

MAPA No. 11

ADECUACION
CLIMATICA LOCAL II,
DISTRIBUCION DE CHAPARRAL,
VARIANTE SECA DE MATORRAL,
SUBMONTANO Y BOSQUE DE PINO-ENCINO



VÍAS TERRESTRES

LOCALIDAD
CARRETERA
BRECHA, VEREDA
LÍMITE MUNICIPAL DE SANTIAGO

SIMBOLOGIA

CLIMA	CLAVE	DESCRIPCION
	ACx	SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS ESCASAS TODO EL AÑO
	ACw0	SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO
	ACw1	SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO (MÁS HÚMEDO) CON LLUVIAS EN VERANO
	C(W1)	TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO
	C(Ex)	SEMIFRÍO HÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO
	Mi	CHAPARRAL
	Msm	MATORRAL SUBMONTANO
	Bpq	BOSQUE PINO - ENCINO

FUENTE : INEGI, 1995. A PARTIR DE ORTOFOTO DIGITAL ESCALA 1:20,000
CGSNEI, CARTA DE CLIMAS ESCALA 1:1,000,000 V. VALDEZ TAMEZ, 2002
GRADIENTE TÉRMICO

6.2.3.- Fotointerpretación y validación de cartografía de uso del suelo y vegetación 1975 (análisis retrospectivo)

La fotointerpretación en sí misma contiene una secuencia metodológica que implica plantear en cada caso una hipótesis en la definición, no solamente de los tipos de vegetación sino además de sus principales aspectos fisonómicos, derivados de la presencia de ciertas asociaciones y especies vegetales. Para llegar a esto, es necesario realizar primero una investigación bibliográfica y cartográfica sobre los antecedentes así como integrar la información disponible del área de estudio como criterio de selección de las unidades de vegetación. Posteriormente analizar las características ecológicas determinantes del establecimiento de las comunidades vegetales, principalmente clima y factores relacionados (temperatura, precipitación, exposición, altitud), edafología geología considerando para ello las características de las fotografías aéreas como son; tono, textura, escala etc. Finalmente derivando hipótesis que permiten identificar tanto en las fotografías aéreas como también en las imágenes de satélite los tipos y asociaciones vegetales que serán verificados posteriormente en campo. En la revisión y validación de la carta de uso del suelo y vegetación 1975 (mapa 13 en resultados) se utilizó fotografía aérea a color Esc. 1:25, 000 de 1975.

6.2.4.- Análisis retrospectivo para la determinación del estado ecológico de conservación o deterioro de la vegetación para 1975

Durante esta actividad, se evaluaron los grados de perturbación aparente en las comunidades vegetales utilizando técnicas de fotointerpretación también con fotografía aérea a color de 1975. (mapa 14 en resultados).

Para cada tipo de vegetación se distinguieron y delimitaron 3 estados de conservación:

- 1.- En aparente estado de conservación.
- 2.- En proceso de declinación ecológica.
- 3.- Con alto grado de perturbación ecológica y/o reemplazo de comunidades vegetales.

6.2.5.-Detección e Incorporación de los cambios en la cubierta vegetal obtenida de las imágenes de satélite y fotografías aéreas

Fueron delimitadas mediante técnicas de fotointerpretación de fotografías aéreas, interpretación visual de imágenes de satélite y verificación en campo las regiones afectadas por incendios, aprovechamientos forestales, plagas, desarrollos campestres y expansión urbano-agropecuaria. (mapa 15 y 16 en resultados). Carprotran para los periodos 1975-1995 y 1996-2002).

6.2.6.-Determinación de regiones impactadas por actividades urbanas, agropecuarias, forestales y turísticas

Para estas regiones delimitadas en impacto ambiental (mapa 17 en resultados) se consideraron zonas contiguas (buffer) de influencia del deterioro, en la mayor parte de los casos puede observarse en las fotografías aéreas y en campo.

6.2.7.-Fotointerpretación de uso del suelo y vegetación y elaboración del mapa de cambios en la cubierta vegetal 1975-1995.

En esta etapa se considera como insumo básico cartografía de uso de suelo y vegetación 1975 (USUE1975) , sobre el cual se aplican las modificaciones obtenidas de los modelos "CARPROTRAN" e "IMPACTO AMBIENTAL" y la información obtenida del barrido completo de fotointerpretación con fotografía aérea blanco y negro SINFA escala 1:75,000 de 1995. (mapa 18 en resultados).

6.2.8.-Actualización de uso del suelo y vegetación 2002

A partir del modelo de uso del suelo y vegetación 1995 se incorporan los cambios ocurridos de 1996 al 2002 obtenidos por fotointerpretación análisis de imágenes de satélite y trabajo de campo (mapa 19 en resultados)

6.2.9.-Análisis para la determinación del estado de conservación o deterioro de la vegetación para 1995

Durante esta actividad además de la información obtenida de los modelos USUEV 75, CONVEG 75, CARPROTAN, e IMPACTO se utilizó la fotografía aérea color esc. 1:25,000 y su comparabilidad con fotografías aéreas de escala más pequeña (SINFA 1:75,000). (mapa 20 en resultados).

6.2.10.- Análisis para la determinación del estado de conservación o deterioro de la vegetación para el 2002

En forma paralela a la actualización de uso del suelo, utilizando fotografía aérea blanco y negro 1:50,000 de 1998 e imágenes Landsat ETM del 2001, se delimitaron las unidades que sufrieron modificaciones ocasionadas principalmente por incendios, y expansión urbana-campestre (mapa 21 en resultados).

6.2.11.- Verificación y validación de campo

Previamente ha sido seleccionado un itinerario de recorrido, en base a las dudas o necesidades de clasificación en las fotografías aéreas, el cual también es apoyado con el levantamiento de información puntual de vegetación y de su estado ecológico de conservación, incluyendo colecta e identificación de ejemplares botánicos dominantes para cada una de las comunidades vegetales observadas. Es importante señalar que fueron verificados en sobrevuelo de helicóptero el 100% de las regiones de interés fitogeográfico inaccesibles por tierra y el 40 % donde si se logró colectar en los recorridos terrestres.

En los trabajos de verificación de campo se validaron los criterios de clasificación de los modelos de: "USUEV 95", "USUEV 2002" "CONVEG 95" y "CONVEG 2002" "CARPROTRAN" regiones de interés fitogeográfico (FITOGEOGRAFÍA), "IMPACTO AMBIENTAL" considerando la información derivada de la fotointerpretación y del análisis visual de imágenes de satélite.

DISEÑO DE MUESTREO

Se utilizó un inventario estratificado utilizando para separar las unidades de vegetación fotografías aéreas. El establecimiento de la misma se realizó de manera dirigida, considerando como criterio sitios representativos para las diferentes variantes dentro de los tipos de vegetación. Utilizando las relaciones espaciales se extrapoló la información para áreas similares. Se ampliaron los siguientes objetivos.

1.- Supervisar y ratificar (en su caso) los criterios y delimitación de los tipos de vegetación en las fotografías aéreas.

2.- Colectar material botánico para su identificación taxonómica correcta y su incorporación en la base de datos tabular (alfanumérica)

3.- Obtener algunos indicadores sobre el valor de importancia de los componentes principales de los tipos de vegetación.

Es importante señalar que se diseñó una base de datos para cada punto de verificación con información referente a las características del punto y del ejemplar colectado u observado. Esta base de datos será utilizada para consultas e integración de resultados y reportes y posteriormente se incorpora a los modelos ecológicos de distribución de comunidades y especies vegetales y en las funciones de análisis espacial contempladas en el diseño del **SIG**.

Para el análisis de la vegetación, además de los criterios de fotointerpretación se aplicaron cuatro niveles de muestreo de campo:

- 1975- Colectas exhaustivas en puntos de verificación representativos.
- 1975-1995 Composición florística para cada tipo de vegetación Anexo No.
- 1996 Índices de diversidad de Shannon-Weiner y de Simpson

1995 índice de Abundancia-Dominancia de Braun-Blanquet 1979.

El área total de muestreo fue de 4,300 metros cuadrados, estos divididos en subunidades de 100, 25 y 1m² en las cuales se inventariaron respectivamente árboles o individuos del estrato superior mayores a 4 metros de altura con fuste definido, arbustos o individuos del estrato medio menores a 4 metros de altura y herbáceas o individuos del estrato inferior menores a un metro de altura. De esta manera el área de muestreo para el estrato superior fue de 4300 m²; para el estrato medio fue de 1075 m²; y para el estrato inferior fue de 43 m². A cada árbol del estrato superior se le midieron: la altura, dos diámetros de cobertura, y el diámetro del tronco a la altura del pecho (D.A.P.). A los arbustos del estrato medio y las herbáceas del estrato inferior se les determinó la altura y dos diámetros de cobertura. En todos los sitios de muestreo y para describir la vegetación de comunidades localizadas en lugares de difícil acceso y/o con fuertes pendientes se utilizó un segundo tipo de muestreo o colecta de información sin delimitación de área. Este último muestreo se basa en el análisis cualitativo con levantamientos de informes de campo en donde se levantó información ecológica y florística del sitio y se utilizó el índice de "abundancia-dominancia" de Braun-Blanquet (1979) para obtener las asociaciones dentro de la comunidad:

+ Presente en forma dispersa o muy dispersa; con cobertura muy baja.

1 Abundante pero el valor de la cobertura se mantiene baja.

2 Muy numerosas, o cobertura por lo menos de 1/20(5%) de la superficie total.

3 Cualquier número de individuos que cubran de ¼ a un ½ (25-50% de la superficie total.

4 Cualquier número de individuos que cubran de ½ a ¾ (50-75%) de la superficie total.

5 Más de ¾ (75%) de la superficie total.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se determinaron los índices de diversidad de las comunidades con las ecuaciones de Shannon-Weiner* y Simpson con el fin de comparar los datos obtenidos de ambos índices, ya que el primero refleja mejor la diversidad de las poblaciones florísticamente ricas y el segundo se recomienda para poblaciones con unos pocos dominantes

Diversidad (H'), Equitabilidad (J') y Dominancia ($1-J'$) con los análisis de la comunidad de Shannon-Weiner, de acuerdo a la siguiente formula:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i)(\ln p_i)$$

Donde:

H' = diversidad Shannon-Weiner

S = numero total de especies de la muestra

p_i = proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i / N_i)

$\ln p_i$ = logaritmo natural de p_i

El índice de Shannon toma en cuenta los dos componentes de la diversidad: numero de especies y equitatividad o uniformidad de la distribución del número de individuos en cada especie; de acuerdo con esto, un mayor número de especies incrementa la diversidad y, además, una mayor uniformidad también lo hará.

Diversidad ($1-D_s$) y Dominancia (D_s) con los índices de Simpson*, (Brower *et al.*, 1990; Franco *et al.*, 1991). De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$D_s = \sum_{i=1}^s (p_i)^2$$

Donde:

D_s = dominancia de Simpson

S = numero total de especies de la muestra

p_i = proporción del número de individuos de la especie i con respecto al total (n_i / N_i)

* Shannon-Weiner (también llamado Shannon-Weaver) se basa en información teórica.

Algunas variaciones comunes que miden diversidad son $D = 1 - D_s$

* La dominancia de Simpson es más sensible a mayor abundancia de especies.

Los valores de diversidad se distribuyen entre 0 y 2 en donde de 0 a 0.60 es diversidad baja, 0.61 a 1.0 es diversidad significativa y mayor de 1.0 es diversidad alta.

6.2.12.-Evaluación numérica de las modificaciones en la distribución y el estado de conservación o deterioro de la vegetación y análisis de tendencias

Es importante señalar que los modelos cartográficos, insumo de las tabulados respectivos fueron trabajados en ambientes de Sistemas de Información Geográfica (SIG) lo que permitió efectuar análisis geográfico espacial y sobreposiciones, obteniendo la superficie a detalle de cada tipo de vegetación y su estado de conservación o deterioro.

Considerando el avance del deterioro en el período de 27 años (1975-2002) fue posible calcular un índice de transformación anual el cual aplicado a la superficie existente (restante) nos permite derivar un índice "Teórico" de vida para cada tipo de vegetación. (tabla 6 y 10 en resultados).

(Tablas: 6, 7 y 10 en resultados)

6.2.13.-Determinación de riqueza florística de los tipos de vegetación dominantes

Con los términos de riqueza florística nos referimos al contenido de familias, géneros y especies (diversidad) en los principales tipos de vegetación y es el resultado del análisis de las observaciones y los muestreos de campo de la distribución de estos tres taxones en estas comunidades vegetales. (tabla 11, gráfica 8, mapa 22 en resultados).

6.2.14.-Análisis de exclusividad florística en los tipos de vegetación

dominantes

En esta etapa también a partir de observaciones y de los puntos de verificación de campo, se identificaron las familias, géneros y especies que se encontraron en forma única/exclusiva en cada uno de los tipos de vegetación dominantes. (tabla 12, gráfica 9, mapa 23 en resultados).

6.2.15.-Análisis de las familias mejor representadas en las comunidades vegetales

Es un análisis sencillo de contabilizar el total de géneros y especies de cada familia y su ubicación en las comunidades vegetales. (tabla 13 en resultados).

6.2.16.-Distribución geográfica municipal de especies y comunidades vegetales de gran importancia fitogeográfica

Utilizando métodos de fotointerpretación y análisis espacial, se detectaron regiones ecológicas distintivas con características particulares como límites altitudinales superiores de exposiciones noreste y sureste, cañadas húmedas por encima de las 2500 msnm, regiones bajas con afinidad a climas cálido húmedos y en general, regiones en donde se plantearon hipótesis de posibles sitios de riquezas o particularidades florísticas. (mapas 24 y 25 en resultados).

Posteriormente durante las validaciones de campo pudieron verificarse, algunas directamente en el terreno y otras inaccesibles con sobrevuelo de helicóptero.

6.2.17.-Relaciones geográficas y afinidades florísticas

Se efectuó un análisis de la distribución mundial de 253 géneros y 344 especies del municipio de Santiago para lo cual se revisaron algunas floras regionales sobre todo de los estados de Texas, Arizona y California, además de la obra clásica de

Standley (1920-1926). Para géneros se consultó el trabajo de Willis (1973), logrando diferenciar diez grupos de distribución mundial. (tabla 14 en resultados).

6.2.18.-Análisis de tendencias y elaboración de pronósticos de deterioro

Se elaboró un resumen comparativo de los tabulados básicos de CONVEG considerando:

- Porcentajes de conservación o deterioro 1975-2002.
- Estados de conservación o deterioro de los tipos de vegetación, índice de transformación y estimado teórico de vida. (tablas 7,8,9 en resultados).

Adicionalmente con la intención de tener una visión más amplia de los procesos y tendencias de deterioro, se efectuó para 1995 un análisis y resumen comparativo regional del estado de conservación o deterioro, y del índice de transformación de los tipos de vegetación de las cartas escala 1:50 000, G14C35 (San Antonio de los Alazanas) y G14C36 (Santiago) incluyendo la mayor parte de los municipios de Arteaga, Coah., Santa Catarina y Santiago, N.L. (tabla 10 en resultados).

6.2.19.-Priorización de variables para la preservación florística

Se elaboró una matriz donde se calificaron para cada tipo de vegetación once variables: (tabla 15 en resultados).

"FITOGEOGRÁFICAS"

- Endemismos
- Especies amenazadas
- Relictualidad-Marginalidad
- Exclusividad
- Diversidad

"DE EVALUACION ECOLÓGICA"

- Pronóstico y tendencias de transformación.
- Extensión
- Procesos de transformación
- Impacto ecológico
- Fragmentación de hábitat.

Variables fitogeográficas

•**ENDEMISMOS.**- Ecosistemas o especies vegetales exclusivas del estado o región noreste de la república, y que sus formas de vida no pueden ser conservadas en otro lugar.

•**ESPECIES AMENAZADAS.**- La presencia de taxa (especies-subespecies) bajo estatus de conservación especial de acuerdo a la norma oficial mexicana.

•**RELICTUALIDAD-MARGINALIDAD.**- Comunidades y/o especies vegetales reducidas o escasamente representadas a nivel estatal/municipal que corresponden a condiciones reinantes en otras épocas geoclimáticas y de otras regiones biogeográficas.

•**EXCLUSIVIDAD.**- Se refiere a los taxa (familias géneros y especies) que solamente existen en un sólo tipo de vegetación, esto es, que no se repiten en varias comunidades.

•**DIVERSIDAD.**- Se refiere a la variedad o riqueza de especies para cada tipo de vegetación.

Variables de Evaluación Ecológica

•**PRONÓSTICOS Y TENDENCIAS DE TRANSFORMACIÓN.**- Con relación a los análisis retrospectivos (20 años y más), cuales comunidades y especies vegetales se encuentran con altos niveles de perturbación y en cuales se observan altos niveles de transformación,

•**EXTENSIÓN.**- Comunidades vegetales escasamente representadas a nivel estatal/municipal cuya distribución restringida los hace altamente vulnerables.

•**PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN.**- Propensión de cada tipo de vegetación a sufrir efectos o amenazas de incendio, plagas, aprovechamientos forestales y otros desastres naturales.

•**IMPACTO ECOLÓGICO.**- Deterioro, afectación e influencia negativa de actividades agropecuarias, rutas de acceso y desarrollo turístico.

•FRAGMENTACION DE HABITAT.- Pérdida de la continuidad en la distribución normal de la(s) comunidad (es) vegetal(es) ocasionando, por diversos factores de deterioro, afectando principalmente la reproducción y dispersión de las especies.

6.2.20.-Definición de estrategias para la preservación florística

Como resultado de las matrices de “Priorización (Evaluación) de variables” se logró determinar para cada tipo de vegetación y su estado ecológico su nivel de zonificación que incluye las acciones o políticas de manejo, todas estas representadas en el mapa de zonificación. (mapa 26 en resultados).

6.2.21.- Diagramas de flujo para la elaboración de los modelos cartográficos

- Estado de conservación de la vegetación
- Uso del suelo y vegetación
- Impacto ambiental
- Carprotran
- Análisis fitogeográfico
- Zonificación

Para el estado de conservación de la vegetación destacan en 1975 los procesos de fotointerpretación a detalle en fotografía aérea escala 1:25,000 y la definición de los criterios para la clasificación de los niveles de conservación de la vegetación.

En 1995 se incorpora el modelo cartográfico de CARPROTRAN (Características de los procesos de transformación) el cual modifica para 1995 la clasificación anterior de algunas unidades o polígonos. Finalmente con la utilización de fotografías aéreas de 1998, imágenes de satélite de 1998 y 2001 se detectan los

últimos cambios ocurridos elaborándose CARPOTRAN 1996-2002 y también el mapa de CONVEG 2002. (gráfica 10 y en resultados, mapas 14, 20 y 21).

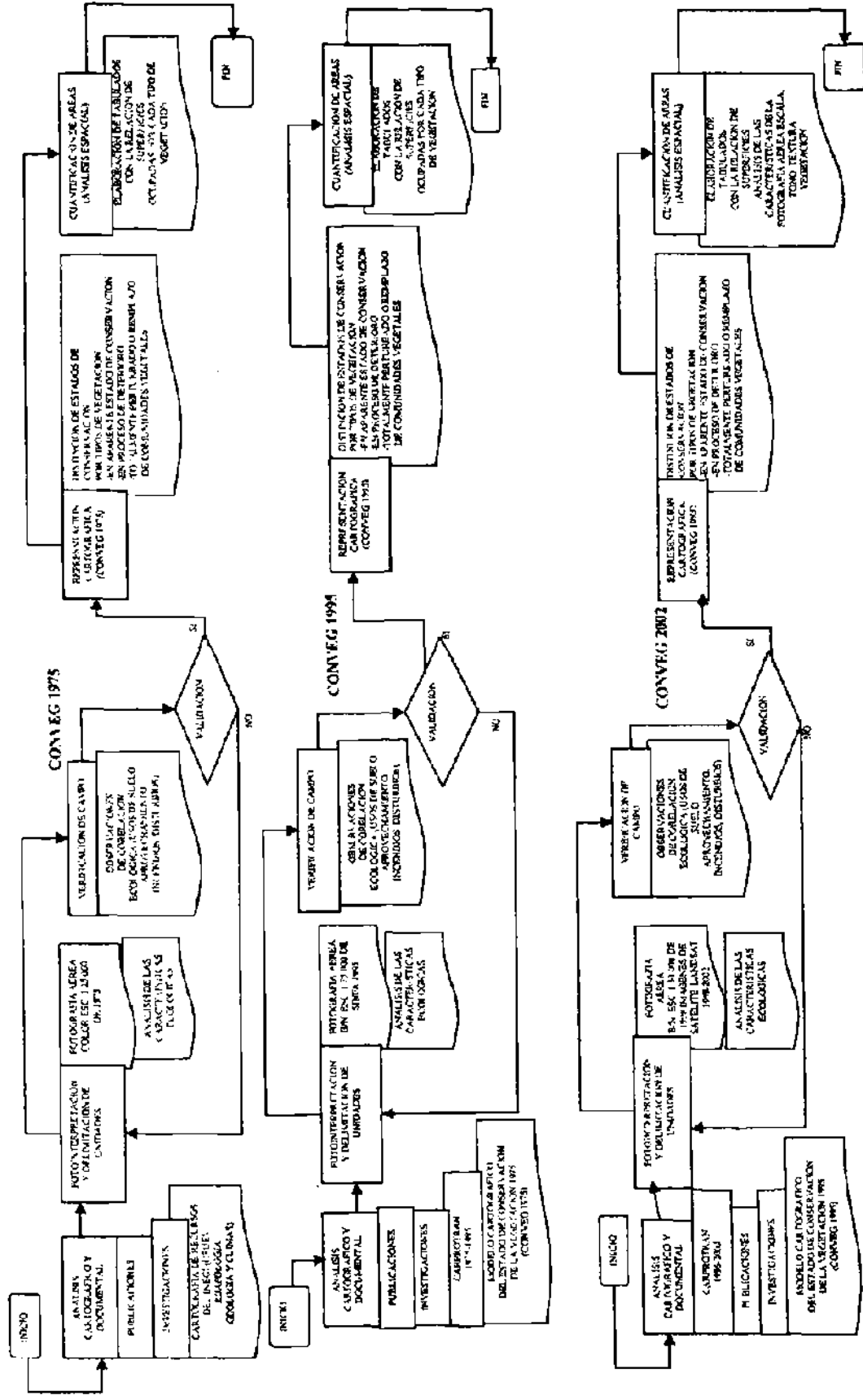
En forma paralela con la elaboración de los mapas anteriores, también con los mismos insumos se producen los modelos cartográficos de uso del suelo y vegetación (gráfica 11 y en resultados mapas 14, 20 y 21) que muestran la distribución de las comunidades y especies vegetales para 1975, 1995 y 2002.

Los modelos de impacto ambiental y Carprotran consideran procesos de afectación al medio ambiente y en ellos resaltaron las etapas de fotointerpretación y verificación de campo (gráficas 12 y 13 y en resultados mapas 17 y 15).

Los procedimientos señalados en el diagrama de análisis fitogeográfico (gráfica 14) nos permitió reconocer la importancia biológica de algunas comunidades y especies vegetales incluyendo análisis de exclusividad y riqueza florística (tablas 11 a 14, gráfica 14 y en resultados mapas 22 a 25) y su priorización en la definición de criterios de la zonificación.

Finalmente el diagrama del modelo de zonificación (gráfica 15 y en resultados mapa 26), agrupa los criterios y productos más importantes para la definición y priorización de las regiones que requieren conservación.

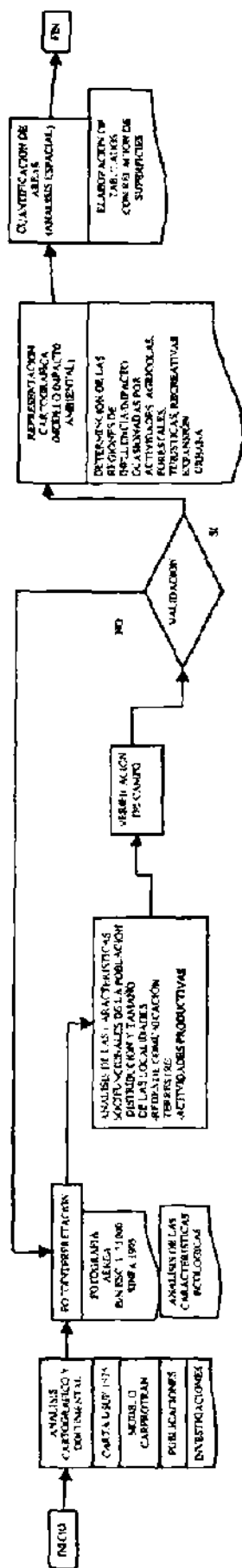
GRAFICA 10 DIAGRAMA DE FLUJO MODELO CARTOGRAFICO DEL ESTADO DE CONSERVACION DE LA VEGETACION



VEGETACION

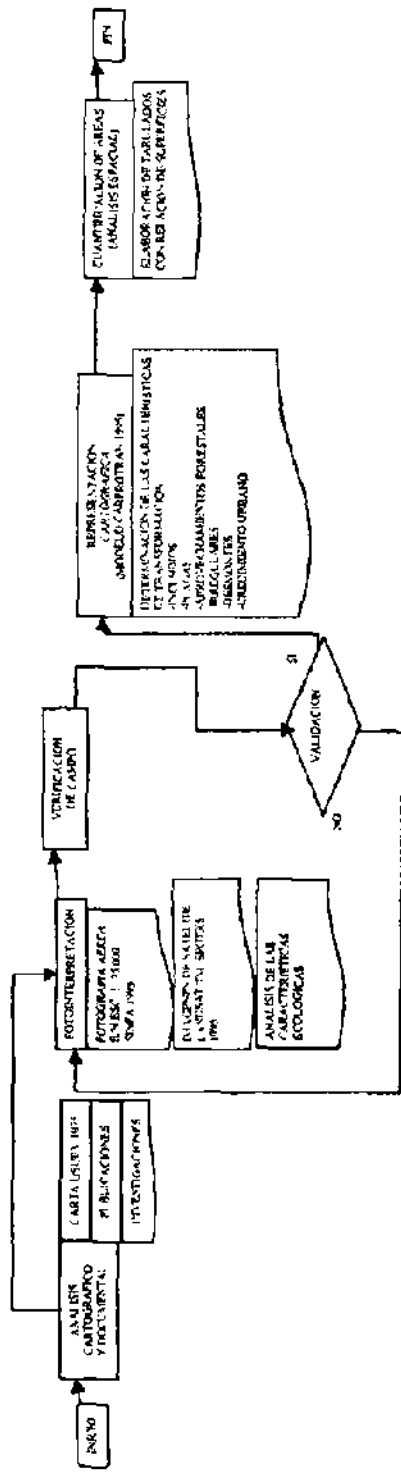


GRÁFICA 12 DIAGRAMA DE FLUJO MODELO IMPACTO AMBIENTAL 1975-2002

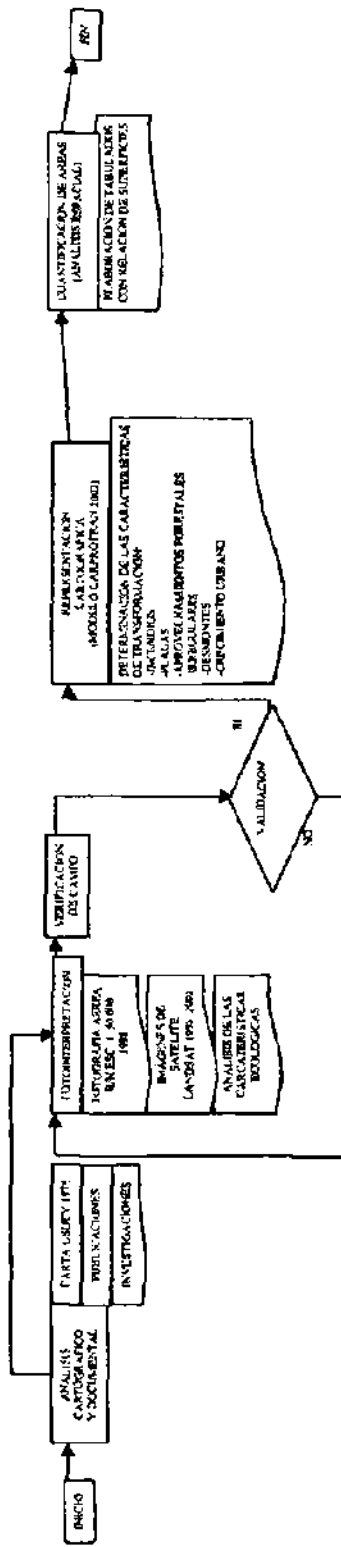


GRÁFICA 13 DIAGRAMAS DE FLUJO MODELOS CARPOTRAN 1975-1995-2002

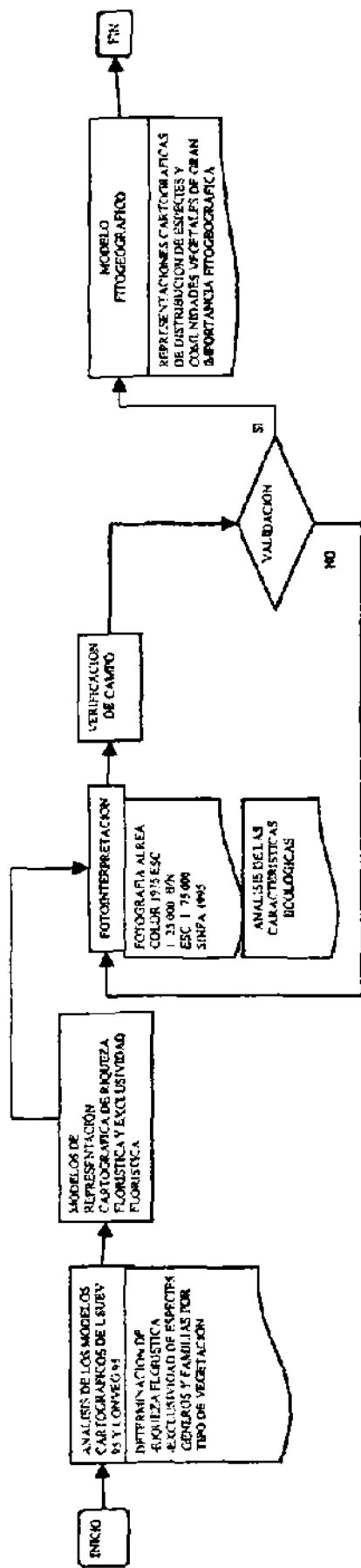
CARPOTRAN
1975-1995



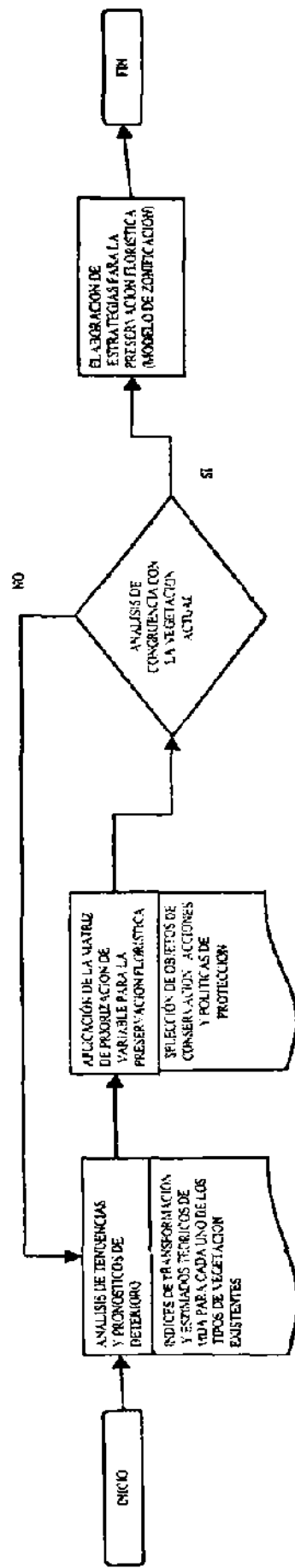
CARPOTRAN
1996-2002



GRÁFICA 14 DIAGRAMA DE FLUJO ANÁLISIS FITOGEOGRAFICO



GRAFICA 15 DIAGRAMA DE FLUJO DE MODELO DE ZONIFICACION



6.2.22.- Flujograma general de bloques de modelos cartográficos

El propósito de este documento (gráfica 16) consiste en mostrar la integración de los diferentes modelos cartográficos y su secuencia de análisis geográfico espacial.

Se observa como el modelo CARPROTRAN actualiza para 1995-2002 los modelos CONVEG y USUE aunque para el 2002 se incluye también la información del modelo impacto ambiental.

Con la integración del análisis fitogeográfico a los modelos CONVEG y USUE 2002 se obtiene el modelo de zonificación.

6.3.- SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA

Este trabajo fue posible gracias a la utilización de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) sobre todo en lo que se refiere al análisis espacial que permitió visualizar la gran cantidad de información capturada y producida que en gran parte fue transformada en archivos digitales a partir de su expresión cartográfica constituyendo diferentes temas o modelos cartográficos.

6.3.1. Modelos espaciales utilizados en el presente trabajo

La información de los SIG se caracteriza por poseer dos elementos: 1) su posición en el espacio y 2) atributos asociados a los datos. La posición en el espacio esta dada por su localización en base a coordenadas y los atributos se refieren a la representación de características especiales de este elemento (Burrough, 1986). El dato espacial (entidad) para el análisis espacial se refiere a información que tiene una posición en el espacio, por ejemplo: localidades, tipos de vegetación, ríos, caminos, etc. El término atributo se refiere a las características de cada elemento por ejemplo, para localidades pueden ser: población, escolaridad, asistencia medica etc. para tipos de vegetación: Especies vegetales, densidad, superficie etc., esta información se almacena en la base de datos SIG en tres modelos espaciales: (tabla 16).

GRAFICA NO. 16 FLUJIOGRAMA GENERAL DE BLOQUES DE MODELOS CARTOGRAFICOS.

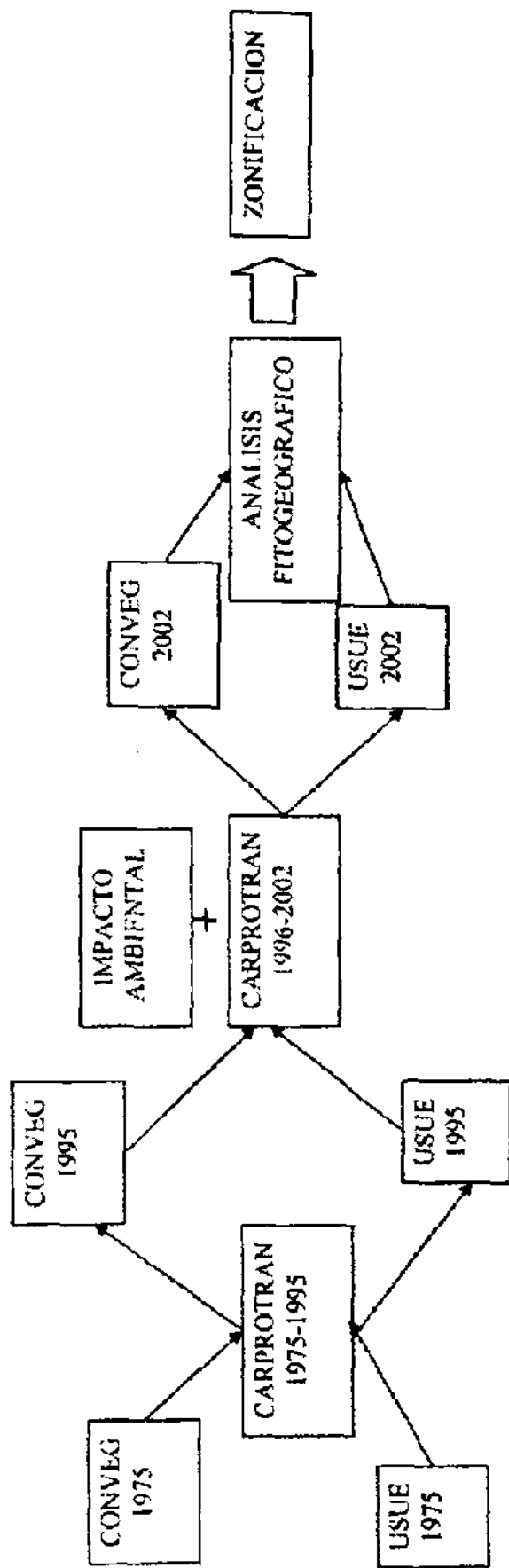


TABLA 16 MODELOS ESPACIALES UTILIZADOS EN EL PRESENTE TRABAJO

VECTORIALES	RASTER	ALFANUMÉRICO
<p>Cartografía Temática Original Escala 1:50,000:</p> <p>Uso de Suelo y Vegetación 1975 Edafología Topografía Geología</p> <p>Escala 1:250,000: Hidrología superficial escala 1:1000,000 Fisiografía Climas Cartografía Temática derivada <u>Carprotran</u> Características de los procesos de Transformación</p> <p>Geomorfología <u>USUE 1995</u>: Uso del suelo y vegetación 1995</p> <p><u>ECOVEG 1975</u>: Estado Ecológico de la vegetación 1975</p> <p><u>ECOVEG 1995</u>: Estado Ecológico de la vegetación 1995</p> <p><u>Gradiente Térmico</u>: Mapa de distribución, disminución de 0.52 por cada 100 metros de incremento de la altitud Adecuación climática local I, II, III tres mapas resultado del Análisis del mapa de climas original + gradiente térmico + Vegetación Impacto: Mapa de distribución de regiones de impacto de zonas urbanas y actividades turísticas agropecuarias y forestales. Fragilidad: Mapa de tendencias y pronósticos de</p>	<p>Imagen de Satélite ETM 2001 Ortofotografía Digital INEGI</p> <p>1995 Fotografías de campo en Archivos Digitales.</p>	<p>Puntos de verificación y muestreo para Estado Ecológico de la vegetación (ECOVEG) y distribución de la vegetación.</p> <p><u>Tabulados Temáticos</u> <u>Diccionario de Datos</u> en lo referente a la descripción y definición de entidades y atributos de los principales tipos de vegetación y asociaciones.</p>

<p>deterioro</p> <p>Fitogeografía: Distribución de vegetación y flora de relevante importancia fitogeográfica.</p> <p>Riqueza Florística: Mapa de distribución de tipos de vegetación de acuerdo a Número de familias, géneros y especies</p> <p>Exclusividad: Mapa de distribución de tipos de vegetación de acuerdo al Número de familias, géneros y especies exclusivas en cada tipo de vegetación.</p> <p>Zonificación: Mapa de distribución de regiones de acuerdo a políticas de manejo y conservación.</p>		
---	--	--

Vectorial: Puntos, líneas, áreas, por ejemplo lo que proviene de la captura o digitalización de las cartas, esto es, de la conversión de mapas editados en archivos digitales.

Raster: Contiene información tipo imagen, de rejilla o teselar, como ortofotografía, imagen de satélite, o modelos digitales de elevación.

Alfanumérico: Datos textuales o tabulares, como reportes de campo de geodesia, de vegetación (listados de especies vegetales) de edafología o bien de resultados o de laboratorio.

6.3.2.- Planificación

Tradicionalmente, antes del diseño o aplicación de un SIG se requiere efectuar un análisis de requerimientos de usuario(s) ARU o definición del problema, lo cual constituye el elemento medular para la estructuración de la base de datos conociendo los insumos o productos de entrada al sistema y el tipo de consultas, productos o análisis que se necesitan como resultados.

Entonces, adicionalmente a la definición del problema es importante considerar los siguientes aspectos:

- **Determinar los productos finales.**
- **Definición de la información necesaria.**
- **Identificación de la información disponible.**
- **Identificación de carencias de información.**
- **En nuestro caso el ARU o definición del problema corresponde a los objetivos planteados en el presente trabajo.**

Determinar los productos finales. Estos productos corresponden a los enlistados en los modelos vectoriales como cartografía temática derivada, además de los tabulados correspondientes. En lo que corresponde a los diccionarios de datos se agregan en este rubro las descripciones de entidades y atributos de los principales tipos de vegetación y asociaciones, (anexo 1 descripción 1).

Definición de la información necesaria. En este aspecto es importante considerar la definición del problema, en nuestro caso los objetivos de investigación y los productos finales o resultados esperados.

Identificación de la información disponible. Además de la información documental *considerando de mayor importancia la temática cartográfica*, se requiere evaluar cual de esta información se encuentra ya en archivos digitales.

Identificación de carencias de información. Este es un resultado del análisis de los dos puntos anteriores, en donde destaca la necesidad de definir cuales mapas impresos deberán ser procesados para su conversión en archivos digitales, así como también planificar a partir de estos archivos la elaboración de mapas temáticos derivados como resultado o respuestas a los objetivos de investigación o requerimientos de usuarios.

6.3.3 Aplicaciones

En un sistema de información geográfica cada tema o componentes del tema que ocupan un lugar en la superficie del terreno, pueden formar una o varias coberturas o capas de información por ejemplo en los mapas de vegetación (1975 – 2002) pueden diferenciarse en capas separadas los diferentes tipos de vegetación existentes. Esta información esta georeferenciada y esta localización espacial esta contenida en una tabla de datos relacional que permite integrar información geográfica de otro tipo y poder efectuar análisis espacial (con la función de SIG de sobreposición) y elaborar mapas derivados tal y como se efectuó el mapa de uso del suelo y vegetación 1995, en donde se utilizó la cartografía original de uso de suelo y vegetación 1975 ya convertida de mapa impreso en archivos digitales, posteriormente se observaron los cambios a partir de procesos de fotointerpretación con fotografía aérea en blanco / negro 1995 lo cual fue transferido a las ortofotos digitales produciendo el mapa Carprotran (características de los procesos de transformación) el cual al sobreponerse al mapa original de 1975 elimina las unidades de vegetación que sufrieron cambios y se elabora así el mapa de vegetación y uso del suelo 1995.

La suma total de todas las capas de los mapas y de las tablas de los datos asociados constituyen la base de datos del SIG. Las herramientas o funciones como la sobreposición ejemplificado anteriormente nos permitió efectuar una gran variedad de análisis espacial que nos llevó al diseño de estrategias para la preservación florística del municipio de Santiago N.L.

6.3.4.-Base de datos botánicos

En 1975, se hicieron colectas exhaustivas para la definición de la distribución de los tipos de vegetación y en cuanto al análisis cualitativo de la vegetación se recopiló información de presencia-ausencia, estratificación y dominancia.

Para 1995 la base de datos consideró los campos que aparecen en la tabla 17.

6.3.5 Software

Se utilizó Autocad map Arc/view y Arc/Info. Arc/Info es actualmente el de mayor uso para muchos proyectos de cartografía de recursos naturales y es de los más adecuados para bases de datos grandes y complejos que pueden relacionar mapas a tablas externas de datos para facilitar consultas y despliegues cartográficos.

TABLA . 17 ESTRUCTURA DE BASE DE DATOS BOTÁNICOS 1995

NOMBRE DEL CAMPO	TIPO DE DATOS	NOMBRE DEL CAMPO	TIPO DE DATOS
Id	NUMERICO	Tipo_vegetación	TEXTO
Id_punto	NUMERICO	Subtipo_veg	TEXTO
Carta	TEXTO	Clave	TEXTO
N_carta	TEXTO	Fisonomía	TEXTO
Escala_carta	TEXTO	Altura_alto	NUMERICO
LN_grados	NUMERICO	Altura_medio	NUMERICO
LN_minutos	NUMERICO	Altura_bajo	NUMERICO
LN_segundos	NUMERICO	N_ind_ha	NUMERICO
LW_grados	NUMERICO	Observaciones	MEMO
LW_minutos	NUMERICO	Genero	TEXTO
LW_segundos	NUMERICO	Especie	TEXTO
Zona_UTM	NUMERICO	Estrato	TEXTO
X	NUMERICO	Nombre común	TEXTO
Y	NUMERICO	Dominancia	TEXTO

VII.- RESULTADOS

7.1.- Adecuación local de la clasificación climática de Köppen modificada por E. García

Se agrega un tabulado comparativo (tabla 18) que relaciona la distribución de la vegetación con la clasificación climática original (Köppen) y con las adecuaciones locales en donde resalta la reubicación de tipos de vegetación anteriormente incluidas en tipos de climas más cálidos y secos y ahora ubicados en climas mas de acuerdo a sus características ecológicas naturales, principalmente Bosque de *Abies*, Bosque de *Pseudotsuga*, Bosque de *Pinus* y Chaparral.

Por ejemplo el bosque de *Abies* (Ba) en la sobreposición de las coberturas de vegetación y la clasificación climática original (Köppen) (mapas 13, 8) se ubicaba en dos tipos climáticos: C(w1) templado subhúmedo con una superficie de 1,131.7Ha. y ACw0 semicálido subhúmedo con 24,8Ha., con la aplicación del gradiente térmico (mapa 9) para la adecuación local I (mapa 10) se reubicaron 774.5Ha. del templado subhúmedo al semifrío subhúmedo.

En forma similar el bosque de *Pinus* se presentaba en tres tipos climáticos C(E)x 1,800Ha., C(W1) 401.7Ha. y BS,k (Semiseco templado) con 1,332.6 Ha., con la adecuación este bosque ya no se presentó en este clima y se reubicó incrementando las superficies del semifrío subhúmedo a 463.1 Ha. y el templado subhúmedo con 1,453.1Ha.

Algo similar ocurrió con el Chaparral y los bosques de: *Quercus-Pinus*, *Pinus-Quercus*, *Quercus* pero mas notorio en la distribución del bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* desapareciendo en los climas BS,k semiseco templado y ACw0 semicálido subhúmedo, disminuyendo en el C(W1) templado subhúmedo de 3,384.3Ha., a 426.6 Ha, e incrementándose en forma notable en el C(E)x de 1,388.1 a 5,829.4 Ha.

Para las adecuaciones II y III (mapas 11 y 12) en donde se consideró la distribución actual del Chaparral, Matorral Submontano y bosques de *Quercus-Pinus* los principales cambios fueron los siguientes:

El Chaparral en el secotemplado amplió su distribución de 2,963.3 Ha. a 4,759.6 Ha. El bosque de *Pinus-Quercus* desapareció en el semiseco templado y disminuyó en el templado subhúmedo de 8,816.0Ha. a 2,137.1 Ha. El Matorral Submontano incrementó su área de distribución en el semiseco templado de 1,104.9Ha. a 1,992.6 Ha. y finalmente en este mismo clima el bosque de *Quercus* disminuyó de 1,371.6Ha. a 51.3 Ha.

7.2.- Relaciones causales y Análisis del Clima

La situación latitudinal y la fisiografía, son los principales responsables de la presencia, en la zona de estudio, de características especiales del clima; en la inflexión de la Sierra Madre Oriental en dirección SE-NW se forma una barrera que

intercepta las masas de aire provenientes del este (vientos alisios) y también las corrientes del aire frío de los llamados "nortes", originando así el efecto de exposición representado primordialmente por la vegetación. Las laderas de las sierras, cerros y lomeríos con orientación noreste son más húmedas que las de orientación suroeste, por lo tanto existe un decrecimiento de la temperatura en la misma dirección ocasionado por un aumento de altitud en la zona oeste del municipio.

Además es conveniente recalcar el hecho de que aunque en Santiago la precipitación es mayor, también lo es la temperatura, por lo que existen valores muy altos de evaporación. En Laguna de Sánchez, la precipitación al igual que la temperatura muestra valores más bajos, sin embargo la efectividad de la precipitación es mayor por la misma baja temperatura que en la primera estación.

En muchas ocasiones, la vegetación misma nos da una idea de las condiciones hídricas locales. Tal es el caso de los Bosques de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* en los que algunos elementos como líquenes, musgos y bromeliáceas principalmente, nos ayudan a evaluar la humedad existente. En estas condiciones por ejemplo, aunque la precipitación (en forma de lluvia) sea baja, la humedad constante proporcionada por la neblina es suficiente para el desenvolvimiento de estas comunidades vegetales; además de las propias características de retención de humedad de estas comunidades.

TABLA 18 DISTRIBUCIÓN DE VEGETACIÓN EN LOS TIPOS CLIMÁTICOS, VERSIÓN CLIMÁTICA GENERAL Y ADECUACIÓN CLIMÁTICA LOCAL I, II Y III.

CLIMAS (HA)				
VEGETACIÓN	CLAVE	CLIMAS VS VEGETACIÓN	ADECUACIÓN I	ADECUACIÓN II Y III
BOSQUE DE GALERIA (BG)	ACw0	17.8	17.8	
	ACw1	19.2	19.2	
	ACx	49.6	49.6	
SELVA BAJA SUBCADUCIFOLIA (Sbs)	ACw1	522.4	522.4	
BOSQUE DE ABIES (Ba)	C(W1)	1,131.7	381.8	
	C(E)x		774.5	
	ACw0	24.8		
PASTIZAL INDUCIDO (Pi)	ACw0	210.1	10.7	
	ACw1	64.6	23.0	
	C(E)x		112.5	
	C(W1)	1,150.5	1,542.4	
	BS1k	264.3		108.8
BOSQUE DE <i>Pinus</i> (Bp)	C(E)x	180.0	463.1	
	C(W1)	401.7	1,453.1	
	BS1k	1,332.6		
AGRICULTURA (A)	ACw1	90.0	29.0	
	C(E)x	52.1	78.7	
	C(W1)	976.0	1,857.2	
	ACw0	404.2		
	BS1k	442.5		261.1
AGRICULTURA CON PASTIZAL INCLUIDO (A-Pi)	ACw0	322.8	322.8	
	Acx	1906.5	1,906.5	
PASTIZAL INDUCIDO CON AGRICULTURA (Pi-A)	ACw0	132.0	132.0	
	ACw1	3,704.3	3,704.3	
CHAPARRAL (MI)	C(W1)	1,561.0	2,053.0	
	C(E)x	80.4	3,316.9	
	ACw0	146.1		
	BS1k	2,963.3		4,759.6
BOSQUE DE <i>Quercus-Pinus</i> (Bqp)	ACw0	1,536.5	71.9	

	C(E)x		379.0	
	ACw1	1,582.3	697.1	
	C(W1)	1,876.7	3,902.6	
BOSQUE DE <i>Pseudotsuga-Finus-Abies</i> (Boap)	C(W1)	3,384.3	426.6	
	C(E)x	1,388.1	5,829.4	
	ACw0	56.8		
	BS1k	1,447.4		
BOSQUE DE <i>Pinus-Quercus</i> (Bpq)	ACw0	2,866.6	86.9	
	ACw1	746.3	129.3	
	C(E)x	47.3	2,318.0	
	C(W1)	6096.4	8,816.0	2,137.1
	BS1k	2,217.8		
BOSQUE DE <i>Quercus</i> (Bq)	C(E)x		467.3	
	ACw0	5,621.4	1,985.1	
	ACw1	8,227.2	4,840.4	
	C(W1)	1,165.7	8,513.5	
	BS1k	1,371.6		51.3
MATORRAL SUBMONTANO (Msm)	C(E)x		258.2	
	Acx	942.9	837.2	
	ACw0	4,363.5	2,544.8	
	C(W1)	634.3	4,442.1	
	ACw1	10,156.4	9,442.6	
	BS1k	1,104.9		1,992.6

7.3.-Análisis de las características del medio ambiente y su relación con el establecimiento de las comunidades vegetales

En el punto V de caracterización del medio ambiente y gracias a las herramientas del Sistema de Información Geográfica, fue posible mediante sobreposiciones efectuar un análisis espacial de las coberturas temáticas observando que de estas las que presentan mayor relación con la vegetación son las de distribución de tipos de clima y más aún el ejercicio cartográfico de disminución de temperatura con la altitud (gradiente térmico, mapa 9) con datos de 12 estaciones meteorológicas (Valdez 1981). resultado de este análisis mostró la relación significativa de los valores de temperatura con los pisos altitudinales de la distribución de los tipos de vegetación.

Adicionalmente, no existen grandes diferencias en los tipos de suelos ya que en su totalidad el material parental de que fueron formados es sedimentario, calizas / lutitas y en menor grado areniscas diferenciándose en algunos casos por características estructurales de: profundidad, espesor, textura y color que aunque tienen relación con la vegetación, no son a tal grado determinantes como lo es el clima.

Un efecto modificante en la distribución de la vegetación es sin duda el originado por el factor humano.

La presencia de determinados grados de humedad, conjugados con los cambios en la temperatura, parecen ser para esta zona de estudio; los responsables del establecimiento de estas comunidades vegetales.

Son también importantes en la distribución y características de la vegetación, los efectos de barlovento y sotavento.

7.4.- Descripción de los tipos de vegetación, y análisis de diversidad

Las comunidades vegetales se ordenaron para su descripción, de las partes bajas y cálidas hacia las partes altas y templado-frías en sus diversas fases de humedad y para la descripción a detalle de cada una de ellas se siguió lo propuesto por Rzedowski (1965) situación, condiciones del medio, características fisonómicas y estructurales, composición florística, variantes y transiciones.

Las especies dominantes no fueron colectadas porque son conocidas, por lo que no todas aparecen en los listados de los muestreos de campo. (anexo 1 descripción 3).

Para una descripción más a detalle de los tipos de vegetación y sus asociaciones fisonómicas, reconocidas en el ambiente de los Sistemas de Información Geográfica como entidades y atributos respectivamente se puede consultar el anexo 1 descripción 1.

7.4.1.- Matorral Submontano (msm)

Este tipo de vegetación (Foto No. 1) se distribuye de los 400 a los 2100 metros de altitud, en algunas ocasiones en forma excepcional se presenta

también en exposiciones sureste secas en donde alcanza altitudes cercanas a los 2,500msnm. (mapas 13, 18 y 19).

Ocupa grandes extensiones en ambas exposiciones de la "Sierra Cerro de la Silla", en los lomeríos centrales del "Cañón del Huajuco" en las faldas de exposición este de la "Sierra Madre Oriental" y en cañones internos de la sierra en lugares con mayor aridez ocasionado por sombra orográfica y reflejando una disminución de su diversidad florística al comparar con las condiciones óptimas de las otras localidades.

En relación a la conformación o estructura de la comunidad esta, presenta tres estratos uno superior de 2 a 6 metros de altura otro medio de 1 a 2 metros y uno inferior de menos de 0.8 metros, en el primero destacan los siguientes elementos:



FOTO No. 1. Matorral Submontano Exposición Suroeste de la Sierra Cerro de la Silla Santiago, N.L.

Helietta parvifolia (Barreta), *Fraxinus greggii* (Barreta lisa) *Pithecellobium pallens* (Tenaza), *Neopringlea integrifolia* (Corvagallina), *Acacia amentacea* (Chaparro

prieto) *Casimiroa pringlei* (Chapote amarillo), *Celtis pallida* (Granjeno), *Diospyros texana* (Chapote)

En el estrato medio: *Cordia boissieri* (Anacahuita), *Helietta parvifolia* (Barreta), *Zanthoxylum fagara* (colima), *Acacia berlandieri* (guajillo), *Decatropis bicolor* (colorín). Finalmente el estrato inferior con las siguientes especies dominantes: *Chiococca alba*, *Lantana camara*, *Lantana citrosa*, *Digitaria sanguinalis*, *Croton* sp.

Algunas variantes de este tipo de vegetación se presentan hacia los cañones interiores de la Sierra cerca de las localidades de "Laborcitas" "San Juan Bautista" "Los Panales" y Barbacoa" en donde es notoria una disminución de la diversidad florística observando como elementos sobresalientes: *Fraxinus greggii* (Barreta lisa), *Helietta parvifolia* (Barreta), *Bernardia myricifolia* (Oreja de ratón), *Agave lecheguilla* (Lechuguilla), *Sophora secundiflora* (Colorín), *Decatropis bicolor* (Colorín), *Hechtia glomerata* (Guapilla) y *Gochnatia hypoleuca* (Ocotillo).

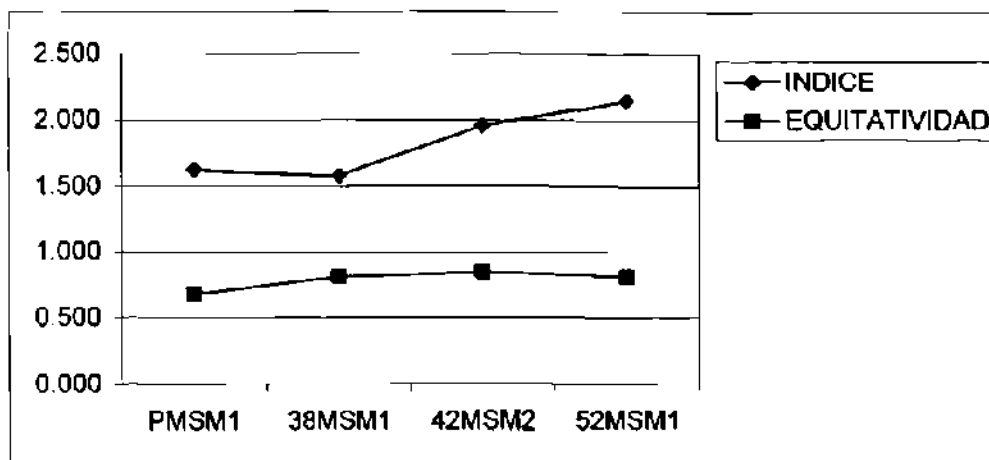
Al final de la sierra "Cerro de la Silla" esta comunidad se encuentra en contacto y en combinación con la Selva Baja Subcaducifolia, en el Cañón del Huajuco" sus transiciones o zonas de ecotonía se presentan con Bosques de *Quercus* y *Pinus-Quercus*, en las regiones internas de la "Sierra" con Chaparrales y Bosque de *Quercus* y esporádicamente con Bosques de *Pinus cembroides*.

Análisis de diversidad:

Índice de Diversidad de Shannon para la comunidad de **Matorral Submontano**

PUNTO	MUESTRA	INDICE	EQUITATIVIDAD	NUMERO DE GENEROS	MEDIA-INDICE	MEDIA-EQUIT
143	PMSM1	1.625	0.678	11	1.825	0.787
98	38MSM1	1.579	0.811	7		
101	42MSM2	1.955	0.849	10		
110	52MSM1	2.141	0.811	14		

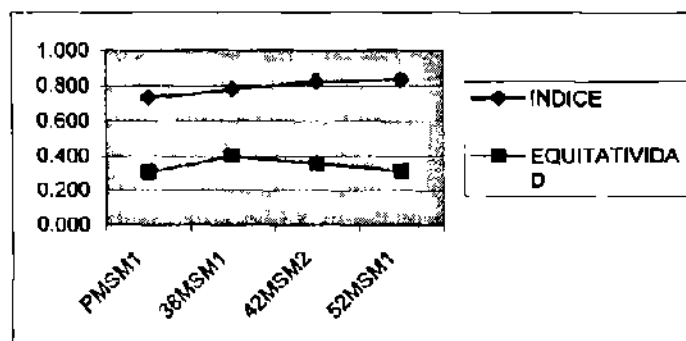
Gráfica a Índice de Diversidad y Equitatividad de **Matorral Submontano**



Índice de Diversidad de Simpson para la comunidad de **Matorral submontano**

PUNTO	MUESTRA	INDICE	EQUITATIVIDAD	NUMERO DE GENEROS	MEDIA-INDICE	MEDIA-EQUIT
143	PMSM1	0.732	0.305	11	0.792	0.345
98	38MSM1	0.776	0.399	7		
101	42MSM2	0.825	0.358	10		
110	52MSM1	0.835	0.316	14		

Gráfica b Índice de Diversidad y Equitatividad de **Matorral submontano**



7.4.2.- Selva Baja Subcaducifolia (sbs)

Se presenta típicamente en las paredes bajas cercanas al río, en el "Cañón de la Boca" después de la cortina de la presa del mismo nombre (Común) o Rodrigo Gómez (Oficial) y en la exposición suroeste de la "Sierra Cerro de la Silla" de los 500 a los 750msnm. (Foto No. 2, mapas 13, 18 y 19)



Foto No. 2. Selva Baja Subcaducifolia. Las Cruces, exposición SO de la Sierra Cerro de la Silla. Santiago N. L.

Como se ha comentado en otro trabajo paralelo (Transcuve, 1998), estas localidades constituyen el límite noreste (Boreal) de la distribución en México de las Selvas Bajas.

En cuanto a la clasificación subcaducifolia se refiere a que de un 50% a un 75% de los elementos tiran la hoja en la época seca del año. Los elementos dominantes en un estrato de 9 a 12 metros de altura y evidentemente caducifolios

por un largo período son *Leucaena pulverulenta* y *Lysiloma* sp. Existen algunos manchones donde se presentan elementos con características perennifolias como *Pithecellobium flexicaule* (Ebano), *Phoebe tampicensis* (Maguira) *Esenbeckia berlandieri* y *Casimiroa pringlei*, (Chapote amarillo).

Esta comunidad vegetal se entremezcla con el Matorral Submontano, de hecho la mayor parte de los elementos arbustivos y herbáceos le corresponden, lo mismo que algunos elementos característicos de este matorral que normalmente presentan alturas de 2 a 4 metros tienen un mayor vigor en estas selvas observándose de 9 a 12 metros de altura, principalmente: *Helietta parvifolia* (Barreta), *Diospyros texana* (Zapote) y *Gochnatia hypoleuca* (Ocotillo).

Hacia las partes bajas y cañadas se encuentra en contacto con elementos de encinos *Quercus virginiana* var. *fusiformis* y *Quercus sillae*, el primero de distribución restringida al NE de México y SO de Texas y el segundo exclusivo de estas regiones cercanas al Cerro de la Silla y hacia las partes altas con Matorral Submontano y Bosque de *Quercus*.

7.4.3- Bosque de *Quercus* (Bosque de encino) (Bq)

Es el tipo de vegetación que ocupa mayor extensión, (mapas 13, 18 y 19) la región de mas amplia cobertura se ubica al oeste de la cabecera municipal, sobre la exposición noreste de la sierra de 600 a 2200 metros de altitud (Foto No 3), en su distribución altitudinal se observan variaciones en su composición florística: en regiones de menor altitud de mayor influencia cálido-húmeda encontramos *Quercus sillae*, después en las laderas tendidas al oeste del "Cañón del Huajuco" a *Quercus virginiana* var. *fusiformis* (Encino bravo) y en estas altitudes (650msnm) junto con Bosques de Galería de *Platanus* sp. encontramos a *Quercus polymorpha* (Encino manzano).



Foto No. 3. Bosque de *Quercus*. San Francisco, Santiago N.L.

En un estrato arbóreo de 10 a 15 metros y por encima de los 750 metros de altitud, encontramos: *Quercus rysophylla* (Encino de asta), *Quercus canbyi* (Encino molinillo), *Quercus laceyi* (Encino memelito), *Quercus laeta*, *Arbutus xalapensis*, (Madroño) *Juglans mollis* (Nogal encarcelado) y *Prunus serotina* (Capulín).

Con una altura promedio de 4 metros y de distribución aislada e irregular en el sotobosque encontramos: *Rhus toxicodendron*, *Rhus radicans*, *Croton fruticosus*, *Sapindus sp.*, *Smilax pringlei*, *Pistacia mexicana*, *Ugnadia speciosa* (Monilla) y *Viguethia mexicana*.

En un estrato inferior de menos de 0.80 metros, con baja densidad de sus componentes y sobre todo en condiciones ecológicas (microhabita) muy particulares encontramos: *Alcalypha hederacea*, *Antigonon leptopus*, *Bouvardia scabrida*, *Cheilanthes alabamensis*, *Asplenium resiliens*, *Chrysactinia pinnata*, *Conopholis americana*, *Croton corymbulosus*, *Desmodium psilophyllum*, *Lantana*

macropoda, *Llavea cordifolia*, *Litsea pringlei*, *Phanaerophlebia umbonata*, *Sida neomexicana*, *Solanum verbascifolium*, *Tectaria heracleifolia*.

En la exposición suroeste de la "Sierra Potreritos" de los 2400 a 2500 metros existe en forma única en todo el municipio una franja con Bosque puro de *Quercus mexicana*.

En la continuación de la "Sierra Cerro de la Silla", en su exposición noreste este Bosque de *Quercus* incluye en su composición florística un estrato de mas de 13 metros de alto dominado por *Brahea berlandieri* creciendo en laderas escarpadas "directamente sobre las rocas", esta especie se encuentra en status especial de conservación y enlistada en la "Norma Oficial Mexicana", de igual manera es considerada en el mapa de Fitogeografía como región de interés Fitogeográfico.

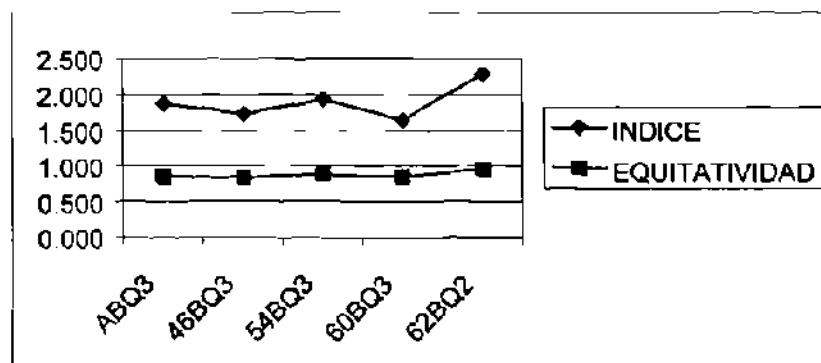
Este Bosque de *Quercus* se encuentra en contacto hacia las partes bajas con Matorrales Submontano y Selva Baja Subcaducifolia y hacia las partes altas con Chaparral, Bosque de *Quercus-Pinus* y Bosque de *Pinus-Quercus*.

Análisis de diversidad:

Índice de Diversidad de Shannon para la comunidad de Bosque de *Quercus*

PUNTO	MUESTRA	INDICE	EQUITATIVIDAD	NUMERO DE GENEROS	MEDIA-INDICE	MEDIA-EQUIT
139	ABQ3	1.872	0.852	9	1.889	0.871
147	46BQ3	1.732	0.833	8		
111	54BQ3	1.922	0.875	9		
121	60BQ3	1.646	0.846	7		
123	62BQ2	2.275	0.949	11		

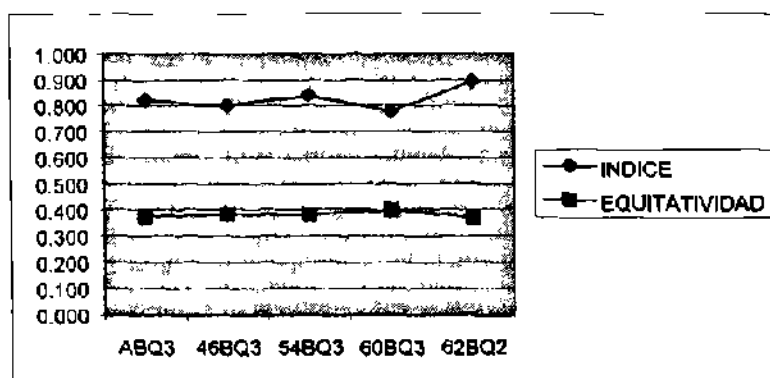
Gráfica c Índice de Diversidad y Equitatividad de Bosque de *Quercus*



Índice de Diversidad de Simpson para la comunidad de Bosque de *Quercus*

PUNTO	MUESTRA	INDICE	EQUITATIVIDAD	NUMERO DE GENEROS	MEDIA-INDICE	MEDIA-EQUIT
139	ABQ3	0.822	0.374	9	0.826	0.382
147	46BQ3	0.798	0.384	8		
111	54BQ3	0.839	0.382	9		
121	60BQ3	0.777	0.399	7		
123	62BQ2	0.893	0.372	11		

Gráfica d Índice de Diversidad y Equitatividad de Bosque de *Quercus*



7.4.4.- Chaparral (MI)

Se distribuye de los 1600 a 3300msnm en las exposiciones suroeste secas de la sierra con más del 40% de pendiente sobre suelo somero de menos de 0.10 metros de profundidad o bien sobre afloramiento rocoso (Foto No. 4, mapas 13, 18 y 19).



Foto No 4. Chaparral. Puerto el Hondable, Santiago N.L

En la estructura de la comunidad destacan tres estratos, superior de 1 a 3 metros, medio de 0.20 a 0.80 metros e inferior de menos de 0.2 metros como especies dominantes en el estrato superior: *Quercus cordifolia*, *Q. intricata*, *Q. grisea*, *Q. emoryi*, (Encinos chaparros), *Dasyllirion berlandieri* (Sotol), *Arctostaphylos pungens* (Manzanita), *Lindleyella mespiloides*, *Rhus virens*, (Lantrisco), *Cowania plicata* (Alejandría), *Cercocarpus mojadensis*, *Ceanothus greggii*, *Ceanothus coeruleus*. En estrato medio: *Dasyllirion berlandieri* (Sotol),

Rhus virens (Lantrisco), *Arctostaphylos pungens* (Manzanita), *Gymnosperma glutinosum*, *Chrysactinia mexicana*, *Juniperus flaccida*. En el estrato Inferior: *Arenaria ludens*, *Arenaria licopodioides*, *Nama parvifolium* y *Erioneuron* sp.

Se encuentra limitando hacia las partes bajas con Matorral Submontano, hacia la zona árida de los límites oeste del municipio con Bosque de *Pinus cembroides* con quien comparte algunas especies en el estrato arbustivo, hacia las partes altas sobretudo en los parteaguas de las sierras con Bosque de *Pinus-Quercus* y de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*. También en las zonas de parteaguas pero en condiciones perturbadas (reemplazadas) del Bosque de *Pseudotsuga*, se encuentra en contacto con vegetación secundaria que denominamos Chaparral Secundario. en exposiciones suroeste con Bosque de *Pinus cembroides* achaparrado.

7.4.5.- Bosque de *Pinus Cembroides* (Bosque de pino piñonero) (Bpc)

Se distribuye con mayor extensión en los límites oeste del municipio y en el



"Cañón el Álamo" de los 2000 a los 2500 metros de altitud en cañones abiertos y de los 1850 a los 2300 metros en cañones mas estrechos (Foto No. 5, mapas 13, 18 y 19)

Foto No. 5. Bosque de *Pinus cembroides*. Exposición SO de la Sierra Rancho Nuevo, Santiago N.L.

La característica más importante es la presencia de *Pinus cembroides* (pino piñonero) como especie única en un estrato de 8 a 12 metros de alto, normalmente debería estar acompañado por *Juniperus flaccida* y *J. monosperma* (Cedrillos) sin embargo están sujetos a una excesiva explotación forestal para uso doméstico que no les permiten alcanzar un porte mayor a los 5 metros de alto. En algunos cañones de condiciones más secas

este bosque incluye en su composición florística a *Pinus cembroides* var. *edulis*. Existe un estrato medio de 1 a 5 metros formado por: *Arctostaphylos pungens* (Manzanita), *Rhus virens* (Lantrisco), *Juniperus flaccida* (Cedrillo), *J. monosperma* (Cedrillo), *Quercus intricata*, *Q. cordifolia*, *Fraxinus cuspidata*, *Calliandra eriophylla*, *Flourensia monticola* y *Leucaena greggii*.

En un estrato inferior de menos de 0.80 metros observamos: *Gymnosperma glutinosum*, *Nolina microcarpa*, *Nolina parviflora* (Zacates cortadores), *Bouteloua curtipendula* (Zacate banderita), *Cheilanthes aemula*, *Lycurus phleoides*, *Muhlenbergia parviglumis*, *Piptochaetium fimbriatum*, *Chrysactinia mexicana* (Hierba de San Nicolás), *Stevia micrantha* y *Salvia greggii*.

En las exposiciones suroeste de algunas sierras por encima de los 2600msnm existe una variante fisonómica de este bosque formado por elementos bajos de 6 metros de altura y ramificados casi desde la base, se identificaron también como *Pinus cembroides*, sin embargo existen algunas dudas, por lo que se requiere un estudio taxonómico de mayor profundidad.

Esta variante tiene la misma apariencia fisonómica a distancia del matorral de coníferas de *Pinus culminicola* y puede confundirse con él, de hecho se encuentra en sus límites superiores en contacto con *Pinus culminicola* y en sus límites inferiores esta variante se encuentra en contacto con Chaparrales y el Bosque de *Pinus cembroides* (típico). A esta comunidad se le denominó Bosque de *Pinus cembroides* "achaparrado" y fue delimitado en el mapa de fitogeografía como una región de interés fitogeográfico.

En las exposiciones suroeste se encuentra en contacto con el Matorral Submontano, Chaparral y Bosque de *Quercus* y en la exposición noreste con el Bosque de *Pinus-Quercus* y *Pseudotsuga-Pinus-Abies*.

7.4.6.- Bosque de *Quercus-Pinus* (Bosque de encino-pino) (Bqp)

En un trabajo anterior Valdez T. (1981) incluyó esta comunidad vegetal en el Bosque de *Pinus-Quercus* considerando que en la mayor parte de los casos corresponde a una variante de este último tipo de vegetación originado por disturbio, situación por la cual se presenta en un amplio gradiente altitudinal de los 850 metros en cañones protegidos como "Las Adjuntas" hasta los 2100 metros en exposiciones noreste "Abiertas". Sin embargo existen regiones en donde su establecimiento se debe a la interacción de factores naturales como ocurre en el "Cañón Mauricio" en las partes medias y bajas de la exposición noreste de la "Sierra Mauricio" en donde existen condiciones microambientales de pequeñas exposiciones sur (secas), cañadas y escurrimientos, y exposiciones norte (húmedas) que se alternan formando mezclas de encino con pino y pequeños manchones de pinos (mapas 13, 18 y 19).

Existen tres estratos: arbóreo de 10 a 15 metros, arbustivo de 3 metros y herbáceo de 0.60 metros.

En el estrato arbóreo de 10 a 15 metros encontramos como elementos dominantes:

Quercus canbyi (Encino molinillo), *Quercus rysophylla* (Encino de asta), *Quercus laceyi* (Encino memelito), *Pinus pseudostrobus* (Pino real) y *Pinus teocote* (Pino chino).

En el estrato arbustivo: *Rhus radicans*, *Quercus sp.*, *Agave sp.*, *Senecio seemanii*, *Rhus toxicodendron*.

En el estrato herbáceo: *Hedeoma palmeri*, *Desmodium psilophyllum*, *Llavea cardifolia* y *Eupatorium sp.*



Foto No. 6. Bosque de *Quercus-Pinus*. Cañón Mauricio, Santiago N.L.

En algunos lugares como "la Camotera", "El Hondable" y "Potrero Redondo", el Bosque de *Pinus pseudostrobus*, *Pinus teocote*, *Quercus coccolobifolia* y *Quercus laeta*., está siendo reemplazado por Bosques de *Quercus* y *Quercus Pinus* ocasionado por excesivas extracciones por sanidad vegetal, después de que grandes áreas fueron atacadas por gusano descortezador desde los años 70'S, esta situación tradicionalmente a propiciado el abuso en las explotaciones forestales, de igual manera esta ocurriendo actualmente después de los incendios forestales de 1998 principalmente en la sierra de "Potrero de Abrego" y al sur de "La Ciénega".

Se encuentra en contacto hacia las partes bajas y exposiciones suroeste de las sierras con Bosques de *Quercus* y Matorral Submontano y hacia las partes altas con Bosques de *Pinus-Quercus* y Chaparrales.

7.4.7.- Bosque de *Pinus-Quercus* (Bosque de pino-encino) (Bpq)

La distribución altitudinal de esta comunidad la ubica en los 1400 a los 2500msnm, (mapas 13, 18 y 19) está formada por tres estratos: superior de 14 a 17 metros, medio de 2 a 4 metros e inferior de 0.80 metros, en el primero de ellos observamos a *Pinus teocote* (Pino chino), *Pinus greggii*, *Quercus laeta*, *Quercus coccolobifolia*, *Quercus mexicana*, *Quercus laceyi* (Encino memelito), *Quercus rysophylla* (Encino de asta), *Quercus canbyi* (Encino molinillo), *Quercus cupreata*, *Arbutus xalapensis* (Madroño) y *Prunus serotina*.

En el estrato medio: *Crataegus greggiana* (tejocote), *Senecio seemanii*, *Rhus toxicodendron*, *Rhus radicans* y *Quercus affinis*.

En el estrato inferior: *Bouteloua curtipendula*, *Desmodium psilophyllum*, *Hedeoma palmeri*, *Agave* aff. *zonata*, *Pteridium aquilinum*, *Asplenium resiliens*, *Cirsium altissimum*, *Bouvardia ternifolia*, *Conopholis americana*, *Stevia rhombifolia*,

En las sierras de "San Juan Bautista" y "Rancho Nuevo" a los 2500 msnm en exposiciones noreste existen variantes de este tipo de vegetación formadas por *Pinus greggii*, *Quercus laeta* y *Quercus mexicana* que se encuentran en contacto con Bosque de *Pseudotsuga Pinus-Abies*. De igual manera en las exposiciones noreste de las sierras "Potrero de Abrego" y "La Viga" a 2500 msnm existe otra variante húmeda (foto No. 7) en donde destaca *Pinus pseudostrobus*, *P. pseudostrobus* var. *estevezii*, *Quercus mexicana*, *Q. affinis*, *Carya myristicaeformis* y *Juglans mollis* también en contacto con los Bosques de *Pseudotsuga*. Además de estas colindancias y transiciones en las exposiciones noreste, ocurre también con Bosque de *Pinus cembroides*, *Quercus-Pinus* y *Quercus* y en exposiciones suroeste con Chaparrales.



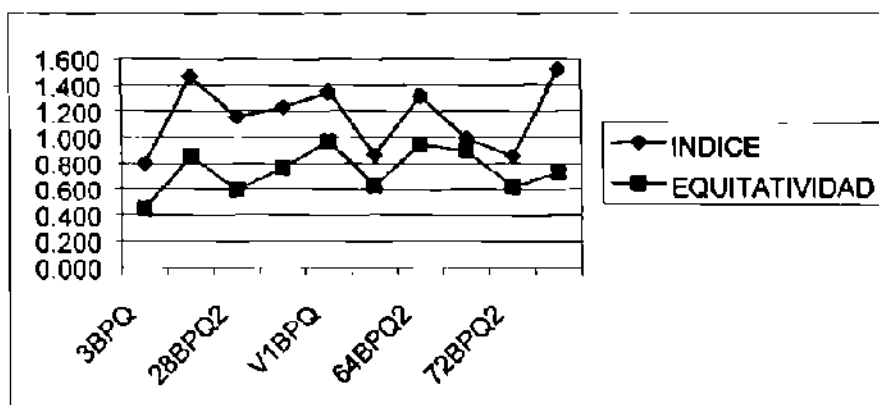
Foto No. 7. Bosque de *Pinus-Quercus*. Puerto del Venadito, Santiago N.L.

Análisis de diversidad:

Índice de Diversidad de Shannon para la comunidad de Bosque de Pino - Encino

PUNTO	MUESTRA	ÍNDICE	EQUITATIVIDAD	NUMERO DE GENEROS	MEDIA-ÍNDICE	MEDIA-EQUIT
105	3BPQ	0.796	0.445	6	1.151	0.743
122	26BPQ3	1.462	0.852	7		
126	28BPQ2	1.153	0.593	7		
131	30BPQ1	1.230	0.764	5		
108	V1BPQ	1.347	0.972	4		
113	56BPQ3	0.860	0.620	4		
	64BPQ2	1.314	0.948	4		
	68BPQ1	0.986	0.898	3		
134	72BPQ2	0.850	0.613	4		
144	82BPQ2	1.515	0.728	8		

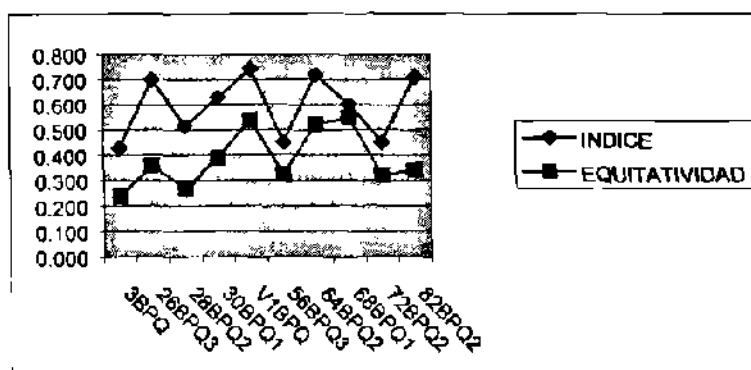
Gráfica e Índice de Diversidad y Equitatividad de Bosque de Pino - Encino



Índice de Diversidad de Simpson para la comunidad de Bosque de Pino-Encino

PUNTO	MUESTRA	ÍNDICE	EQUITATIVIDAD	NUMERO DE GENEROS	MEDIA-ÍNDICE	MEDIA-EQUIT
105	3BPQ	0.426	0.238	6	0.593	0.384
122	26BPQ3	0.699	0.359	7		
126	28BPQ2	0.513	0.264	7		
131	30BPQ1	0.626	0.389	5		
108	V1BPQ	0.743	0.536	4		
113	56BPQ3	0.448	0.323	4		
	64BPQ2	0.720	0.520	4		
	68BPQ1	0.600	0.546	3		
134	72BPQ2	0.447	0.322	4		
144	82BPQ2	0.709	0.341	8		

Gráfica f Índice de Diversidad y Equitatividad de Bosque de Pino-Encino



7.4.8.- Bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies* (Bosque de ayarín-pino-oyamel) (Bopa)

Se distribuye en las exposiciones noreste de los 2500 a los 3470 msnm (mapas 13, 18 y 19) siendo esta última la máxima altura del municipio, en términos generales esta es la asociación más frecuente de especies, que domina sin embargo, en ocasiones domina el género *Abies* en otras *Pinus* y otras especies presentes en esta comunidad como *Populus tremuloides* (Alamillo) *Cupressus arizonica* (Cedro) *Picea engelmannii* var. *mexicana*. (foto No. 8).



Foto No. 8. Bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*. Puerto el Tarillal, Santiago N.L.

Originalmente Valdez (1981) reporta en la estructura de la comunidad tres estratos: superior de 18 a 25 metros de altura, medio de 4 metros e inferior de 0.30 metros y rasante, sin embargo posteriormente se ha observado que el estrato medio corresponde a una condición originada totalmente por disturbio.

En el estrato superior son frecuentes: *Pseudotsuga flahaultii*, *Pseudotsuga macrolepis* (Guayamé colorado), *Pinus rudis*, *Pinus pseudostrobus* var. *estevezii*, *Pinus montezumae*, *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera*, *Cupressus arizonica* (Cedro) y *Populus tremuloides*.

En 1976 fue colectada *Picea engelmannii* var. *mexicana* en "El Tarillal", sin embargo, en visitas posteriores y vuelos de helicóptero no fue posible detectarla por lo que se sospecha su reducción de hábitat o probable desaparición del municipio.

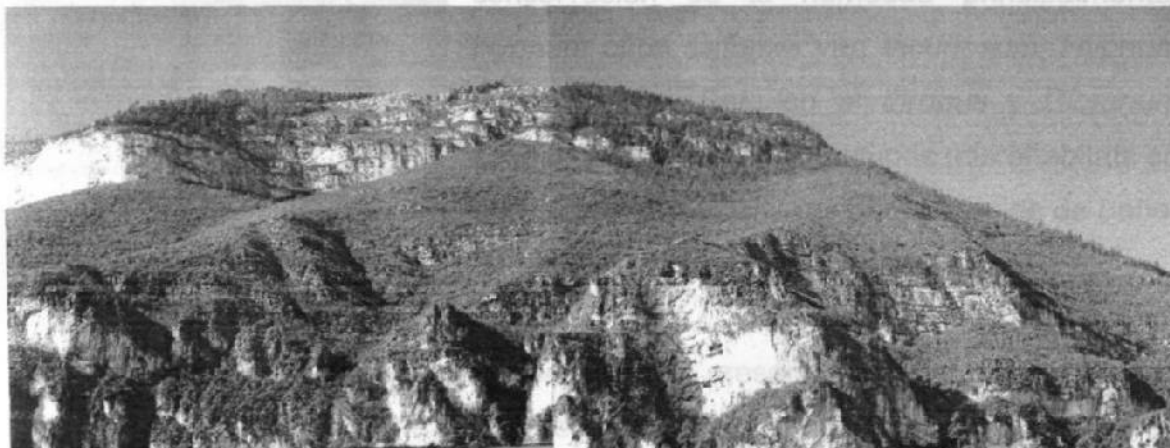


Foto No.9. Chaparral Secundario. Exposición NE de la Sierra Potrero de Abrego, Santiago N.L.

El estrato medio que domina en condiciones abiertas del bosque, en donde existieron incendios y explotaciones forestales esta formado por *Quercus hypoxantha*, *Quercus greggii* y *Quercus sideroxyla*, siendo estas componentes importantes de Bosque de *Pinus-Quercus* de más de 15 metros de altura, en los estados de Durango y Chihuahua (la agrupación de éstas tres especies de encinos fue definida en Transcuve (1998) como Chaparral secundario.(foto No. 9) Otros componentes de este estrato medio son: *Quercus fulva*, *Garrya laurifolia*, *Ceanothus greggii*, *Ceanothus fendleri* y *Populus tremuloides* (Alamillo) especie también que se favorece por disturbio y que forma bosquecillos de 4 metros de alto y en algunos lugares, bosques de mayor altura.



Foto No. 10. *Abies durangensis* var. *coahuilensis*. El Hondable Santiago N.L.

En el estrato inferior: *Achillea millefolium*, *Chimaphila maculata*, *Chimaphilla umbellata*, *Amoreuxia wrightii*, *Eriogonum hemipterum* y *Rosa woodsii*. El estrato rasante se encuentra dominado por musgos que muestran alta conservación de la humedad principalmente: *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, *Hypnum cupressiforme*, *Entodon erythropus* y *Dicranum scoparium* los cuales en algunos microhabitats se encuentran acompañados por "esponjas de baño" formadas por *Cladonia* sp. y *Parmelia*

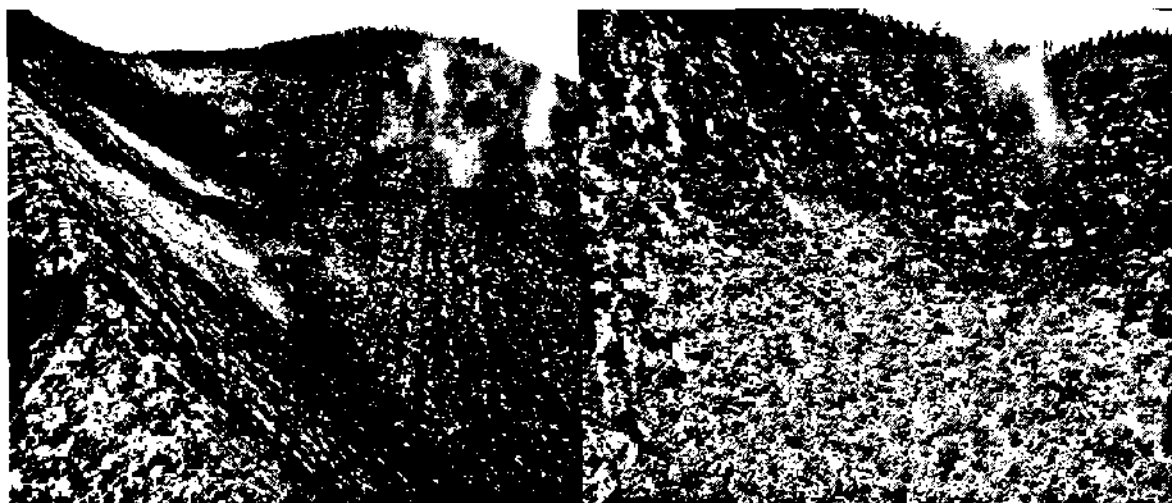
El Chaparral secundario cuando se presenta en las partes altas específicamente en los "parteaguas" de la sierra, en algunas ocasiones incluye en su composición florística a una especie recién descrita para la ciencia *Agave montana* (Maguey verde) que además es endémica en las sierras de Coahuila y Nuevo León. La distribución de esta especie y de *Pinus rudis* se muestran por separado como regiones de interés fitogeográfico en el modelo cartográfico de "Fitogeografía".

En la mitad sur del municipio, en cañadas y en su mayor parte de las exposiciones norte y noreste, se distribuye una variable de esta comunidad en donde domina *Abies durangensis* var. *coahuilensis*. (foto No. 10)

7.4.9.- Matorral de coníferas (Mj)

Este tipo de vegetación se caracteriza por el dominio de *Pinus culminicola* (Pino enano) y presenta diversos grados de sociabilidad dependiendo de la altitud, Valdez (1981) lo reporta para la "Sierra Rancho Nuevo" a los 3100 metros de

altitud como individuos aislados y en este trabajo se observa en la "Sierra Potrero de Abrego" a los 3470msnm (fotos 11 y 12) con mayor densidad en su repartición horizontal (mapas 18, 19 y 25) y en el "Cerro del Potosí" se presenta a los 3600msnm como masas puras de difícil penetración. de tal forma que en el municipio de Santiago, N.L. el Matorral de Coníferas tendría sus valores de distribución entre los 3100 a los 3470msnm.(Fotos 11 y 12) En exposiciones suroeste y parteaguas mezclándose con elementos de Chaparral, Chaparral secundario y Bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*.

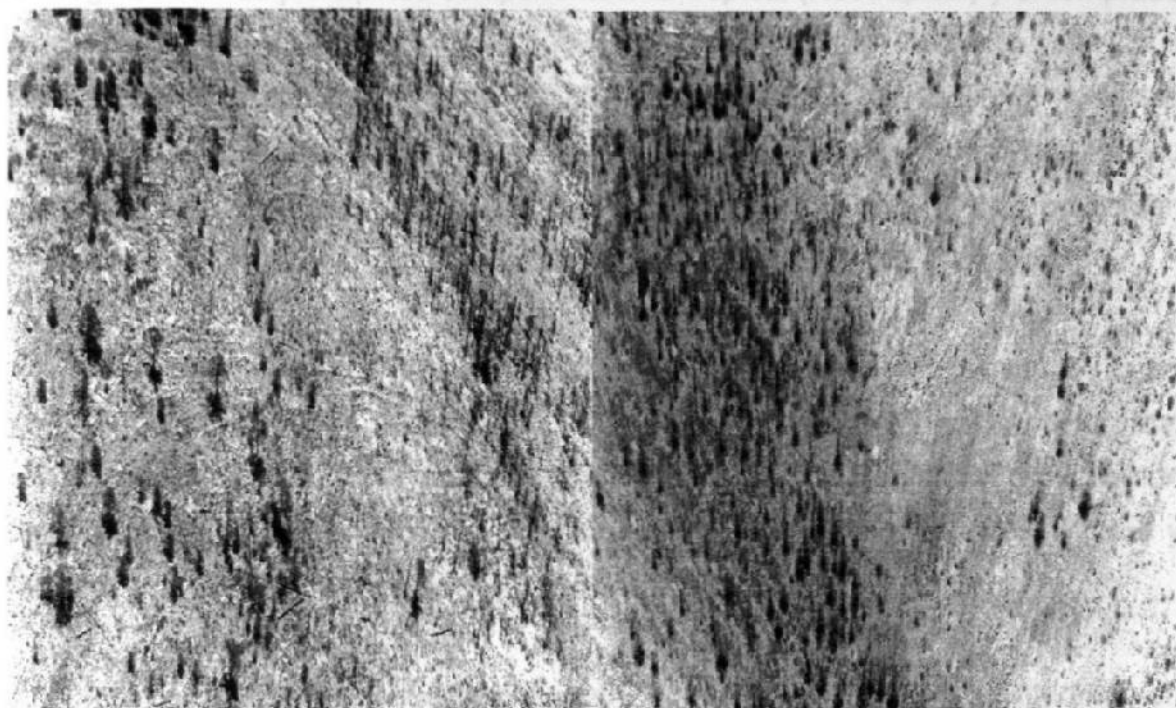


Fotos Nos. 11 y 12 Matorral de Coníferas de *Pinus culminicola* .Exposición SO de la Sierra Potrero de Abrego, Límites Santiago N.L. y Arteaga, Coah.

Actualmente ha desaparecido de la "Sierra Rancho Nuevo" y en la "Sierra Potrero de Abrego" fue afectado en un 90% ocasionado por incendios forestales de 1998. (fotos 13 y 14) La información florística fue tomada del punto de muestreo de la "Sierra Rancho Nuevo" y de "La Viga" continuación de la "Sierra Potrero de Abrego" ya que esta última es inaccesible.

En el estrato arbóreo acompañante y disperso de 15 a 20 metros observamos: *Pseudotsuga macrolepis*, *Pseudotsuga flahaultii*, *Pinus rudis* y *Pinus ayacahuite*. En el estrato arbustivo de 2 a 3 metros de altura: *Pinus culminicola*, *Quercus greggii*, *Quercus hypoxantha*, *Ceanothus greggii* y *Agave montana*. En el estrato medio de menos de 2 metros: *Pinus culminicola*, *Quercus greggii*, *Garrya*

ovata, *Ceanothus greggii*, *Muhlenbergia sp.*, *Trisetum montanum*, *Muhlenbergia virescens*, *Senecio sp.* En un estrato inferior menor de 0.80 metros: *Symphoricarpos microphyllus*, *Astragalus sp.*, *Lupinus cacuminis*, *Ceanothus greggii*, *Mammillaria sp.* y *Trisetum montanum*.



Fotos Nos. 13 y 14 Incendios 1998. Misma Localidad en la Sierra Potrero de Abrego.

En cuanto a sus transiciones, esta comunidad está en contacto con chaparrales primarios, secundarios y Bosque de *Pseudotsuga-Pinus-Abies*. Dada la exclusividad y endemismo, también fue reconocida como región de interés fitogeográfico y su distribución representada en el modelo cartográfico de "Fitogeografía".

7.4.10.- Bosque Mesófilo de Montaña (Bmm)

Su distribución en la República Mexicana es fragmentaria principalmente en las Sierras Madre Oriental y Occidental, en el Eje Neovolcánico y en la Sierra

Madre del sur, en donde se presenta en una gran variedad de condiciones ecológicas, con diversidad florística, parientes cercanos y vicariantes. Sin embargo, es importante destacar que influido por su historia geológica en los tiempos de corredores y migraciones florísticas, actualmente destacan en este tipo de vegetación dos principales componentes: El tropical (Neotropical) y el templado (Holártico), y en su distribución altitudinal se encuentra en contacto hacia sus límites inferiores con Selvas Bajas y Medianas, Bosques de *Quercus* y en los superiores con Bosques de *Pinus-Quercus* y *Abies*, de tal manera que en su gradiente altitudinal los componentes del Bosque Mesófilo de Montaña presentan afinidad florística de acuerdo a la condición del microhábitat con el que colindan.

De tal manera que en este municipio se distribuye en cañadas húmedas de los 1400 a 2300msnm. (mapas 18, 19 y 24). Normalmente en tres estratos: arbóreo de 7 a 12 metros y hacia las partes altas hasta 20 metros de altura con elementos de *Abies durangensis* var. *coahuilensis*. Arbustivo de 2 a 6 metros y herbáceo rasante de menos de 0.80 metros.

La variabilidad florística se encuentra en relación al gradiente altitudinal, en este caso para las partes de bajas altitudes los estratos arbustivos y arbóreo contienen: *Cornus florida*, (fotos 15, 16) *Tilia* aff. *mexicana*, *Quercus sartorii*, *Carpinus caroliniana*, *Ostrya virginiana*, *Acer negundo* y una nueva localidad para *Quercus elliptica* de distribución conocida en el sur de la República hasta el estado de Veracruz, también en condiciones mesófilas de afinidad tropical. Hacia las partes altas cercanas a los 2300msnm. este Bosque Mesófilo de Montaña se presenta con *Abies durangensis* var. *coahuilensis*, *Taxus globosa*, *Cornus florida*, *Quercus sartorii*, *Quercus cupreata* y *Carya ovata*. El estrato herbáceo rasante no fue muestreado satisfactoriamente sin embargo se observó una buena diversidad de musgos y helechos además de *Geranium* sp. y *Govenia* sp. esta agrupación vegetal en las partes bajas se encuentra en contacto con Bosques de *Quercus*, en porciones medias con Bosques de *Quercus-Pinus* y de *Pinus-Quercus* y en las

partes altas con Bosques de *Abies durangensis* var. *coahuilensis* que en la mayor parte de los casos forma parte de la comunidad.



Fotos Nos. 15 y 16. *Cornus florida* con inflorescencia y en condiciones de niebla. Santiago N.L.

Estas cañadas húmedas del municipio de Santiago, N.L. y algunas esporádicas en Monterrey, N.L. constituyen el extremo noreste (boreal), en México de la distribución relictual o de representatividad ecológica del Bosque Mesófilo de Montaña, por lo que se consideraron regiones de interés fitogeográfico y su distribución se representa en el modelo cartográfico de "Fitogeografía".

7.5 MODELOS CARTOGRÁFICOS Y TABULADOS

Los doce mapas o modelos cartográficos que se presentan a continuación, contienen información de los conceptos temáticos incluidos en los mapas lo cual

nos permite tener una visión del nivel de importancia de cada uno de ellos, así como su comparabilidad con su representación cartográfica.

7.5.1 Uso de suelo y vegetación 1975

Este modelo cartográfico (mapa 13) nos muestra la distribución de los principales tipos de vegetación para 1975, recordando que su elaboración fue el producto de la fotointerpretación de fotografías aéreas en color, escala 1:25,000 que nos permitió distinguir a detalle la conformación espacial de las comunidades vegetales, lo cual fue validado con trabajo de campo.

7.5.2. Estado de conservación de la vegetación 1975. (Conveg 1975)

Tal y como se mencionó en metodología este mapa (mapa 14) representa la distribución de tres estados de conservación o deterioro de la vegetación para 1975.

7.5.3. Características de los procesos de transformación 1975-1995-2002 (Carprotran)

Se conjuntaron en estos modelos cartográficos (mapas 15 y 16) los principales procesos de deterioro para dos períodos 1975-1995 y 1996-2002 considerando los conceptos que aparecen en la simbología de los mapas.