentes tipos de vegetación y usos del suelo bajo patrones espectrales característicos de la imagen.

El reconocimiento de las comunidades (fitocenosis) y su distribución es fundamental para entender los parámetros de ésta como son su extensión, estructura, composición florística y las relaciones entre ellas y su medio.

El análisis de la información proporcionada por la imagen de satélite permitirá la actualización y planeación adecuada del manejo de los recursos, lo que traerá como consecuencia beneficios directos como son la producción de madera, y beneficios indirectos como la conservación de fauna silvestre, el turismo, la recreación, bancos genéticos *in situ*, conservación de cuencas y estabilización de funciones hidrológicas, microclimas, retención del suelo, etc.

## 2. OBJETIVOS

1. Elaborar la cartografía y cuantificación de la superficie ocupada por los diferentes tipos de comunidades vegetales presentes en el cerro "El Potosí", Galeana, N.L. en los años de 1973 y 1993 con el apoyo de técnicas de percepción remota.
2. Analizar y describir con observación y colecta en campo las comunidades vegetales en su estado actual.
3. Crear una base de datos georeferenciados del área con el fin de integrar un Sistema de Información Geográfica (SIG).
4. Establecer propuestas para la protección y el manejo racional de los recursos forestales presentes en el área de estudio; indicando las áreas de manejo en un mapa de zonificación.

### 2.1 Justificación

Actualmente una fracción de la situación de crisis mundial se caracteriza por un creciente deterioro ambiental que en la mayoría de los casos, es irreversible y se revierte hacia nuestra sociedad como un problema.

México cuenta con una biodiversidad importante; existe una flora de cerca de 30,000 especies que representa el diez por ciento a nivel mundial. Como un ejemplo de lo anterior se tiene el dato de que en México se encuentra el mayor número de especies de cactáceas, agaváceas, de *Quercus* (encinos) y *Pinus* (pinos).

El cerro "El Potosí" tiene características de altitud únicas en toda la Sierra Madre Oriental, así como especies de flora y fauna endémicas para la región, tales peculiaridades justifican la realización de estudios tendientes a evaluar las características de su vegetación.

Bajo la actual situación en el país es importante hacer estudios que a su vez ayuden a conocer el estado actual de los recursos naturales y que los mismos nos marquen la pauta a seguir con respecto a su conservación y manejo.

### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Estudios de la vegetación en el cerro “El Potosí”

El cerro “El Potosí” ha sido objeto de diversos estudios por sus características típicas de altitud y el endemismo existente, Müeller (1937) en sus análisis de vegetación y clima del noreste de México menciona que las zonas de mayor altitud están cubiertas por un bosque subalpino (*Pinus montezumae*, *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga mucronata*), y que representan un equivalente latitudinal de los bosques subalpinos del hemisferio norte, debido a la presencia de una línea altitudinal límite de vegetación arbórea y una pradera alpina a los 3,800 msnm en el cerro “El Potosí”. Posteriormente se denominó el clima de la zona como alpino encontrando en ella, una Pradera Alpina con elementos arrosetados y un bosque bajo de pinos, Müeller (1939), el cual se describió como una nueva especie de pino, *Pinus culminicola* Beaman & Andersen, además de caracterizar la flora de la cima del Cerro como propia y diferente de otras praderas alpinas en el país, (Andresen y Beaman 1961 y 1966).

Capó (1972) reporta para el cerro “El Potosí” las especies de la familia Pinaceae: *Juniperus monticola compacta*, *Juniperus monosperma* var. *gracilis*, *Abies vejarii*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus culminicola*, *Pinus cembroides*, *Pinus greggii*, *Pinus hartwegii*, *Pinus arizonica*, y *Pseudotsuga* sp., y menciona que existen en Nuevo León especies de coníferas endémicas en las regiones más frías y húmedas como el caso de *Pinus culminicola*

En estudios oficiales (SARH, 1973 y 1978) se han realizado muestreos de la vegetación del Cerro, clasificándola dentro de sus Coeficientes de Agostadero como Vegetación de Páramos de Altura.

Rzedowski (1981) hace referencia a la zona, describiendo como matorral de *Pinus culminicola* de la cual sólo se conoce un estrecho cinturón entre los 3,450 y 3,650 m, intercalándose entre el bosque de *Pinus hartwegii* y la pradera alpina en un área de aproximadamente 0.5 km<sup>2</sup>.

Passini (1982) en su tesis doctoral presentó un perfil de vegetación de Galeana, se incluye el cerro "El Potosí" en el que presenta siete formaciones de vegetación entre las altitudes de 2,000 y 3,750 msnm.

En lo que respecta a comparaciones retrospectivas de la vegetación en el área Sánchez, et al (1987) hicieron estudios sobre los cambios en la comunidad de *Pinus culminicola* ocurridos en los últimos 27 años en base a fotografías aéreas de 1960, 1970, y observaciones recientes. De este estudio encontraron 106 ha en las fotografías de 1960, y para 1970 había 38 ha destruidas por el fuego, también concluye que *P. culminicola* muestra una activa regeneración en algunos sitios, incluso en áreas ocupadas por *Pinus hartwegii* que son utilizadas para explotación forestal debido a la competencia por luz de las áreas abiertas.

García (1989) también encontró una disminución de área considerable de comunidades del cerro como son la Pradera Alpina, Pradera Subalpina y el matorral de *Pinus culminicola*.

### **3.2 Uso de imágenes de satélite en estudios de la vegetación**

Dentro de las principales aplicaciones que tiene el empleo de las imágenes de satélite se encuentran la cartografía de la cobertura vegetal del suelo; la rápida evaluación de condiciones de estrés en la vegetación por efectos de sequía o deforestación; la cartografía de áreas incendiadas y el

seguimiento de los ritmos de repoblación natural; la realización de inventarios forestales, etc. En la estimación de índices de vegetación o medidas cuantitativas necesarias para hacer la cartografía de zonas naturales de vegetación, Giddings (1980).

Lozano (1981), hizo un mapa de uso actual del suelo en la Cuenca de Perote-Libres en los estados de Veracruz y Puebla, identificando 10 clases espectrales correspondientes a matorrales, bosques, cultivos y lagunas, con una precisión de 85.9 % (entre 53.8-100%).

La Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) ha hecho uso de los datos multiespectrales en la identificación de cultivos en la zona de El Bajío, Ramos (1980); en la clasificación de cultivos de caña de azúcar, Miranda (1983); en la detección y cuantificación de mantos de Sargazo, Arredondo (1982).

Se han realizado planos de vegetación en el sureste del estado de Jalisco usando fotografías aéreas en infrarrojo e imágenes de satélite por Cámara (1982).

La percepción remota se ha utilizado en evaluaciones de los recursos naturales en muchos países, entre ellos Colombia, Molina (1989) C.I.A.F.

Velázquez (1992), realizó un estudio detallado de la vegetación de los volcanes Tlaloc y Pelado, áreas donde se distribuye una especie de conejo en peligro de extinción (*Romerolagus diazi*) con el propósito de elaborar un levantamiento de aptitud de hábitat. Detectó un total de 13 comunidades naturales y 3 culturales, sus resultados son un punto de partida para la conservación y el manejo del hábitat del conejo de los volcanes.

Con los análisis de las imágenes es posible relacionar los valores espectrales contenidos de las bandas de una imagen de satélite con la regeneración de los bosques, Fiorella y Ripple (1993) encontraron una fuerte correlación inversa entre los valores de las bandas 1, 2, 3, 5, 6, y 7 de una imagen TM y sitios de *Pseudotsuga menziesii* de 2 a 35 años, gracias a que los árboles de mayor edad generan mayor sombra impidiendo la reflexión hacia el espacio.

Evans, et al (1992) generaron un mapa de vegetación para México utilizando el Sistema de Alta Resolución (AVHRR) del Servicio Forestal (USDA.), se prevé que dichos documentos servirán en un futuro próximo para la elaboración de inventarios nacionales forestales.

En estudios regionales realizados recientemente Treviño (1992) utilizó imágenes de satélite en la elaboración de la cartografía de la vegetación para la zona montañosa de la Sierra Madre Oriental.

Lauver y Whistler (1993) desarrollaron la clasificación supervisada y no supervisada de imágenes TM de la localidad de Anderson en Arkansas, Estados Unidos, para identificar pastizales de alta calidad, a través de un análisis discriminador donde se seleccionaron bandas de la imagen y algunas transformaciones de éstas que fueran significativas en la diferenciación tanto de los pastizales de alta calidad como de los hábitats de especies raras, esenciales para la planeación en la conservación de la diversidad biológica.

Fuller, Groom y Jones (1994) elaboraron un mapa de tipos de cobertura del terreno en la Gran Bretaña en base a imágenes Landsat TM, empleando el método de clasificación supervisada y el algoritmo Bayesiano de Máxima Verosimilitud.

### **3.3 Empleo de los Sistemas de Información Geográfica en el manejo de los recursos naturales**

Kenton M. (1980) señala que el conflicto para el uso del espacio de las áreas susceptibles a protección se resuelve por medio de una técnica de planificación llamada ZONIFICACIÓN. En donde el territorio en interés se subdivide en tres tipos de unidades : ZONAS de dirección o de manejo que son capaces de cumplir uno o varios de los objetivos pretendidos para el área, se han sugerido siete tipos de zona básicos: Zona Intangible o Científica, Zona primitiva, Zona de uso extensivo, Zona de uso intensivo, Zona Histórico-Cultural, Zona de Recuperación.

Curiel, et al (1988) elaboraron un SIG en el Bosque La Primavera, Guadalajara, Jalisco, para establecer un plan de manejo a través de la zonificación de áreas para el desarrollo en base a dos criterios: una serie de zonificaciones encaminadas a la conservación que incluyen la vegetación, fauna, y el paisaje, de ésta se genera por superposición la zonificación de valores ecológicos; y otra serie fue la zonificación para el desarrollo que incluye suelos, topografía e hidrografía en divididos en criterios para el desarrollo como; leve (donde es posible el desarrollo), medio (donde el desarrollo tiene ciertas restricciones) y fuerte (donde las características del terreno son inadecuadas), a través de una superposición de ambos tipos de zonificación se estableció una zonificación en particular para el manejo que incluye zonificaciones de protección forestal y refugio de la fauna silvestre en el Bosque La Primavera.

Moore y Ormazábal (1988) en la Planificación de Sistemas Nacionales de áreas Silvestres Protegidas en América Latina, dentro de los pasos a seguir en la creación de áreas protegidas proponen dentro del paso III de recopilación de antecedentes sobre áreas protegidas existentes y potenciales, proponen

como paso uno la preparación de mapas temáticos con la misma escala como los de flora, fauna, geomorfología, suelos, infraestructura caminera y ciudades, al superponer un mapa propuesto de áreas protegidas con los distintos mapas temáticos, se podrá identificar preliminarmente las carencias y sobrerrepresentaciones que pudiera tener el conjunto de áreas de interés.

Moore, et al (1989) mencionan que en la determinación de los límites de un parque nacional hay que considerar que un área indefinida que posea los atributos prominentes para justificar su establecimiento como área protegida. Se comienza siempre con la definición de los objetivos para los que se pretende delimitar, lo cual establece la base para las primeras condiciones generales en cuanto al tamaño del parque. Es importante que las áreas incluídas dentro de los límites del parque se justifiquen en el plan, y puede requerir también que se indique cuáles podrían ser las alternativas para el uso de la tierra que se propone incluir dentro del perímetro del área protegida.

Jardel, et al (1992) estableció una estrategia para el manejo de la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán, entre los estados de Jalisco y Colima, en un análisis hecho a la zonificación propuesta por el decreto federal encuentra que existen fallas debido principalmente a que se establece de manera muy general y fue realizada con información de campo limitada y preliminar, posteriormente la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología modificó dicha zonificación sin conocimiento del terreno, con éstas modificaciones algunas zonas como; la núcleo y la de amortiguamiento quedaron ubicadas en áreas que por sus características no corresponden a lo establecido.

Melo G. C. (1994) Establece una propuesta para una nueva zonificación del Parque Nacional "El Chico", en el estado de Hidalgo, basado principalmente en la clasificación propuesta por la FAO para zonificación de

áreas protegidas, y tomando en cuenta características del terreno como el relieve, capacidad de recarga acuífera (donde hay mas infiltración que escurrimientos superficiales), características ecológicas del área, tales como las especies presentes en cada sitio y su grado de perturbación, el desarrollo y exuberancia de la vegetación, etc.

## 4. DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se presenta una breve descripción de las características de la zona de estudio, su situación geográfica y política, las características de su clima, topografía, principales tipos edafológicos, y su vegetación.

### 4.1 Localización

El cerro "El Potosí" se sitúa dentro de el Municipio de Galeana, en el sur del estado de Nuevo León, México; entre los  $24^{\circ}50'35''$  y  $24^{\circ}53'16''$  de latitud norte y los  $100^{\circ}13'12''$  a  $100^{\circ}15'12''$  de longitud oeste, las coordenadas geodésicas UTM (Universal Transversal de Mercator) son de 2745000 a 2770000 Norte y de los 370000 a los 382000 Este. La figura 4.1 muestra un diagrama general de la ubicación del área de estudio.

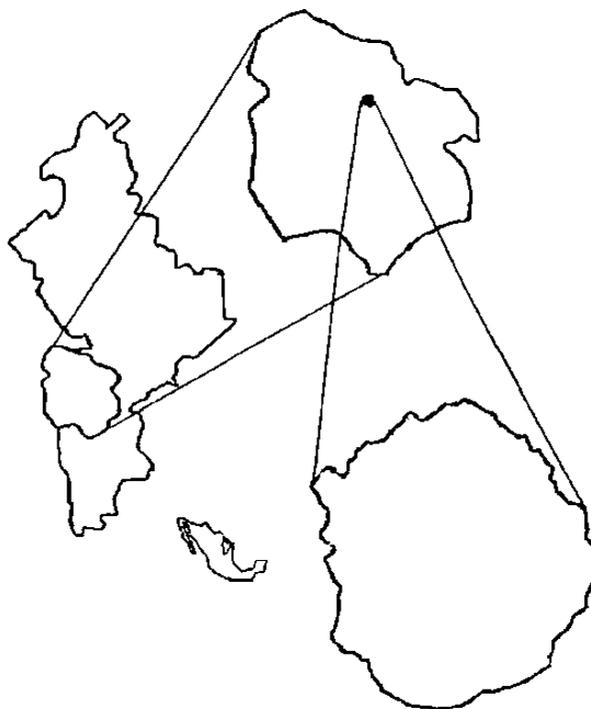


Figura 4.1 Diagrama de ubicación del área de estudio

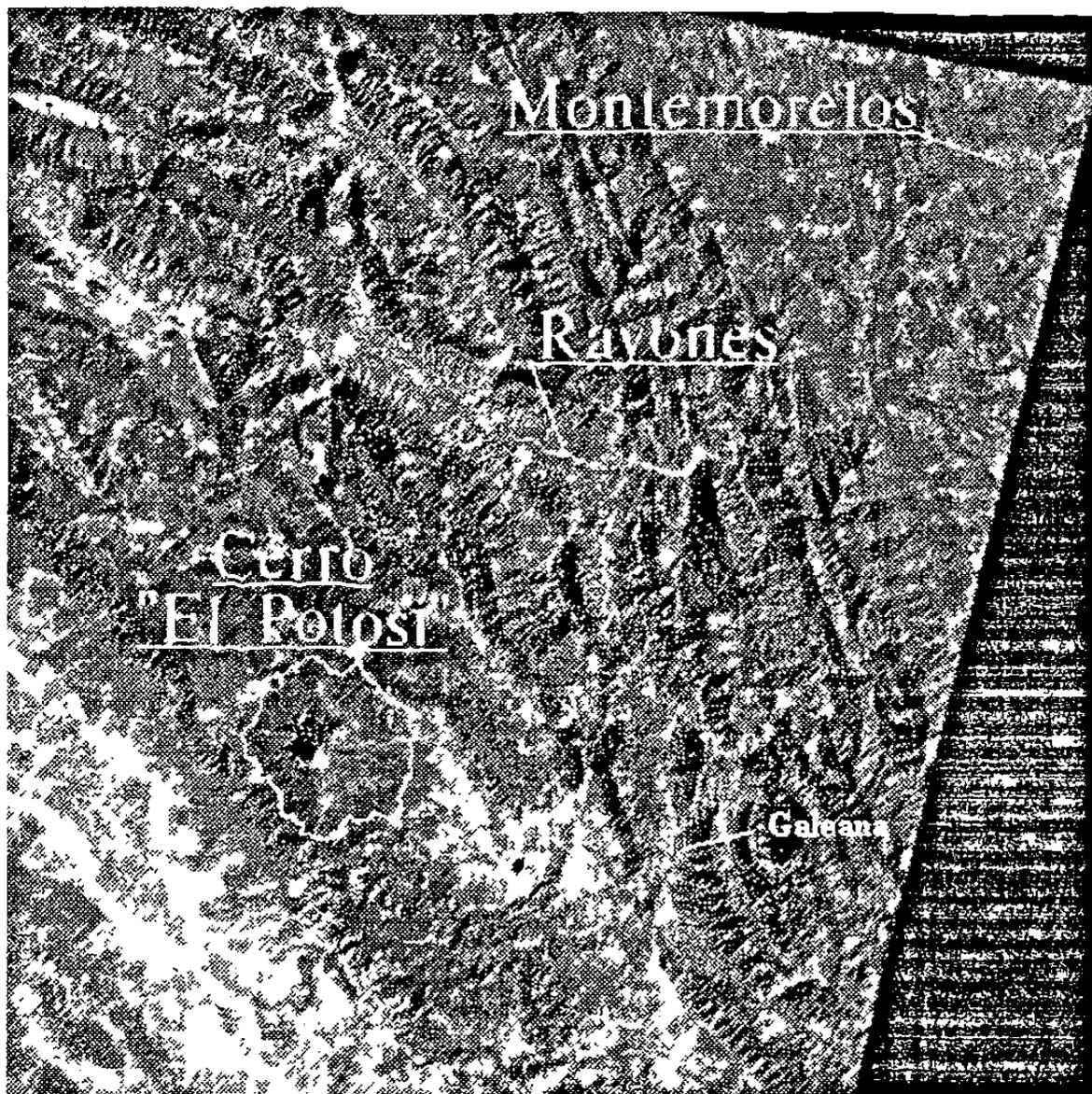


Figura 4.2: Imagen de satélite con la ubicación del área de estudio.

## **4.2 Fisiografía**

La zona de estudio pertenece a la región fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, Subprovincia de la Gran Sierra Plegada, sistema de topofomas de la Sierra Pliegue Flexionada, tiene una orientación semicircular Oeste-Este-Sureste, y una altitud entre los 2,000 en las laderas al este y los 3,200 hacia el oeste de cara al altiplano, y una altitud máxima de 3,700 msnm con pendientes abruptas.

## **4.3 Geología y suelos**

El principal componente geológico en el Cerro es la roca caliza de origen sedimentario marino, con yeso y lutita pertenecientes a la era del Mesozoico y una pequeña zona de material aluvial en la región suroeste.

El suelo predominante es el litosol combinado con rendzina, con menores proporciones de litosol y rendzina, además de castañozem, regosol y feozem en las laderas del oeste, suelos delgados, oscuros con un alto contenido de materia orgánica (DETENAL, 1977 y 1978).

## **4.4 Clima**

En la zona se presenta un clima del tipo BSohw(e)w", semiseco templado registrando lluvias escasas todo el año y más del 18 % de precipitación invernal. La precipitación total anual oscila entre 400 y 600 mm, el rango de temperatura media anual fluctúa entre 12 y 18 °C. La máxima incidencia mensual de lluvia se presenta en mayo y agosto, con 35 a 40 mm y la mínima en marzo con menos de 10 mm (INEGI 1986).

Los meses más cálidos son junio y agosto con una temperatura media entre 18 y 20 °C (datos tomados de INEGI, 1986).

La Figura 4.3 muestra los valores medios observados de temperatura y precipitación en la estación Galeana (19-015) ubicada en las coordenadas 24°49' y 100°04', a 1,655 m de altitud; los valores medios anuales son 18.2 °C de temperatura, y 401.3 mm de precipitación (E. García, 1987).

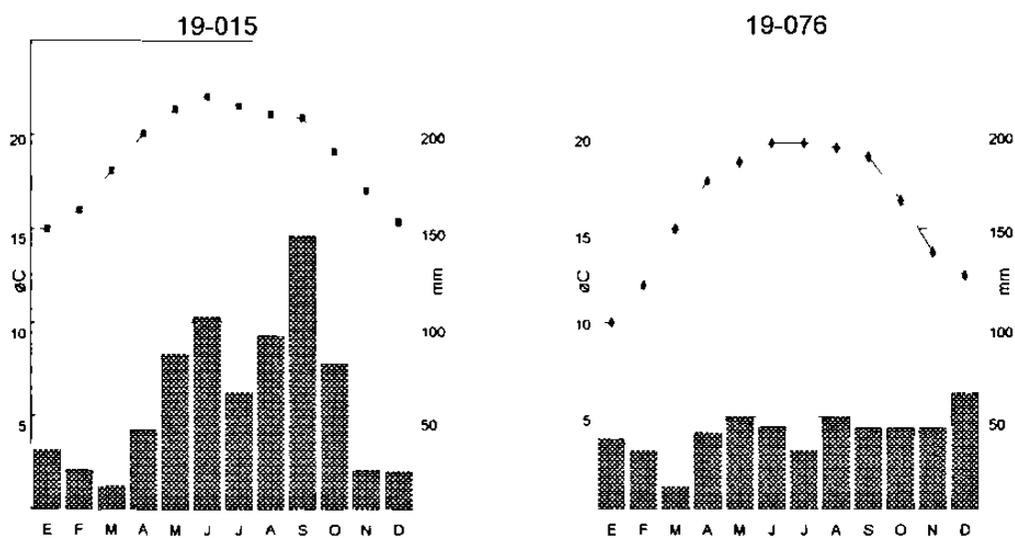


Figura 4.3: Distribución mensual de temperatura y precipitación en las estaciones de Galeana al este 190-15 ubicada a 2,000 msnm y al oeste El Potosi 190-76 con 2,100 msnm.

Debido a las condiciones del área de estudio un factor importante a mencionar es la disminución de temperatura por la regla de Hopkins, donde se menciona que por cada cien metros de altitud se disminuye la temperatura en 0.5 °C.

#### 4.5 Vegetación y uso del suelo

Tras el análisis cartográfico hecho sobre la carta de uso del suelo, podemos diferenciar las siguientes asociaciones de vegetación (INEGI, 1977) :

Los bosques de coníferas, que presentan en su estrato arbóreo las especies *Pinus ayacahuite*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus hartwegii*, y *Abies vejari*; en el estrato arbustivo *Salix aff. paradoxa*; y en el estrato inferior *Lupinus sp.* y *Senecio coahuilensis*.

El bosque de encino representado por *Quercus intricata*, *Quercus gregii*, *Quercus emory*; en el estrato medio *Arbutus xalapensis*.

Bosque de pino-encino con un estrato superior compuesto por *Pinus cembroides*, *Pinus arizonica*, *Quercus grisea*; y en el estrato medio *Arctostaphylos pungens*.

Chaparral con bosque de pino que tiene en su estrato superior *Quercus aff. intricata*, *Quercus gregii*, *Quercus emory*, *Yucca carnerosana*; en el estrato medio *Garrya ovata*, *Ceanothus sp.*, *Dalea aff. frutescens*, *Rhus trilobata*, *Cercocarpus mojadensis*, y en el estrato inferior *Salvia gregii*, y *Loeselia coerulea*.

Matorral de coníferas, asociación que presenta a *Pinus culminicola*, *Grindelia inuloides*, *Lupinus aff. elegans*, *Senecio coahuilensis*.

Pradera alpina representada por *Euphorbia campestris*, *Potentilla breweri*, *Castilleja latebractea*, *Linum pratense*, *Stachys orenata*, *Trisetum sp.* y *Erysimum capitatum*.

Las zonas bajas con poca pendiente se encuentran ocupadas en su mayoría como áreas agrícolas y de pastizal inducido, entre los cultivos existen de temporal con cultivos anuales de maíz, y cultivos permanentes de frutales, principalmente de manzana

La tabla 4.1 muestra los niveles de clasificación para la vegetación empleados en este trabajo en los que se considera como nivel uno áreas abiertas, matorrales (vegetación baja), y bosques, en un segundo y tercer nivel se diversifica la clasificación hacia comunidades vegetales con diferentes especies.

Tabla 4.1 Niveles de clasificación de los tipos de cobertura en el cerro "El Potosí".

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
1 Terrenos abiertos	11 Cultivos 12 Pastizales 13 Pradera alpina 14 Áreas abiertas 15 Áreas urbanas	111 Cultivos de temporal 112 Cultivos de riego 121 Pastizal natural 122 Pastizal inducido  141 Suelo desnudo 142 Áreas incendiadas 143 Desmontes recientes
2 Matorrales	21 Chaparrales 22 Matorrales	211 Chaparral 212 Matorral de coníferas 221 Matorral xerófilo
3 Bosques	31 Coníferas  32 Latifoliadas 33 Mixtos	311 <i>Pinus hartwegii</i> 312 <i>Pinus cembroides</i> 313 <i>Pinus arizonica</i> 314 <i>P. cembroides-P. arizonica</i> 315 <i>Pseudotsuga</i> y <i>Abies</i> . 321 <i>Quercus</i> spp. 331 <i>Quercus -Pinus</i>
4 Otros	41 Nubes 42 Sombras 43 Agua	

## 5. MATERIALES DE LABORATORIO Y CAMPO

La imagen Landsat TM tomada en abril de 1993 y Landsat MSS de 1973 (Figura 5.1 en el anexo) fueron las principales herramientas para clasificar la vegetación del cerro "El Potosí", sobre éstas dos imágenes y con la cartografía disponible de la zona (INEGI) se realizó la planeación de visitas a campo y el sistema de información geográfica.

El equipo de computo utilizado se encuentra en el laboratorio de percepción remota de la Facultad de Ciencias Forestales, UANL, el hardware consiste en una estación de trabajo con pantalla de 20 pulgadas VGA, y una tableta digitalizadora.

El procesamiento de datos digitales se realizó con paquetes de programas de computo especializados que permiten el manejo y observación de los resultados. La altitud y posición geodésica de los puntos de interés se registró con un receptor del sistema global de posicionamiento GPS (Global Positioning System).

En el levantamiento de información de campo se emplearon diversos materiales, un clinometro para registrar el porcentaje de inclinación, una brújula para marcar la posición de las plantas dentro de los sitios de muestreo, una cinta diamétrica para registrar los diámetros de las plantas, el instrumento Blume Leiss y la baliza para determinar la altura del arbolado, y cinta métrica para registrar los diámetros de las plantas.

## **6. METODOLOGÍA**

La metodología empleada para el desarrollo de este estudio consistió en dos fases, una de gabinete que es el procesamiento digital de las imágenes de satélite, la formación de un Sistema de Información Geográfica y, otra fase de campo en donde se efectuaron observaciones y el levantamiento de información.

### **6.1 Procesamiento de la imagen de satélite**

Los procesamientos realizados a las imágenes de satélite fueron de tipo digital, estos comprenden la corrección geométrica y radiométrica, así como algunos realces y mejoramientos que facilitaron los análisis y observaciones, y la extracción de la información.

#### **6.1.1 Corrección geométrica y realces**

La corrección geométrica es una georreferenciación basada en un proceso que se efectúa primeramente con la localización de puntos de referencia como son rasgos del terreno, que pueden ser detectados tanto en campo como en la imagen digital, determinando la posición geográfica por coordenadas geodésicas desde un mapa topográfico.

El realce de la imagen consiste en técnicas que permiten mejorar el contraste aumentando la calidad de la información, para ello se corrieron procesos que redistribuyeron la información con valores de dos desviaciones estándar, eliminando los valores de cero.

Para su observación se desplegaron imágenes en pantalla formando componentes de falso color Rojo, Verde y Azul (RVA) haciendo combinaciones de bandas que permiten contrastar y facilitar la observación de áreas de vegetación y puntos localizables en campo, en combinaciones RVA de las bandas 7-5-4, 4-3-2 para la imagen TM, y 4-3-2 para la MSS.

### 6.1.2 Preparación del material

Una imagen completa comprende una matriz de datos que cubren una superficie total de 185 km<sup>2</sup> de información contenida en siete bandas en TM y cuatro en MSS (rangos de longitud de onda del espectro electromagnético), de manera que para facilitar su manejo fue necesario generar subimágenes, (fracciones de la imagen completa) que comprendieran únicamente el área de estudio y sólo con cinco bandas de información 2,3,4,5,7 del TM las cuales comprenden varias regiones del espectro electromagnético, mientras que para la imagen MSS se emplearon las cuatro bandas en la generación de la subimagen, (ver el cuadro 6.1).

Cuadro 6.1 Sensores de las imágenes MSS y TM.

Sensor		Barredor multiespectral (MSS)			Mapeador Temático (TM)		
		B	RE	CIV	B	RE	CIV
Reg. Luz visible	Azul	4 (1) <sup>1</sup>	0.5 - 0.6	79/82	1	0.45 - 0.52	30
	Verde				2	0.52 - 0.60	30
	Rojo				3	0.63 - 0.69	30
Región Infrarrojo	Cercano	6 (3)	0.7 - 0.8	79/82	4	0.75 - 0.90	30
	Medio	7 (4)	0.8 - 1.1	79/82	5	1.55 - 1.75	30
	Térmico				7	2.08 - 2.35	
					6	10.40 - 12.50	120

Las bandas (B),<sup>1</sup> no de banda Landsat 4 el rango de sensibilidad espectral (RE) y su resolución geométrica (campo instantáneo de visión) CIV en metros (Tomado de Treviño 1992, y modificado)

La presencia de una nube y la sombra de la misma presente sobre la cima del Cerro en la imagen de 1993, provocó un faltante de información en un sitio clave para el presente estudio. Para corregir éste problema se separó ésta área creando una máscara del área problema, esto se realizó digitalizando un polígono sobre la nube y sombra en la imagen, la cual sirvió para hacer un recorte a la imagen 1973 con el fin de eliminar estas superficies. Esta máscara se recortó de la misma manera en la imagen 1993 para formar una subimagen que contenía solamente el área sin información de 1993, ésta subimagen se clasificó por separado y recodificó según la clasificación hecha en la imagen 1993, posteriormente se substituyó con ésta información la zona carente de información en la clasificación 1993.

### **6.1.3 Clasificación de las imágenes**

La clasificación multiespectral es el proceso de ordenación de píxeles dentro de un número determinado de clases individuales basado en sus valores de archivo, de esta manera un píxel es asignado a la clase que corresponde según este criterio. El método para la clasificación de la imagen utilizado en este trabajo fue de *Clasificación Supervisada*, en donde se requiere de un conocimiento *a priori* de las clases más comunes presentes en el área a clasificar, generando sobre la imagen áreas de entrenamiento (áreas muestra), estas son grupos de píxeles que representan áreas reconocibles del terreno.

La figura 6.1 muestra esquemáticamente el flujo de procesos seguidos para obtener la clasificación.

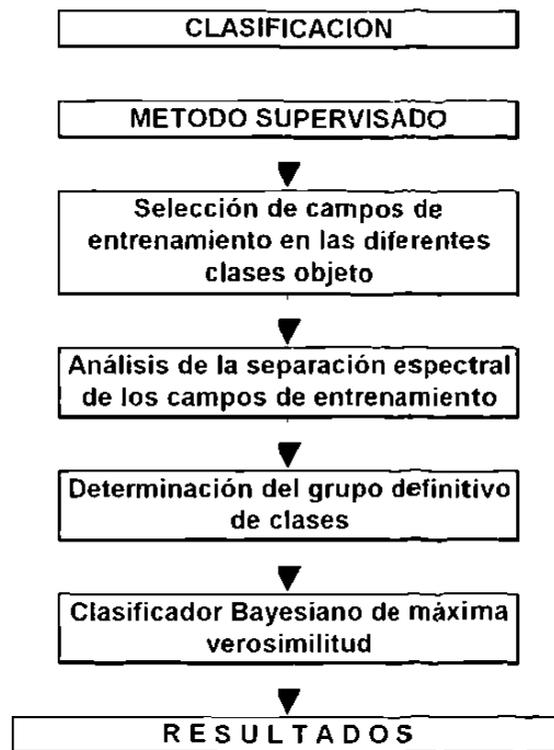


Figura 6.1: Esquema de la metodología de clasificación de las imágenes.

Las áreas muestra se clasificaron según la metodología propuesta para la región por Treviño (1992), la cual fue adecuada al presente trabajo, a cada tipo de cobertura del suelo le fueron asignadas claves numéricas de hasta tres niveles de clasificación, el nivel uno de tipo general, nivel dos con más especificidad y un tercer nivel de clasificación a mayor detalle. Adaptando esta metodología a los tipos de vegetación observados en campo se produjo una tabla de claves (cuadros 7.1 y 7.2).

#### **6.1.4 Determinación de áreas de entrenamiento**

Las áreas de entrenamiento representan las firmas espectrales de los objetos presentes en la imagen. Las seleccionadas para este estudio corresponden tanto a observaciones en campo, los muestreos realizados, así como a zonas reconocidas en la imagen y utilizando fuentes alternativas de información.

Para su registro fueron almacenadas digitalmente como polígonos, y en base a un muestreo sobre la imagen se registraron estadísticamente otros puntos (píxeles) con características espectrales similares a las del punto muestra.

Para comprobar la calidad de cada firma espectral detectada se obtuvieron parámetros estadísticos de los valores de reflectancia expresados en valores de gris para las cinco bandas que componen la subimagen. A cada firma espectral se le asignó un nombre clave según el tipo de vegetación o cobertura sobre el terreno.

Una vez detectadas las firmas espectrales se realizó un análisis de las mismas con el objeto de verificar su separabilidad estadística.

#### **6.1.5 Análisis de firmas espectrales**

Las firmas espectrales registradas fueron analizadas para comprobar su validez estadística, para ello se graficaron para cada firma espectral los valores medios de reflectancia del gris en sus cinco bandas y de ésta manera se hizo una comparación entre aquellas firmas que tienen una mayor similitud.

Otro análisis efectuado fue la creación de una matriz de confusión (matriz de contingencia) elaborada con la comparación de los polígonos de cada área de entrenamiento en cuanto a su análisis estadístico y que corresponden a las seleccionadas (el tamaño del polígono de la firma espectral fue determinado con el criterio de seleccionar un número de mínimo  $10n$  a un máximo de  $100n$ ), siendo  $n$  el número de bandas, Chuvieco, (1990). Para validar cada área de entrenamiento se cuantifica el porcentaje de píxeles que son acertadamente asignados a la clase que representan, siendo el valor de 80 % como mínimo aceptable para la imagen TM y de un 70 % para la MSS.

#### **6.1.6 Algoritmo de clasificación**

Finalizado el análisis de las firmas espectrales y determinando las que fueron definitivas, el siguiente paso fue la clasificación de los datos. Cada píxel fue analizado independientemente en base a una regla de decisión ó algoritmo, para el proceso de clasificación de la imagen se utilizó el Clasificador Bayesiano de Máxima Verosimilitud, que asume que el comportamiento en los histogramas de datos de las firmas espectrales tiene una distribución normal, la regla de decisión se basa en calcular la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase en particular, teniendo un conocimiento *a priori* de que las probabilidades no son iguales para todas las clases reconocidas. La ecuación base asume que estas probabilidades son iguales a un valor de uno para todas las clases, y que las bandas espectrales tienen una distribución normal.

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \ln(|Cov_c|)] - [0.5(X - M_c)^T (Cov_c^{-1})(X - M_c)]$$

$D$  = Distancia

$c$  = una clase particular

$X$  = Medición del vector del pixel candidato

$M_c$  = El vector principal de la clase muestra  $c$

$a_c$  = probabilidad porcentual de cualquier pixel candidato miembro de a clase  $c$ , (el valor por defecto de 1.0, o bien de las áreas de *entrenamiento*)

$Cov_c$  = La matriz de covarianza de los pixeles en la muestra de la clase  $c$

$|Cov_c|$  = valor determinante de  $Cov_c$  (matriz algebraica)

$Cov_c^{-1}$  = El inverso de  $Cov_c$  (matriz algebraica)

$\ln$  = Logaritmo natural

$T$  = Función de transposición (matriz algebraica)

(Tomado de ERDAS Field Guide, 1991).

En el proceso de clasificación cada pixel es asignado a una clase  $c$  para la cual  $D$  (distancia) es la inferior.

El algoritmo de máxima verosimilitud es el más preciso de los clasificadores presentes en el sistema ERDAS pues toma en consideración para su análisis de la mayor cantidad de parámetros y la variabilidad de las clases utilizando una matriz de covarianza.

Cuando se han procesado las imágenes con la regla de decisión (algoritmo), el resultado es un documento de formato "raster" que contiene las clases correspondientes a las firmas espectrales.

### 6.1.7 Verificación de las clases determinadas en el mapa de vegetación

Se preparó un mapa con las coordenadas geodésicas utilizando los algoritmos de clasificación, después de clasificada la imagen y se realizó una salida a campo con el fin de comprobar la precisión de las áreas clasificadas en la carta de vegetación generada durante el proceso. De esta visita se

desprenden criterios de reclasificación en el caso de encontrar diferencias importantes en campo.

#### **6.1.8 Criterios de postclasificación en base a datos adicionales**

Se efectuó una interpretación visual para verificar las áreas asignadas a cada clase y se determinó que algunas de las clases no fueron clasificadas correctamente, debido principalmente a la coincidencia en las firmas espectrales entre clases similares, como serían; los pastizales inducidos con la pradera alpina, el bosque de encinos y las áreas de chaparral, el matorral de *Pinus culminicola* y los bosques de *Pinus cembroides*; así como los bosques de pino en general. Los pixeles que quedaron ubicados erróneamente en otras clases (por errores de comisión), fueron reasignados a la clase correspondiente mediante el uso de criterios obtenidos a través de información adicional, ésta involucra datos contenidos en el Sistema de Información Geográfica como serían; los realizados de observaciones durante las visitas al área de estudio, así como cubiertas generadas con los valores de altitud, exposiciones y pendientes derivados de un modelo digital de elevación y la información sobre la distribución de los tipos de vegetación (tabla 6 1 y 6 2)

El criterio principal para la separación de los pixeles problema fue la distribución por rangos altitudinales de las comunidades vegetales. La tabla 6.1 muestra a manera de ejemplo algunas clases que no pudieron ser diferenciadas en la clasificación de los datos de 1973 y los criterios seguidos para reasignación.

Tabla 6.1 Criterios de reclasificación de clases problema en la imagen MSS 1973

Clase problema	Tipo de Comunidad	Criterio (distribución por altitud en msnm)	Clase recodificada	Tipo de Comunidad
130-1	Pradera alpina	< 3,500	120	Pastizales inducidos
142-2	Áreas incendiadas	< 2,500	120	Pastizales inducidos
212-2	Matorral de <i>P. culminicola</i>	< 3,400	312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>
212-3	Matorral de <i>P. culminicola</i>	< 3,400	311	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>
130-2	Pradera alpina	< 3,500	120	Pastizales inducidos
130-3	Pradera alpina	< 3,500	120	Pastizales inducidos
311-4	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	< 2,900	312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>
311-5	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	< 2,900	312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>
315-3	Bosque de <i>Abies - Pseudotsuga</i>	< 3,000	312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>

En la tabla 6.2 se muestran de la misma manera los resultados obtenidos de el análisis de la clasificación de 1973 con las clases problema detectadas y el criterio de reasignación de la información

Tabla 6.2 Criterios de reclasificación de clases problema en la imagen TM 1993

Clase problema	Tipo de Comunidad	Criterio (distribución por altitud en msnm)	Clase Recodificada	Tipo de Comunidad
122-1	Pastizales inducidos	> 3,000	410	Nubes
130-1	Pradera alpina	< 3,500	120	Pastizal inducido
142-2	Áreas incendiadas	< 3,200	110	Cultivos
142-3	Áreas incendiadas	< 3,200	110	Cultivos
142-4	Áreas incendiadas	< 3,200	120	Pastizal inducido
311-1	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	< 2,900	312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>
311-2	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	> 2,900	312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>
311-3	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	< 2,900	312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>
311-4	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	< 2,900	312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>
312-1	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>	> 2,500	311	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>
313-1	Bosque de <i>Pinus arizonica</i>	> 2,800	311	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>
314-1	Bosque de <i>Pinus cemb.-arizon.</i>	> 2,500	311	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>
314-2	Bosque de <i>Pinus cemb.-arizon.</i>	> 2,800	311	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>
315-2	Bosque de <i>Abies - Pseudotsuga</i>	> 3,500	311	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>
410-1	Nubes	< 3,000	120	Pastizal inducido
410-2	Nubes	< 3,000	120	Pastizal inducido
420-1	Sombras	< 3,500	315	Bosque de <i>Abies - Pseudotsuga</i>
420-2	Sombras	< 3,500	315	Bosque de <i>Abies - Pseudotsuga</i>

Una vez concluido el proceso de postclasificación, se transformaron los datos del formato del programa ERDAS® al programa ARC/INFO® generando la información a través de una interpretación visual para su integración definitiva al SIG, para la representación cartográfica se utilizaron los colores de los diferentes tipos de vegetación por el INEGI, con el fin de hacer comparaciones visuales entre los diferentes años, también se realizaron análisis de la distribución espacial de las diferentes clases y se tabuló la información del mismo para las clasificaciones de vegetación 1973 y 1993.

## **6.2 Elaboración del sistema de información geográfica (SIG).**

Se capturó de manera digital en formato vectorial la información contenida en la cartografía básica y temática (geología, tipos de suelo, uso del suelo, vegetación, y el régimen de propiedad) de INEGI a escala 1:50,000.

Los valores de altitud de las curvas de nivel de terreno se capturaron de la carta topográfica (cada 100 metros) para la formación de un modelo digital de elevación, de el se derivaron cubiertas conteniendo la inclinación del terreno, dejando el porcentaje de pendiente (de 0 a 90 cada 5 grados), así como exposición para el terreno (con ocho exposiciones: este, oeste, norte, sur, noreste, noroeste, sureste y suroeste).

La información digital se transformó de un formato vectorial a un formato de celdillas (raster) asignando una resolución espacial equivalente a la usada en la imagen de satélite de 25 x 25 m en el terreno para integrar el SIG.

Las cubiertas digitales en formato de celdillas fueron procesadas para cuantificar la información de superficies en hectáreas por cada clase temática considerada.

### **6.3 Criterios de zonificación y manejo de los recursos forestales**

Para el análisis de distribución de vegetación y de zonificación de áreas se utilizó la información contenida en el SIG sobre la topografía, los tipos de suelo, material geológico, en la carta de vegetación actualizada, el régimen de la propiedad. Estas áreas consideran superficies donde se presentan especies de especial interés para la conservación como las áreas con pradera alpina, el matorral de *Pinus culminicola*, áreas especiales que por sus características de pendiente o altitud en donde deben restringirse a los aprovechamientos y a la vez hacer una zonificación para utilizar los recursos naturales en áreas donde se distribuyen especies de importancia económica como *Pinus hartwegii*, *Abies vejarii*, con éste análisis se modeló una carta de uso potencial del suelo, que considera además áreas destinadas a su recuperación como zonas incendiadas y deforestadas.

### **6.4 Trabajo de campo**

El trabajo desarrollado en campo se planeó en base a observaciones efectuadas en visitas preliminares al área de estudio y al análisis de la carta de uso de suelo y vegetación. La ubicación de los puntos de muestreo fueron seleccionados mediante el análisis la interpretación visual realizada en una imagen impresa en falso color (TM bandas 5, 4, y 3). La observación y el registro de los datos de campo se realizó en el periodo comprendido entre junio de 1993 y noviembre de 1994.

#### **6.4.1 Selección de los sitios**

Durante las salidas preliminares a campo, se realizaron observaciones y registros fotográficos de los puntos que se consideraron como

representativos de la zona por su tipo de vegetación y dominancia. Estos fueron ubicados en base a la interpretación visual de la imagen de satélite y se seleccionaron los sitios para realizar los muestreos de la vegetación en el área de investigación.

#### **6.4.2 Levantamiento de información**

Los puntos de muestreo fueron de tipo circular. En ellos se determinaron algunos parámetros como; altitud sobre el nivel del mar, exposición del terreno, grado de pendiente o inclinación, coordenada geodésica con la Proyección Transversal Universal de Mercator (UTM). El tamaño del sitio fue de mil metros cuadrados con compensación de área por pendiente, para el estrato superior y quinientos metros cuadrados para el estrato inferior, se consideraron como individuos del estrato superior aquellos que formaran un dosel dominante y con diámetros al 1.3 m mayores a cinco centímetros, los individuos por debajo del dosel superior y con diámetros menores a cinco centímetros fueron considerados como pertenecientes al estrato inferior.

La información recabada para cada espécimen consideró su posición en el sitio, el azimut (dentro de 360 grados), y la distancia del individuo al centro del sitio. Asimismo, la altura total del individuo, el diámetro y la cobertura de la copa.

En caso de sitios muy densos como el chaparral de encino se efectuó un muestreo en sitios de tipo rectangular de mil metros cuadrados orientados de norte a sur, en el cual se ubicaron las plantas por coordenadas metro por metro dentro del rectángulo, para el muestreo del estrato bajo se delimitó un rectángulo menor de cien metros cuadrados (veinte por cinco metros), para

cada planta se registró la especie, el diámetro normal, la altura total, y la cobertura de la copa.

#### **6.4.3 Colecta de material botánico**

Las especies de plantas fueron colectadas en los sitios de muestreo y se prensaron para su posterior identificación e inclusión dentro del Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales, UANL.

#### **6.5.4 Análisis de los datos de campo**

Con la información recolectada en campo se estimaron parámetros como el área basal por hectárea de las especies presentes en el estrato superior, la cobertura por hectárea en metros cuadrados de los estratos superior e inferior, la densidad de individuos por hectárea, y la altura media por estrato de las comunidades muestreadas. De la misma manera, se preparó un listado de las especies por comunidad vegetal.

## **7. RESULTADOS**

A continuación se presentan los resultados obtenidos los procesos de clasificación de la imagen de satélite, análisis de información almacenada en el Sistema de Información Geográfica (SIG); así como también de los muestreos realizados y las observaciones en campo respectivas.

### **7.1 Procesos de clasificación**

En las Tablas 7.17 y 7.19 del anexo se enlistan los campos de entrenamiento que fueron generados en las imágenes de satélite, donde se reporta el tamaño de muestra (número de píxeles), los valores promedio de gris para las bandas espectrales 2, 3, 4, 5, y 7 del TM y las cuatro bandas del MSS, así como el valor de la desviación estándar.

Para la selección de las áreas de entrenamiento se compararon entre sí todas las firmas espectrales obtenidas, utilizando un algoritmo de máxima verosimilitud. Este procedimiento generó una matriz que muestra la distribución por porcentaje de píxeles de cada campo de entrenamiento (ver Tablas 7.18 y 7.20 en el anexo). Las áreas de entrenamiento con un porcentaje mínimo de un 80 % de acierto se consideraron como representantes de su clase.

De las áreas de entrenamiento seleccionadas se graficaron los valores de gris las bandas de cada imagen para obtener su firma espectral y determinar por comparación su representatividad en la clase (Figuras 7 1- 7 6).

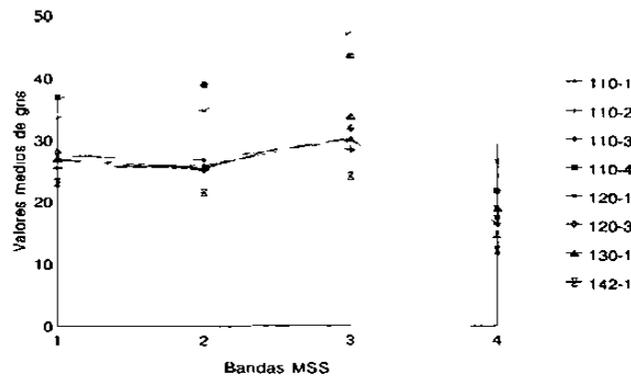


Figura 7.1: Clases temáticas de áreas abiertas en la imagen MSS 1973. La clase 130 corresponde a la pradera alpina, 142 áreas con suelo desnudo, 110 agricultura, 120 pastizales.

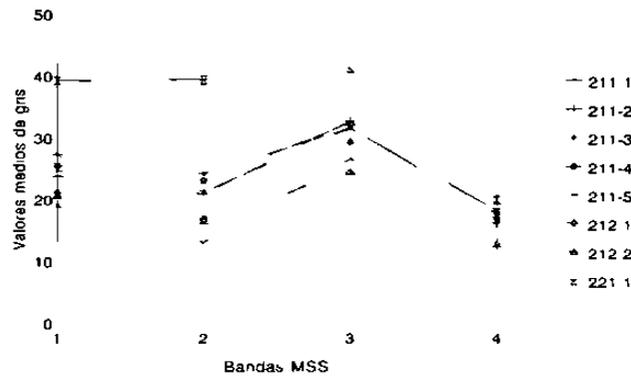


Figura 7.2: Clases temáticas de vegetación baja en la imagen MSS 1973. La clase 221 corresponde a matorral xerófilo, 212 matorral de coníferas y 221 chaparral.

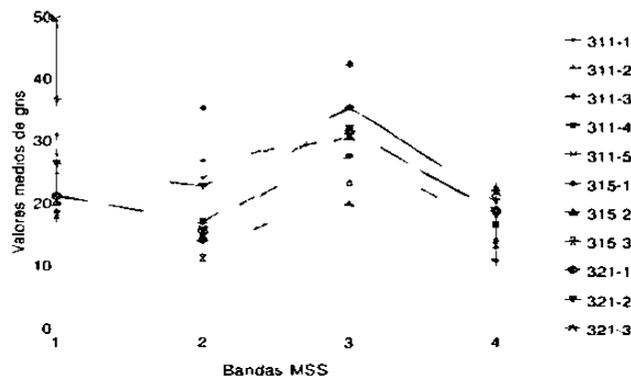


Figura 7.3: Clases temáticas de áreas con bosque en la imagen MSS 1973. La clase 321 es bosque de encinos, 315 bosque de *Abies* sp., 311 bosque de *P. hartwegii*.

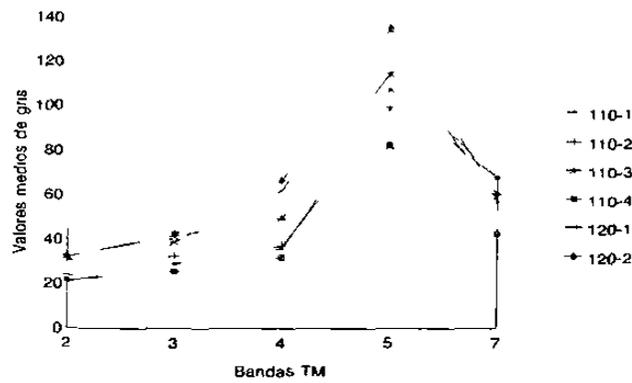


Figura 7.4: Clases temáticas de áreas abiertas en la imagen TM 1993. La clase 110 cultivos, 120 pastizales.

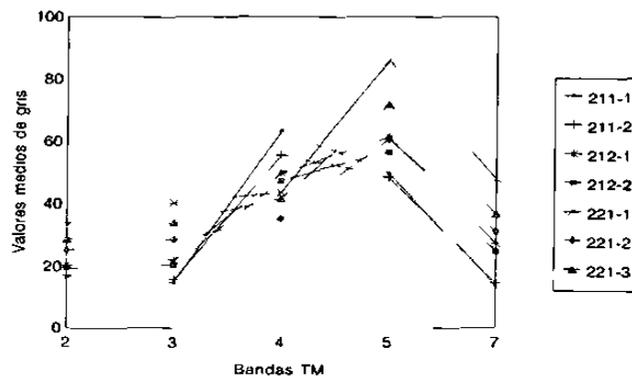


Figura 7.5: Clases temáticas de vegetación baja en la imagen TM 1993. La clase 221 matorral xerófilo, 211 chaparral, 212 matorral de coníferas.

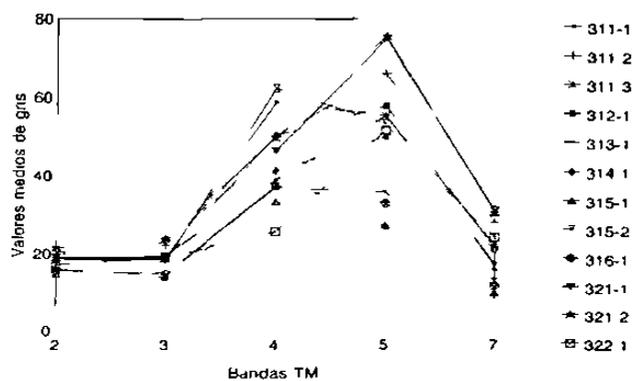


Figura 7.6: Clases temáticas de áreas con bosque en la imagen TM 1993. La clase 311 bosque de *P. hartwegii*, 312 bosque *P. cembroides*, 314 bosque de *P. cemb. P. arizon.*, 315 bosque de *Abies sp.*, 321 bosque de *Quercus spp.*

### 7.1.1 Clasificación de la imagen

En el proceso de clasificación digital de la imagen MSS 1973 se determinaron once tipos de cobertura, como se muestra en la figura 7.13.

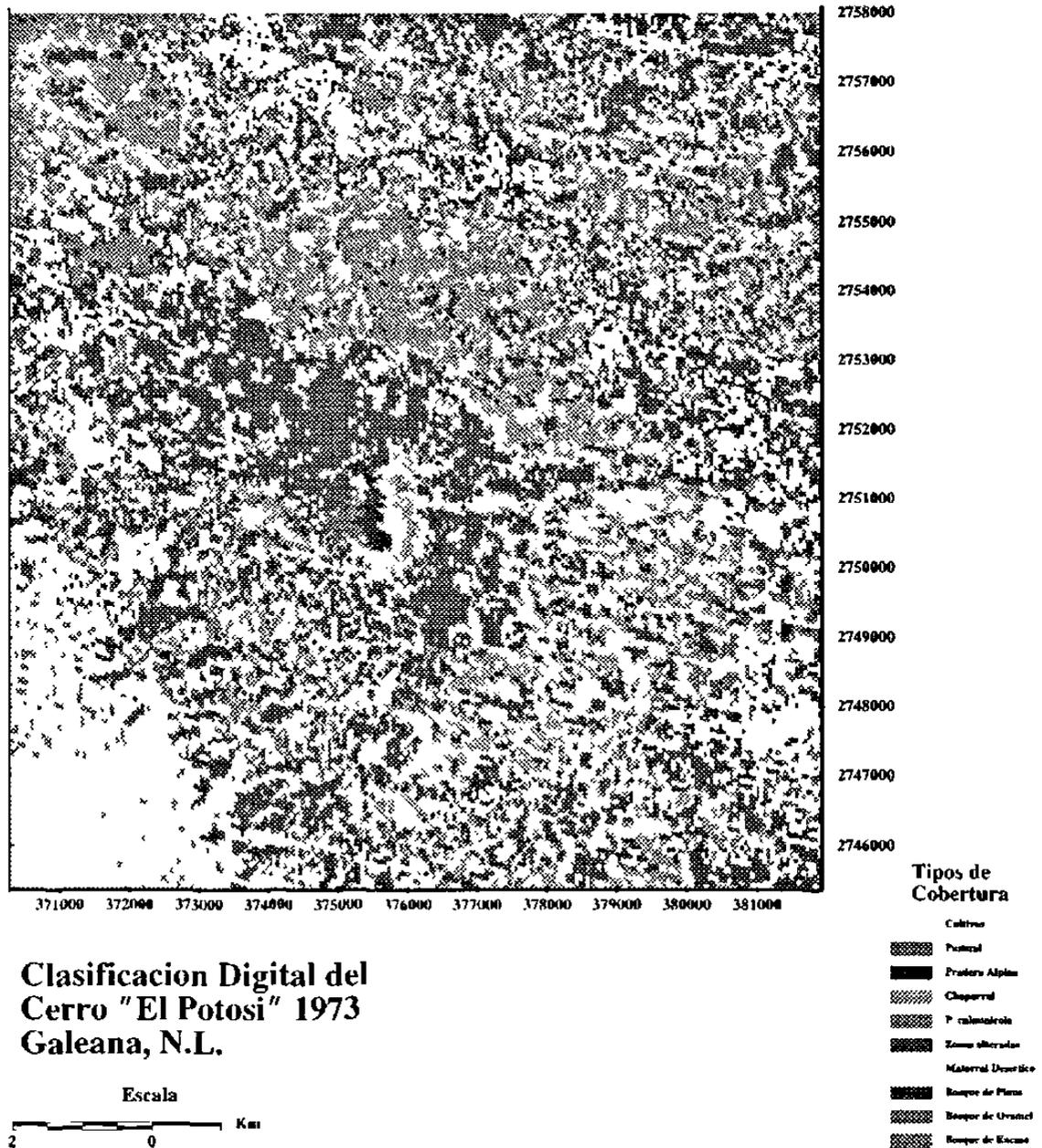


Figura 7.13: mapa de vegetación 1973 del cerro "El Potosí"

Debido a la baja resolución de la imagen y, por consiguiente del mapa de vegetación resultante, fue necesario hacer uso de los resultados con un nivel de clasificación uno y dos. De esta manera se tienen que los Bosques de Pino (310) tienen una cobertura de 3,702 ha es decir un 50 % en el área de estudio; entre los que destaca el Bosque de *P. hartwegii* con un 32.89 %. Los Chaparrales cubren 1,457.3 ha, un 19.71 %. Las áreas abiertas (100) ocupan 1,308.7 ha, con un 17,7 %. Los Bosques de Encino tienen una cobertura de 790.125 ha, el 10.69 %, Los matorrales xerófilos se presentan en menor proporción dentro del área de estudio ya que se distribuyen principalmente en la porción suroccidental de la carta de vegetación. Debido tanto a problemas de resolución como a la distribución reducida, se calcularon en base a un criterio altitudinal las áreas ocupadas por la Pradera Alpina, 33.25 ha, con el 0.45 % de cobertura dentro del área y el Matorral de *Pinus culminicola* 157.438 ha, 2.13 % (tabla 8.1).

La Figura 7.14 muestra el mapa de vegetación producto de la clasificación digital de la imagen TM de 1993 :

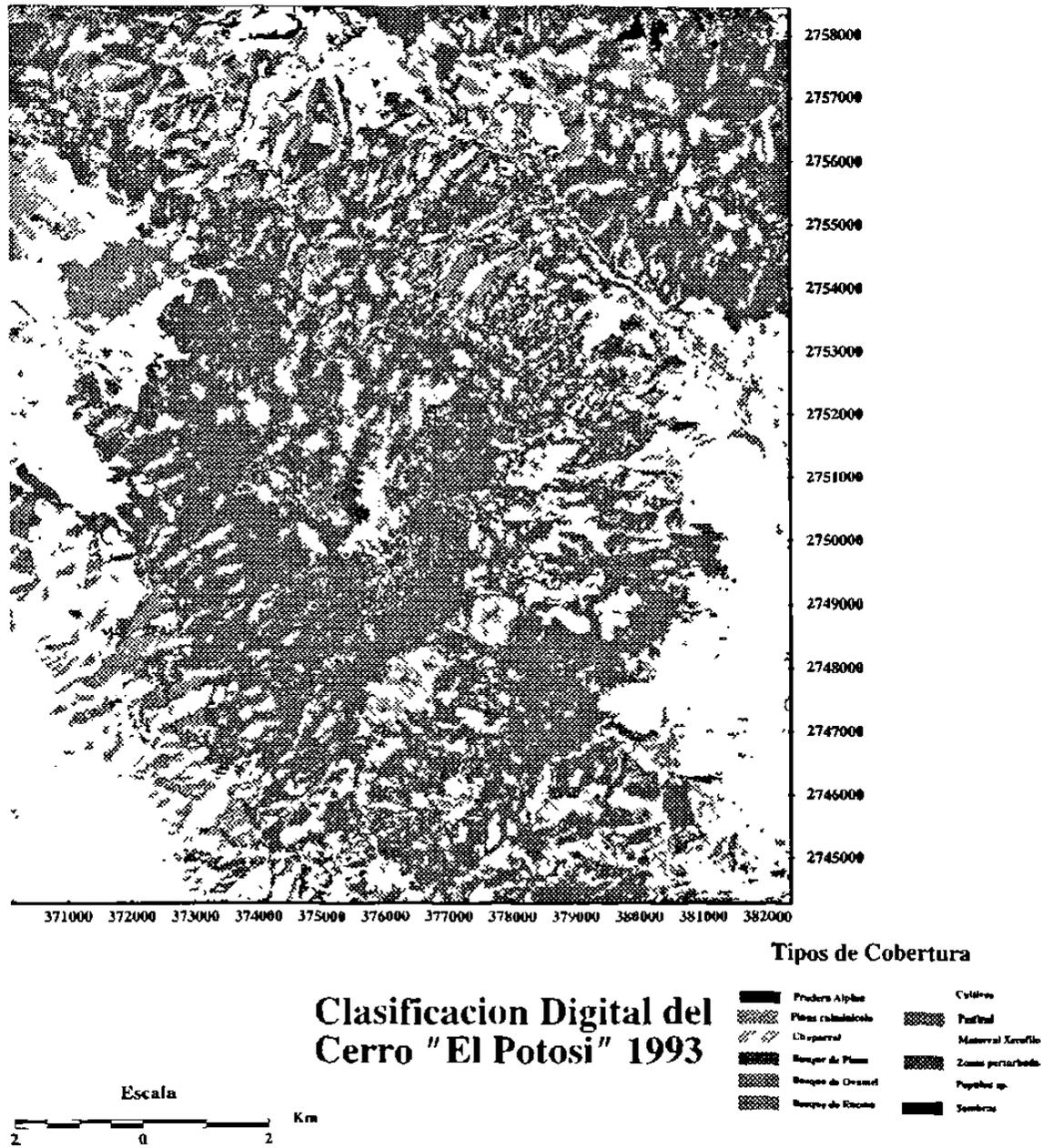


Figura 7.14: mapa de vegetación 1993 del cerro "El Potosí"

La resolución de la imagen utilizada para realizar la clasificación digital permitió una segregación más amplia de las clases de cobertura presentes en el área de estudio. Los Bosques de Pino tienen una cobertura de 5,209.2 ha con el 70.47 %; entre éstos los de *P. cembroides* 1,985 ha y los de *P. hartwegii* con 1,912 ha, son los de mayor distribución. El área con Chaparral se extiende en 835.3 ha (11.3 %). Los Bosques húmedos de *Abies vejarii* tienen una cobertura de 496.5 ha el 6.72 %. El Bosque de Encino 496.5 ha (6.72 %). Las áreas abiertas (100) ocupan 633.75 ha con el 8.57 %. Bajo los criterios altitudinales se calculó el área ocupada por la Pradera Alpina, 23.562 ha. el 0.32 %; y el Matorral de *P. culminicola*, 117 ha el 1.58 % (tabla 7.2).

## 7.2 Sistema de información geográfica

El SIG se formó con información sobre la estructura geológica, los tipos de suelo, de vegetación y uso del suelo de 1971, los límites de propiedades en el área de estudio, y un modelo de elevación digital, de los que se derivan valores de altitud, exposición y porcentaje de pendiente. Del análisis físico del terreno y utilizando ésta información se realizó un análisis espacial cuyos resultados se presentan a continuación.

### 7.2.1 Geología

Los principales materiales geológicos presentes en el cerro "El Potosí" son la caliza (Ca) que cubre un 43.02 % y que se distribuye principalmente en las partes de mayor altitud y pendiente, la caliza-lutita (Ca-Lu) 17.72 % presente en las partes contiguas de menor altitud a la zona de caliza, la caliza-yeso (Ca-Y) 14.58 %; las lutitas (Lu) cubren un 3.73 %, y el yeso (Y) con 7.27 %, el aluvión (Al) se presenta en las partes más bajas y cubre un 11.44 %, los conglomerados (Cg) son pequeñas zonas al norte del área (tabla 7.3).

Tabla 7.3: Análisis espacial de los substratos geológicos en el área de estudio.

Clases temáticas	Clave	Ha	%
Caliza	Cz	3,179.062	43.02
Caliza-Lutita	Cz-Lu	1,309.500	17.72
Caliza-Yeso	Cz-Y	1,077.562	14.58
Lutita	Lu	275.938	3.73
Arenizca-Conglomerado	Ar-Cg	165.188	2.24
Yeso	Y	536.938	7.27
Aluvión	Al	845.312	11.44
<b>Total</b>		<b>7,389.500</b>	

### 7.2.2 Suelos

El principal tipo de suelo de la zona es la rendzina (E) que alcanza una cobertura de 68.02 % del área, distribuyéndose principalmente en una franja del Cerro entre los 2,000 msnm hasta los 3,400 msnm, el litosol (I) cubre un 19.25 % del la zona, en la cima del Cerro y otras zonas bajas, el luvisol (L) con 4.08 % en zonas bajas aledañas al valle, el feozem (H) con 8.61 % presente en zonas bajas de exposición sureste ver figura 7.6. (tablas 7.6 y 7.7 del anexo).

Tabla 7.4: Análisis espacial de los tipos de suelo en el área de estudio.

Clases temáticas	Clave	Ha	%
Litosol	I	1,396.438	18.90
Rendzina	E	4,935.562	68.79
Feozem	H	624.562	8.25
Regosol	R	0.312	0.00
Luvisol	L	295.812	4.00
Castañozem	K	133.938	1.81
Fluvisol	J	2.875	0.04
<b>Total</b>		<b>7,389.500</b>	

### 7.2.3 Vegetación y uso del suelo 1971

Los principales tipos de vegetación presentes en el cerro "El Potosí" de acuerdo al análisis espacial, son los Bosques de Pino con un 43.33 %, y las áreas donde predomina el Chaparral con 40.39 %. Continúa en importancia el

Bosque de Encinos con el 6.46 % y las áreas abiertas al cultivo con 5.85 %. Los bosques de Oyamel representan un área reducida a las cañadas, 1.23 % y las zonas de pastizal inducido representan el 1.16 %.

Tabla 7.5 Vegetación de 1971 en el área de estudio.

Clases temáticas	Clave	Ha	%
Cultivos	110	435.682	5.85
Pastizales	120	90.875	1.23
Pradera alpina	130	33.875	0.46
Chaparral	211	2,983.00	40.39
Matorral de Coníferas	212	85.938	1.16
Bosque de <i>Pinus</i> sp.	310	3,200.375	43.33
Bosque de Oyamel ( <i>Abies</i> )	315	81.875	1.11
Bosque de <i>Quercus</i> spp.	321	477.188	6.46
Total		7,389.500	

#### 7.2.4 Límite catastral del área de estudio

A través de el análisis espacial realizado de la carta del SIG para el régimen de propiedad fue posible determinar el área de los predios en que se divide el cerro "El Potosí" y el porcentaje de los predios privados (31.63 %) y a los comunales (68.36 %). La Tabla 7.6 presenta las áreas estimadas, considerando dentro de los límites altitudinales del área de estudio algunos predios que quedan incluidos parcialmente.

Tabla 7.6: Relación de predios dentro del área de estudio.

Nombre de los Predios	Tipo de Propiedad	Ha	%
El Carmen	Privado	12.125	0.17
Santo Tomás	Privado	47.062	0.66
Las Placetas	Privado	112.125	1.58
Potrero de los Bueyes *	Privado	114.812	1.61
Potrero de los Bueyes *	Privado	149.000	2.09
La Manteca	Privado	157.250	2.21
Pob. de San José de la Joya	Privado	43.750	0.61
San Antonio *	Privado	57.938	0.81
San Antonio *	Privado	587.000	8.25
El Ojo de Agua *	Privado	31.938	0.45
El Ojo de Agua *	Privado	24.750	0.35
El Desmonte	Privado	0.125	0.00
Inominado	Privado	5.312	0.07
Potrero de la Máquina	Privado	116.688	1.64
Inominado	Privado	252.125	3.54
**		45.750	0.64
El Porvenir	Privado	38.000	0.53
El Pozo *	Privado	42.812	0.6
El Pozo *	Privado	105.562	1.48
Inominado	Privado	56.438	0.79
El Barro	Privado	141.750	1.99
Barranco del Colorado	Privado	107.000	1.5
La Cuesta	Privado	1.375	0.02
Dotación, San José de la Joya	Ejidal	126.750	1.78
Ampliación 18 de Marzo	Ejidal	4.125	0.06
Nvo. centro de Pob. Río Verde	Ejidal	1,187.375	16.69
Dotación, Pol. 1, 18 de Marzo	Ejidal	2,162.625	30.39
El Derramadero	Ejidal	1,383.938	19.45
Área	Peq. prop.	<b>2,250.687</b>	<b>31.630</b>
total <b>7,115.500</b>	Ejidales	<b>4,864.813</b>	<b>68.369</b>

\* Predios con un mismo nombre pero con diferente propietario

\*\* Predios sin registro

### 7.3 Análisis de la vegetación

Con base a los muestreos y las observaciones de campo, en la tabla 7.8 se presentan las características más relevantes de las localidades consideradas como tipo de las diferentes comunidades vegetales del Cerro; en ella se presentan ordenadas altitudinalmente de manera descendente (comparar con la figura 7.14).

Tabla 7.7: Parámetros observados en los sitios de observación y muestreo.

Tipo de comunidad	Alt. msnm	Exposición	Pend. en %	Coord. Este	Coord. Norte
Pradera alpina	3,700	Cima	< 5	375500	2751000
Matorral de <i>P. culminicola</i>	3,600	Este	20	375750	2751120
Chaparral	2,600	Este	27	377628	2754028
Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	2,900	Este	15	377472	2752368
Bosque de <i>Abies sp.</i>	3,200	Norte	20	376370	2752767
Bosque de <i>Pinus arizonica</i>	2,100	Noreste	10	380354	2751483
Bosque de <i>P. cembroides-P arizonica</i>	2,080	Noreste	7	380292	2752944
Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	2,880	Sureste	18	375296	2747097
Bosque de <i>Quercus spp.</i>	2,500	Sureste	13	376687	2747633
Bosque de <i>Pinus cembroides</i>	2,220	Este	9	378247	2747335
Bosque de <i>Abies sp.</i>	3,180	Este	13	374520	2752954
Regeneración de <i>Pinus hartwegii</i>	3,020	Noroeste	8	373528	2753042

Las observaciones y anotaciones registradas en campo sobre la imagen en falso color sirvieron para determinar las áreas de entrenamiento para el análisis digital de la imagen de satélite, las claves y tipos de cobertura se muestran en el cuadro 4.1.

Se describen a continuación las principales comunidades naturales presentes en el cerro "El Potosí", de acuerdo a un criterio altitudinal descendente:

### 7.3.1 Pradera alpina y subalpina

Esta vegetación es de las más importantes dentro del área de estudio ya que entre sus componentes existe la mayor cantidad de especies endémicas. Dos tipos de pradera son reconocidos en ésta zona, la **Pradera Alpina** que comienza alrededor de los 3,600 msnm por su ladera noroeste hasta los 3,700 msnm de la cima. Las condiciones microclimáticas predominantes en este tipo de vegetación están caracterizados por fuertes vientos, un aire enrarecido y las temperaturas bajas, lo que provoca una alta evaporación y que la fisionomía de la vegetación sea de tipo xérico; ésta se

compone de un sólo estrato de tipo herbáceo en el que predominan las especies de tipo postradas con un crecimiento arrosetado (hemicriptófitas) Dichas características resultan ser una adaptación a las condiciones climáticas, entre las especies presentes generalmente en suelos someros predominan *Potentilla leonina*, *Arenaria* af. *oresbia*, *Astragalus purpusii*, *Linum lewesii*, *Astrantium beamanii*. En otras áreas con afloramientos rocosos o grietas se puede encontrar *Bidens muelleri*, *Trifolium shneideri*, *Viola galeanaensis*. Este tipo de vegetación ha reducido su área de cobertura debido a la construcción de antenas y caminos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, así como al pastoreo y pisoteo del ganado equino y la presencia de una mina de extracción de manganeso.

La **Pradera Subalpina** se ubica principalmente en la exposición oeste y sur entre los 3,500 y los 3,600 msnm. Se compone de especies de herbáceas erectas, sus límites son las áreas de matorral de *Pinus culminicola* con las que comparte algunas especies. Esta vegetación ha incrementado su área de distribución como producto de la destrucción provocada por incendio de las áreas de matorral de *P. culminicola*, favoreciendo el desarrollo de especies tolerantes al sol (heliófitas), entre las especies presentes se encuentra, *Helenium integrifolium*, *Senecio loratifolius*, *Lupinus cacuminis*, *Penstemon leonensis*, *Delphinium valens* y *Euphorbia beamanii*.

### **7.3.2 Matorral de *Pinus culminicola***

Este tipo de vegetación se conforma principalmente por una densa comunidad de individuos de *Pinus culminicola* especie endémica para la región sur de Nuevo León y Coahuila considerada por mucho tiempo endémica para la localidad. Fisonómicamente esta comunidad se compone de arbustos sobremaduros y ramificados desde su base, con un alto porcentaje de

cobertura (5,200 m<sup>2</sup>/ha). Limita con el bosque de *Pinus hartwegii* con el que se entremezcla en la pradera alpina.

Originalmente esta comunidad se presentaba formando una estrecha franja en forma de "U", ubicada en las laderas de exposición este y sur, bordeando la cima del Cerro entre los 3,500 y los 3,650 msnm. En la actualidad esta franja se encuentra interrumpida al haber sido destruida parte de la comunidad por un incendio ocurrido en 1974, Actualmente se encuentra cubierta por especies propias de la pradera subalpina y de la franja original de *Pinus culminicola* sólo restan dos manchones.

Datos observados en sitios entre los 3,100 y los 3,600 msnm muestran que la mayor área cubierta por *P. culminicola* se ubica principalmente en la exposición este a 3,500 msnm, donde ocupa una cobertura de 5,200 m<sup>2</sup>/ha, alcanza una densidad de 900 ind/ha, una densidad de regeneración baja de 67 ind/ha. A 3,400 msnm con la misma exposición se mezcla con *P. hartwegii*, la densidad de individuos es mayor 1,360 ind/ha, la cobertura disminuye a 3,050 m<sup>2</sup>/ha, la regeneración se incrementa en 580 ind/ha, *P. hartwegii* domina en cobertura pero tiene una densidad menor de 320 ind/ha, y una regeneración de 320 ind/ha. A una altitud de 3,100 msnm con exposición este, la cobertura de *P. culminicola* es de 806.66 m<sup>2</sup>/ha, la densidad es de 253 ind/ha, y la regeneración es de 173 ind/ha. Domina *P. hartwegii* en cobertura y su densidad es de 213 ind/ha, la regeneración es mayor con 400 ind/ha. El área incendiada tiene una exposición oeste a 3,600 msnm, hay una cobertura de 40 m<sup>2</sup>/ha de *P. culminicola* y su densidad es de 13 ind/ha, la densidad de la regeneración es de 93 ind/ha.

### 7.3.3 Bosque de *Pinus hartwegii*

Tiene una amplia distribución en la zona, se presenta a partir de los 2,900 msnm. Esta comunidad marca el límite altitudinal superior de la vegetación arbórea. En la cima del Cerro ladera noreste los árboles crecen con copas deformadas a causa de los fuertes vientos presentando el efecto conocido como bandera con las ramas solo hacia el lado protegido del viento, son muy tolerantes a temperaturas bajas y resisten nevadas frecuentes; en sitios bajos de exposición este con pendiente poco pronunciada y con humedad suficiente llegan a formarse rodales de una altura promedio de 12.25 m, la especie predominante del estrato alto es *Pinus hartwegii* que tiene una densidad de 460 ind/ha, un área basal de 21.86 m<sup>2</sup>/ha y una cobertura de 7,600 m<sup>2</sup>/ha.

El estrato bajo se encuentra dominado por individuos jóvenes de *Pinus hartwegii*; la densidad es de 380 ind/ha. Por otra parte se presenta *Arbutus xalapensis*, *Pinus culminicola*, y *Pseudotsuga menziesii*, tienen una densidad de 20 individuos/ha, la cobertura es dominada por *P. hartwegii* con 1,721 m<sup>2</sup>/ha, *P. culminicola* con 109.17 m<sup>2</sup>/ha, *Ps. menziesii* con 109.17 m<sup>2</sup>/ha y *A. xalapensis* con 48.8 m<sup>2</sup>/ha (figura 7.7), la altura media del estrato bajo es de 1.24 m (tabla 7.8).

Tabla 7.8: Parámetros del bosque de *Pinus hartwegii*, exposición este.

Especies presentes	Ind/ha		A.basal por ha	Cobertura /ha		Altura media	
	Alto	Bajo		Alto	Bajo	Alto	Bajo
<i>Arbutus xalapensis</i>		20			48.30		1.30
<i>Pinus culminicola</i>		20			149.62		1.00
<i>Pinus hartwegii</i>	460	380	21.86	7,600.73	1,721.55	12.25	1.88
<i>Pseudotsuga menziesii</i>		20			109.17		0.80
Total	460	440	21.86	7,600.73	2,028.64	12.25	1.24408

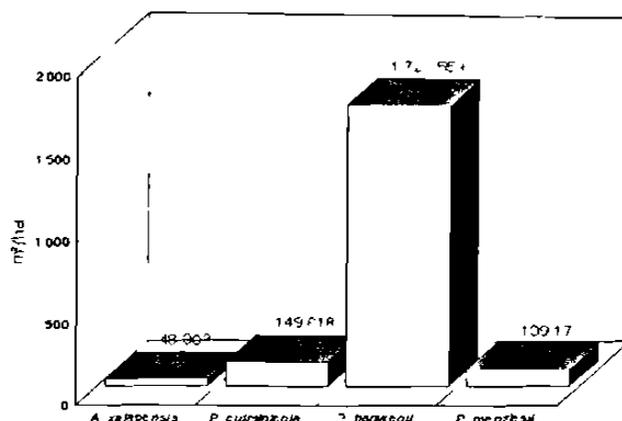


Figura 7.7: Cobertura por ha en el estrato bajo del bosque de *Pinus hartwegii*.

En áreas de exposición suroeste, los árboles tienen una altura menor por efecto de la exposición que produce una menor humedad en la zona, en las laderas oeste los vientos son más secos, los bosques son más abiertos en algunas áreas de exposición sur. En el estrato alto de los bosques de exposición suroeste se tiene una densidad de 400 ind/ha, o área basal de 17.53 m<sup>2</sup>/ha y cobertura de 5,284 m<sup>2</sup>/ha. La altura promedio en este estrato es de 4.58 metros.

En el estrato bajo la densidad es de 120 ind/ha, con una cobertura de 411 m<sup>2</sup>/ha y una altura promedio de 1.55 m, (tabla 7.9) Algunas especies del estrato bajo son *Achillea lanulosa*, *Ranunculus peruvianus*, *Senecio carnerensis*, *Senecio loratiflorus*, *Helenium integrifolium*.

Tabla 7.9: Parámetros del bosque de *Pinus hartwegii*, exposición suroeste.

Especies presentes	Ind/ha		A. basal ha	Cobertura /ha		Altura media	
	Alto	Bajo		Alto	Bajo	Alto	Bajo
<i>Pinus hartwegii</i>	400	120	17.53	5,284.26	411.16	4.58	1.55

En la exposición noroeste del Cerro existe un área de poca pendiente con una regeneración de *P. hartwegii* de una densidad por hectárea de 31,400 plantas de pino, con un diámetro promedio de 4 cm, la cobertura es del cien por ciento, y la altura promedio del dosel predominante es de 4.5 m. Existen individuos aislados de diámetros mayores a los 25 cm y una altura promedio de 20 m, que nos hacen sugerir la posible existencia de un bosque cerrado con árboles de tallas mayores que fue aprovechado y que actualmente presenta una regeneración de árboles padre.

#### **7.3.4 Bosque de *Abies vejarii*-*Pseudotsuga menziesii***

Estos se ubican en cañadas y sitios húmedos desde los 2,800 hasta los 3,500 msnm, en áreas de exposición norte a 3,200 msnm. Sobresalen por su fisonomía y las características ecológicas que acompañan a dichas comunidades. En el estrato alto predomina *Abies vejarii* que tiene una densidad de 510 individuos por hectárea, *Pinus ayacahuite*, el segundo en importancia tiene una densidad de 160 ind/ha; después, *Pinus hartwegii* con 50 ind/ha y *Pseudotsuga menziesii* 20 ind/ha. Las tres especies tuvieron un comportamiento similar en su área basal, *A. vejarii* con 13.8 m<sup>2</sup>/ha, *Pinus ayacahuite* 7.91 m<sup>2</sup>/ha, *P. hartwegii* 1.52 m<sup>2</sup>/ha, y *P. menziesii* con 1.07 m<sup>2</sup>/ha; en cuanto a la cobertura *A. vejarii* tiene 5,052 m<sup>2</sup>/ha, *P. ayacahuite* 2,054 m<sup>2</sup>/ha, *P. hartwegii* 513 m<sup>2</sup>/ha, y *Ps. menziesii* con 269 m<sup>2</sup>/ha; la altura promedio del estrato alto es de 13.95 m, la especie de mayor talla es *P. ayacahuite* con un promedio de 15.08 m.

En el estrato bajo la especie más común es *A. vejarii* con individuos de una talla promedio de 0.89 m, la especie tiene una densidad de 160 ind/ha, la cobertura es de 97.23 m<sup>2</sup>/ha, (tabla 7 10).

Tabla 7.10: Parámetros del bosque de *Abies vejarii*, exposición este.

Especies presentes	Ind./ha		A.basal por ha	Cobertura /ha		Altura media	
	alto	bajo		alto	bajo	alto	bajo
<i>Abies vejarii</i>	510	160	13.80	5,052.55	97.23	12.75	0.89
<i>Pinus ayacahuite</i>	160		7.91	2,054.21		15.08	
<i>Pinus hartwegii</i>	50		1.52	513.85		13.20	
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	20		1.07	269.59		14.75	
Total	740	160	24.30	7,890.20	97.23	13.95	0.89

El las áreas de exposición este, en el estrato alto, *A. vejarii* tiene una densidad de 420 ind/ha, *Pinus hartwegii* 230 y *Pinus ayacahuite* 190 ind/ha; el área basal *P. hartwegii* tiene 8.61 m<sup>2</sup>/ha, *A. vejarii* 7.49 m<sup>2</sup>/ha, *P. ayacahuite* 7.09 m<sup>2</sup>/ha; la cobertura es dominada por *A. vejarii* con 644 m<sup>2</sup>/ha, y *P. hartwegii* y *P. ayacahuite* con 345 y 320 m<sup>2</sup>/ha respectivamente, la altura promedio del estrato es de 8.22 m, en el estrato inferior la densidad de *A. vejarii* es de 840 ind/ha, y *P. hartwegii* de 380 ind/ha; la cobertura de *A. vejarii* es de 89.14 m<sup>2</sup>/ha, y de 15.9 para *P. hartwegii*; la altura promedio en el estrato inferior es de 2.41 m, (tabla 7.11). Cerca de éstas zonas, aledañas a los bosques de *P. hartwegii* se presentan áreas incendiadas que con anterioridad han sido cubiertas por alamillos (*Populus tremuloides*), otros sitios cercanos que han sufrido la misma perturbación tienen árboles adultos de *P. hartwegii* y un estrato bajo y cerrado que se compone principalmente de *Quercus microphylla*, dando la forma de un chaparral.

Tabla 7.11: Parámetros del bosque de *Abies vejarii*, exposición norte.

Especies presentes	Ind./ha		A.basal por ha	Cobertura /ha		Altura media	
	alto	bajo		alto	bajo	alto	bajo
<i>Abies vejarii</i>	420	840	7.49	644.73	89.14	7.64	2.48
<i>Pinus ayacahuite</i>	190		7.09	320.54		8.25	
<i>Pinus hartwegii</i>	230	380	8.61	345.05	15.90	8.76	2.35
Total	840	1,220	23.19	1,310.32	105.04	8.22	2.41

### 7.3.5 Chaparral

Es una comunidad ampliamente distribuida en las laderas de exposición norte y este del Cerro, entre los 2,000 y los 2,800 msnm, ocupa una superficie de 835 hectáreas, se compone de esclerófilas, principalmente de especies del género *Quercus*, con fenología de tendencia arbustiva en áreas secas y arbóreas en algunos sitios húmedos, las especies que lo conforman varían según el sitio. En áreas cercanas a los bosques de coníferas se mezcla con *Pseudotsuga menziesii* pero no presenta una cobertura suficiente para construir un estrato. En algunas zonas hay elementos propios de un matorral xerófilo como *Yucca* sp. y *Agave* sp. El estrato alto tiene una altura promedio de 3.29 m, sin tomar en cuenta a *Pseudotsuga* con 9.46 m. Las especies dominantes en este estrato son *Quercus polymorpha*, *Arbutus xalapensis*, *Cercocarpus mojadensis*, *Quercus pringlei*, y prominencias de *Pseudotsuga menziesii*. La especie con mayor densidad por hectárea es *Q. polymorpha* con 3,150 individuos por ha en el estrato alto, lo que hace un área basal de 14.88 m<sup>2</sup>/ha, de ahí le siguen en importancia *A. xalapensis* con 770 ind/ha y 8.91 m<sup>2</sup>/ha en área basal, *Cercocarpus mojadensis* con 370 ind/ha, área basal de 1.25 m<sup>2</sup>/ha y *P. menziesii* con 50 ind/ha con un área basal de 2.58 m<sup>2</sup>/ha (figura 7.8).

La cobertura por hectárea del estrato alto esta dominada por *A. xalapensis* con 4,865 m<sup>2</sup>/ha, *C. mojadensis* con 1,777 m<sup>2</sup>/ha y *P. menziesii* con 997 m<sup>2</sup>/ha (figura 7 9).

El estrato medio tiene una altura de 2.48 m, domina en densidad *Cercocarpus mojadensis* con 1,000 ind/ha, y cobertura de 394.899 m<sup>2</sup>/ha, *Garrya ovata* con 130 ind/ha y cobertura de 3,734 m<sup>2</sup>/ha, y *Quercus affinis* con una densidad de 30 ind/ha, y 192.81 m<sup>2</sup>/ha de cobertura.

En el estrato bajo hay una altura promedio de 1.47 m, está representado por *C. mojadensis*, *G. ovata*, *Q. polymorpha*, *Listea glaucescens*, *Ceanothus coeruleus*, *Eupatorium longipes*, *Symphoricarpos microphyllus*, y *Polypodium* sp, *Q. polymorpha* domina el estrato bajo con 4,800 ind/ha, le siguen en importancia *Eupatorium longipes* con 3,400 y *Ceanothus coeruleus* con 1,600 ind/ha. La cobertura de *Garrya ovata* es de 3,734.85 m<sup>2</sup>/ha y *Q. polymorpha* de 1,983.096 m<sup>2</sup>/ha, *E. longipes* tiene 585.712 m<sup>2</sup>/ha, y *C. coruleus* con 419.993 m<sup>2</sup>/ha (ver Tabla 7.12).

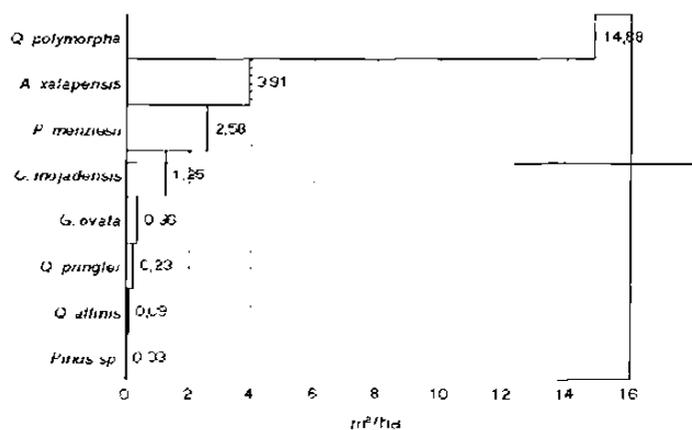


Figura 7.8: Área basal por hectárea en el estrato alto del chaparral.

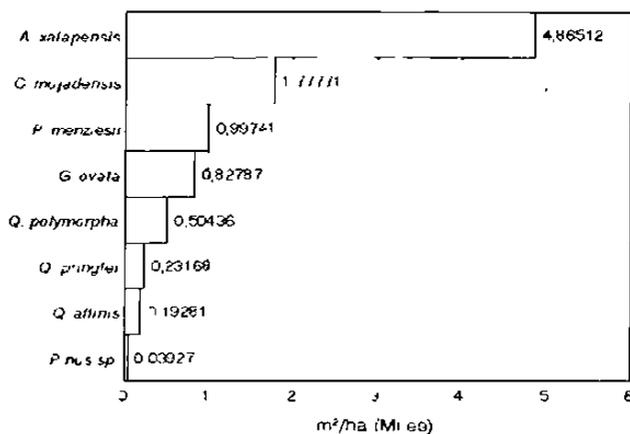


Figura 7.9: Cobertura por ha en el estrato alto del Chaparral.

Tabla 7.12: Parámetros del Chaparral.

Especies presentes	Individuos por hectárea			Area basal por ha	Cobertura por hectárea			Altura media		
	alto	medio	bajo		alto	medio	bajo	alto	medio	bajo
<i>Arbutus xalapensis</i>	770			3.91	4,865.12			3.25		
<i>Cercocarpus mojadensis</i>	370	1,000		1.25	1,777.71	394.899		3.11	2.81	
<i>Garrya ovata</i>		130	1,200	0.36		827.87	3,734.852		2.59	1.41
<i>Quercus polymorpha</i>	3,15		4,800	14.88	504.36		1,983.096	3.39		1.92
<i>Quercus pringlei</i>	40			0.23	231.68			3.50		
<i>Quercus affinis</i>		30		0.09		192.81			1.99	
<i>Pinus sp.</i>	10			0.03	39.27			3.20		
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	50	600		2.58	997.41	245.280		9.46	2.55	
<i>Symphoricarpus microphyllus</i>			200	0.00			64.089			1.90
<i>Ceanothus coeruleus</i>			1,600	0.00			419.993			1.58
<i>Eupatorium longipes</i>			3,400	0.00			585.712			0.58
Total	4,55	1,760	12,800	23.34	9,436.24	1,660.86	7,427.921	3.29	2.48	1.48

### 7.3.6 Bosques de *Quercus spp.*

Localizados principalmente en la zona de exposición sureste después del límite superior de la distribución de *Pinus cembroides*. A 2,500 msnm también se localizan algunos rodales de menor tamaño en la exposición norte, éstos asociados a cañadas, ocupando una superficie de 496 hectáreas. En la exposición sureste existe un bosque de encinos con diámetros superiores a los 30 cm y copas extensas, la altura promedio del estrato alto es de 9.47 m, las especies son *Quercus mexicana* con una densidad de 180 ind/ha, y *Quercus gregii* con 90 ind/ha, el área basal mayor en este estrato corresponde a *Q. mexicana* con 17.38 m<sup>2</sup>/ha, y *Q. gregii* con 5.82 m<sup>2</sup>/ha (figura 7.10); la cobertura es dominada también por *Q. mexicana* con un área de 6,718 m<sup>2</sup>/ha y *Q. gregii* con 1,361 m<sup>2</sup>/ha (figura 7.11).

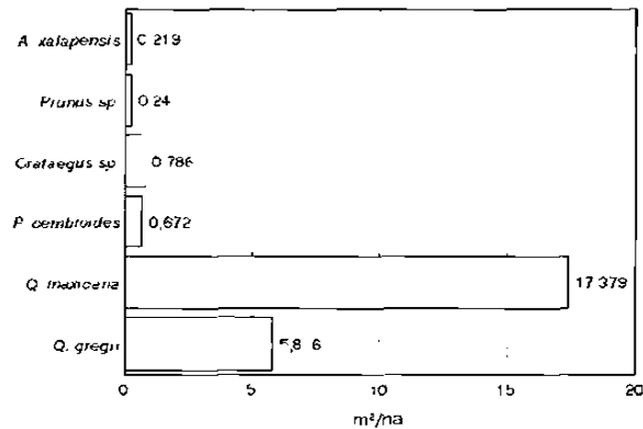


Figura 7.10: Área basal por ha en el estrato alto y medio del bosque de *Quercus* spp.

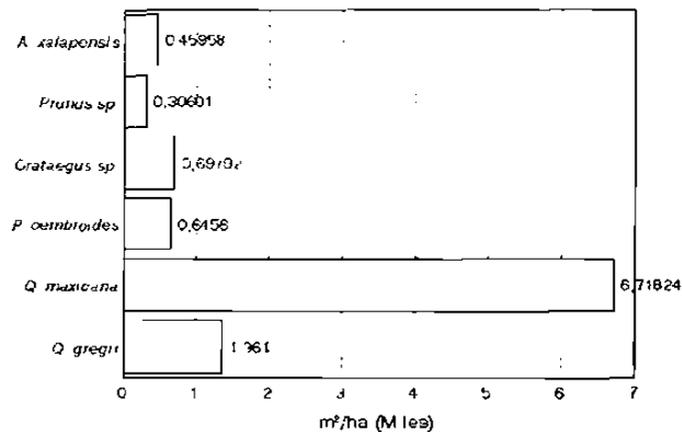


Figura 7.11: Cobertura por ha en el estrato alto y medio del bosque de *Quercus* spp.

El estrato medio tiene una altura promedio de 4.14 m en el que se presentan *Crataegus* sp. con una densidad de 80 ind/ha, *Arbutus xalapensis* 30 ind/ha, *Pinus cembroides* 30 ind/ha, e individuos aislados de *Prunus serotina* (Capulín) con 10 ind /ha.

En el estrato bajo *Crataegus* tiene una densidad de 120 ind/ha, *A. xalapensis* con 80 individuos y *P. cembroides* con 60 ind/ha; la cobertura en este estrato es dominada por *A. xalapensis* y *Crataegus* con 709 y 694 m<sup>2</sup>/ha respectivamente, *P. cembroides* tiene 366 m<sup>2</sup>/ha; la altura promedio del estrato es de 2.07 metros, y *Crataegus* tiene un promedio de 2.59 m , 2.42 m para *P. cembroides* y 2.04 m de *A. xalapensis* (tabla 7.13).

Tabla 7.13: Parámetros del bosque de *Quercus* spp.

Especies presentes	Ind/ha			A.basal por ha	Cobertura /ha			Altura media		
	alto	medio	bajo		alto	medio	bajo	alto	medi o	bajo
<i>Arbutus xalapensis</i>		30	80	0.22		459.58	709.06		2.41	2.04
<i>Prunus sp.</i>		10		0.24		306.01			6.50	
<i>Crataegus sp.</i>		80	120	0.79		697.92	694.68		2.59	2.59
<i>Pinus cembroides</i>		30	60	0.67		645.60	366.00		2.42	2.42
<i>Quercus mexicana</i>	180		20	17.38	6,718.24		36.91	9.07		1.25
<i>Quercus sp.</i>	90			5.82	1,361.02			9.88		
Total	270	150	280	25.11	8,079.26	2,109.11	1,806.65	9.47	3.48	2.07

### 7.3.7 Bosque de *Pinus cembroides*

La comunidad de pino piñonero se ubica en las partes bajas del Cerro, predomina en la exposición sureste en el rango altitudinal de 2,200 a los 2,500 msnm. En su límite altitudinal inferior entra en contacto con vegetación de tipo xerófila, con bosques de *Pinus arizonica*, y en sitios de menor pendiente, con la frontera agrícola. En sus límites superiores se encuentran con el chaparral y bosques de *Quercus* spp. y en las cañadas con bosques mezclados de *Pseudotsuga-Pinus-Quercus*, también se le encuentra dominando en sitios con un substrato yesoso, ocupando en total unas 727 hectáreas dentro del área de estudio.

En su exposición este, el estrato alto es dominado por árboles maduros de *Pinus cembroides*, tiene una altura promedio de 5.49 m y una densidad de 990 ind/ha, el área basal de 14.81 m<sup>2</sup>/ha, una cobertura de 15,669 m<sup>2</sup>/ha, en el

estrato se presentan aisladamente *Quercus mexicana*, *Yucca* sp., y *Juniperus* sp.

El estrato medio tiene una altura promedio de 3.45 m, se compone principalmente de renuevo de *P. cembroides* con una densidad de 240 ind/ha, una cobertura de 1,942 m<sup>2</sup>/ha, arbustos altos de *Cowania plicata* con una densidad de 40 ind/ha y una cobertura de 299 m<sup>2</sup>/ha (figura 7.12).

En el estrato bajo es abierto y tiene una altura promedio de 1.35 m, *Agave* sp. se presenta en forma de manchones con una densidad de 460 ind/ha, *Rhus virens* con 320 ind/ha, *Berberis trifoliolata* 100 ind/ha y *Q. mexicana* con 100 ind/ha; la cobertura mas importante es de *Agave* sp. con 2,645 m<sup>2</sup>/ha, y *R. virens* con 1,415 m<sup>2</sup>/ha (tabla 7.14). En este estrato se presentan también *Gymnosperma glutinosum*, *Brickellia* sp., *Dalea frutescens*, *Lyndleyella mespiloides* y *Castilleja* sp.

Tabla 7.14: Parámetros del bosque de *Pinus cembroides*.

Especies presentes	Ind/ha			A. basal por ha	Cobertura /ha			Altura media		
	alto	medio	bajo		alto	medio	bajo	alto	medio	bajo
<i>Agave sp.</i>			460				2,645 54			0 97
<i>Arbutus xalapensis</i>			40				180.25			1.53
<i>Berberis trifoliolata</i>			100				517 58			1 64
<i>Cowania plicata</i>		40				299 00			3 98	
<i>Pinus cembroides</i>	990	240		14 81	15,669 56	1,942 13		5 49	2 93	
<i>Quercus mexicana</i>			100				596 90			0 95
<i>Rhus virens</i>			320				1,415 21			1.67
Rosaceae			40				183 78			1 78
<i>Acacia gregii</i>			100				532 07			0 92
Total	990	280	1,440	14 81	15,669 56	2,241 13	8,539 44	5 49	3 45	1 35

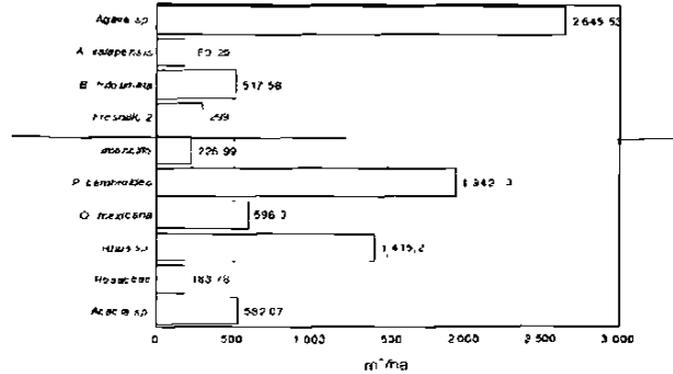


Figura 7.12: Cobertura vegetal por hectárea en el bosque de *Pinus cembroides*.

### 7.3.8 Bosque de *Pinus arizonica*

Los bosques de *Pinus arizonica* se ubican entre los 2,070 y los 2,180 msnm, principalmente en las laderas de exposición este, formando comunidades abiertas con coberturas mayores sobre laderas con exposición sur cerca de la localidad de La Ascensión, mientras que en las áreas de exposición este cercanas a la localidad de 18 de Marzo, sólo forman pequeños grupos por desmontes efectuados para la agricultura, llegando a cubrir una superficie de 240 hectáreas.

En las laderas del Cerro con exposición noreste, *P. arizonica* forma el estrato alto con una altura promedio de 13.95 m, su densidad llega a 210 ind/ha, un área basal de 15.22 m<sup>2</sup>/ha, y una cobertura de 5,821 m<sup>2</sup>/ha.

El estrato medio se conforma principalmente por arbustos aislados de *Juniperus monosperma* con una altura en promedio de 6.54 m, una densidad de 40 ind/ha y una cobertura de 666.4 m<sup>2</sup>/ha.

En el estrato bajo es abierto y tiene una altura promedio de 2.1 m, lo domina el renuevo de *P. arizonica* con una densidad de 180 ind/ha, y arbustos bajos de *Berberis trifoliolata* con 40 ind/ha, y arbustos aislados de *Cowania plicata* 20 ind/ha, la cobertura es dominada por *P. arizonica* con 3,347 m<sup>2</sup>/ha, *J. erythrocarpa* 666 m<sup>2</sup>/ha, *B. trifoliolata* 270 m<sup>2</sup>/ha, (tabla 7.15).

Tabla 7.15: Parámetros del bosque de *Pinus arizonica*.

Especies presentes	Ind/ha			A.basal por ha	Cobertura /ha			Altura media		
	alto	medio	bajo		alto	medio	bajo	alto	medio	bajo
<i>Berberis trifoliolata</i>			40				270.18			1.65
<i>Cowania plicata</i>			20				129.59			2.55
<i>Juniperus monosperma</i>		40				666.41			6.54	
<i>Pinus arizonica</i>	210		180	45.71	5,821.37		3,346.97	7.08		2.11
Rosaceae			20				200.67			2.10
Total	210	40	300	45.71	5,821.37	666.41	4,613.82	7.08	6.54	2.1

### 7.3.9 Bosque de *P. cembroides*-*P. arizonica*

En zonas bajas entre 2,000 y 2,080 msnm con exposición noreste existen bosquetes mezclados de *Pinus cembroides* y *Pinus arizonica*, estas ocupan una superficie de 336 hectáreas. En estos sitios el estrato alto tiene una altura promedio de 5.86 m, sobresaliendo en él *P. cembroides* con 6.7 m y una densidad de 180 ind/ha, *P. arizonica* con 5.03 m, densidad de 110 ind/ha; en cuanto al área basal *P. cembroides* tiene 11.36 m<sup>2</sup>/ha y *P. arizonica* 1.9 m<sup>2</sup>/ha, la cobertura es mayor para *P. cembroides* con 3,884 m<sup>2</sup>/ha y *P. arizonica* con 1,743 m<sup>2</sup>/ha.

El estrato medio tiene una altura de 2.5 m, se compone de *Juniperus monosperma*, alcanza una densidad de 560 ind/ha, y un área basal de 0.27 m<sup>2</sup>/ha, con una cobertura de 6,326.43 m<sup>2</sup>/ha. También se presentan de forma arbustiva *Rhus trilobata* con densidad de 60 ind/ha, una cobertura de 341

m<sup>2</sup>/ha, existe una regeneración de *Pinus cembroides* que presenta una densidad de 40 ind/ha y cobertura de 3,884.52 m<sup>2</sup>/ha.

En el estrato inferior la altura media es de 1.66 m, la dominancia es de *Agave* sp. que forma manchones y tiene una densidad de 120 ind/ha, una cobertura de 1,034 m<sup>2</sup>/ha, *Berberis trifoliolata* con 100 ind/ha, cobertura de 404 m<sup>2</sup>/ha, y *Prunus* sp. con 20 ind/ha, y una cobertura de 113.1 m<sup>2</sup>/ha, (ver Tabla 7.16).

Tabla 7.16: Parámetros del bosque de *Pinus cembroides-arizonica*.

Especies presentes	Ind/ha			A.basal por ha	Cobertura /ha			Altura media		
	alto	medio	bajo		alto	medio	bajo	alto	medi o	bajo
<i>Agave sp.</i>			120				1,034.37			1.56
<i>Berberis trifoliolata</i>			100				404.09			1.70
<i>Prunus sp.</i>			20				113.10			1.60
<i>Rhus trilobata</i>		60				341.06		2.87		
<i>Juniperus monosperma</i>		560		0.27		6,326.43		2.49		
<i>Pinus arizonica</i>	110			1.90	1,743.39			5.03		
<i>Pinus cembroides</i>	180	40		11.36	3,884.52	113.88		6.70	2.43	
<i>Umbellifera</i>			20				86.39			1.80
Total	290	660	860	13.53	8,395.11		5,652.12	5.45	2.5	1.66

### 7.3.10 Áreas abiertas sin vegetación natural

Las áreas abiertas representan todas aquellas coberturas que carecen de vegetación natural por diversas causas, entre ellas las áreas de cultivo (110), los pastizales inducidos (120) y los desmontes que presentan suelo desnudo (140), así como los incendios ocurridos en las distintas décadas de este siglo.

Los análisis de estas áreas consistieron solamente en la medición de su extensión a través del análisis de la imagen de satélite. Su observación en campo se limitó a la ubicación de puntos para los campos de entrenamiento.

## **8. DISCUSIÓN**

El análisis de las comunidades vegetales presentes en el área de estudio fue el objetivo primordial de éste trabajo, ya que un análisis actualizado sobre la vegetación permite establecer los criterios a seguir para lograr el aprovechamiento racional y sostenido de los recursos que a futuro se le dará a los ya existentes en el cerro "El Potosí". Para el logro de las metas establecidas en el presente trabajo se considera que con la utilización de imágenes de satélite es posible analizar con rapidez áreas de difícil acceso así como grandes superficies.

### **8.1 Procesos de clasificación**

Las imágenes de satélite para evaluar los recursos naturales se han generado desde el año de 1972, con lo cual es posible tener acceso a información de tipo multiespectral y multitemporal del área y establecer así una comparación de la vegetación del cerro "El Potosí" en un período de veinte años.

#### **8.1.1 Imagen Landsat MSS (1973)**

Con la imagen de 1973, se realizó el análisis de la vegetación en su primera fase, la selección de áreas de entrenamiento requeridas en la clasificación se efectuó en base a la carta de uso del suelo (INEGI 1971).

Las condiciones heterogéneas presentes en el área de estudio, aunado a la poca resolución espacial de la imagen dio como resultado una clasificación con once tipos de cobertura definibles. Estas coberturas fueron obtenidas del

análisis de firmas espectrales realizado sobre la matriz de contingencia; en ella, los valores porcentuales fueron del orden del 70 % (entre 60 y 100).

En la imagen, la Pradera alpina (130) representa un área muy reducida y como es una comunidad muy semejante, desde el punto de vista espectral con las áreas de pastizal, no existió una clara definición de ésta en la matriz de contingencia. Para resolver lo anterior, fue reclasificada bajo criterios de distribución de tipo altitudinal. Los pastizales (110) se ubicaron principalmente en las zonas bajas y en pequeñas fracciones en el resto del área, se emplearon también criterios de reclasificación altitudinales para su rectificación. Los cultivos (120) se distribuyeron normalmente en las zonas de baja altitud cerca de los 2,500 msnm y en laderas de baja pendiente.

Las áreas de vegetación baja, como el Chaparral (211) se clasificaron correctamente, dentro de su rango altitudinal observado en campo. En ciertas zonas donde el Chaparral se favorece por las condiciones del sitio, las especies presentan mayor altura; estas áreas se clasificaron como un Bosque de Encino. Debido a la similitud fenológica presente entre algunas comunidades como Matorral de coníferas (212) y el Bosque de *P. cembroides* (312), existió cierta confusión en algunas zonas donde se presentan estas comunidades, pero basados en las observaciones de campo y con apoyo en el SIG se reclasificaron correctamente

En los bosques de coníferas hay una tendencia hacia la confusión entre las comunidades con distintas especies. Para mapear los bosques de manera específica se utilizó información contenida en el SIG, además de las observaciones realizadas en campo, entre áreas con *P. cembroides* y *P. hartwegii*, o de *Abies vejarii*. La tabla 8.1 muestra los resultados del análisis espacial por tipo de vegetación para la clasificación de 1973

Tabla 8.1: Análisis espacial de coberturas por clase en el area de estudio, Landsat MSS 1973.

Clases	Tipos	Ha	%
110	Cultivos	503.688	6.81
122	Pastizales inducidos	610.325	8.26
130	Pradera alpina	33.25	0.45
142	Áreas incendiadas	161.438	2.18
211	Chaparral	1,457.312	19.71
212	Matorral de <i>P. culminicola</i>	157.438	2.13
221	Matorral xerófilo	133.375	1.80
311	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	2,431.500	32.89
312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>	601.75	8.14
315	Bosque de <i>Abies</i>	511.625	6.92
321	Bosque de <i>Quercus sp.</i>	790.125	10.69
	Área total.	7,392.125	

### 8.1.2 Imagen Landsat TM (1993)

En la clasificación realizada sobre la imagen TM se determinaron catorce tipos de cobertura, un número mayor al manejado en la imagen MSS por tener una mayor resolución espacial y espectral, y con la fecha de la escena (Marzo 1993) las condiciones son muy similares a las presentes en la actualidad.

En la selección de campos de entrenamiento, al hacer la comparación en la matriz de contingencia, se utilizaron valores porcentuales cercanos al 80% (entre 77 y 100),

La parte de la imagen con nube y sombra se modificó utilizando la técnica de mascarar en la que fue substituida por una fracción de la imagen MSS recortada en los límites de la nube y sombra y clasificada bajo los mismos criterios usados en la imagen TM

En áreas abiertas con pastizal inducido (122), cultivos (110) y pradera alpina (130) zona de interés para el estudio se observó una similitud espectral,

y en base a observaciones de campo y manejo del SIG fue posible segregar las áreas de interés.

La distribución de la vegetación baja donde se ubica el Matorral de coníferas (212), presentó alguna similitud con las áreas de Bosque de *Pinus cembroides*. Siendo conocida la distribución altitudinal de ambas comunidades, se empleó éste criterio para segregar tales áreas haciendo uso de SIG. Las áreas con Chaparral (211) se distribuyeron normalmente de acuerdo con lo observado en campo.

Las zonas boscosas presentaron una distribución similar en ciertas áreas. Para separar de manera específica cada tipo de bosque se realizó una separación específica entre ellas basados principalmente en el conocimiento de su distribución altitudinal. La tabla 8.2 contiene los resultados del análisis espacial realizado sobre la clasificación de la vegetación de 1993.

Tabla 8.2: Análisis espacial de coberturas por clase en el área de estudio, Landsat TM 1993.

Clases	Tipos	Ha	%
110	Cultivos	419.375	5.64
122	Pastizales inducidos	138.938	1.88
130	Pradera alpina	23.562	0.32
140	Suelo desnudo e incendios	51.875	0.70
211	Chaparral	835.312	11.30
212	Matorral de coníferas	117.000	1.58
221	Matorral xerófilo	171.125	2.32
311	Bosque de <i>Pinus hartwegii</i>	1,912.062	25.88
312	Bosque de <i>Pinus cembroides</i>	1,985.500	26.87
313	Bosque de <i>Pinus arizonica</i>	240.312	3.25
314	Bosque de <i>Pinus cemb.-arizon.</i>	336.750	4.56
315	Bosque de <i>Abies-Pinus</i>	617.625-	8.36
321	Bosque de <i>Quercus sp.</i>	496.500	6.72
322	Áreas con <i>Populus tremuloides</i>	43.562	0.59
	Área total:	<b>7,392.125</b>	

En la figura 8.1 se observa una comparación de coberturas a nivel de clasificación uno entre los años 1971 y 1993 del cerro El Potosí

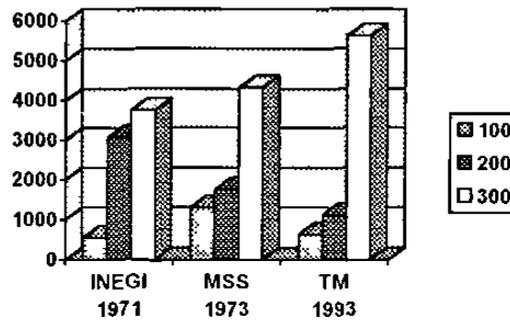


Figura 8.1: Comparación de coberturas entre los tipos de vegetación nivel 1.

## 8.2 Sistema de Información Geográfica

El SIG se compone de información temática referente a infraestructura, geología, edafología, topografía (altitudes, pendientes y exposiciones), vegetación de 1971, 1973 y 1993, y régimen de propiedad. Las combinaciones de algunas de éstas sirvieron para elaborar modelos para facilitar el análisis y manejo de la vegetación y otros recursos existentes en el Cerro.

En los análisis espaciales realizados se encontró que algunas comunidades vegetales han cambiado de manera importante la superficie que ocupaban entre 1973 y 1993. La Pradera alpina ha sufrido una reducción de 33.25 ha a 23.56; el Matorral de *Pinus culminicola* de 157.438 a 117 ha, el Bosque de *Pinus hartwegii* de 2,431 a 1,912 ha, el Chaparral de 1,457 a 835 ha

A través de el SIG se hizo un análisis de la zona y con ello se elaboró un mapa de zonificación para el manejo del área de estudio (figura 7.15 en el anexo).

### 8.3 Análisis de resultados de campo

Los parámetros evaluados en campo proporcionan información referente al número de especies maderables en los tipos de vegetación determinados, su cobertura y el área basal presente. Estos datos son de importancia en la planeación y el manejo adecuado de la zona de estudio.

Las áreas de cobertura de las comunidades de Pradera alpina y Matorral de coníferas representan en la imagen una pequeña fracción del área total de estudio (140 ha), lo que dificultó la asignación de área suficiente en términos estadísticos para las áreas de entrenamiento. Además, la presencia de una nube en la imagen TM 93, impidió el análisis espacial preciso de estas comunidades, por otro lado las fitocenosis han sido estudiadas desde distintas perspectivas por algunos investigadores por lo que se enfocó en los análisis de campo del resto de las comunidades vegetales presentes en el Cerro.

Los bosques de *P. hartwegii* se encuentran ampliamente distribuidos en todas las exposiciones del Cerro, las densidades y calidad del arbolado varían ampliamente en toda el área de distribución. De esta manera se tiene que los rodales más densos se localizan preferentemente en las áreas de exposición norte y laderas de exposición este, lo que también se constató que existen superficies arboladas que han sido taladas donde existe actualmente un sotobosque con *Quercus intricata*, otras zonas que han sido incendiadas anteriormente, se observan cubiertas por *Populus tremuloides*.

En las exposiciones sur y oeste los bosques de *P. hartwegii*, son más abiertos, el arbolado es de menor talla y diámetro, lo que resulta en sitios

menos productivos a consecuencia que los vientos del este ocurren con un menor porcentaje de humedad.

Los bosques de coníferas más diversos son los bosques húmedos de las cañadas con *Abies vejarii*, *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii*, estando distribuidos principalmente en las cañadas de exposición noreste arriba de los 3,000 msnm en donde predominan en densidad y cobertura *Pinus ayacahuite* y *Pseudotsuga menziesii*. En áreas por abajo de los 3,000 msnm los bosques de cañada predominan *Pseudotsuga menziesii* junto con *Quercus* spp. Debido a su restringida distribución, éstos ocupan un área de cobertura limitada y deben ser objeto de protección.

El Chaparral es la comunidad más diversa del área de estudio, con seis especies en el estrato superior, las cuales ostentan una altura promedio de 3.29 m en éste estrato; Lo que se puede considerar una comunidad baja de apariencia densa y cerrada (4,550 ind/ha). El área basal de esta comunidad es de 23.34 m<sup>2</sup>/ha, éstas características lo hacen potencialmente utilizable. Estas especies pueden tener usos diferentes al aserrío tradicional ya que los diámetros promedio no son mayores a los 15 cm. *Quercus polymorpha* es la especie que más área basal aporta a la comunidad con 14.88 m<sup>2</sup>/ha.

Los bosques más extensos de *Quercus* se ubican en las partes bajas con exposición sureste, dominando *Q. mexicana* en cobertura (6,718 m<sup>2</sup>/ha) y área basal (17.38 m<sup>2</sup>/ha). En este sitio, además, se presentan otras especies como *Q. gregii*, *Crataegus* sp., *Prunus* sp., *Arbutus xalapensis*, y *P. cembroides* que le dan al sitio una diversidad que enriquece el hábitat y lo hace potencial tanto para refugio de fauna silvestre (anidación y alimento) como para considerarlo como un recurso natural susceptible de preservación.

Los bosques de *P. cembroides* al sureste de la región, tienen una densidad alta (990 ind/ha) y un área basal de 14.81 m<sup>2</sup>/ha. A su vez, la regeneración en el área es importante (240 ind/ha). Estos sitios son susceptibles de un aprovechamiento racional a través de la selección de árboles navideños y el establecimiento de áreas semilleras.

*Pinus arizonica* no es una especie de importancia maderable para la zona por las características de su fuste (corto y con muchos entrenudos), presenta una producción promedio de 45.7 m<sup>2</sup>/ha de área basal, en una densidad de arbolado de 210 ind/ha, son árboles bajos y maduros que forman pequeños bosquetes abiertos ubicados principalmente cerca de los valles en la frontera agrícola.

#### **8.4 Propuesta de manejo para el cerro “El Potosí”**

En esta investigación se pretende establecer propuestas para el manejo y mantenimiento de la biodiversidad, así como también aportar ciertas pautas para el adecuado manejo y conservación de los recursos naturales de las comunidades rurales que habitan en las cercanías del cerro “El Potosí”, como son los ejidos 18 de Marzo, El Derramadero, Río Verde, San José de la Joya, y otras pequeñas propiedades presentes dentro del área de estudio (tabla 7.6 y la figura 7.16 en anexo). En algunas áreas con bosques públicos este tipo de estudios se han incrementado para facilitar la planeación en el manejo y toma de decisiones. Al evaluar los estados existentes de la vegetación en el cerro “El Potosí” se pretende establecer para la región las estrategias ecológicas más adecuadas.

Como características propias de la distribución de los bosques en general se observó que la dominancia de los bosques de coníferas se acentúa

principalmente por la altitud, arriba de los 3,000 msnm donde las características fisiográficas del terreno incrementan la importancia de las variables de exposición y pendiente, suelos delgados en donde las coníferas prosperan más fácilmente por sus exigencias menores en cuanto a calidad del suelo y poca humedad, creando así un mosaico diverso de hábitats y paisajes.

Los bosques de encinos y otras especies caducifolias dominan principalmente en las zonas inferiores a los 3,000 msnm y en áreas con bastante humedad.

En cuanto a la diversidad de especies vegetales se observó que los sitios de elevaciones bajas soportan un número mayor de especies que los sitios más elevados.

Como primer punto a destacar dentro de las propuestas de manejo, se propone el establecer sitios permanentes de muestreo en las vegetaciones tipo del cerro "El Potosí" (algunos de estos puntos se encuentran ubicados en la Tabla 7.7) con el fin de generar información de valiosa importancia como el crecimiento anual de las distintas comunidades y poder así establecer una tasa de aprovechamiento óptima de los recursos forestales.

Para lograr el mantenimiento de la biodiversidad y que exista a la vez un aprovechamiento sostenido de los recursos con que cuenta el área, fue necesario zonificar el Cerro en unidades de manejo que permitan la conservación integral de los recursos naturales de la región. Esta zonificación no será definitiva y deberá ajustarse a la dinámica de cambios que se irán presentando en un futuro a mediano y largo plazo, tales ajustes podrán establecerse con base a la información obtenida de los sitios permanentes de muestreo los cuales podrán ser monitoreados cada año con el fin de observar la tendencias en cuanto a incrementos en diámetros de las especies maderables, desplazamientos de la distribución de ciertas especies,

variaciones en la cobertura vegetal, evaluaciones de calidad de hábitat para especies de la fauna silvestre, entre otros.

La zonificación propuesta para el cerro “El Potosí”, ver la Figura 7.15 del anexo, se ajustó tomando como base el criterio de la IUCN (1991); considerándose tres zonas principales; la zona *Núcleo*: áreas de acceso restringido, y las actividades permitidas son de orden no destructivas. Estas zonas son exclusivas para la investigación y preservación. No obstante que la IUCN señala a estos sitios como aquellos donde existe el menor grado de perturbación por la acción humana; para el caso del cerro “El Potosí”, que exhibe en la cima (arriba de los 3,000 msnm) un alto nivel de intervención humana, a través del tránsito vehicular y la deposición de desechos domésticos. El sitio está comprendido por áreas que deberán estar bajo una estricta protección, donde todo tipo de actividad de aprovechamiento estará prohibido.

Otra zona será una considerada como *zona de recuperación ecológica*, en ella deberán encaminarse los esfuerzos a reestablecer el equilibrio ecológico; a través de la regulación del aprovechamiento agropecuario principalmente. Están contenidas todas aquellas áreas que han sufrido deterioro por diversas causas y deberán de estar sujetas a algún tipo de manejo tendiente a su recuperación, como reforestaciones, eliminación de desechos, retiro de el ganado, etc. La *zona de amortiguamiento* la comprenden aquellas áreas susceptibles a un aprovechamiento de acuerdo a algún plan específico de manejo que permita su sostenibilidad, evitando todo tipo de alteraciones irreversibles, y que represente para las comunidades circundantes una fuente continua de ingresos. La figura 7.15 Muestra al mapa de zonificación propuesto para el cerro “El Potosí”, en él se especifican las tres zonas de manejo, de conservación, de manejo racional y de recuperación ecológica.

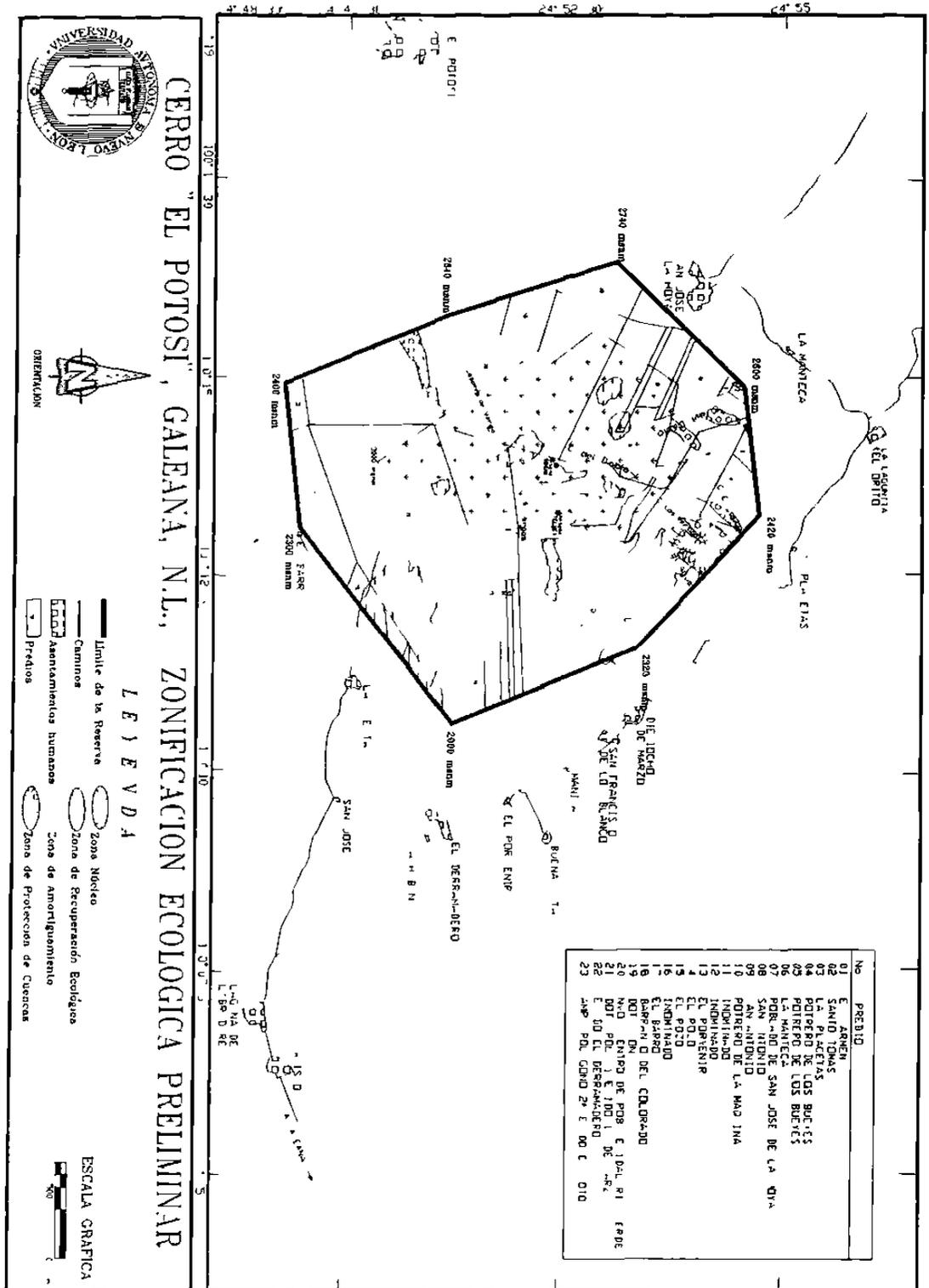


Figura 7.15: Mapa de zonificación para el cerro "El Potosí"

## ZONA NUCLEO :

### **I. Conservación del Matorral de coníferas (*P. culminicola*).**

Aunque se ha reportado la existencia de *Pinus culminicola* en algunas regiones altas de la Sierra Madre Oriental, ésta área ocupa actualmente 117 ha. Según el estudio realizado por Oviedo (1996) ésta especie se encuentra ocupando nuevas áreas en altitudes inferiores de espacios abiertos dentro del bosque de *P. hartwegii*. No obstante, la principal población la constituye una franja estrecha y muy densa de coníferas arbustivas única en el estado de Nuevo León y se ubica cerca de la cima en donde domina en cobertura *Pinus culminicola*. El área que originalmente ocupaban en la zona de exposición oeste del Cerro sufrió un incendio natural en 1974. Actualmente esta área se encuentra en regeneración natural, por lo que es conveniente evaluar periódicamente su evolución.

### **II. Conservación y recuperación de las praderas alpinas.**

La pradera alpina ha sufrido en el pasado la intervención humana debido a la explotación de una mina de manganeso que en la actualidad se encuentra abandonada. Posteriormente la elaboración de un camino e instalación de las antenas de control de tráfico aéreo y de teléfonos, han provocado el desmonte de una gran superficie de esta importante y significativa comunidad por su carácter único en el Estado.

Ciertas zonas de uso para las instalaciones se encuentran en abandono. Además de lo anterior, existe la alteración por pisoteo y pastoreo de ganado. Para la recuperación de la zona, es recomendable eliminar los desechos inservibles del uso de las antenas y eliminar el pastoreo, mediante el cercado de la zona.

### **III. Conservación de los bosques de *Quercus* spp.**

Las especies de encinos son abundantes en la zona, pero los bosques de *Quercus* spp. ubicados principalmente en la exposición sureste tienen tallas grandes con coberturas amplias y valores de área basal de 25 m<sup>2</sup>/ha, siendo por lo tanto escasos y de distribución restringida en el cerro "El Potosí" y en general en el municipio de Galeana. Por lo anterior, resulta necesario conservar dichos sitios ya que contienen características de un hábitat especial que constituye el hábitat de diversas especies de fauna y flora silvestres, las cuales forman parte del sistema ecológico que resguarda a nivel nacional el mayor número de endemismos.

### **IV. Conservación de las cañadas húmedas (*Abies vejarii*, *Pseudotsuga menziesii* y *Pinus ayacahuite*).**

Las cañadas del cerro "El Potosí" albergan la mayor diversidad de especies de coníferas en las partes altas y de latifoliadas en las partes bajas, por lo que se propone su conservación, debido a que a través de estas cañadas circula una gran cantidad de agua hacia las partes bajas y los valles, la vegetación aminora el proceso de erosión filtrando el agua lo cual representa una fuente invaluable para la agricultura, y la principal fuente de agua potable para los habitantes de los ejidos y poblados que circundan el Cerro.

## **ZONA DE RECUPERACION ECOLOGICA :**

### **I. Bosque de *Pinus arizonica* y mixto de *P. cembroides* - *P. arizonica*.**

La mayoría de las áreas con estos tipos de vegetación han sido eliminados porque se ubican en la frontera agrícola ya que se distribuyen principalmente en zonas bajas y de poca pendiente. Restan por lo general algunas manchas de diversas dimensiones en donde el suelo es muy alcalino y pobre o bien donde la pendiente abrupta no permitió la invasión agrícola.

Es posible recuperar parte de esta comunidad estableciendo a través de una reforestación de aquellas zonas agrícolas abandonadas, o bien permitiendo un descanso para la zona que permita una regeneración natural estableciendo un control de eliminación de especies del matorral xerófilo.

## **II. Areas incendiadas**

El área de estudio es muy susceptible a sufrir algún siniestro debido a que durante los meses de marzo a junio después de una prolongada época de sequía, la acumulación de materia orgánica y los fuertes vientos es posible que los incendios inicien y sean fácilmente propagados, sobre todo en áreas inaccesibles de la sierra en donde resulta difícil su control.

Es necesario que algunas de estas áreas se recuperen tanto para el mantenimiento de la diversidad como el caso de la zona de *Pinus culminicola*, así como para el aprovechamiento de sitios que pueden tener un potencial de alta productividad como algunas laderas de exposición norte donde se ha perdido parte del bosque de *Pinus hartwegii*. Algunas actividades que se deben realizar en zonas de alto riesgo son el dispersar el material combustible acumulado sobre la base de los árboles en zonas aledañas, establecer plantaciones con especies nativas, construir bordes a manera de reten para disminuir la velocidad de arrastre de sedimentos en las áreas donde el suelo se encuentra expuesto, entre otras medidas profilácticas.

### **ZONA DE AMORTIGUAMIENTO :**

#### **I. Aprovechamiento de los bosques de *Pinus cembroides*.**

Este tipo de comunidad es abundante en gran parte del norte de la República y en particular el municipio de Galeana dentro del Estado. En algunas áreas del cerro "El Potosí" ubicadas al sureste existe un potencial para el aprovechamiento del pino piñonero, tanto en la cosecha de sus semillas

como la corta de arbolitos de navidad. A este respecto, sería recomendable en primer término hacer un estudio dasonómico más detallado de ésta comunidad para poder establecer un manejo silvícola que permita el aprovechamiento adecuado y sostenido de las masas arboladas de esta especie.

## **II. Manejo silvícola para el bosque de *Pinus hartwegii* en el área de La Joya.**

En el ejido de San José de La Joya existe un bosque joven de *P. hartwegii*, ésta población tiene su origen en la regeneración de árboles padre que quedaron de un aprovechamiento realizado con anterioridad, el principal problema de sitio es la sobrepoblación que genera en muchas partes una sobredensidad que llega hasta los 31,400 individuos por hectárea, dichas plantas tienen diámetros de 4 cm en promedio, ésta situación está provocando una pérdida en la calidad del arbolado a futuro. Se recomienda una pronta intervención silvícola como el aclareo para incrementar la calidad y resistencia a plagas, enfermedades e incendios del arbolado.

## **III. Aprovechamiento del bosque de *Pinus hartwegii*.**

Los bosques de *P. hartwegii* representan una de los principales fuentes de ingresos para la población circundante del Cerro, ciertas áreas ocupadas originalmente por esta especie se encuentran en diferentes estados de deterioro. Existen zonas incendiadas al norte y otras zonas abiertas en donde se dificulta la regeneración natural.

Para asegurar el aprovechamiento de la especie es necesario determinar aquellos sitios con mayor productividad y establecer en ellos, ciclos de corta con una duración acorde a las tasas de incremento anual.

También es recomendable utilizar las investigaciones realizadas sobre la generación de tablas y tarifas de volumen por Herrera (1995).

#### **IV. Manejo y aprovechamiento en las áreas con Chaparral.**

Las extensas áreas con chaparral tienen diversas características dasonómicas y de composición de especies a lo largo de su distribución. Diversos sitios presentan un alto valor en área basal, aunque los diámetros no suelen exceder de los 16 cm, las alturas son lo suficientemente adecuadas para el aprovechamiento de estas especies en el uso de mamposterías, cercas, leña, elaboración de carbón, etc.

## 9. CONCLUSIÓN

A través del análisis digital de las imágenes de satélite se evaluaron ciertos aspectos sobre la vegetación presente en el cerro "El Potosí", observándose una diversidad de fitocenosis caracterizada por catorce tipos principales. Los cuales han sufrido cambios en los últimos 20 años, por lo que su nivel de productividad es muy variable.

La imagen Landsat MSS 1973 utilizada para el estudio representó una fuente importante de información sobre la cobertura existente en el pasado, a pesar de su baja resolución espacial y espectral.

Con el apoyo del trabajo de campo se analizaron y determinaron las coberturas, fitodiversidad y nivel de producción en sitios donde se distribuyen los tipos de comunidades determinados en el presente trabajo.

Las comunidades que se proponen para su protección son la pradera alpina, el matorral de *Pinus culminicola*, los bosques de galerías en donde se distribuyen las especies *Abies vejarii*, *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ayacahuite*, y varias especies de encino como *Quercus polymorpha*, así como los bosques de encino en la exposición noreste.

Debido a la reducción de superficie, las comunidades que deben ser manejadas para su recuperación son las áreas incendiadas de *Pinus hartwegii* de exposición norte, los matorrales de *Pinus culminicola* de exposición oeste, y los bosques de *Pinus arizonica*.

Las áreas susceptibles para su aprovechamiento son el bosque de *Pinus hartwegii*, el Chaparral, y el bosque de *Pinus cembroides*.

## 10. RECOMENDACIONES

Por la importancia que tiene la protección y el manejo adecuado de los recursos naturales presentes en el cerro "El Potosí" se establece una serie de recomendaciones :

- Continuar con estudios científicos en el área que proporcionen mayor información sobre las áreas susceptibles a un aprovechamiento forestal.
- Establecer una red de sitios permanentes de muestreo, con lo cual se podrá monitorear periódicamente el desarrollo y dinámica de las comunidades vegetales de la zona.
- Actualizar los mapas de vegetación y zonificación del área de estudio conforme se recuperen en las zonas alteradas, o se modifiquen las áreas susceptibles al aprovechamiento.
- Hacer del conocimiento de los pobladores del cerro "El Potosí" (propietarios del terreno) los avances y recomendaciones que se generan de las investigaciones concluidas.

## 11. LITERATURA CITADA

- Andresen, J. R.; E., Hardy; Poach, J.T.; and R.E., Witmer, 1976. A land use and land cover clasification system for use with remote sensor data., U.S. Departament of the Interior, Geological Survey Professional Paper 964. 20 p.
- Arredondo, G. S., 1982. Estudio sobre la factibilidad para detectar y cuantificar mantos de Sargazo mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes multiespectrales. S.P.P. 30 p.
- Beaman, H. J. and W. J. Andresen, 1966. The vegetation, Floristics and phytogeography of the summit of Cerro Potosi, México. The American Midland Naturalist. Vol. 75, No. 1, pp.: 1-33.
- Beaman, J. H., 1962. The Timberlines of Iztaccihuatl and Popocatepetl, México. Ecology, Vol. 43, No. 3, pp.
- Beaman, J. H., 1965. A preliminary ecological study of the alpine flora of Popocatepetl and Iztaccihuatl. Boletin de la Sociedad Botánica de México, No. 29, pp.: 63-75.
- Camara, R.A., 1982. Estudio cartográfico de la vegetación del sureste de Jalisco mediante percepción remota. Tesis, Facultad de Ciencias, UNAM, 146 p.
- Capó, A., 1972. Observaciones sobre la taxonomía y distribución de las coníferas de Nuevo León, México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. 190 p.

CETENAL, 1977. Carta de Uso de Suelo, "Galeana" G14C56, SPP, México, Escala 1:50,000.

Curiel, B. A., 1988. Plan de Manejo Bosque la Primavera, Universidad de Guadalajara, Fac. de Agricultura, DICSA. Guadalajara, Jalisco. 164 p.

Chuvienco, E., 1990. Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones Rialp, Madrid. 450 p.

DETENAL, 1977. Carta Edafológica, "Galeana" G14C56, SPP, México, Escala 1:50,000.

DETENAL, 1978. Carta Geológica, "Galeana" G14C56, SPP, México, Escala 1:50,000.

ERDAS, 1991. ERDAS Field guide, ver. 7.5. ERDAS Inc., Atlanta GA, USA. 394 p.

Evans, D. L.; Zhu, Z.; Eggen-McIntosh, S.; García, M. P.; Ornelas de Anda, J. L., 1992. Mapping Mexico's forest lands with advanced very high resolution radiometer, USDA, Forest Service Research Note SO-367, 4 p.

Fiorella, M. and W. J., Ripple. 1993. Analysis of conifer forest regeneration using landsat thematic mapper data. Photogrametric Engineering & Remote Sensing. pp 1383-1388.

- Flores, O. R., 1983. Notas autoecológicas del "pino piñonero" (*Pinus cembroides* ZUCCARINI) en Nuevo León, México. Tesis, F.C.B., U.A.N.L., 84 p.
- Fuller, R. M.; G. B. Groom and Jones A. R. 1994. The land cover map of Great Britain: an automated classification of landsat thematic mapper data. *Photographic Engineering & Remote Sensing*, pp. 321-377.
- García, A. y S., González, 1991. Flora y vegetación de la cima del cerro El Potosí, Nuevo León, México, *Acta Botánica Mexicana*, No. 13, pp.: 53-74.
- García, A., 1989. Análisis de la flora y vegetación de la cima del cerro "El Potosí", municipio de Galeana, Nuevo León, México. Tesis, F.C.B., U.A.N.L., 61 p.
- García, E. 1987. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. 4a. Edición. 243 p.
- Giddings, L. E., 1980. Transformaciones de Imagenes LANDSAT para aplicaciones botánicas. *BIOTICA* 5(4):199-205.
- Herrera, V. M., 1995. Elaboración de una tabla y tarifa de volumen para *Pinus hartwegii* Lindl., en el cerro "El Potosí", Galeana, Nuevo León. Tesis. FCF, UANL., 53 p.
- INEGI, 1977. Carta topográfica, "Galeana" G14C56, SPP, México, Escala 1:50,000.

INEGI, 1986. Síntesis Geográfica del estado de Nuevo León, SPP, México.

Jardel, E. J., 1992. Estrategia para la conservación de la reserva de la biósfera Sierra de Manantlán. Editorial Universidad de Guadalajara, 2a. edición, Guadalajara, Jal. México. 312 p.

Kenton M., 1980. Planificación de Parques Nacionales para el ecodesarrollo en Latinoamérica. F.E.M.P.A. España. 501 p.

Kuchler, A. W., 1967. Vegetation mapping., The Roland Press Co., N.Y., U.S.A., 472 p.

Lauver, L. C., 1993. A hierarchical classification of Landsat TM imagery to identify natural grassland areas and rare species habitat. Photographic Engineering & Remote Sensing, pp.697-634.

Lillesand, T. M., 1979. Remote sensing and image interpretation. Second Edition, John & Sons., U.S.A., 721 p.

Lira, J., 1987. La Percepción remota: Nuestros ojos desde el espacio., Fondo de Cultura económica, S.E.P., La ciencia/33 desde México. 150 p.

Lozano, G. D., 1981. Percepción remota de la vegetación de la zona árida Poblano-Veracruzana, México. Arid Land Resource Inventories: Developing Cost-Efficient Methods. USDA, Forest Service General Techniques Required for Wildland Resource Classification. pp.: 273-278.

- Melo, G. C., 1994. Parque Nacional El Chico, marco geográfico natural y propuesta de zonificación para su manejo operativo. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, No. 28, pp
- Miranda, V. J., Estudio para identificar y clasificar caña de azúcar utilizando el sistema de análisis multiespectral SIDAM 2 (APDS). S.P.P. Publicación interna PA 002.
- Molina, L. C., Uso de técnicas de percepción remota en el estudio y evaluación de los recursos naturales en Colombia., C.I.A.F, pp.: 267-298.
- Moore, A. y C. Ormazábal, 1988. Manual de planificación de sistemas nacionales de áreas protegidas en América Latina, FAO, PNUMA, Documento técnico No. 4, Santiago, Chile, 137 p.
- Moore A., Wendt B., Penna L., Castillo I. 1989. Manual para la capacitación del personal de áreas protegidas. NPS, Washington, D.C. 1,050+pp.
- Muller, H. C., 1937. Plants as indicators of climate in Northeast México. The American Midland Naturalist. pp.: 986-1000.
- Müller, H. C., 1939. Relations of the vegetation and climatic types in Nuevo León, México. The American Midland Naturalist, 75:1-33.
- Müller-D.; H. Ellenberg, 1974. Aims and methods of vegetation ecology, Wiley Int. Edition, USA, 547 p.

- Oviedo, A. C., 1995. Estudio preliminar en un ecosistema forestal mixto de *Pinus culminicola* A&B y *Pinus hartwegii* Lindl. en el cerro "El Potosí", Galeana, N.L.: Tesis, FCF, UANL, 60 p.
- Passini, M. F., 1982. Les Forêts de *Pinus cembroides* au Mexique. Etudes Mésoaméricaines II-5, Ed. Reserche sur les civilisations. Paris, France. Chahier No. 9, 373 p.
- Ramos, M. H., 1980. El uso de datos multiespectrales obtenidos en avión para identificación de cultivos. S.P.P. publicación interna PA 003.
- Ramos, M. H., 1980. Identificación y cuantificación de área agrícola por medio de análisis digital de información LANDSAT. S.P.P. publicación interna PA 001. 14 p.
- Rzedowski, J. 1981. La vegetación de México, LIMUSA, México, D.F., 432 p.
- SAG., 1973. Comisión de coeficientes de agostadero, estado de Nuevo León, México, 180 p.
- Sánchez Silva, R.; J. López G.; y Espinoza Rdz., J.M. 1987. Cambios en la comunidad de *Pinus culminicola* Andersen and Beaman en el cerro "El Potosí", Nuevo León. Boletín del Instituto de Geografía, No. 17, UNAM, México, pp.: 65-73.
- Sánchez V. A., 1987. Conservación biológica en México, perspectivas. Universidad Autónoma Chapingo, Colección Cuadernos Universitarios, Serie Agronomía No. 13, 136 p.

SARH, 1978. Informe del Instituto de Recursos Renovables, Monterrey, N. L., 233 p.

SPP, 1981. Carta de precipitación total anual, Monterrey, Escala 1:1,000,000

Treviño, G. E., 1992. Verwendung von satellitenaufnahmen zur vegetationkartierung am beispiel region "Sierra Madre Oriental" in Nordostmexiko. Göttinger Beiträge zur land - und forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen. 150 p.

Vankat, J. L., 1979. The natural vegetation of North America., John Wiley & Sons, 261 p.

Velázquez, A., 1992. Landscape ecology-vegetation map of Tlálloc and Pelado volcanoes, México. ITC Journal , No. 3., pp.: 213-227.

ANEXO

Tabla 7.17 Listado de los campos de entrenamiento utilizados en la clasificación de la imagen Landsat TM 1993

No.	Clase	Pix	Media	Desv	Media	Desv	Media	Desv.	Media	Desv.	Media	Desv
1	110-1	132	21,37	0,98	29,34	1,41	36,09	1,86	108,01	2,23	68	1,9
2	110-2	411	23,89	1,45	32,78	1,44	37,3	1,94	99,91	3,18	60,86	2,52
3	110-3	44	32,75	0,81	41,8	1,27	49,89	2,21	115	2,21	68,3	2,12
4	110-4	33	21,82	1,69	25,73	2,38	32,27	2,45	82,97	4,98	42,79	3,03
5	120-1	89	30,74	0,65	39,07	0,9	62,43	1,81	126,88	1,64	57,67	1,44
6	120-2	53	32,62	0,9	42,74	1,21	66,87	1,63	135,7	1,82	60,7	1,51
7	211-1	106	16,73	0,66	14,75	0,76	63,29	1,92	49,62	2,1	13,67	1,34
8	211-2	172	17,3	0,73	15,72	0,83	55,46	2,16	48,38	2,39	14,69	1,29
9	212-1	35	20,46	0,91	21,8	1,05	49,6	1,64	61,26	1,54	27,14	1,35
10	212-2	28	19,43	0,79	20,21	0,96	47,21	1,95	56,43	2,7	24,61	1,62
11	221-1	125	33,57	0,98	40,08	1,36	43,38	1,02	85,87	2,14	47,86	1,45
12	221-2	1508	25,14	1,47	28,31	2,09	35,05	1,6	60,59	2,67	31,06	1,78
13	221-3	73	28,67	1,52	33,64	1,85	41,56	1,5	71,64	2,71	36,53	2,18
14	311A-1	58	18,98	0,78	18,79	1,01	58,81	2,77	55,5	2,63	17,59	1,45
15	311A-2	38	19,97	0,82	22,16	1,26	50,08	1,24	66,32	3,04	28	1,8
16	311B-1	65	18,31	0,88	19,62	1,2	38,85	2,81	55,51	3,09	22,34	1,75
17	312-1	67	18,69	0,61	18,6	0,95	50,33	1,88	58,01	1,93	21,31	1,48
18	313-1	22	16,05	0,63	14,55	0,81	36,86	1,8	35,95	2,46	13,05	1,13
19	314-1	22	19,27	1,07	19,36	1,23	41,18	1,34	50,14	3,13	21,14	1,45
20	315-1	246	14,88	0,86	13,85	1,33	33,19	2,16	27,35	3,33	9,74	1,75
21	315-2	151	18,7	0,77	18,01	0,96	62,29	2,3	53,6	2,14	16,97	1,13
22	316-1	188	15,77	0,77	14,94	1,06	37,15	2,76	32,97	2,57	11,54	1,52
23	321-1	46	20,35	0,71	22,93	0,81	46,37	1,99	74,98	2,76	31,02	1,45
24	321-2	420	21,5	0,99	23,98	0,98	49,62	2,05	75,55	2,42	30,26	1,68
25	322-1	58	17,34	0,53	19,17	0,86	25,48	1,52	51,81	2,61	23,98	1,41
26	410-1	26	121,38	4,41	147,08	4,4	141,5	2,66	240,65	7,26	141,27	4,14
27	410-2	19	50,26	3,35	59,42	3,06	69,21	2,44	118,32	5,2	63,42	2,8
28	410-3	54	112,15	5,83	134,85	6,81	132	4,52	222,65	11,42	130,13	6,12
29	420-1	1569	11,46	1,28	10,28	1,65	13,44	3,85	11,85	5,13	4,42	2,33

Se reportan los valores medios, desviación estándar, y el tamaño de muestra así como número de pixeles.



Tabla 7.19 Listado de los campos de entrenamiento utilizados en la clasificación de la imagen Landsat MSS 1973

No.	Clase	Pix	Media	Desv.	Media	Desv.	Media	Desv.	Media	Desv.
1	110-1	94	27,56	1,24	26,94	1,46	30,22	1,9	15,03	0,95
2	110-2	44	26,86	0,34	25,32	1,04	28,68	1,29	14,3	0,83
3	110-3	170	25,54	1,31	26,04	1,23	30,44	1,1	16,3	1,07
4	110-4	112	37,04	1,19	39,05	1,72	43,78	1,61	21,74	0,87
5	120-1	303	33,82	1,44	34,9	1,23	47,68	1,14	26,48	0,95
6	120-3	103	28,13	1,23	25,44	1,79	32,16	1,29	17,51	0,73
7	130-1	145	27,07	1,05	25,61	1,34	34,12	1,45	18,9	1,15
8	142-1	125	23,22	1,16	21,62	1,03	24,18	0,98	12,26	0,6
9	211-1	884	24,88	1,33	21,5	0,99	31,78	1,16	18,26	0,7
10	211-2	322	23,9	1,35	21,09	0,88	32,84	0,87	19,43	0,74
11	211-3	78	27,46	0,91	24,38	1,27	31,73	1,18	17,67	0,61
12	211-4	623	25,66	1,66	23,24	1,46	32,52	1,73	18,3	1,09
13	211-5	1047	19,13	0,34	13,18	1,21	26,84	1,83	16,06	1,66
14	212-1	934	21,28	0,82	17,08	1,57	29,45	1,45	16,91	1,2
15	212-2	136	20,89	0,55	16,7	0,62	24,78	1,18	12,93	0,6
16	221-1	749	39,36	1,16	39,52	1,51	41,42	1,03	20,11	1,04
17	221-2	102	30,94	1,35	26,87	0,78	30,49	1	14,25	0,96
18	311-1	2236	24,81	1,46	22,79	1,52	35,31	1,69	20,77	1
19	311-2	89	18,8	0,96	13,74	1,05	19,9	1,34	10,84	0,98
20	311-3	107	21,13	0,6	17,2	1,09	27,72	1,04	16,68	1,11
21	311-4	81	27,74	0,55	24,07	1,57	35,43	1,12	20,27	0,56
22	311-5	72	36,68	1,69	35,25	2,03	42,44	1,76	22,37	0,79
23	315-1	122	20,21	0,93	14,74	1,42	30,71	1,51	18,99	1,14
24	315-2	61	18,23	1,07	11,25	0,75	23,69	1,34	13,46	1,14
25	315-3	392	21,06	0,91	15,55	1,17	31,51	1,41	18,87	1,12
26	321-1	860	26,42	1,14	22,71	1,48	32,07	1,32	18,26	0,84
27	321-2	67	21,33	0,47	16,69	1,33	35,31	1,36	21,84	0,91
28	321-3	399	21,67	0,81	16,65	1,47	33,96	1,62	20,56	1,23

Se reportan los valores .medios, desviación estándar, y el tamaño de muestra así como número de pixeles.

Tabla 7.20 Matriz de Contingencia de la imagen Landsat MSS 1973

	110-1	110-2	110-3	110-4	120-1	120-3	130-1	142-1	211-1	211-2	211-3	211-4	211-5	212-1
110-1	83	13,7	9,5											
110-2	17,1	86,4	3,6											
110-3			71,2								1,8			
110-4				70,4										
120-1														
120-3			3		66,1		15,1			25,7	3,1			
130-1			3		10,7	23,9	46,4				9,8			
142-1								47,6	10,9		20,1			0,7
211-1								24,9	74,6		4,5			
211-2			10		23,4		5,5	6,4		61,6	11,3			
211-3							8,5	3,5			24,6			
211-4												70,3	1,1	1
211-5								1,5				1,5	59,2	51,6
212-1													0,6	12,8
212-2														
221-1				10										
221-2														
311-1									3,8		5,7			
311-2														
311-3												3,1	21,1	18,9
311-4							9,7							
311-5				19,5		7,6	9,7							
315-1														
315-2												10,6	1,4	1,3
315-3												12,6		
321-1							5,5	15,8	6,6	12,9	12,9	2,3	13,1	11,5
321-2														

	212-2	221-1	221-2	311-1	311-2	311-3	311-4	311-5	315-1	315-2	315-3	321-1
110-1												
110-2												
110-3												1,3
110-4		8,2						8,4				
120-1												
120-3												
130-1				6								3,3
142-1												4,6
211-1				13,6								26,3
211-2												3,8
211-3				2,6								21,8
211-4						3			8,2	15,2	2,1	3,3
211-5						12,6			5		12,3	
212-1					11,9							
212-2	100											
221-1		91,9										
221-2			100									
311-1				72,9								0,7
311-2					88,2							
311-3						84,5						
311-4				3,6			100					3,1
311-5								91,7				
315-1									58,2		17,1	
315-2										84,9		
315-3									19,7		55,2	
321-1				0,8								32,3
321-2											3,9	

Se reportan los porcentajes de confusión entre las firmas espectrales.

Cuadro 7.2. Listado de especies presentes en el área de estudio:

ESPECIE	FAMILIA	TIPO DE VEGETACION
<i>Arenaria cf. oresiba</i>	CARYOPHYLLACEAE	Pradera alpina
<i>Astragalus purpusii</i>	LEGUMINOSAE	Pradera alpina
<i>Astrantium beamanii</i>	COMPOSITAE	Pradera alpina
<i>Bidens muelleri</i>	COMPOSITAE	Pradera alpina
<i>Linum lewesii</i>	LINACEAE	Pradera alpina
<i>Potentilla leonina</i>	ROSACEAE	Pradera alpina
<i>Trifolium shneideri</i>	LEGUMINOSAE	Pradera alpina
<i>Viola galeanensis</i>	VIOLACEAE	Pradera alpina
<i>Delphinium valens</i>	RANUNCULACEAE	Pradera subalpina
<i>Euphorbia beamanii</i>	EUPHORBIACEAE	Pradera subalpina
<i>Helenium integrifolium</i>	COMPOSITAE	Pradera subalpina
<i>Lupinus cacuminis</i>	LEGUMINOSAE	Pradera subalpina
<i>Penstemon leonensis</i>	SCROPHULARIACEAE	Pradera subalpina
<i>Senecio loratifolius</i>	COMPOSITAE	Pradera subalpina
<i>Pinus culminicola</i>	PINACEAE	Matorral de coníferas
<i>Achillea lanulosa</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Acourtia sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Arbutus xalapensis</i>	ERICACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Astragalus hypol.</i>	LEGUMINOSAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Astragalus purpusii</i>	LEGUMINOSAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Astrantium miellifolia</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Bromus carinatus</i>	POACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Castilleja sessiliflora</i>	SCROPHULARIACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Erigeron basilobatus</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Erigeron jamesii</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Eupatorium sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Festuca sp.</i>	POACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Hedeoma sp.</i>	LABIATAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Helenium integrifolium</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Lupinus muellerii</i>	LEGUMINOSAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Pinus ayacahuite</i>	PINACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Pinus culminicola</i>	PINACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Pinus hartwegii</i>	PINACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>

Cuadro 7.2 Continuación.

ESPECIE	FAMILIA	TIPO DE VEGETACION
<i>Potentilla sp.</i>	ROSACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	PINACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Quercus virginiana var. fusiformis</i>	FAGACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Ranunculus peruvianus</i>	RANUNCULACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Salvia regla</i>	LABIATAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Senecio carnerensis</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Senecio sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Senna sp.</i>	LEGUMINOSAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Silene sp.</i>	CARYOPHILLACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Stevia rhomsifolia</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
	CRASSULACEAE	B. de <i>Pinus hartwegii</i>
<i>Agave sp.</i>	AGAVACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Berberis trifoliolata</i>	BERBERIDACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Brickellia sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Castilleja sp.</i>	SCROPHULARACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Cowania plicata</i>	ROSACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Dalea frutescens</i>	LEGUMINOSAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Dyssodia sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Eupatorium sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	COMPOSITAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Helietta parviflora</i>	RUTACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Holodiscus sp.</i>	ROSACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Juniperus monosperma</i>	CUPRESSACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Lyndleyella mespilioides</i>	ROSACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Pinus cembroides</i>	PINACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Quercus mexicana</i>	FAGACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Rhus virens</i>	ANACARIDACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Ribes sp.</i>	SAXIFAGACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Tillandsia usneoides</i>	BROMELIACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Yucca sp.</i>	LILIACEAE	B. de <i>Pinus cembroides</i>
<i>Berberis trifoliolata</i>	BERBERIDACEAE	B. de <i>Pinus arizonica</i>
<i>Cowania plicata</i>	ROSACEAE	B. de <i>Pinus arizonica</i>
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	CUPRESSACEAE	B. de <i>Pinus arizonica</i>
<i>Pinus arizonica</i>	PINACEAE	B. de <i>Pinus arizonica</i>

Cuadro 7.2 Continuación.

ESPECIE	FAMILIA	TIPO DE VEGETACION
<i>Agave sp.</i>	AGAVACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Arbutus sp.</i>	ERICACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Berberis trifoliolata</i>	BERBERIDACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Chrysactinoa mexicana</i>	COMPOSITAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Eupatorium sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Juniperus erythrocarpa</i>	CUPRESSACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Lindleya mespilioides</i>	ROSACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Pinus arizonica</i>	PINACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Pinus cembroides</i>	PINACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Quercus cordifolia</i>	FAGACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Rhus pachyrachys</i>	ANACARIDACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Rhus trilobata</i>	ANACARIDACEAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Stevia sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Vigieria sp.</i>	COMPOSITAE	B. de <i>P. cemb-arizon.</i>
<i>Abies vejarii</i>	PINACEAE	B. de <i>Abies sp.</i>
<i>Pinus ayacahuite</i>	PINACEAE	B. de <i>Abies sp.</i>
<i>Pinus hartwegii</i>	PINACEAE	B. de <i>Abies sp.</i>
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	PINACEAE	B. de <i>Abies sp.</i>
<i>Crataegus sp.</i>	ROSACEAE	B. de <i>Quercus spp.</i>
<i>Prunus sp.</i>	ROSACEAE	B. de <i>Quercus spp.</i>
<i>Quercus gregii</i>	FAGACEAE	B. de <i>Quercus spp.</i>
<i>Quercus mexicana</i>	FAGACEAE	B. de <i>Quercus spp.</i>
<i>Arbutus xalapensis</i>	ERICACEAE	Chaparral
<i>Ceanothus coruleus</i>	RHAMNACEAE	Chaparral
<i>Cercocarpus mojadensis</i>	ROSACEAE	Chaparral
<i>Eupatorium ribumoides</i>	COMPOSITAE	Chaparral
<i>Garrya ovata</i>	CORNACEAE	Chaparral
<i>Listea glauscesens</i>	LAURACEAE	Chaparral
<i>Polypodium sp.</i>	POLYPODIACEAE	Chaparral
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	PINACEAE	Chaparral
<i>Quercus crassifolia</i>	FAGACEAE	Chaparral
<i>Quercus sp.</i>	FAGACEAE	Chaparral
<i>Salvia sp.</i>	LABIATAE	Chaparral
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	CARYOPHILACEAE	Chaparral

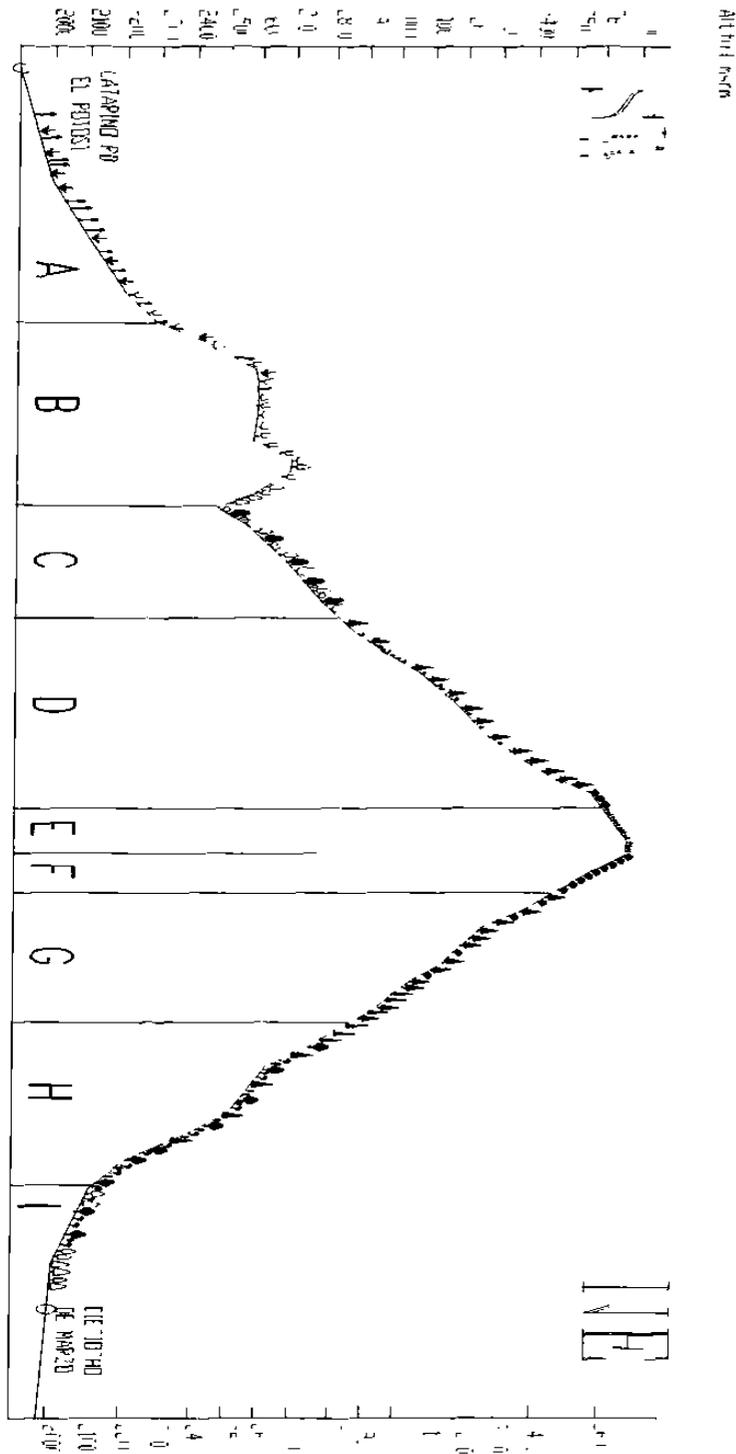


Figura 7.17: Perfil de vegetación del Cerro “El Potosí”, con orientación Suroeste - Noreste. Se presentan las principales comunidades distribuidas de manera altitudinal. A= Matorral Xerófilo, B= Bosque de *Pinus cembroides*, C= Bosque de Encino, D= Bosque de *Pinus hartwegii*, E= Pradera Alpina, F= Matorral de *Pinus culmnicola*, G= Bosque de *P. hartwegii*, Bosque de *Abies vejarii*, H= Chaparral, Y= Bosque de *Pinus cembroides*-*Pinus arizonica*.

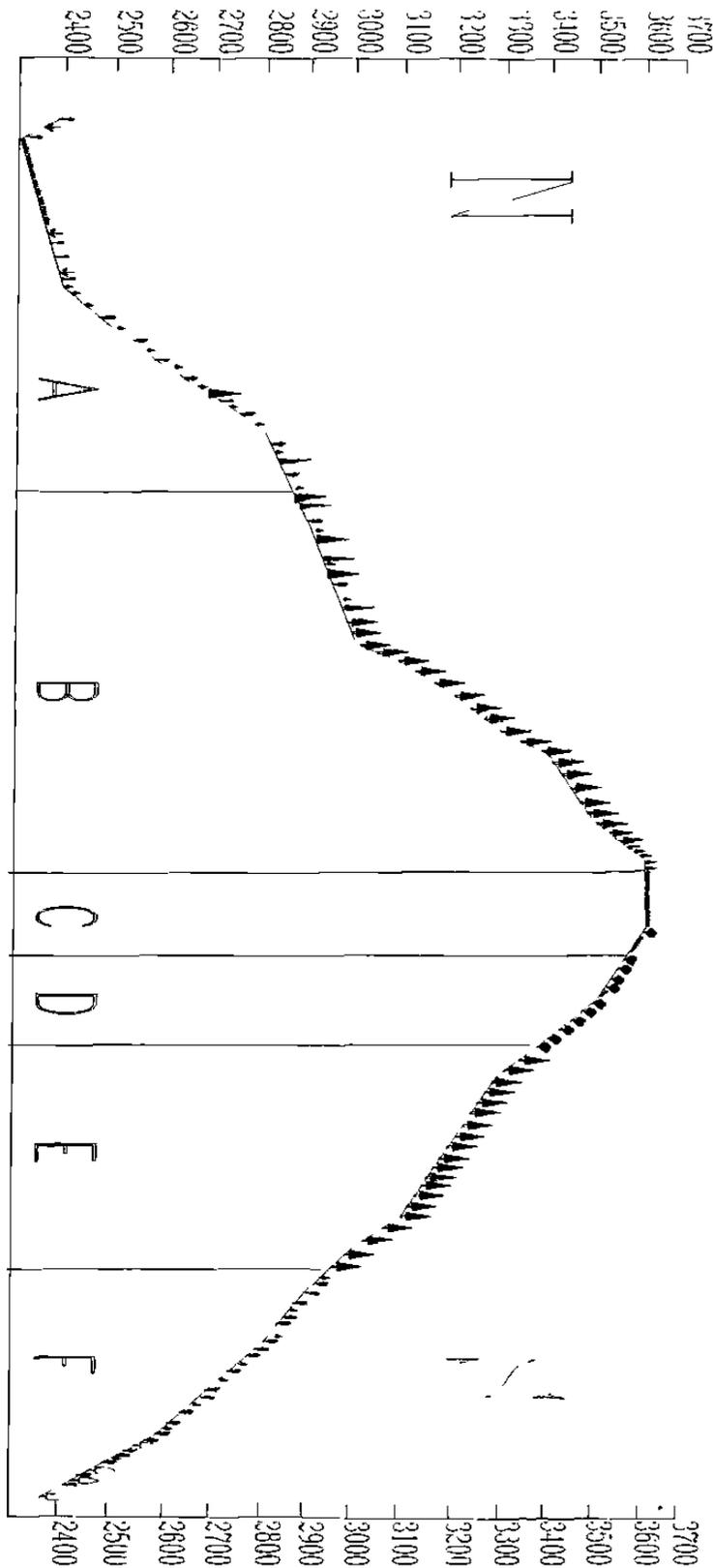


Figura 7.18: Perfil de vegetación del Cerro "El Potosi", con orientación Norte - Sur. Se presentan las principales comunidades distribuidas de manera altitudinal. A= Pastizales, Chaparral, Bosque abierto de *Pinus*, B= Bosque de *Pinus hartwegii*, B. de *Abies vejarii*, C= Pradera Alpina, D= Matorral de *Pinus culminicola*, E= Bosque de *Pinus hartwegii*, B. de *Abies vejarii*, F= Chaparral, Bosque de *Pinus cembroides*.

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel dieser Arbeit war es, den Vegetationszustand und dessen Beeinflussung durch unterschiedliche Nutzungsformen im Gebiet des Berges El Potosi im Bundesstaat Nuevo Leon zu erfassen. Im Untersuchungsgebiet finden sich wegen der besonderen geographischen Lage und der ausgeprägten Höhenzonierung charakteristische endemische Pflanzen- und Tierarten. Darüber hinaus stellt der Berg aufgrund der Rohstoffvorkommen (insbesondere Bergbau und Holznutzung) eine wichtige Einkommensquelle für die Bevölkerung dar.

Für diese Arbeit wurden Landsat MSS Satellitenbilddaten von März 1973 und Landsat TM Aufnahmen von August 1993 ausgewertet. Es wurden digitale Bildverarbeitungstechniken für die Überwachung der Klassifizierung dieser Satellitenbilddaten eingesetzt. Die als Musterklassen für die Überwachung der Maximum-Likelihood Klassifikation ausgewählten Gebiete wurden terrestrisch aufgenommen. Als Ergebnis der Klassifikation wurden die folgenden 10 Landnutzungsklassen ausgetrennt: Pradera Alpina (Hochgebirgsweide), Matorral de Coníferas (Kieferngebüsch, Pinus Culminicola), Masa forestal (Waldflächen, Pinus Hartwegii, Pinus Cembroides, Pinus Arizonica, Abies, Quercus spp.) Bosque mixto Formado (Mischwälder, Pinus Arizonica, Pinus Cembroides), Areas con Caparral (Eichengebüsch), Weiden und landwirtschaftliche Flächen. Die Ergebnisse der Klassifikation von 1973 und 1993 wurden graphisch als Vegetationskarten dargestellt.

Parameter der terrestrischen Datenerfassung wie die Schätzung der Vegetationsdichte und des Deckungsgrades sowie der Grundflächen wurden in die Analyse von Vegetationsunterschieden miteinbezogen.

Für das Untersuchungsgebiet wurde ein Geo-Informationssystem mit Daten über die Topographie (Höhe, Exposition und Neigung), die Geologie, Bodentyp, Infrastruktur (Wegnetze, Elektrizität, Siedlungen, etc.) und Eigentumsgrenzen sowie die Ergebnisse der Satellitenbildklassifizierung aufgebaut.

Auf der Grundlage der in das Geo-Informationssystem integrierten Daten wurden Analysen als Grundlage für die Ausarbeitung einer vorläufigen Planung für die zukünftige Nutzung des Untersuchungsgebietes durchgeführt. Es wurden 3 Zonen ausgetrennt, von denen eine Zone in Zukunft nicht mehr genutzt, sondern dem Naturschutz überlassen werden soll, eine Zone umfasst degradierte Flächen, die im Hinblick auf eine Wiederherstellung der natürlichen Leistungsfähigkeit entwickelt werden müssen und eine Zone umfasst Gebiete in denen langfristige und nachhaltige Nutzungen durchgeführt werden sollen.

