

21  
24.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS**

**COLEGIO DE GEOGRAFIA**

**INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES  
SOBRE LA DISTRIBUCION DE LOS SUELOS EN  
LA CUENCA CARBONIFERA DE COAHUILA**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADA EN GEOGRAFIA**

**P R E S E N T A  
SHERIDAN GONZALEZ MARTINEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. FELIPE GARCIA-OLIVA**



**MEXICO,**

**1998.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**FILOSOFIA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

259154



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## DEDICATORIA

*A mis padres con cariño por su gran  
paciencia y amor*

*A mi compañero por su cariño e  
invalorable apoyo.*

*A mis grandes amigos Mario y Juan  
Manuel por su ánimo y paciencia.*

## AGRADECIMIENTOS

Desoso agradecer muy sinceramente a todas las personas que de alguna forma estuvieron conmigo durante la elaboración de este trabajo.

Debo hacer mención especial a mi paciente, asesor y amigo Felipe, a los que me guiaron en análisis de laboratorio Enrique Solís y Agustín Quiroz del Centro de Ecología, a los consejos de mi amigo Leopoldo Galicia, a la dirección técnica de Oved y a todos los amigos que me apoyaron y no puedo hacer mención.

Además a la Universidad Nacional Autónoma de México por el apoyo logístico y de sus instalaciones.

Gracias.

## INDICE

	Página
Introducción .....	1
Marco Teórico .....	4
Objetivos .....	17
Hipótesis .....	17
Metodología .....	18
Capítulo 1. Descripción General de la Cuenca Carbonífera .....	22
Introducción .....	22
Geología .....	22
Relieve .....	25
Clima .....	25
Hidrología .....	27
Vegetación .....	29
Suelos .....	29
Capítulo 2. Características Espaciales e Influencia de los Factores Ambientales sobre los	
Suelos .....	41
Introducción .....	41
Metodología .....	42
Resultados y Discusión .....	50
Capítulo 3. Análisis de las Propiedades de los Suelos .....	70
Introducción .....	70

	<b>Página</b>
Metodología .....	77
Resultados y Discusión .....	82
Conclusiones Generales .....	89
Discusión General .....	93
Anexos .....	97
Bibliografía .....	102

## INDICE DE TABLAS

	Página
Indice de Fraccionamiento .....	54
Características espaciales .....	56
Tabla de X <sup>2</sup> .....	59

## INDICE DE FIGURAS

Ubicación de la Cuenca carbonifera .....	2
Estructura vertical y horizontal del análisis geográfico del paisaje natural .....	8
Mapa base de la Cuenca carbonifera.....	23
Mapa geológico de la Cuenca carbonifera.....	24
Mapa fisiográfico de la Cuenca carbonifera .....	26
Mapa climático de la Cuenca carbonifera .....	28
Mapa de vegetación y Uso de suelo de la Cuenca carbonifera .....	30
Gráfica del área en porcentaje de cada tipo de suelo .....	31
Mapa de suelos y unidades edáficas de la cuenca carbonifera .....	32
Gráfica de área en porcentaje por tipo de suelo .....	51
Gráfica del número de unidades por tipo de suelo .....	51
Gráfica de la relación entre área y número de unidades por tipo de suelo .....	53
Gráfica de Frecuencia de unidades por clase de relieve por tipo de suelo .....	53
Gráfica de Regresión entre área y número de unidades por tipo de suelo .....	57
Gráfica del Tamaño de Unidades por tipo de suelo .....	57
Gráfica de residuales ajustados por tipo de suelo por relieve.....	61

## INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial existe actualmente una tendencia, hacia la desertificación y a la expansión de las zonas desérticas debido a la irracional acción humana sobre la vegetación natural y a lo que se ha llamado el cambio climático global.

La República Mexicana localizada entre los 14 y los 32° de latitud norte presenta, por su latitud, una porción muy importante del territorio de zonas áridas y semiáridas, que se localizan principalmente en el norte del país, y por lo mismo, son zonas vulnerables a la expansión desértica.

Dichas zonas representan aproximadamente el 50% del territorio nacional, de acuerdo a CONAZA (Comisión Nacional de Zonas Áridas, 1986) y COTECOCA (1986), sin embargo y a pesar de su importante extensión, han sido escasamente estudiadas desde el punto de vista ecológico, geográfico, social, etc. y respecto a su potencial como sitios aprovechables de recursos naturales y al propio proceso de cambio climático. Existe una excepción, ya que la CONAZA ha desarrollado investigaciones y pequeñas plantas agroindustriales para el procesamiento de algunas plantas de las regiones áridas y semiáridas, sobre todo al norte del país, como las de Sabinas.

Dentro de las zonas áridas y semiáridas del país, se encuentra la Cuenca Carbonífera del Estado de Coahuila, integrada por 9 municipios y con una extensión de 18,563.1 km<sup>2</sup> (INEGI, 1987). (Fig.1)

Dicha cuenca, caracterizada por un paisaje semidesértico poco favorable para el desarrollo agrícola, ha sostenido durante varios siglos la minería con base en el carbón, como la actividad económica dominante de la región. Sin embargo, al cabo del tiempo, al reducirse los yacimientos en explotación, cerrarse las minas y expandirse la ganadería (sobre los pastizales), las personas que anteriormente se mantenían de la actividad minera han quedado sin ningún empleo.

Para la población, integrada en su mayoría por antiguos mineros, no existe ninguna actividad realmente alterna que pueda realizar, ya que no tiene la solvencia económica para la compra de terreno usado para la ganadería, ni para el ganado. El sector servicios que pudiera presentarse en primer instancia



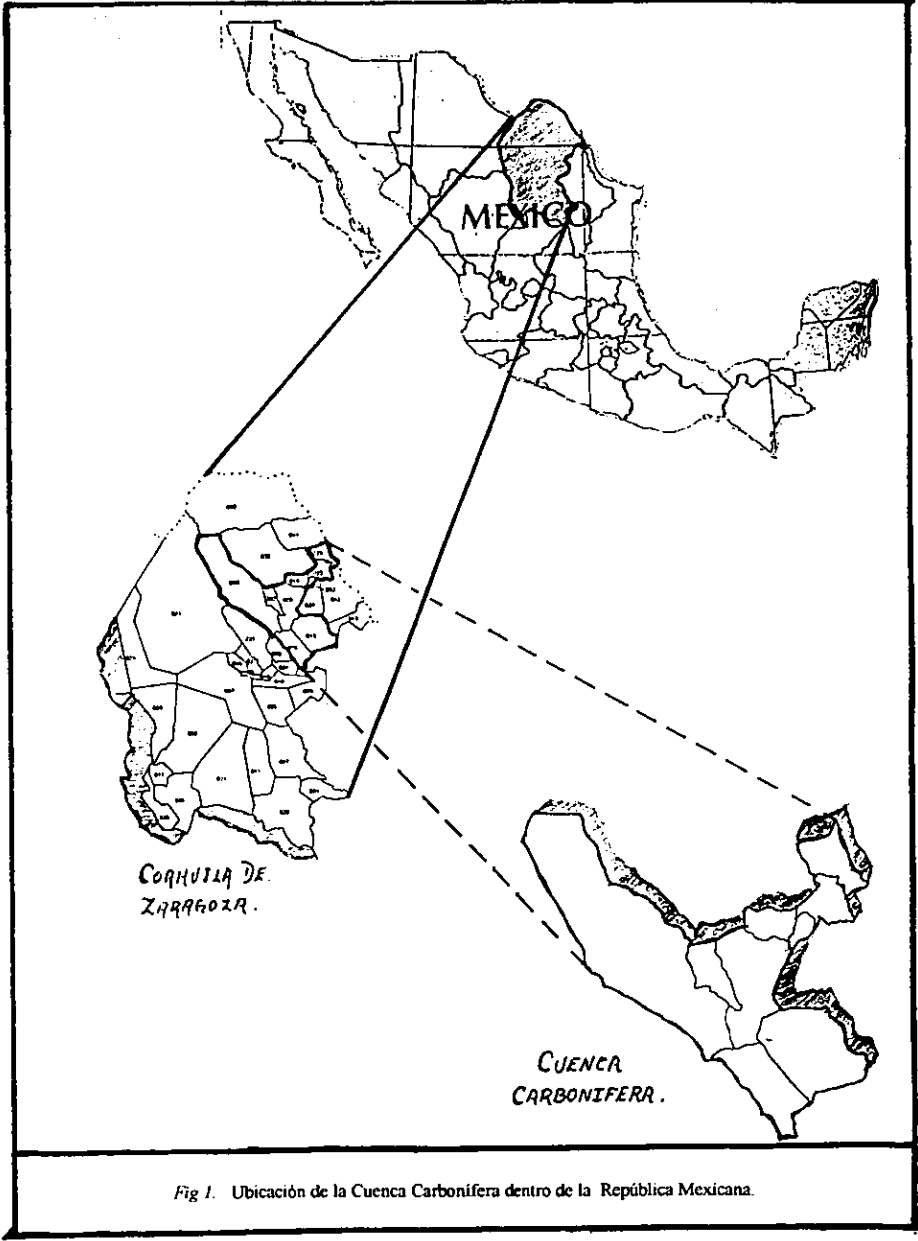


Fig 1. Ubicación de la Cuenca Carbonífera dentro de la República Mexicana.

como una opción de empleo, no es capaz de captar a todos los desempleados, tanto los que vivían directamente de la minería como aquellos que indirectamente dependían de ella.

Es por lo anteriormente expuesto que se realiza un amplio proyecto de investigación en el cual se pretende conocer la situación de la geografía física, y las condiciones actuales de la geografía económica y social de la región con el fin de proponer alternativas de uso de suelo y de actividades económicas adecuadas que sostengan a la población.

La presente tesis es una contribución al proyecto general, en el aspecto de la geografía física, en el sentido que aportará el conocimiento de la situación actual de uno de los recursos naturales, el suelo, y su relación con los demás elementos o recursos naturales.

Algunos de los recursos naturales más importantes son: el clima, la vegetación y el suelo. Estos tres elementos naturales son principalmente los que caracterizan a una zona como húmeda, árida o semiárida, en función básicamente del agua, aunque también existen otros elementos importantes que influyen como factores, por ejemplo el relieve y la geología.

Existen relaciones multidireccionales entre esos elementos y al propio interior de cada uno de ellos, las cuales determinan, a su vez, las características de cada elemento. Para aclarar mejor esta interrelación citaré un ejemplo. Los aridisoles, tipo de suelo más abundante en el planeta y característicos de la Cuenca Carbonífera son típicos de las zonas áridas y semiáridas, están definidos principalmente por el elemento clima, pero las subdivisiones dentro de los aridisoles, son definidas por elementos topográficos, litológicos, vegetacionales, etc.

Ya que el suelo, es uno de los elementos más importantes que definen las características del grado de aridez de una región, uno de los primeros objetivos a cubrir, es el estudio de las características y condiciones del suelo y su relación con los demás elementos naturales de clima, relieve, geología y vegetación.

Con base en lo anterior, analizar y comprender cuáles son los factores (o elementos naturales) que más influyen en la distribución, y las características espaciales de los suelos, es una de las bases del escenario natural que pretende establecer esta tesis y sobre la cual se apoyará la futura comprensión integral del desarrollo socioeconómico, comportamiento y buen uso del suelo en la región carbonífera.

## MARCO TEÓRICO.

El estudio e investigación de los suelos ha obedecido a una necesidad de mayor conocimiento del hábitat humano, tanto para fines puramente científicos, como para fines prácticos de aprovechamiento.

A pesar de la diversidad de conceptos sobre el suelo que se utilizan de acuerdo a su uso, el más completo y conveniente para este trabajo es, a mi juicio, el siguiente: "El suelo es el material mineral [u orgánico] no consolidado sobre la superficie de la tierra; que ha estado sujeto e influenciado por factores genéticos y del medio ambiente como el material madre, el clima, incluyendo efectos de humedad y temperatura, los macro y microorganismos y la topografía; todos ellos actuando en un período de tiempo y originando un producto, el suelo". (Aguilera, 1980).

Esta definición es conveniente, desde el punto de vista del geógrafo, por que toma en cuenta los principales factores (genéticos y del medio ambiente) que controlan el desarrollo, las condiciones de las características espaciales, y sobre todo la localización y la distribución de los distintos tipos de suelos dentro de un espacio y tiempo definidos.

De acuerdo con Jenny (1980) cada uno de los factores ambientales pueden actuar de manera independiente para definir el comportamiento y las características del suelo. Sin embargo, en la mayoría de los sitios, a escalas temporales amplias, los factores actúan de manera interdependiente.

El estudio de cada uno de los factores por separado supone que los demás se mantienen constantes para conocer el grado de influencia del factor estudiado. A pesar de las críticas hechas a este tipo de análisis (Birkeland, 1990), no se puede negar que ayuda básicamente a la comprensión de la importancia de los factores ambientales dentro de una región determinada sobre las características generales de los suelos.

Para lograr el objetivo de conocer cuáles, cómo y en que grado los diferentes factores ambientales influyen sobre la localización, características espaciales y distribución de los suelos, es necesario explicar el comportamiento de cada uno de estos factores.

Factores Endógenos o Genéticos.

El primer tipo de factores, llamados genéticos o procesos internos edafogénicos, "son una secuencia de sucesos que incluyen tanto reacciones químicas complicadas como redistribuciones relativamente simples de la materia: ...[contempla] ganancias, pérdidas y translocaciones de materiales del cuerpo de un suelo". (Buol, 1981).

Los principales procesos internos en las zonas áridas y semiáridas son:

- 1.-Calcificación: acumulación de carbonatos observados comúnmente en zonas áridas. Descalcificación, eluviación de carbonatos dentro del cuerpo del suelo.
- 2.-Salinización: Tiene lugar primordialmente en regiones subhúmedas, áridas y semiáridas, donde la [zona] se enriquece con sales a una velocidad mayor que la de su lixiviación. La salinización es preferencial en los suelos de depresiones con un contenido elevado de arcilla y baja permeabilidad, con lixiviación reducida.
- 3.-Alcalinización: acumulación de iones de sodio en los sitios de intercambio de la arcilla.

También ocurren otros procesos que son semejantes en los distintos tipos de suelo, pero que es importante mencionarlos.

- 4.-Eluviación: movimiento ascendente de materiales de salida de una porción del suelo.
- 5.-Iluviación: entrada de materiales a una porción inferior del perfil del suelo.
- 6.-Lixiviación: pérdida por deslave o eluviación de materiales solubles del solum.\* La profundidad de lixiviación de los carbonatos en los perfiles de suelos tiene la mayor importancia en terrenos originalmente cubiertos de materiales calcáreos, tales como piedra caliza, arena dolomítica, loess y corrientes glaciales.
- 7.-Enriquecimiento: adición de materiales, incluso sales minerales, a alguna porción del perfil de un suelo.
- 8.-Lavado: movimiento de arcilla fina hasta limo fino, en suspensión, hacia abajo de las grietas y otros huecos de los suelos.

\* SOLUM: "suelo genético desarrollado por las fuerzas constructoras del suelo, cuyo límite inferior es precisamente el límite inferior de las raíces de las plantas perennes".

9.-Melanización y leucinización: son cambios en el valor de los colores del suelo causados por adiciones o pérdidas, respectivamente, en el contenido de materias orgánicas, o por la transformación de compuestos orgánicos de color oscuro (melanizados) a pálido (leucinizados), o viceversa.

10.-Mineralización: es la liberación de componentes minerales de materias orgánicas mediante la descomposición. Por ejemplo, las reservas de nutrientes que hay en un ecosistema de pastizales se encuentran fuera de la disposición de las plantas, excepto mediante la mineralización por el fuego o la oxidación más lenta de los desechos descompuestos.

11.-Edafoperturbación: es el proceso de mezclas en el suelo, [pueden existir 8 tipos, de acuerdo al agente perturbador].

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| a)de la fauna    | e)la aérea      |
| b)la floral      | f)la acuática   |
| c)de congelación | g)la cristalina |
| d)la arcillosa   | h)la sísmica.   |

(Op.cit Buol, 1981)

A este tipo de procesos se hará referencia fundamentalmente a manera, de marco conceptual, más que como factor de distribución de tipos de suelo.

Factores Exógenos o Ambientales.

Los llamados factores ambientales, son los que se tomarán propiamente como factores de la distribución y características espaciales de los suelos.

Para definirlos diremos que un factor es "un agente, una fuerza, una condición o la combinación de ellos que ha afectado [desde] el material original del suelo, con potencial para cambiarlo" (Op.cit. Buol, 1981).

La mayoría de los autores coincide en clasificar estos factores ambientales en 5 tipos principales que son:

1. Material original (geología),o roca madre.
2. Relieve.

3. Clima.

4. Organismos (vegetales y animales), y

5. Tiempo.

Aunque existen otros autores como Rode, quien incluye además la gravedad, el agua y al hombre.

Las ciencias que estudian el medio ambiente, por ejemplo la Geografía y la Ecología, se refieren al ambiente como un Sistema Integral en interacción continua de sus componentes, como lo confirman Humboldt y Dokuchaev desde el siglo XIX, quienes estudiaron el ambiente bajo este enfoque. Este enfoque analiza la estructura, dinámica y comportamiento de los factores y componentes de una unidad definida y diferenciada.

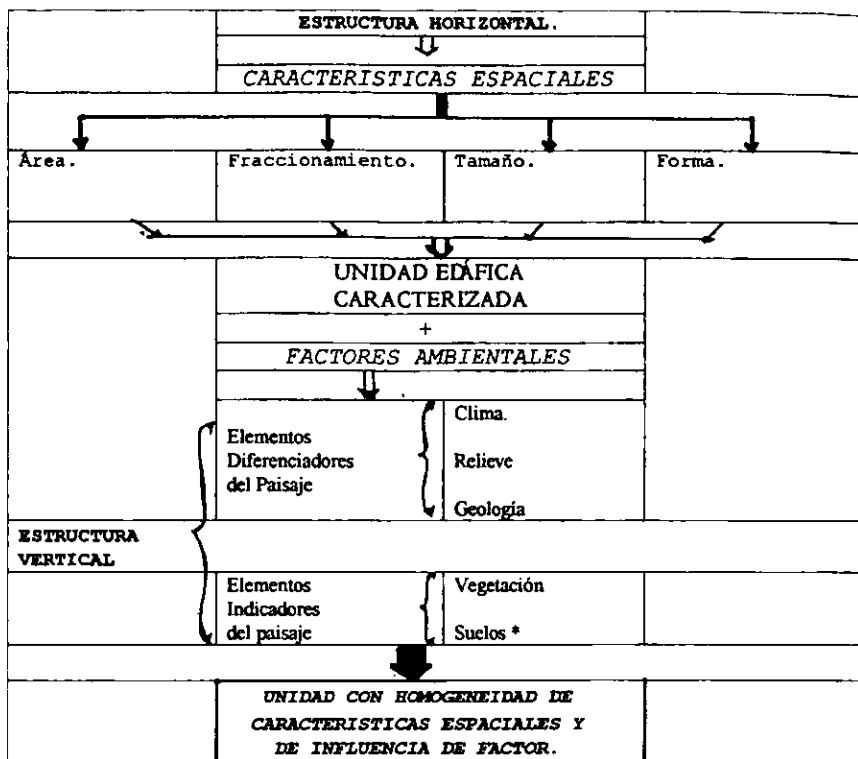
Si se estudia al suelo en sí como un sistema, desde el punto de vista ecológico, tendríamos que analizar los flujos de entrada y salida de energía y de materia, por ejemplo los gases, el agua, los sólidos disueltos, los organismos, etc.

En cambio, si se analiza desde el punto de vista geográfico, se tienen que definir las relaciones horizontales y verticales, de las cuales se hablará más adelante, entre los factores ambientales que existen en el paisaje y que le determinan su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución. (Fig.2)

El enfoque geográfico del paisaje se utilizó básicamente por el análisis de relaciones verticales y horizontales del paisaje, que se aplican en este caso, entre los factores ambientales y las características espaciales de cada tipo de suelo, además por que su objetivo final es llegar a un ordenamiento territorial, luego de un análisis realizado a diferentes niveles y grado de especialización. La presente tesis se enfoca a los primeros niveles, en los cuales se pretende obtener un análisis de las condiciones físicas o naturales.

Además, no se pretende determinar los flujos de energía, sino la manera en que actúan y se relacionan los factores de distribución (ambientales y de características espaciales) de los suelos, y las jerarquías de importancia de cada factor para esta distribución.

Para comenzar el análisis de los factores ambientales, se hará una combinación del método geográfico con el paisajístico, a partir de la descripción de la importancia y de las relaciones de cada factor ambiental.



\* En el caso de este estudio se toma al suelo como principal elemento indicador de la influencia de los factores ambientales dentro de la Cuenca Carbonífera.

Fig. 2. Estructura vertical y horizontal para el análisis geográfico del paisaje natural de la Cuenca Carbonífera.

Elaboró: Sheridan González Martínez.

Para la realización del análisis se tomaron en cuenta dos grupos de elementos o factores ambientales:

-Al primero se le llama Elementos Diferenciadores del paisaje y son aquellos "que provocan las grandes diferencias o contrastes en el territorio y que condicionan en gran manera las características de génesis y dinámica actual del mismo, así como *los patrones de distribución de los suelos* y la biota. [Este nivel] comprende al clima y al relieve".-(D'Luna, 1994). Dentro de este grupo de elementos también se considera al sustrato geológico que fue uno de los primeros elementos analizados como factor determinante sobre los suelos.

-El segundo grupo de factores se llama Elementos Indicadores, estos resultan de las variantes de las relaciones entre el clima y el relieve, evidencian los elementos diferenciadores de mayor importancia para un sitio determinado. Dentro de este nivel se encuentran el agua, el suelo, los organismos (animales y vegetales) y el hombre. (Ibidem., D'luna p. 8-9, 1994).

A la vez se contemplaron y realizaron dos niveles de análisis que son los siguientes:

En un primer nivel se consideró el área, la frecuencia, el fraccionamiento, el tamaño y la forma de cada tipo de suelo, para encontrar las posibles relaciones entre cada una de estas características llamadas espaciales. Este primer nivel, se consideró como la Estructura Horizontal del paisaje.

En un segundo nivel de análisis se tomó en cuenta la relación que se presenta entre los factores ambientales y las características espaciales de cada tipo de suelo. Se estudió dentro de un esquema en el cual se analizó cómo las condiciones de cada factor ambiental influyeron sobre cada característica espacial y sobre la distribución de cada tipo de suelo. Este segundo nivel de análisis está considerado como la Estructura Vertical del paisaje, y además como los principios geográficos de distribución, causalidad y relación.

La unidad de estudio que se tomó como base para el análisis fue cada polígono o cada unidad de mapeo diferenciadas por la clasificación de los diversos tipos de suelo, según la FAO-UNESCO.

No debemos olvidar que dentro de los factores o elementos ambientales, la propia actividad del suelo puede convertirse en un factor de su mismo desarrollo, pues, "hasta donde un suelo desarrolla su propia dinámica, participa como factor en su evolución y ejerce influencia sobre el ambiente.



modificando el microclima, la micro topografía y la cubierta de vegetación, y altera el curso y la rapidez del ciclo geomórfico de erosión y sedimentación." - (Op.cit. Buol, 1981)

Una vez aclarado el enfoque metodológico a seguir, se procede a explicar la importancia del clima y del relieve como los dos grandes elementos diferenciadores del paisaje y del suelo.

#### *Clima:*

A pesar de que la magnitud de control del clima sobre el suelo se detecta mejor a nivel global, existen variaciones a nivel local que evidencian la influencia del microclima sobre las características de los suelos.

Los dos elementos del clima que se correlacionan más frecuentemente con el suelo son la precipitación pluvial y la temperatura.

El agua, disuelve los materiales solubles y propicia el crecimiento de las plantas que forman parte de la materia orgánica, transporta materiales de una parte del suelo a otra y de un lugar a otro, rompe el material sólido al cambiar de estado físico, participa en la mayoría de las reacciones químicas del suelo, moldea el relieve como agente erosionador, etc. (Op. cit. Buol, p.156-157, 1981)

La Cuenca Carbonífera de Coahuila, está comprendida entre los 380 y 890 mm de precipitación, para este rango pluviométrico Jenny (1941), hizo una relación con las propiedades de los suelos:

- Aumenta la concentración del ion hidrógeno en el suelo (disminuye el pH) al aumentar las precipitaciones pluviales.

- La profundidad hasta los carbonatos en el suelo aumenta, al incrementarse las lluvias.

- El contenido de nitrógeno del suelo aumenta al hacerlo las lluvias.

- El contenido de arcilla en la tierra del suelo aumenta conforma lo hacen las lluvias.

(Op.cit.,Buol, p.156. 1981)

La temperatura es el componente principal en la evapotranspiración, muy elevada en las zonas secas respecto a la cantidad de precipitación; en la cantidad de precipitaciones reales, en el tipo y cantidad de vegetación presente, etc.

De acuerdo a Jenny (1980) la temperatura además afecta el contenido de M.O. y de nitrógeno, siendo menores conforme la temperatura aumenta. Para el contenido de arcilla menciona que también la relación es inversa con la temperatura.

La radiación, como fuente principal de energía, varía con la exposición del relieve, es mayor en las capas más bajas y polvosas del aire, y debe ser absorbida rápidamente por el suelo antes de convertirse en calor; esta absorción depende de el color del suelo, de su orientación y de su cubierta vegetal principalmente. (Op.cit., Buol, p.158, 1981)

Por ejemplo, las superficies de color blanquecino o pálido tienden a reflejar más la radiación que los suelos más oscuros.

Las propiedades de los suelos también modifican su microclima, un ejemplo es la relación anterior del color y la temperatura. Otro es la textura del suelo, pues un suelo arenoso con 15 % de agua respecto a su capacidad de campo se enfría y calienta más rápidamente que un suelo arcilloso que retiene el 30 %.

En una región árida uno de cada 10 años puede producir suficiente lluvia para lixiviar las sales solubles del suelo al nivel freático. Si no hay ningún proceso rápido que permita una nueva acumulación de sales, el suelo permanecerá relativamente libre de sales.

Con base al clima y por su preponderancia sobre el suelo, se ha creado una clasificación de: Suelos Zonales, Intrazonales y Azonales.

Los suelos zonales ocupan grandes extensiones (tundra, estepa, desiertos, etc.), provienen de materiales originales distintos, pero se han formado bajo condiciones climáticas semejantes y presentan perfiles homogéneos. Los suelos salino sódicos son un buen ejemplo de este tipo. -"se extienden en grandes áreas geográficas, caracterizándolas; son las áreas más secas o xerófitas del globo"- (Huguet, 1983)

Los suelos Intrazonales son aquellos que forman continuidad con los zonales, pero se distinguen de ellos fácilmente porque sus características no corresponden a las condiciones climáticas locales, pues sobre ellos han actuado factores decisivos distintos a los climáticos, como son: la acumulación de sales, un mal drenaje o un material original específico. (Ortiz, 1984). Por ejemplo los suelos de "ciclo calizo"

no manifiestan una distribución geográfica directamente zonal a causa de la importancia que tiene en su génesis la roca madre cuya distribución no es tampoco zonal. (Huguet, 1983)

Los suelos azonales no presentan una diferenciación de horizontes en su perfil, ya sea por que son suelos muy jóvenes o son suelos aluviales.

*Relieve.*

"Puesto que la formación de suelos tiene lugar en la superficie de la Tierra, los procesos de formación de suelos se ven afectados por los cambios geomorfológicos."(Op.cit.Buol p.149, 1981).

Algunas de las propiedades más importantes de los suelos se ven frecuentemente relacionadas con el relieve, estas son:

- La profundidad.
- Espesor del horizonte más superficial y contenido de materia orgánica (MO).
- Humedad relativa del perfil.
- Color del perfil.
- Textura del suelo.
- Grado de diferenciación de horizontes.
- Reacción del suelo.
- Contenido de sales solubles.
- Temperatura, y
- Tipo de material original.

Existe una interacción del clima y el relieve (ambos elementos diferenciadores del paisaje), en cuanto a que la distribución, aspecto y elevación del relieve afectan la distribución de la energía solar, que se refleja en la temperatura, energía eólica y la cantidad y calidad del agua pluvial.

Esta interacción se refleja sobre el suelo y sobre los elementos menores o indicadores del paisaje, como son el tipo de plantas y la distribución de los nutrientes dentro de ellas, mediante los siguientes aspectos: a) la exposición de la flora, de la fauna y de la superficie del suelo a la radiación solar, b) la exposición del suelo al viento, c) la exposición del suelo a las precipitaciones de todo tipo, d) las

condiciones de drenaje natural, e) las condiciones de corrientes de agua y erosión, positiva y negativa y f) las condiciones para la acumulación y el retiro de depósitos.

En un relieve montañoso, la cantidad de MO superficial varía de acuerdo a la ladera en que se ubique, en el hemisferio norte, en las laderas de cara al sur, con mayor incidencia de rayos solares, la cantidad de MO es menor por que hay mayor temperatura en el suelo lo cual acelera la mineralización y deja una menor cantidad de humedad para que las plantas produzcan raíces.

La textura del suelo y la acumulación o retiro de materiales son afectadas también por el relieve, por ejemplo los valles inmediatos a las montañas forman grandes extensiones de aluviones y coluviones con materiales más gruesos que las zonas más alejadas de las montañas.

En cuanto a las condiciones de drenaje "el nivel freático con frecuencia no tiene mucha importancia en las zonas áridas y semiáridas, donde se encuentra por lo común a varios metros bajo la superficie" (Ibidem. Buol p.150, 1981). Sin embargo, en estas zonas en donde la evaporación sobrepasa la precipitación y no existe un buen drenaje, se presenta la acumulación de sales solubles sobre la superficie del suelo o cerca de ella.

El relieve como un Elemento Diferenciador del paisaje, incide sobre las características del suelo de manera distinta de acuerdo a las demás condiciones ambientales.

Buol en afirmación de lo anterior menciona "El relieve funciona de modos diferentes en varias situaciones ambientales. Sirve para modificar la influencia de los materiales originales y el tiempo por los cambios de erosión y deposición que se producen debido a ello" (Op.cit.Buol, p 153, 1981).

#### *Material Original:*

La importancia y relación con los demás factores y elementos se nota desde su definición: El material original es "el estado del sistema de suelos en el tiempo cero de su formación, es decir el cuerpo físico del suelo y sus propiedades químicas y mineralógicas asociadas en el punto de partida de un conjunto dado de otros factores de formación de suelos". (Ibidem. Buol,p.134, 1981)

En otras palabras, se puede decir que es la materia prima básica que aporta el material que será transformado por los factores endógenos y ambientales para formar el suelo. Por lo tanto, dependerá del tipo de roca y de la interacción de todos los factores el tipo de suelo presente en una zona.

Por ejemplo, los agentes erosivos (clima, agua, hielo, entre otros) al trabajar sobre el material inicial influyen en la degradación y diferenciación mineralógica y textura del suelo. Por ejemplo, -"las concreciones de carbonatos son abundantes y duraderas en los aridisoles (suelos desérticos)"- (Ibidem, 1981).

La relación del material original sedimentario con los tipos de suelo es:

- "Los sedimentos no consolidados de las llanuras costeras son materiales originales importantes de suelos... En gran parte son de origen marino, en elevaciones más bajas, cerca de la costa y de origen aluvial, coluvial y/o deltaico, en las tierras más internas. Generalmente se trata de sedimentos secundarios derivados de terrenos más antiguos e intemperizados... tienden a ser arcillosos"- (Ibidem.p.136, 1981).

- "Las piedras calizas y las dolomitas, por definición, tienen más del 50% de carbonatos, y el resto de las rocas sedimentarias se compone de limo y arcilla o de cuarzo, hierro y otros. El suelo, [en este caso] se forma a partir de los residuos dejados por la disolución de carbonatos y la intemperización. Así pues, el tipo de suelo formado se relaciona con el tipo predominante de "impurezas" en las piedras calizas. Si las piedras calizas son "sucias" (ricas en arcillas) el resultados son los suelos arcillosos o impermeables", dichos suelos por su baja lixiviación presentan un alto índice de saturación de bases y de pH. (Buol p.137).

Para el caso de las areniscas como material madre -"contienen, por definición, más del 50% de partículas del tamaño de la arena, predominantemente de cuarzo. Los aglutinantes pueden ser los carbonatos que junto con las "impurezas" (feldspatos y micas) imponen gran influencia sobre el tipo de suelo que se forma a partir de las areniscas".

En general los suelos formados por esas rocas poseen una textura gruesa (sobre todo en los horizontes superficiales) y son sumamente permeables. Tienden a ser profundos a menos que se formen con residuos aglutinados con sílicio, en cuyo caso tienen poca profundidad. (Ibidem. p.137, 1981)

La textura del suelo es otra característica heredada del material madre. "La arenisca y sedimentos marinos consolidados dan origen a suelos de texturas arenosas. Los loess que son ricos en

limo dan origen a suelos de textura de migajón limoso. La caliza, pizarra y margas usualmente producen suelos arcillosos"(Ortiz, 1986).

El material original ígneo, presente de manera muy escasa en la zona es base de suelos como los suelos formados de saprolitos, derivados de los granitos y el gneiss granítico, por intemperización geoquímica, tienden a ser gruesos, con reservas de nutrientes minerales bajas, suelen ser amarillentos o café amarillentos (Buol, p.138, 1981).

Otra característica importante que aporta el material original es el nivel de nutrientes esenciales y funcionales, excepto el nitrógeno, el cual es aportado al suelo gracias a la acción de sus organismos.

#### *Organismos:*

"El suelo es como la arena de la vida y el agua la sangre vital del suelo...La vida es el proceso de mantenimiento de cuerpos proteicos en los que el suelo participa íntimamente"- (Vysotskií, citado por Buol, p.170, 1981).

Los organismos tanto vegetales como animales son la parte viva, el mecanismo biológico de todo el sistema suelo y un claro elemento indicador de las condiciones del paisaje, que en este caso puede ser un tipo de suelo. Por lo que el análisis de este elemento indicador ayuda a conocer las condiciones del suelo sobre el que se desarrollan los organismos vivos.

Existen dentro de la cuenca, asociaciones y transiciones interesantes entre ambientes distintos, como el chaparral y los pastizales, el bosque de yucas y los pastizales, los bosques tamaulipecos y los pastizales, etc., que a pesar de encontrarse asociados, presentan contrastes marcados. Estos contrastes han interesado mucho a los edafólogos, sobre todo la transición de bosques a praderas y los ecotonos de estas dos regiones naturales, presentes principalmente en las zonas altas de laderas de la Sierra Madre Oriental. Algunos aspectos que resaltan son los siguientes:

En el color del suelo el contraste entre bosque y pradera es muy notable, los suelos de pradera, dispuestos sobre la Llanura Costera del Golfo, son por lo general más oscuros debido a la mayor cantidad de MO. (Ortiz, 1986).

Respecto a la eluviación, los suelos cubiertos con pastos disminuyen el lavado de los compuestos solubles del nitrógeno, en cambio, los suelos forestales presentan un mayor lavado. (Ibidem. 1986).

La actividad de los microorganismos como los hongos y las bacterias en los suelos de praderas es equilibrada. Sin embargo sobre suelos forestales la actividad de los hongos es mayor que la bacteriana. (Ibidem.,1986).

Esta actividad influye en el grado de acidez del suelo, ya que los productos de la acción de los hongos es de naturaleza ácida. También puede definir el tipo de población microorgánica. (Ibidem.,1986).

La textura y la estructura del suelo también se ve modificada por los microorganismos, la textura a lo largo de miles de años y sobre los horizontes orgánicos de los suelos se forma una estructura granular o de bloques finos al pasar por los conductos alimenticios de las larvas de insectos, gusanos y otros animales. (Op.cit.Buol,1981)

En las regiones semiáridas la estructura del suelo se ve fuertemente afectada por los túneles que construyen las termitas, de hasta 8 mts de profundidad para mantener su nido húmedo. -"Las acumulaciones en las termiteras incluyen materias orgánicas, sales y carbonatos"- (Ibidem. 1981). Además remueven partículas y modifican la textura.

#### *Tiempo:*

La primer relación que existe entre el tiempo y el suelo es a través de uno de los elementos diferenciadores, el clima.

A través de la clasificación de zonalidad de los suelos se consideran generalmente a los azonales, como jóvenes. Los suelos inmaduros o poco desarrollados incluyen a los intrazonales, cuyo desarrollo se ha visto dominado por un exceso de agua, sales o carbonatos. los suelos zonales son considerados como maduros o "normales" en equilibrio con su ambiente. (Op.cit.p.190.1981)

Además del clima el segundo elemento diferenciador, el relieve, se presenta como el segundo factor en relación con el tiempo que afecta el suelo.

En las regiones montañosas, los escarpes presentan un origen tectónico aunado a procesos de erosión diferencial sobre estratos resistentes y débiles, lo que provoca el desgaste paralelo y continuo de las laderas. Esto resulta particularmente evidente en las regiones áridas y semiáridas y por tanto formas como los acanulados están bien definidos.

Otra asociación del relieve y el grado de desarrollo del suelo es "los suelos sobre una ladera descendente determinada son de la misma edad que los suelos del relleno aluvial asociado del valle al que desciende". (Op.cit.,1981).

La relación del tiempo con los elementos indicadores como los organismos se presenta a partir de la génesis del suelo, la cual se inició en cuanto se establecieron la vegetación y las bacterias fijadoras de nitrógeno.

También esta relación se establece mediante las secuencias de distintos tipos de vegetación a través del tiempo, ya sea debido a perturbaciones naturales o físicas. Estas secuencias modificarán como ya se ha visto, las características físicas, químicas y biológicas del suelo sobre el que se desarrollan.

Debe aclararse que para los fines que se persiguen en el presente trabajo, no fue necesario tomar en cuenta el desarrollo del perfil del suelo, ya que no se pretende estudiar a fondo las propiedades de los suelos, sino analizar la coincidencia de grupos con las características generales por tipos de suelo.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

Por todo lo anterior el objetivo general de esta investigación es:

-Conocer la importancia y relación de los factores ambientales que determinan la distribución y características espaciales de cada tipo de suelo.

### OBJETIVOS PARTICULARES:

- Caracterizar los distintos tipos de suelo dentro de la Cuenca Carbonífera.
- Analizar las características o patrones espaciales que presentan los distintos tipos de suelo.
- Analizar la importancia y la relación de cada uno de los factores ambientales sobre los patrones espaciales (área frecuencia, fraccionamiento, y forma) de cada tipo de suelo.
- Comprobar la coincidencia de las propiedades físicas y químicas al interior de cada uno de los tipos de suelos para conocer la relación con los factores ambientales.

### HIPÓTESIS.

En congruencia con los objetivos propuestos, la hipótesis es la siguiente :



Otra asociación del relieve y el grado de desarrollo del suelo es "los suelos sobre una ladera descendente determinada son de la misma edad que los suelos del relleno aluvial asociado del valle al que desciende". (Op.cit.,1981).

La relación del tiempo con los elementos indicadores como los organismos se presenta a partir de la génesis del suelo, la cual se inició en cuanto se establecieron la vegetación y las bacterias fijadoras de nitrógeno.

También esta relación se establece mediante las secuencias de distintos tipos de vegetación a través del tiempo, ya sea debido a perturbaciones naturales o físicas. Estas secuencias modificarán como ya se ha visto, las características físicas, químicas y biológicas del suelo sobre el que se desarrollan.

Debe aclararse que para los fines que se persiguen en el presente trabajo, no fue necesario tomar en cuenta el desarrollo del perfil del suelo, ya que no se pretende estudiar a fondo las propiedades de los suelos, sino analizar la coincidencia de grupos con las características generales por tipos de suelo.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

Por todo lo anterior el objetivo general de esta investigación es:

-Conocer la importancia y relación de los factores ambientales que determinan la distribución y características espaciales de cada tipo de suelo.

### OBJETIVOS PARTICULARES:

-Caracterizar los distintos tipos de suelo dentro de la Cuenca Carbonífera.

-Analizar las características o patrones espaciales que presentan los distintos tipos de suelo.

-Analizar la importancia y la relación de cada uno de los factores ambientales sobre los patrones espaciales (área frecuencia, fraccionamiento, y forma) de cada tipo de suelo.

-Comprobar la coincidencia de las propiedades físicas y químicas al interior de cada uno de los tipos de suelos para conocer la relación con los factores ambientales.

### HIPÓTESIS.

En congruencia con los objetivos propuestos, la hipótesis es la siguiente :

Otra asociación del relieve y el grado de desarrollo del suelo es "los suelos sobre una ladera descendente determinada son de la misma edad que los suelos del relleno aluvial asociado del valle al que desciende". (Op.cit.,1981).

La relación del tiempo con los elementos indicadores como los organismos se presenta a partir de la génesis del suelo, la cual se inició en cuanto se establecieron la vegetación y las bacterias fijadoras de nitrógeno.

También esta relación se establece mediante las secuencias de distintos tipos de vegetación a través del tiempo, ya sea debido a perturbaciones naturales o físicas. Estas secuencias modificarán como ya se ha visto, las características físicas, químicas y biológicas del suelo sobre el que se desarrollan.

Debe aclararse que para los fines que se persiguen en el presente trabajo, no fue necesario tomar en cuenta el desarrollo del perfil del suelo, ya que no se pretende estudiar a fondo las propiedades de los suelos, sino analizar la coincidencia de grupos con las características generales por tipos de suelo.

## OBJETIVOS

### OBJETTVO GENERAL:

Por todo lo anterior el objetivo general de esta investigación es:

-Conocer la importancia y relación de los factores ambientales que determinan la distribución y características espaciales de cada tipo de suelo.

### OBJETTIVOS PARTICULARES:

-Caracterizar los distintos tipos de suelo dentro de la Cuenca Carbonífera.

-Analizar las características o patrones espaciales que presentan los distintos tipos de suelo.

-Analizar la importancia y la relación de cada uno de los factores ambientales sobre los patrones espaciales (área frecuencia, fraccionamiento, y forma) de cada tipo de suelo.

-Comprobar la coincidencia de las propiedades físicas y químicas al interior de cada uno de los tipos de suelos para conocer la relación con los factores ambientales.

### HIPÓTESIS.

En congruencia con los objetivos propuestos, la hipótesis es la siguiente :

Cada uno de los distintos factores ambientales tiene un grado diferente de preponderancia para definir, la distribución, las características espaciales (área y forma) y/o las propiedades de cada uno de los tipos de suelos presentes dentro de la Cuenca Carbonífera. Aunque también influyen de manera semejante sobre grupos de suelo que no son coincidentes con la clasificación preestablecida de la FAO-UNESCO.

#### METODOLOGÍA.

La metodología que se empleará será básicamente bajo el enfoque geográfico del paisaje.

El análisis consta, en principio de la distinción, clasificación y el estudio de unidades paisajísticas, que serán los distintos tipos de suelo, comprendidos en una zona determinada (la Cuenca Carbonífera de Coahuila).

Dentro del análisis se estudió uno de los atributos del paisaje que es la estructura, la cual cubre las relaciones entre los distintos tipos de suelo en un análisis espacial, y las interrelaciones entre los factores ambientales y los tipos de suelo.

Se requirió en una primera etapa de un análisis cartográfico con el fin de comprender la función e importancia que tiene cada factor o elemento ambiental sobre las características y distribución de cada tipo de suelo.

El análisis cartográfico basado en la carta Edafológica escala 1:1 000,000 de INEGI (1987), comprende los análisis de área, forma y frecuencia de unidades paisajísticas (tipos de suelo) con relación a cada uno de los factores ambientales que también serán analizados cartográficamente a la misma escala.

Una de las herramientas más útiles para este tipo de análisis es un sistema de información geográfica (SIG), llamada Integrated Land and Water Information System, mejor conocido como ILWIS (1990).

El manejo de los datos obtenidos con el SIG, se realizó mediante análisis estadísticos que aclararon los patrones espaciales de los tipos de suelo dentro de la Cuenca Carbonífera.

Para la realización de los análisis de las propiedades físicas y químicas de laboratorio fue necesario un previo muestreo de campo.

Cada uno de los distintos factores ambientales tiene un grado diferente de preponderancia para definir, la distribución, las características espaciales (área y forma) y/o las propiedades de cada uno de los tipos de suelos presentes dentro de la Cuenca Carbonífera. Aunque también influyen de manera semejante sobre grupos de suelo que no son coincidentes con la clasificación preestablecida de la FAO-UNESCO.

### METODOLOGÍA.

La metodología que se empleará será básicamente bajo el enfoque geográfico del paisaje.

El análisis consta, en principio de la distinción, clasificación y el estudio de unidades paisajísticas, que serán los distintos tipos de suelo, comprendidos en una zona determinada (la Cuenca Carbonífera de Coahuila).

Dentro del análisis se estudió uno de los atributos del paisaje que es la estructura, la cual cubre las relaciones entre los distintos tipos de suelo en un análisis espacial, y las interrelaciones entre los factores ambientales y los tipos de suelo.

Se requirió en una primera etapa de un análisis cartográfico con el fin de comprender la función e importancia que tiene cada factor o elemento ambiental sobre las características y distribución de cada tipo de suelo.

El análisis cartográfico basado en la carta Edafológica escala 1:1 000,000 de INEGI (1987), comprende los análisis de área, forma y frecuencia de unidades paisajísticas (tipos de suelo) con relación a cada uno de los factores ambientales que también serán analizados cartográficamente a la misma escala.

Una de las herramientas más útiles para este tipo de análisis es un sistema de información geográfica (SIG), llamada Integrated Land and Water Information System, mejor conocido como ILWIS (1990).

El manejo de los datos obtenidos con el SIG, se realizó mediante análisis estadísticos que aclararon los patrones espaciales de los tipos de suelo dentro de la Cuenca Carbonífera.

Para la realización de los análisis de las propiedades físicas y químicas de laboratorio fue necesario un previo muestreo de campo.

El muestreo de campo se llevó a cabo a lo largo de cuatro grandes transectos, los cuales fueron trazados sobre las carreteras principales dentro de la cuenca.

El análisis de las propiedades de los suelos tuvo como objetivo comprender la relación entre las propiedades de cada tipo de suelo con los factores ambientales y con la distribución espacial dentro de la cuenca se realizaron análisis físicos y químicos de laboratorio, cuyos resultados fueron más tarde analizados mediante el uso de métodos estadísticos que aclararon tales relaciones.

La metodología se explica más detalladamente en cada uno de los capítulos del presente trabajo, cuya organización y contenido se describen a continuación.

El cuerpo de la presente tesis está conformado por tres capítulos, un apartado de conclusiones y discusión general y por último un apéndice.

El primer capítulo trata de una descripción general de la Cuenca Carbonífera del Estado de Coahuila en cuanto a sus aspectos físicos principales y en cuanto a los problemas socioeconómicos más importantes.

Los aspectos físicos que se describen son: clima, geología, relieve, vegetación, hidrología y por supuesto una más amplia descripción de las características de los distintos tipos de suelo presentes en la Cuenca. Dichos elementos servirán de base para la explicación de algunos resultados respecto a la distribución de tipos de suelo.

Los aspectos socioeconómicos principales se describen con la intención de conocer la problemática general de la zona cuya base es la explotación del carbón como único recurso que ha sustentado el desarrollo económico de la Cuenca durante casi un siglo.

Dicha problemática se toma también como marco explicativo de porqué se hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas en el uso de recursos naturales propios de la Cuenca Carbonífera.

El segundo capítulo es un análisis espacial de las características y de la distribución de los distintos tipos de suelo debidas a las variaciones que imprimen los factores ambientales dentro de la Cuenca Carbonífera. Dicho análisis se llevó a cabo bajo un enfoque de Paisaje, dentro del cual se llegó a la etapa propiamente de análisis que contempló el estudio de la estructura del paisaje.

Este capítulo pretende aclarar las características espaciales de los diferentes tipos de suelo, tales como área, fraccionamiento, frecuencia y forma. Primero se analizan tales características por cada tipo de suelo ; después se hace una comparación entre los distintos tipos de suelo y por último se relacionan las características espaciales con cada uno de los factores ambientales para conocer cuáles de éstos tienen mayor influencia.

El capítulo tres estudia las características intrínsecas de los suelos, es decir las propiedades físicas y químicas de cada tipo de suelo.

El objetivo principal de conocer tales propiedades es la necesidad de establecer 1) si existen diferencias significativas entre los distintos tipos de suelo con base a estas propiedades y 2) cuáles son los factores ambientales que explican el comportamiento de tales características y su distribución espacial dentro de la Cuenca.

Los resultados de este capítulo ayudarán a complementar la información sobre la influencia de los factores ambientales sobre las características de los suelos,<sup>20</sup> y aclararán si la importancia de esta influencia se da sobre alguna propiedad específica o sobre un cierto tipo de suelo.

Para la realización del capítulo dos y tres se hicieron análisis cartográficos, que utilizaron el Sistema de Información Geográfica ILWIS y estadísticos para el manejo de los resultados, además se hicieron análisis de laboratorio exclusivamente para el tercero, que ayudaron a alcanzar los objetivos perseguidos.

En el apartado de conclusiones finales y discusión general se trataron de cubrir los resultados más importantes para explicarlos con base a la estructura teórica que se desarrolló dentro de la tesis.

En el apéndice se organizaron las tablas generales de resultados parciales que se obtuvieron durante el desarrollo de los diferentes análisis, con el fin de consultarlas en caso de necesidad de alguna comprobación.

Finalmente, la investigación de la presente tesis alcanzó a caracterizar cada tipo de suelo con base en sus aspectos ambientales y a jerarquizar los factores ambientales, dentro de los cuales, la geología y el relieve jugaron el papel más predominante sobre el área, grado de fraccionamiento y distribución de

las unidades de los litosoles y xerosoles, éstos últimos los suelos típicos de la zonas áridas. También resaltó el diferente comportamiento de los xerosoles en dos condiciones ambientales distintas, es decir unos sobre la Llanura Costera del Golfo y otros sobre valles intermontanos. Otro aspecto interesante que se observó fue el reagrupamientos de loa suelos con base en las propiedades físicas más relacionadas con geología, relieve y clima, en ese orden.

**CAPITULO 1**  
**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA CARBONÍFERA.**

**INTRODUCCIÓN**

El Estado de Coahuila de Zaragoza se localiza en el norte del país y comprende una superficie de 151,578.37 km<sup>2</sup>. que representa el 7.8% de la superficie nacional.

Dentro del Estado, la llamada Cuenca Carbonífera se ubica en la parte nororiental. Sus coordenadas límites son: 27°3' y 29°3' de latitud norte, y 100° 25' y 102° 38' de longitud oeste. (Fig.1.1)

Está limitada al norte, oeste y suroeste por serranías que forman parte de la Sierra Madre Oriental, como las denominadas: El Burro, El Infante, Santa Rosa, Obayos, Hermanas y la de Pájaros Azules. Limita al este y noreste con el Río Bravo y al sureste con el Estado de Nuevo León sobre una extensa llanura en donde se localiza el distrito de riego de la presa "Don Martín".

La Cuenca Carbonífera abarca una superficie de 18 563.1 km<sup>2</sup> equivalente al 12.5 % del total de la superficie del Estado. Comprende los municipios de: Progreso, Juárez, San Juan Sabinas, Sabinas, Melchor Múzquiz, Allende, Morelos, Nava y Piedras Negras.

**GEOLOGÍA:**

La Cuenca Carbonífera se localiza en dos regiones fisiográficas principales: La Sierra Madre Oriental y la Gran Llanura Costera del Golfo Norte (INEGI, 1986).

La mayoría de la cuenca, más del 80%, está constituida por rocas sedimentarias, de las cuales las más típicas son las rocas calizas del Mesozoico. (Fig 1.2,

De dichas rocas se conforman los numerosos plegamientos que siguen una dirección noroeste-sureste, al igual que los principales afloramientos, a través de los cuales se han dado algunas intrusiones y extrusiones.

Los conglomerados terciarios afloran principalmente en las zonas de lomeríos y de laderas, en la parte sur de San Juan de Sabinas y de M. Múzquiz, al este de Juárez y sur de Progreso. Mientras que los lutitas y las arcillas constituyen los amplios valles y algunos lomeríos de los municipios de Piedras Negras, al suroeste de San Juan de Sabinas, norte de Sabinas, sur de Múzquiz y noroeste de Progreso.



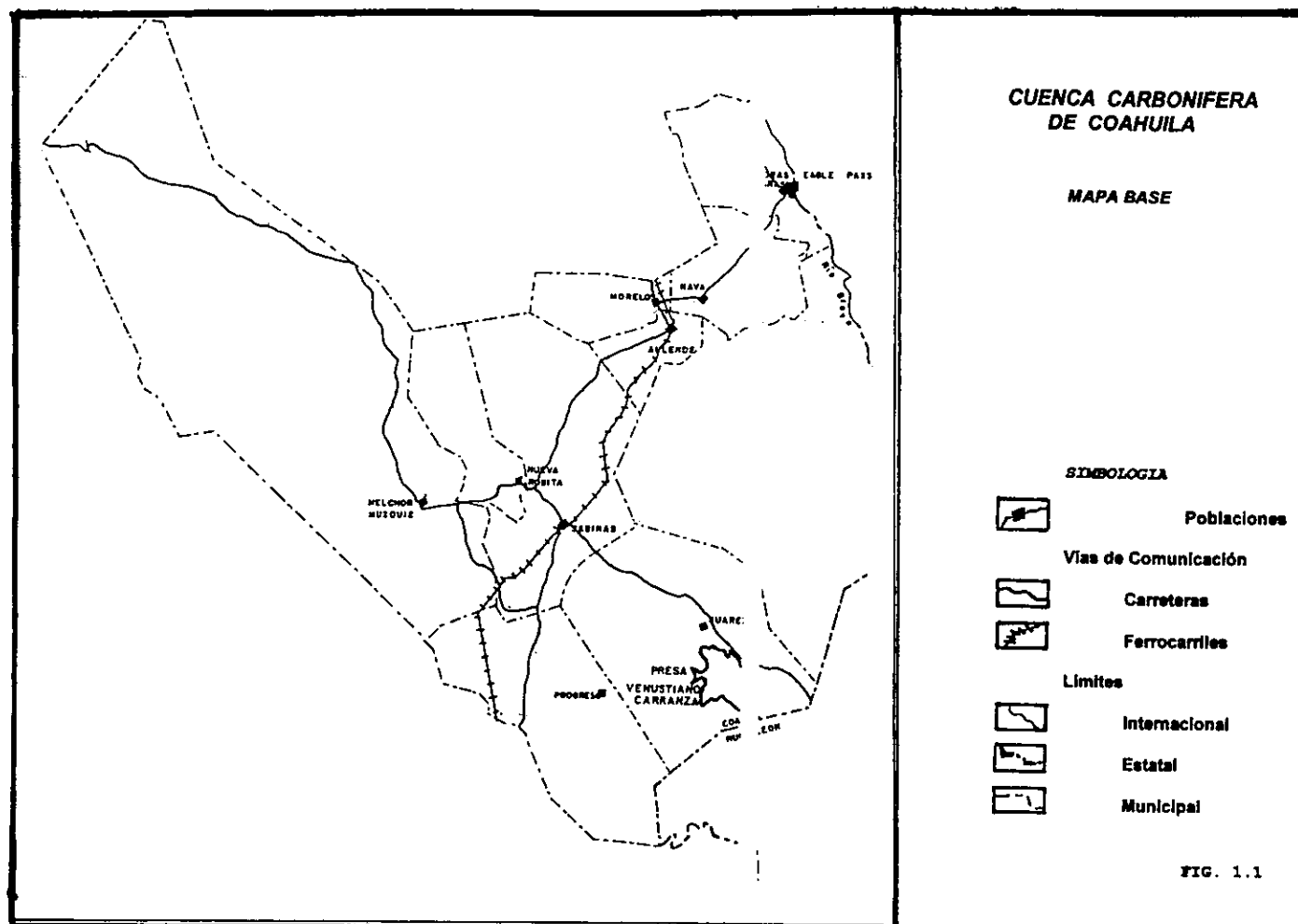


Fig. 1.1 Mapa base de la Cuenca Carbonífera.

Elaboró: Sheridan González Martínez.

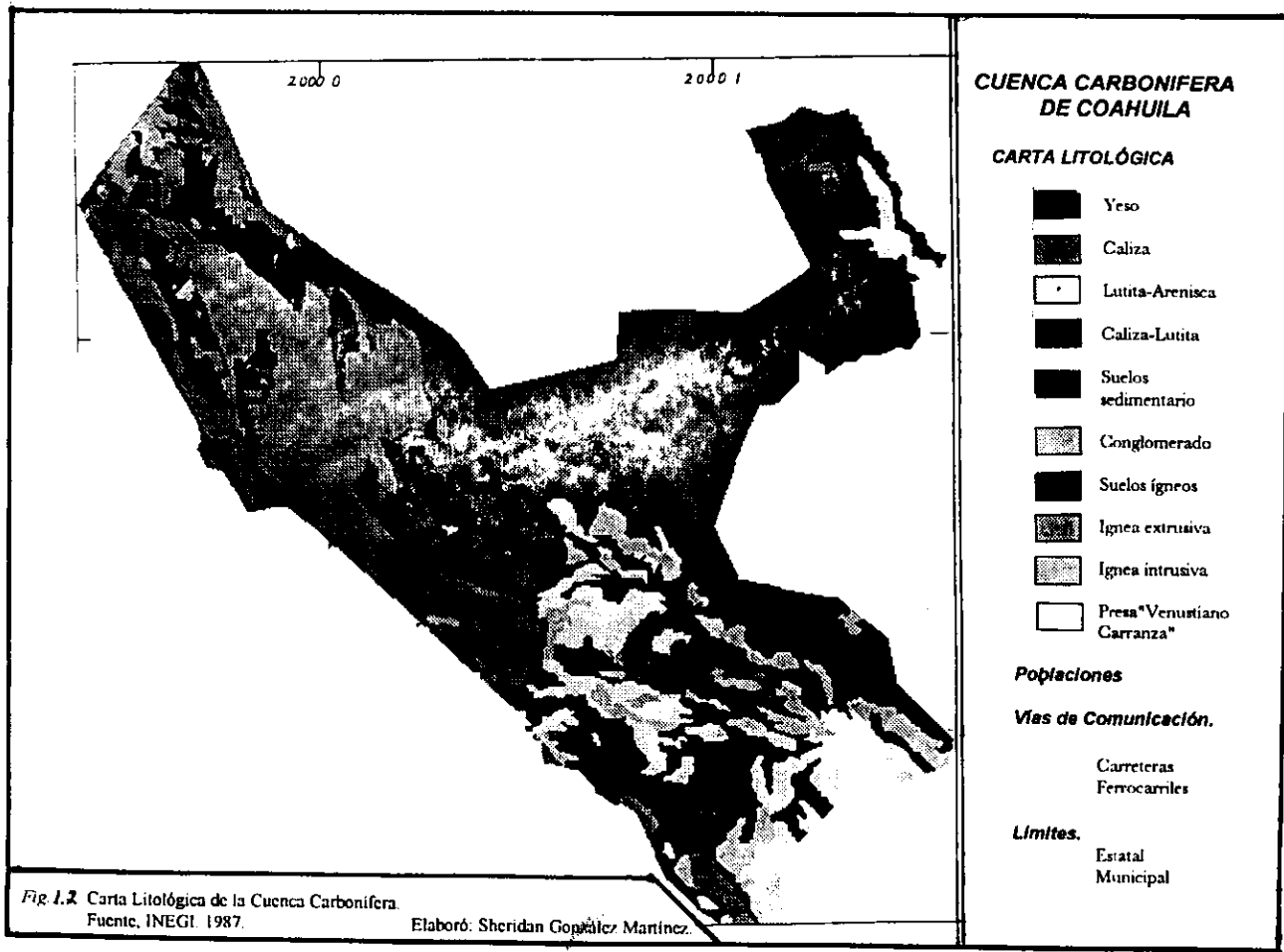


Fig. 1.2 Carta Litológica de la Cuenca Carbonífera.  
Fuente, INEGI, 1987.

Elaboró: Sheridan González Martínez.

Las rocas más jóvenes son las ígneas extrusivas, las cuales se ubican principalmente en la porción central de la cuenca, en el extremo sur del municipio de Múzquiz, suroeste del de Sabinas y noroeste del de Juárez. Además reaparecen en el extremo nomoroeste del municipio de Múzquiz sobre las partes más altas de las sierras.

Dentro de la zona de estudio se destacan importantes yacimientos minerales, los más importantes son los de carbón.

#### RELIEVE:

La Cuenca Carbonífera constituye un territorio notablemente inclinado de oeste a este, ya que en su porción occidental las sierras con dirección nomoroeste-sursureste, levantan el terreno, y conforme se va hacia el este, se va suavizando el relieve hasta llegar al valle del Río Bravo. (Fig. I.3)

Toda la porción al este de la Sierra Madre Oriental, está conformada por llanos interrumpidos por lomeríos dispersos, con pendientes suaves y formados por material de conglomerados.

Las topoformas que se encuentran presentes en la cuenca son:

1) Sierra compleja con lomeríos, sobresalen en la porción nomoroeste de la cuenca dentro, del municipio de M. Múzquiz;

2) Lomeríos solos o asociados con llanuras, presentes en la parte noreste en los municipios de Allende y al noreste del de Sabinas;

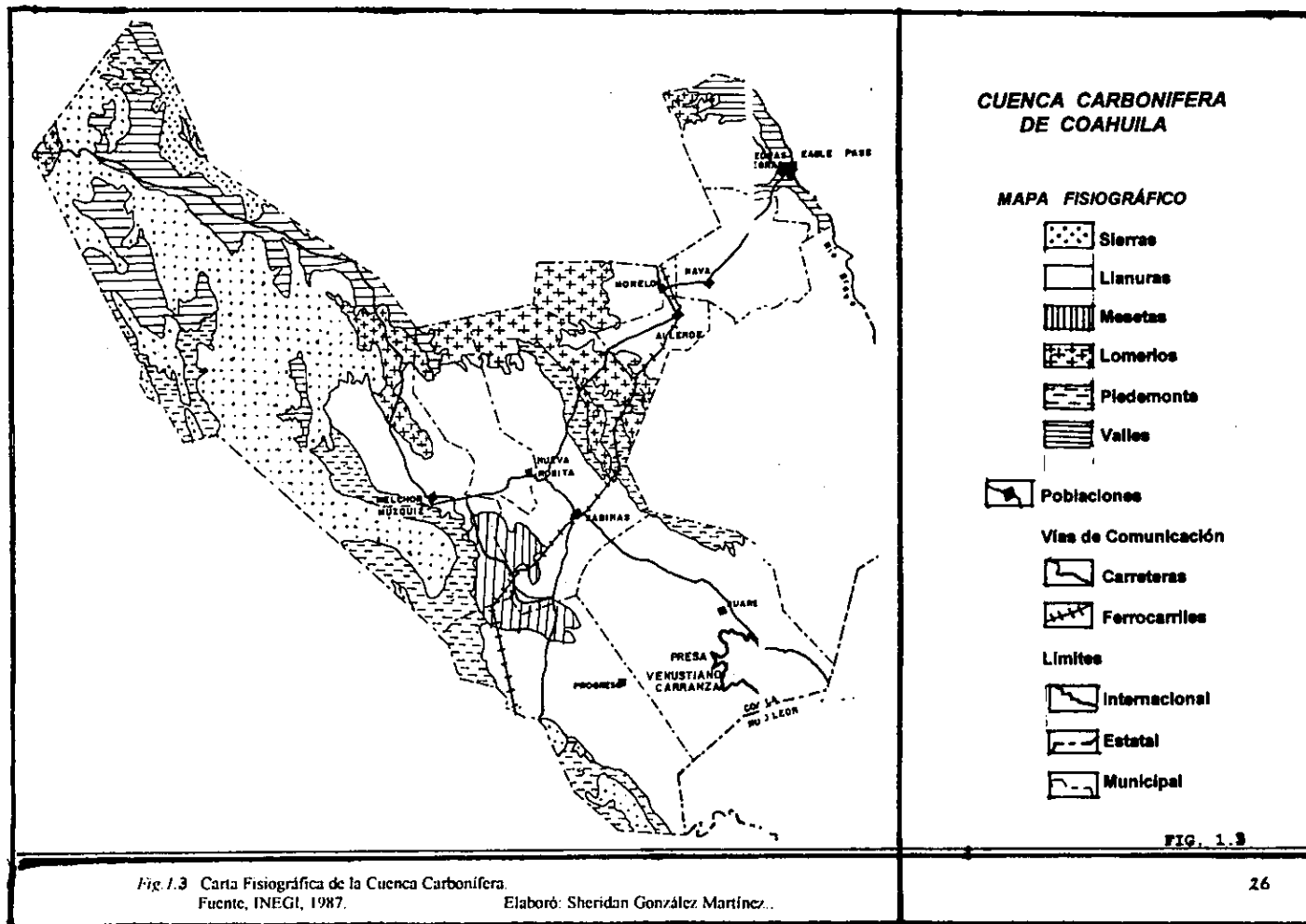
3) Laderas con lomeríos al este y extremo sur, en los municipios de M. Múzquiz y de Progreso;

4) Mesetas, en la parte central de la cuenca, al sur del municipio de Múzquiz y

5) Gran llanura aluvial con lomeríos, que comienza al oeste a partir de la cota de 500 msnm, abarca desde la zona central de la cuenca hasta su extremo oriental, donde corre el Río Bravo a los 200 msnm. Comprende los municipios de San Juan de Sabinas, Sabinas, Progreso, Juárez, Allende, Morelos, Nava y Piedras Negras.

#### CLIMA:

La Cuenca presenta climas principalmente secos y semisecos. Según la clasificación de Enriqueta García la región está comprendida dentro de un clima principalmente BSo. (el más seco de los semisecos). (Fig. I.4)



**CUENCA CARBONIFERA DE COAHUILA**

**MAPA FISIAGRÁFICO**

- Sierras
- Llanuras
- Mesetas
- Lomerios
- Piedemonta
- Valles

Poblaciones

**Vías de Comunicación**

- Carreteras
- Ferrocarriles

**Límites**

- Internacional
- Estatal
- Municipal

FIG. 1.3

Fig. 1.3 Carta Fisiográfica de la Cuenca Carbonífera.  
Fuente, INEGI, 1987.

Elaboró: Sheridan González Martínez...

En los terrenos menores a 500 msnm se presentan temperaturas mayores a 22°C con una precipitación que va desde los 300 mm hasta los 500 mm en su porción más noreste. Esta precipitación se presenta en un 89.8 % en los meses de verano y otoño, y solamente un 10.2% durante el invierno.

Los vientos húmedos que soplan desde el Golfo provocan que la distribución de las lluvias sobre la provincia de la Llanura, no sea típicamente estival.

Al este de la Sierra Madre Oriental, sobre la Llanura del Noreste, a una altitud no mayor de 700 m encontramos climas secos y semisecos.

En el extremo noroeste, sobre las laderas y lomeríos al oriente de la Sierra de Sta. Rosa. La temperatura media anual es mayor a los 20°C encontramos climas menos cálidos con mayores precipitaciones a causa de la pantalla orográfica. La precipitación total anual va de los 500 a los 640 mm., concentrada principalmente en el verano. Un ejemplo claro se encuentra en el municipio de Múzquiz, con un clima BS I hw'' (e') (clima seco con lluvias en verano, invierno fresco y un % de precipitación invernal del 5 al 10.2)

La mayoría de la lluvia, se presenta en forma de tormentas a lo largo de sólo 4 meses. Estas condiciones originan la presencia de un alto índice de evaporación, tanto en la vegetación como de la humedad que pueda existir en el suelo, lo que ocasiona que exista gran sequedad edáfica.

La incidencia de heladas es moderada, en las zonas propiamente secas semicálidas o cálidas, hielas 20 días al año. En las zonas secas templadas de 20 a 40 días por año y en las partes más altas de las sierras llega a haber hasta 60 días con heladas anualmente.

#### HIDROLOGÍA:

El factor limitante para el desarrollo de la región, es el agua.

La Cuenca, pertenece a la región hidrológica Bravo-Conchos (No. 24), la cual se divide en tres subregiones que son: 1) Poniente, 2) Oriente y medio Río Bravo, y 3) El Salado.

Los escurrimientos en general en toda la cuenca son escasos, en promedio van de los 20 a los 50 mm anuales.

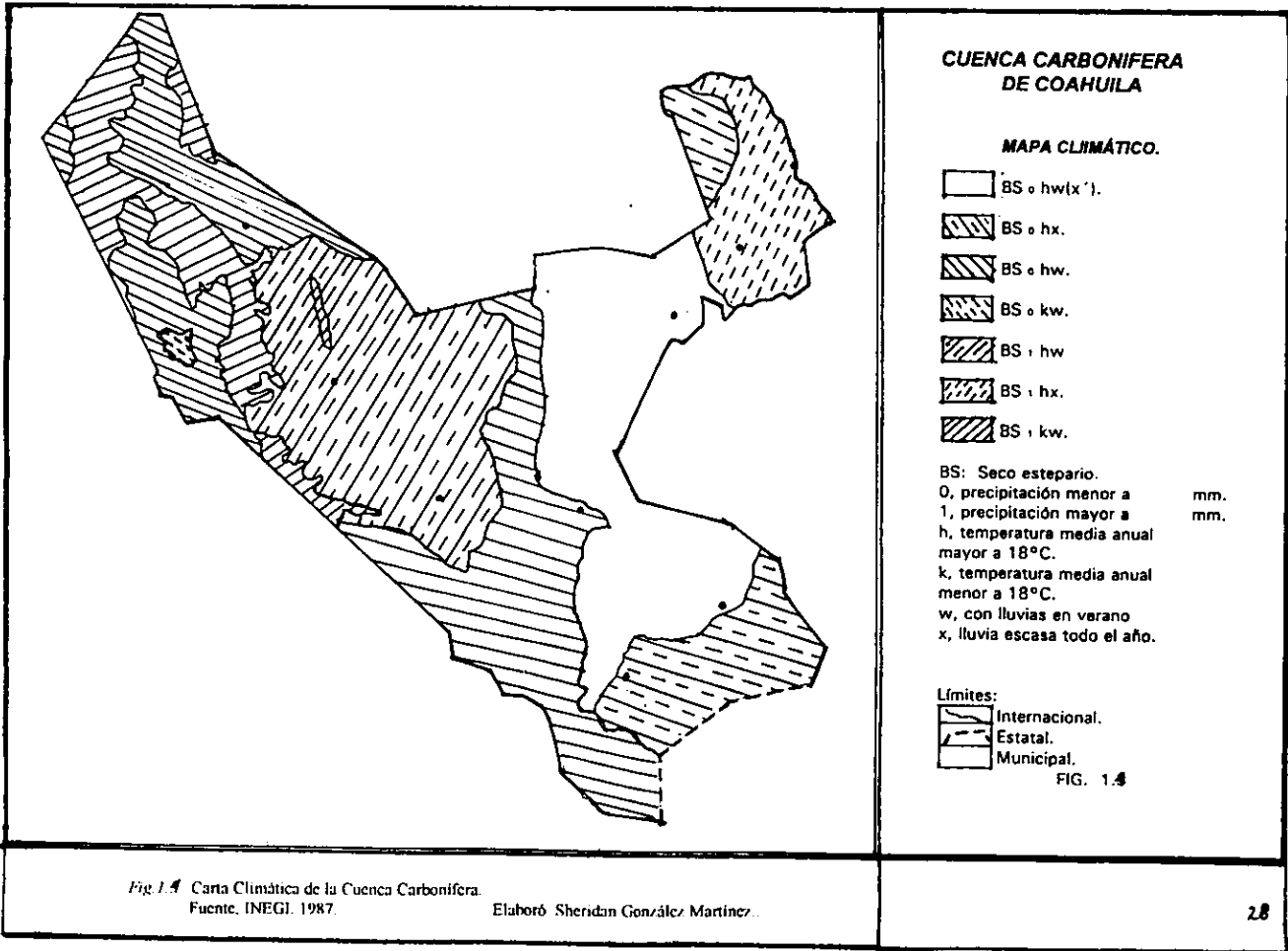


Fig. 1.4 Carta Climática de la Cuenca Carbonífera.  
 Fuente. INEGI. 1987.

Elaboró Sheridan González Martínez.

El principal almacenamiento de agua es la presa Venustiano Carranza o "Don Martín", la cual tiene una capacidad total de 1,385,000,000 m<sup>3</sup>. El principal uso de la presa es para el riego de zonas agrícolas y de pastizales cultivados.

Otros importantes almacenes de agua son las reservas subterráneas. En las zonas de llanos y bolsones se encuentran importantes mantos de este tipo, susceptibles de ser explotados a través de pozos.

#### VEGETACIÓN:

Dado que las precipitaciones son escasas y la evaporación es alta, la vegetación natural posee características especiales que le permiten aprovechar y almacenar mejor el agua que atrapan.

El tipo de vegetación dominante dentro de la Cuenca, es el matorral desértico que ocupa el 80% del área. (Fig. 1.5)

Sobre la llanura asociada a lomeríos predomina el matorral espinoso tamaulipeco, interrumpido por áreas de pastizales naturales y cultivados, sobre todo en zonas cercanas a Nueva Rosita y a Sabinas.

El pastoreo extensivo se realiza no solo sobre pastizales, sino también sobre zonas de matorral, aunque éste último tiene un valor forrajero bajo.

El matorral desértico micrófilo predomina en la parte suroccidental de la cuenca, en poblados como Minas de Barroterán, Nueva Rosita y Sabinas.

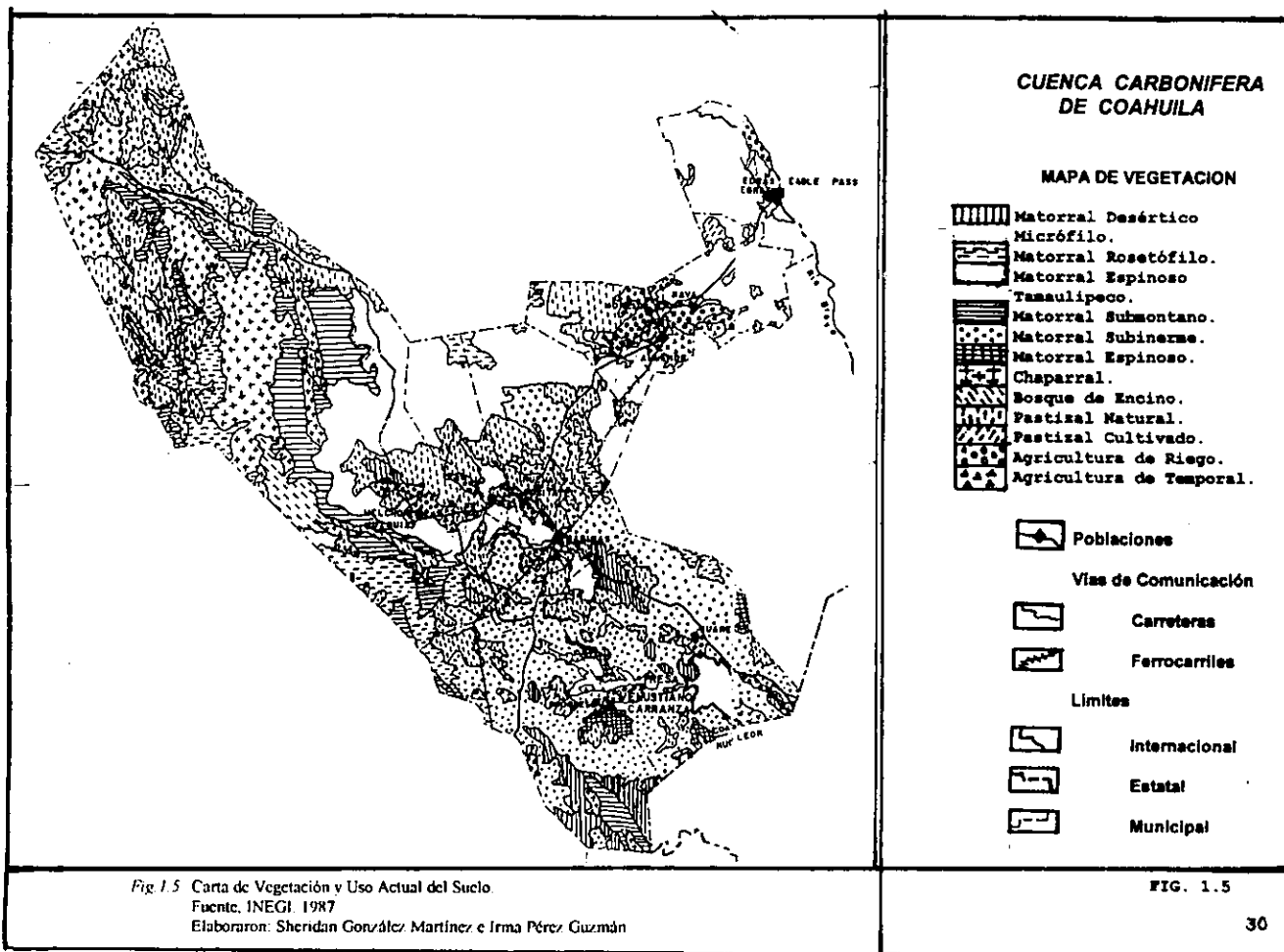
Existen manchones dispersos de mezquital y vegetación halófila, sobre todo en la parte este de la Gran Llanura. El chaparral se localiza sobre las laderas y el bosque de encinos en puntos aislados en las partes altas de las sierras occidentales.

#### SUELOS:

Dadas las condiciones físicas existentes dentro de la Cuenca Carbonífera, se presentan 6 tipos principales de suelos, según la clasificación FAO-UNESCO. Estos tipos son:

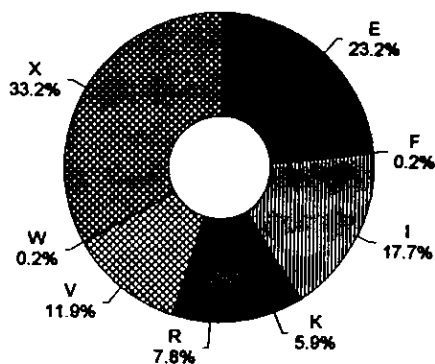
- |               |                 |
|---------------|-----------------|
| 1- Xerosoles, | 4- Vertisoles,  |
| 2- Rendzinas, | 5- Regosoles,   |
| 3- Litosoles, | 6- Castañozems. |

(Fig. 1.6)





## AREA EN PORCENTAJE



*Fig. 1.6* Porcentaje de área ocupada por cada tipo de suelo. Los tipos de suelo presentes son: (X) xerosoles, (E) rendzinas, (I) litosoles, (R) regosoles, (K) castañozem, (V) vertisoles, (W) planosoles y (F) feozem.

Elaboró: Sheridan González Martínez.

Estos suelos se distribuyen de manera heterogénea en los 9 municipios, pero predominan los suelos xerosoles y las rendzinas. (Fig.1.7)

Además de la descripción teórica general de cada tipo de suelo, se recabaron datos de campo que complementaron las características físicas de los suelos. Estos datos se registraron en una tabla que contempló los siguientes aspectos: Provincia fisiográfica, Pendiente, Altitud, Vegetación que sustenta, Compactación, Drenaje, Pedregosidad, Profundidad y Características especiales. Dicha tabla de datos de campo se encuentra en el anexo I al final de la tesis.

### *XEROSOLES:*

Abarcan una superficie dentro de la cuenca de 6431 km<sup>2</sup> con un porcentaje de 33 casi la tercera parte de la misma.

Los suelos de este tipo son típicos de las zonas áridas y semiáridas, con una evaporación potencial que sobrepasa de lejos a las precipitaciones durante la mayor parte del año. Ocupan principalmente las amplias llanuras, en la sección oriental de la Cuenca Carbonífera.

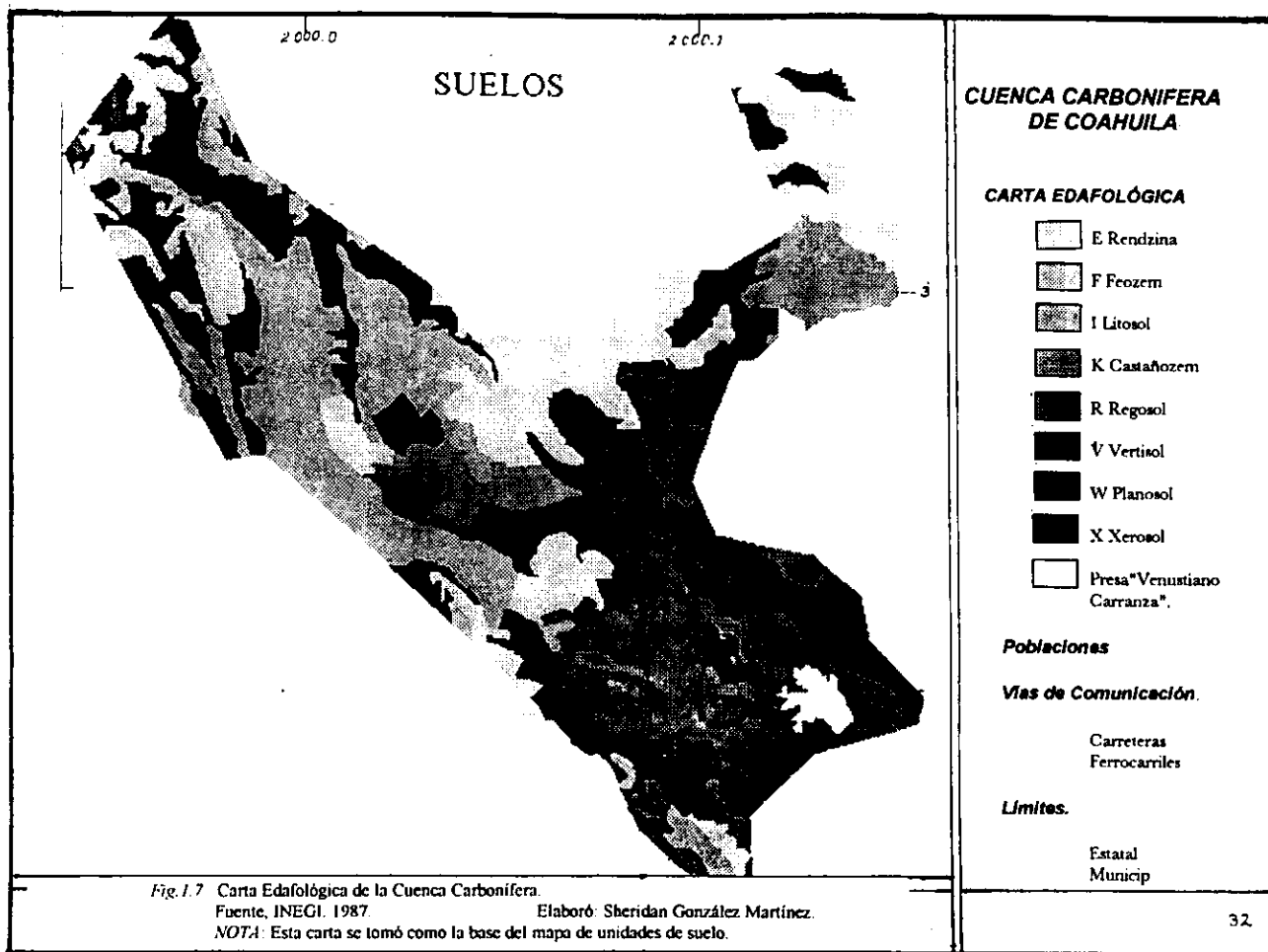


Fig. 1.7 Carta Edafológica de la Cuenca Carbonífera.

Fuente, INEGI, 1987

Elaboró: Sheridan González Martínez.

NOTA: Esta carta se tomó como la base del mapa de unidades de suelo.

Este tipo de suelos son de origen aluvial, profundos, de textura fina y de colores claros. Poseen, en general, una capacidad de retención alta debido a que normalmente presentan un horizonte arcilloso que incluye tanto la formación de arcilla in situ como el deslave.

En cuanto a nutrientes su contenido de materia orgánica (MO) es escaso y con bajas razones de carbono:nitrógeno, pero con cantidades sorprendentes de otros elementos que favorecen la fertilidad, como la potasa de los feldespatos y la mica. Este tipo de elementos y otras sales quedan altamente concentradas en los perfiles por la falta de lixiviación.

También es muy común una capa de acumulación de carbonatos o "caliche", que se supone se forma cuando el bicarbonato de calcio desciende por el perfil, se precipita  $\text{CaCO}_3$  cuando se detiene la corriente de infiltración y se pierde por la transpiración (Buol, 1981).

Se dividen en Cálcidos y Háplicos. Los primeros presentan un enriquecimiento de carbonatos de calcio en algún horizonte, razón por la cual presentan cristales de yeso o costras de carbonatos. Mientras que los Háplicos, no presentan este tipo de enriquecimiento.

Su cubierta vegetal es de pastizal natural y matorral xerófilo principalmente.

El uso para la agricultura está limitado principalmente por la escasez de agua, por ello son más bien utilizados para pastoreo estacional, excepto en las zonas niveladas en las que se practica el riego. Deben seleccionarse para riego los suelos con permeabilidad interna adecuada, para evitar problemas de salinización y alcalinización, causados por el agua de riego.

Están asociados a los suelos de tipo vertisol

#### *RENDZINAS*

Tienen un área de 4491.01 km<sup>2</sup>, que representa un porcentaje de 23.

Este tipo de suelos se pueden localizar bajo cualquier tipo de clima y se desarrollan sobre: áreas montañosas, como la sierra de Santa Rosa; en las llanuras de piso rocoso, como al este de Sabinas y en los lomeríos distribuidos al norte, centro y oeste de la cuenca,

Un rasgo que caracteriza a estos suelos es que se originan de la roca madre caliza o de algún material rico en cal.

Debido a las cantidades limitadas de agua disponible en el perfil, las reacciones físicas y químicas son poco intensas lo que ocasiona que los suelos hereden gran parte de su morfología de los materiales originales.

Son suelos poco profundos, negros sobre las llanuras y de textura media o arcillosa. Limitados por fases líticas o petrocálcicas.

Sustentan una vegetación de matorral xerófilo, pastizal natural, carrizal y bosque de galería.

Para explicar más ampliamente las características de los tipos de suelo, se recurrió también a la comparación y descripción de otras clasificaciones.

Tanto las rendzinas como los litosoles y los regosoles se encuentran muy asociados y se pueden considerar dentro del grupo de los entosoles, de acuerdo a la clasificación de Estados Unidos.

Las características de los entosoles se pueden describir como sigue:

Se encuentran en ambientes xéricos, fríos o cálidos, las zonas desérticas intertropicales proporcionan estas condiciones.

En zonas inclinadas, montañosas, rocosas o esquistosas, en donde se localizan predominantemente las rendzinas y los litosoles, es importante la erosión causada por el agua, el viento y el desgaste de masas, y aquí el escurrimiento es más rápido que la infiltración.

Los desgastes de masas y otras formas de erosión, pueden retirar material superficial de un lugar con tanta o mayor rapidez que la de formación de horizontes edafogénicos, por lo cual no permiten la formación de un perfil de suelo, como ocurre sobre las laderas y sierras del occidente de la cuenca en las cuales se localizan las rendzinas y los litosoles.

Comúnmente se encuentran capas endurecidas o "petrocálcicas" a profundidades que no ofrecen correlación directa con las precipitaciones pluviales, y pueden limitar la cantidad y duración del movimiento del agua en el suelo. Debido a su resistencia pueden ser remanentes de formas terrestres más antiguas.

Debido a las características anteriores, a las tierras con resaltes rocosos y llanuras salinas asociadas se les asigna un valor como áreas de conservación de la vida silvestre o zonas con cualidades estéticas. Los

pastos de ganado ovino y bovino en regiones subhúmedas, semiáridas y áridas cubre amplias áreas de este tipo de suelo.

#### *LITOSOLES:*

Los suelos litosoles dentro de la cuenca ocupan un área de 3416.70 km<sup>2</sup> que significa un porcentaje de 17.

Pueden presentarse en todo tipo de climas.

Se localizan predominantemente sobre el sistema de sierras al oeste de la cuenca.

Son suelos de origen residual, muy poco desarrollados y diferenciados, muy someros y fuertemente limitados por fases líticas, es decir que la roca madre sobre la cual se desarrollan es resistente y se encuentra muy cerca de la superficie.

El matorral espinoso y el zacatal es el tipo de vegetación presente sobre los litosoles. El uso recomendado para este tipo de suelo es, al igual que las rendzinas, de conservación de la vida silvestre.

Están muy asociados a las Rendzinas y a los Regosoles.

#### *VERTISOLS:*

El área que ocupan los vertisoles en la cuenca es de 2298.97 km<sup>2</sup> igual al 12%.

La presencia de estos suelos denota un ambiente de marcada diferencia entre la estación de lluvias y la de estiaje.

Predominan sobre las zonas de llanura o en las partes bajas, como valles, al este de la cuenca. Al igual que los xerosoles son suelos de origen aluvial

Generalmente presentan un horizonte superficial (A) profundo por acumulación del material proveniente de las partes altas de las sierras al oeste. Su textura es arcillosa, presentan profundas grietas cuando están secos y un color variable del negro al gris o al pardo-rojizo. Su estructura es marcadamente granular de los 15 a 30 cm superficiales.

Es fácil explicar la presencia de arcillas donde los suelos se desarrollan en piedras calizas arcillosas, arcillas marinas o esquistos, como ocurre dentro de la cuenca. (*Op.cit.* 1981)

Una característica común de los materiales originales de los distintos vertisoles es una reacción básica o alcalina. El contenido de materia orgánica es normalmente entre el 1 y 3% y el de carbonatos va de 0.5 a 8% (*Ibidem*, 1981).

La vegetación que se desarrolla sobre estos suelos en la cuenca, es de matorral xerófilo y en las riberas del río Sabinas, es bosque de galería.

La baja permeabilidad de estos suelos los hace útiles para cultivos que necesitan retención de humedad en la superficie, sin embargo la mayoría de estos suelos son usados para pastos.

Están asociados con los Castañozem y Xerosoles

#### REGOSOLES:

La superficie que ocupan dentro de la cuenca estos suelos representa el 8% o 1504.98 km<sup>2</sup>.

Se pueden desarrollar bajo cualquier tipo de clima.

Este tipo de suelos se localiza tanto en las zonas de lomeríos, como sobre las laderas o, en algunos casos, sobre llanuras.

Al igual que los Litosoles son de origen residual, poco desarrollados o diferenciados y con grandes limitantes líticas o petrocálcicas, normalmente de tonos claros.

La vegetación que sustenta es de matorral bajo subinermes y pastizal principalmente. Se encuentran muy asociados a Litosoles y Rendzinas.

Los que se encuentran sobre superficies más jóvenes de zonas secas, en los fondos aluviales recientes, no han desarrollado horizontes subsuperficiales de diagnóstico y se clasifican como entisoles (según la clasificación de Estados Unidos, equivaldrían a, regosoles y rendzinas)) (*Ibidem*, 1981)

#### CASTAÑOZEMS:

Abarcan un área de 1149.10 km<sup>2</sup>, es decir 5% del área total de la cuenca.

Su presencia denota transición climática entre ambientes semiáridos y unos más lluvioso.

Predominan sobre las zonas planas, mesetas, llanuras o valles, que se encuentran sobretudo en la porción este de la cuenca.

En general, se ubican en los límites entre las tierras secas y la estepa, la estepa y la pradera, la pradera y las tierras forestales, son irregulares con entrantes y salientes debido a las complejidades de la

distribución geográfica de los materiales iniciales, la topografía, las zonas climáticas y las comunidades de organismos. (*Ibidem*, 1981).

Si se localizan en zonas predominantemente áridas o semiáridas, como es la cuenca, los procesos de humedecimiento y secado producen la estructura prismática sorprendente de los suelos arcillosos castaños que pueden ocasionar la rotura de las raíces de las plantas.

Son suelos profundos, de tonos oscuros café y pardos y de textura fina, relativamente fértiles. Los suelos poco profundos de las laderas pronunciadas tienen un color pálido en donde la capa calcárea está cerca de la superficie o donde se concentran las sales, debido a la evaporación.

Generalmente ricos en MO en su capa superficial y en el subsuelo puede presentar un enriquecimiento secundario de carbonatos y acumulación de calcio.

El matorral espinoso y el bajo inermé además del pastizal tanto cultivado como inducido son los tipos de vegetación que se desarrollan sobre castañozem.

Se utilizan naturalmente para cultivos de pastizales, pero se usan para otro tipo de cultivos, si normalmente se les agrega fertilizante. Cultivados en depresiones de zonas semiáridas, en donde se puede captar algo de humedad. (Hugué, 1983).

Se pueden clasificar dentro de los llamados molisoles en la clasificación estadounidense.

#### *FEOZEMS Y PLANOSOLS:*

Estos dos tipos de suelo también se presentan dentro de la cuenca, pero no representan más del 0.3% del total del área y se distribuyen como pequeños lunares dentro del municipio de M. Múzquiz.

#### **ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS.**

Un aspecto social muy importante dentro de la región carbonífera, es la economía, ya que la población enfrenta graves problemas de desarrollo económico debidos a la falta de diversidad en el aprovechamiento de los recursos naturales propios de la región, y por tanto la escasez de oportunidades que les permitan desarrollar una actividad para poder sobrevivir.

#### *Geografía Económica:*

Dentro de la región de estudio es importante resaltar los recursos mineros que la caracterizan. Los yacimientos minerales más importantes para la cuenca son los de carbón. El 100% de la producción

nacional de carbón coquizable ha llegado a ser totalmente aportado por el Estado de Coahuila. (INEGI, 1986).

Las minas comenzaron a explotarse en la época final del porfirismo, cuando funcionó la Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey y también se envió parcialmente a Estados Unidos. Para el desarrollo de dicha fundidora se requirió de una importante cantidad de carbón, pues es la principal materia prima de donde se obtiene la energía.

De acuerdo a Bassols: "El carbón ha sido recurso indispensable para las siderúrgicas como las de Monclova, Monterrey, Piedras Negras, Saltillo y otras ciudades del país. Monterrey depende en gran medida del carbón de piedra y mineral de hierro para su industria siderúrgica". (Bassols, 1986)

Dicho recurso ha creado todo un sistema de ciudades que funciona con base a la explotación y beneficio del carbón.

Las poblaciones ligadas directamente a la extracción del carbón y su procesamiento son Nueva Rosita, Sabinas, Palau, Agujita, Minas de Barroterán, Esperanzas, Cloete, Rancherías, San Juan de Sabinas y Múzquiz (ésta última con ocho plantas). Las grandes empresas de coque y derivados se encuentran en San Juan de Sabinas (Nueva Rosita) y en Melchor Múzquiz. Todas las ciudades anteriores ubicadas dentro de la Cuenca Carbonífera, en su porción oeste.

Además del carbón coquizable usado en siderúrgicas y/o fundidoras, el carbón no coquizable tiene también un importante uso y uno de los principales aprovechamientos lo llevan a cabo las carboeléctricas. A partir de 1984, entra en operación la planta carboeléctrica de Río Escondido ubicada en el municipio de Nava, explota además el carbón de los municipios de Piedras Negras y de Nuevo Laredo y es un importante auxiliar en la industrialización del norte de Coahuila. (*Ibidem*, 1986)

Aparte del carbón, se explotan en la zona yacimientos metálicos de plomo, hierro, plata, cobre, zinc y oro. En cuanto a los no metálicos se extraen depósitos de barita y fluorita, sobre todo en la zona de serranías y la bauxita, mineral del cual la zona es la de mayor abastecimiento. Otro aprovechamiento se basa en el gas contenido en rocas mesozoicas fracturadas.



Otras actividades, además de las industriales, son la ganadería de bovinos en Múzquiz (desarrollada en el siglo XIX), una agricultura precaria local y un intenso comercio centrado en Nueva Rosita-Sabinas y Múzquiz.

*Problemas.*

A pesar de la riqueza minera que presenta la región, existen para los antiguos mineros y campesinos algunos problemas físicos, económicos y sociales por el aprovechamiento minero exclusivo de ciertas zonas.

Las grandes riquezas de la zona son desde luego los minerales, que van desde los polimetálicos hasta la hulla (y carbón de piedra no coquizable como productor de energía en Río Escondido), fierro, materiales de construcción, fluorita y gas... [Sin embargo] no debe exagerarse la importancia de los minerales, pues ya no determinan en la actualidad la mayor parte del PIB ni de la PEA regional, pero tampoco es despreciable el papel que aún juegan en la economía de la región.

Existe una especie de superconcentración de actividades y, por lo tanto, de riqueza generada en pocas ciudades, en tanto que en el campo, al no contar con riego, apenas sobrevive la población de ixileros, candelilleros y pequeños ganaderos o agricultores de poco temporal (*Ibidem.* 1986). Lo anterior da como resultado un acentuado contraste interno de la región, entre las zonas de concentración urbana, industrial y agrícola; y las rurales atrasadas y despobladas.

El crecimiento demográfico general complica aún más los problemas de la zona, ya que varias ramas industriales se encuentran en serios aprietos y la industria de transformación deja de ser la "salida" para los problemas regionales y urbanos.

Por ejemplo, el cierre en 1986 de la Fundidora (de Fierro y Acero) de Monterrey dejó a cerca de 10 mil obreros en la calle, además de muchos otros en empresas conexas. Además se dice que están ya seriamente amenazadas de cierre, Altos Hornos de México (Monclova), Aceros de Chihuahua y otras plantas. (*Ibidem.* 1986)

En cuanto a las actividades primarias, la región es utilizada actualmente como zona de pastizales para la explotación de ganado. Sin embargo, los pastos son -desde luego- predominantemente de climas

secos o semisecos y su aparente abundancia se desvanece al arreciar la sequía de primavera y/o prolongarse durante un verano falto de lluvias.

Únicamente en algunos puntos cercanos a la frontera con Nuevo León como el Distrito de Riego 007 en el municipio de Juárez se efectúa el riego de pastizales.

La situación de la agricultura es aún más precaria que la de la ganadería, y al igual que ésta se realiza básicamente en el distrito de riego "Don Martín", gracias a las labores de regadío.

La difícil situación general de la región, descrita anteriormente, lleva a la conclusión de que es necesaria la búsqueda de nuevas opciones tanto de aprovechamiento de los recursos naturales regionales, como de empleo y desarrollo para sus habitantes, sobre todo de los antiguos mineros y de los actuales campesinos.

Los objetivos que pretende la presente tesis son parte de los conocimientos físicos o naturales, básicos para establecer las nuevas opciones de aprovechamiento de los recursos naturales de las zonas semiáridas de nuestro país. Al conocer cuales son las condiciones en las que se encuentra el suelo y los factores ambientales más importantes que determinan su distribución, podremos suponer el comportamiento de los suelos al afectar el factor ambiental que más lo influye, en la búsqueda de cambios sobre el uso del suelo.

## CAPÍTULO 2

### **CARACTERÍSTICAS ESPACIALES E INFLUENCIA DE LOS FACTORES AMBIENTALES SOBRE LOS SUELOS.**

#### **INTRODUCCIÓN**

Este capítulo desarrolla la investigación acerca de la influencia que tienen los factores ambientales sobre las características espaciales y la distribución de los suelos dentro de la región carbonífera. Es de primordial interés en este capítulo definir cual o cuáles son los factores que influyen de manera más importante sobre una o más características, incluida la distribución, de cada tipo de suelo.

La investigación se llevó a cabo bajo un enfoque geográfico del paisaje, dentro del cual se alcanza hasta la etapa llamada "análisis del paisaje", cuyo estudio comprende principalmente la distinción, clasificación y la cartografía de nuevas unidades, elaboradas con base en la estructura y comportamiento de los factores y componentes de un área definida y diferenciada. El área definida y diferenciada en este caso es la Cuenca Carbonífera de Coahuila.

Las variables y componentes que se consideraron en este trabajo son las características espaciales y los factores ambientales de los distintos tipos de suelo. Las características espaciales analizadas fueron: área, frecuencia, fraccionamiento, tamaño y forma, mientras que los factores ambientales fueron: clima, relieve, geología y vegetación.

La definición de las características espaciales, influye mucho sobre la cuestión del manejo del suelo y sus recursos vegetales, ya que por ejemplo, si un tipo de suelo asociado fuertemente (o favorable) a pastizales ocupa una amplia área en total, pero esta área se encuentra muy fraccionada, entonces no podrá utilizarse para ganadería extensiva. Lo mismo ocurriría si el área fuera continua, pero estuviera fuertemente deformada, ya que las unidades largas y muy deformes, no conservan una uniformidad de sus características (ni vegetacionales, ni edáficas), debido a que se encuentran influenciadas por las características de los ecotonos o de las regiones colindantes.

El tamaño es otra característica que influye en el manejo del suelo, como ejemplo se dirá que: si se quiere introducir un tipo de especie vegetal o animal que presente fuerte asociación con un tipo de suelo, y

las unidades de este tipo edáfico son demasiado pequeñas para su desarrollo y mantenimiento, el éxito de la introducción de la especie quedará restringida espacial o temporalmente.

Respecto a los factores ambientales, su importancia reside en la delimitación y definición de muchas de las características espaciales de las distintas unidades edáficas, por ejemplo, el relieve ejerce fuerte influencia en la distribución y fraccionamiento de las unidades de un mismo tipo de suelo y un caso muy claro, lo constituye la Sierra Madre Occidental, cuyas estribaciones delimitan la distribución y continuidad de las unidades edáficas.

Para el análisis de la estructura y comportamiento de los componentes se toman como unidades básicas de análisis a cada unidad edafológica de mapeo, distinguidas por tipo de suelo, ya que, según Huguet del Villar (1983) "cada tipo es la unidad sistémica del suelo en donde se expresan las relaciones de los elementos ambientales"-, para definir sus características y distribución.

La estructura de los elementos que influyen sobre el suelo, está conformada por dos niveles, y se define con base en las relaciones horizontales y verticales entre los factores y componentes ambientales que existen en el paisaje. (Fig.2)

El enfoque geográfico del paisaje, al realizar un análisis espacial multidireccional, permite la comprensión de las interacciones verticales y horizontales, entre los factores ambientales y las características espaciales de cada tipo de suelo. Además este enfoque se utilizó porque persigue como objetivo final, llegar a un ordenamiento territorial, para lo cual exige el básico conocimiento de las condiciones físicas o naturales y la relación entre sus componentes, conocimiento que aportará esta tesis, en cuanto al aspecto edafológico.

## METODOLOGÍA

Para aclarar cuál es la estructura vertical y horizontal, y de que manera se comportan los factores ambientales sobre el suelo, fue necesario realizar varias etapas de estudio. En un primer nivel de análisis, se buscó definir la Estructura Horizontal para lo cual se determinaron, inicialmente una por una, las características espaciales por tipo de suelo, para posteriormente realizar un análisis comparativo entre éstas mismas.

Una vez establecida la Estructura Horizontal, fue posible determinar la Estructura Vertical, para la cual se realizó primeramente un análisis cartográfico de la distribución de cada factor ambiental geología.

clima, relieve y vegetación) y las relaciones de coincidencia y rechazo entre estos mismos factores. Logrado el análisis de cada factor y la relación entre ellos, se indagaron las interrelaciones y combinaciones con las características espaciales de los tipos de suelo, indagación que constituye básicamente la Estructura Vertical. También en esta etapa se cumplieron los principios geográficos de conexidad y causalidad, al buscar en las relaciones naturales existentes las causas principales de la influencia de cada factor sobre las características y distribución de cada tipo de suelo.

El análisis de ambas estructuras permite alcanzar una organización de la distribución espacial e integral en una superficie determinada, de áreas con homogeneidad relativa de componentes. Las áreas con relativa homogeneidad que se obtendrán en este caso serán áreas, de diferente tipo de suelo incluso, que expongan una mayor influencia de un determinado factor ambiental, sobre las características y distribución de los tipos de suelo estudiados.

En esta etapa se llega como conclusión, a la comprensión del principio geográfico de distribución y localización de las unidades edáficas dentro de la región carbonífera, con base en las relaciones de los componentes naturales.

El conocimiento de la estructura de los factores ambientales, permite también conocer el comportamiento de estos sobre los suelos y suponer el comportamiento de los suelos, en cuanto a su distribución y características espaciales, en caso de ser modificado alguno de los factores que más lo afectan, con fines de manejo de uso del suelo.

Para comprender el comportamiento e importancia que tiene cada factor o elemento ambiental sobre cada tipo de suelo, fue necesario llevar a cabo análisis cartográficos y estadísticos para ambas estructuras.

#### *Estructura Horizontal.*

Como estudio inicial se realizó un análisis cartográfico, el cual sirvió como base tanto para definir las unidades edáficas, como para definir sus características espaciales. Este análisis cartográfico se basó en la carta edafológica 1:1 000 000 de INEGI (1987), sobre la cual se distinguieron, enumeraron y etiquetaron las diferentes unidades de mapeo, de acuerdo a los tipos de suelo que se encuentran dentro de la Cuenca Carbonífera, cuya clasificación corresponde a la de FAO-UNESCO.

El siguiente paso consistió en la automatización de los datos, mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) ILWIS (Integrated Land and Water Information System), con el cual se obtuvieron los datos de áreas y perímetros de las unidades edáficas de mapeo.

A partir de los tres datos anteriores (cantidad, área y perímetro) se elaboró un análisis de las características espaciales de área, frecuencia, fraccionamiento, forma y tamaño, aunque debe aclararse que los datos de fraccionamiento, forma y tamaño utilizaron además otro tipo de fórmulas.

El manejo de los datos obtenidos con el SIG, se realizó mediante análisis estadísticos de media, moda, desviación estándar y de regresión básicamente (en el programa QUATRO-PRO), que averiguaron los patrones que siguieron las características espaciales y las posibles relaciones de dependencia entre algunas de estas mismas dentro de la Cuenca Carbonífera, y que a continuación se explican más detalladamente.

#### Área:

El primer ejercicio realizado fue la obtención de áreas por cada unidad edáfica de mapeo, obtenidas directamente del sistema ILWIS, después de la definición de cada unidad cartográfica. Con base en este análisis se agruparon por tipo de suelo las unidades registradas y así se conocieron los tipos de suelo más ampliamente distribuidos dentro de la cuenca.

#### Frecuencia y fraccionamiento:

El análisis de frecuencia de unidades edáficas por tipo de suelo se obtuvo mediante un conteo directo de unidades sobre la carta digitizada. Este análisis aclaró y ordenó el grado de fraccionamiento, ya que se obtuvieron los tipos de suelos más divididos y los que presentan una mayor frecuencia o continuidad dentro de la cuenca. La frecuencia, obtenida en porcentaje, también sirvió como base para asociar la distribución de las unidades edáficas con cada uno de los factores ambientales más adelante.

Para el grado de fraccionamiento, fue necesario crear un índice que permitiera hacer la comparación entre los distintos tipos de suelo, y que representará el nivel de fraccionamiento de 0 a 1, siendo el número uno indicador de una ausencia de fraccionamiento. Dicho índice es el cociente de la división de el área total entre el número de unidades de mapeo que presentó cada tipo de suelo, el resultado obtenido se dividió nuevamente entre el área y se sacó un cociente comparativo entre los distintos tipos de suelo. Así tenemos que:

$$At / N = X ;$$

$$If = X / At. \text{ donde:}$$

If= Índice de Fraccionamiento.

At= área total del tipo de suelo que se trate.

N = número de unidades edáficas del tipo en cuestión.

X = cociente previo.

#### Área y Frecuencia:

El siguiente paso consistió en hacer una comparación entre el área y el porcentaje de frecuencia. para conocer si existía alguna relación entre el grado de fraccionamiento y el área de cada tipo de suelo. Lo anterior se realizó mediante un análisis de regresión simple.

Aclaradas las características de área y frecuencia y la relación existente entre ambas, se averiguaron las siguientes características espaciales que fueron el tamaño y la forma de cada unidad edáfica de mapeo.

#### Tamaño:

El tamaño de unidades por tipo de suelo se obtuvo a través de un cálculo estadístico que partió de la división de dos rangos de tamaño uno mayor y uno menor. Estos rangos se obtuvieron con base en un tamaño promedio de 200 km<sup>2</sup>, los valores arriba de este nivel, se consideraron unidades mayores y los valores por debajo de los 200 km<sup>2</sup> fueron considerados como unidades menores. El valor de 200 km<sup>2</sup> se obtuvo al calcular la distribución de las frecuencias de todos los datos capturados y el valor de 200 fue el umbral que separó los rangos principales de distribución.

#### Forma:

La característica de forma requirió primeramente, de una descripción de la forma de cada unidad, para después obtener un promedio de forma de unidades por tipo de suelo.

Para tales fines se hizo la estimación con la siguiente fórmula: (Forman y Godron, 1986):

$$F = Pp / 2 \sqrt{Au * 3.1416} ^{0.5} \text{ donde:}$$

F: Forma de la unidad

Pp: Perímetro de la unidad

Ap: Área de la unidad.

Si el resultado de la fórmula es 1 o cercano a 1, significa la unidad tiene una forma regular semejante a un círculo.

### Área y Forma:

Para conocer si existía alguna relación entre la cantidad de área ocupada y la forma de cada unidad, se hizo un análisis de regresión, resultados los cuales se registraron en una tabla para mejor comparación.

Tanto el promedio de forma por tipo de suelo, como la comparación con el área, necesitaron los cálculos de Media, Moda y Desviación Estándar.

Este cálculo nos indicó, por un lado, el grado de deformación de las unidades de suelo y asimismo, su posible relación con factores zonales (si son unidades edáficas más regulares o geométricos) y azonales (si son unidades edáficas más irregulares asociados a normalmente a relieve).

En cuestiones de manejo de recursos no será lo mismo sugerir una utilización de unidades edáficas largas y muy deformes que sobre unidades de forma más compacta y geométrica. Ya que, por ejemplo las unidades largas y estrechas estarán más afectadas por las condiciones que existen en las partes límites de tales unidades, en cambio dentro de una unidad más regular y compacta, las condiciones interiores serán más uniformes y menos afectadas por las condiciones que se presentan en las zonas de contacto con otras unidades. Además la forma influye de forma muy importante, en la parcelación para fines agrícolas y/o ganaderos.

Las características espaciales estudiadas, de cada unidad de mapeo, sirvieron como base para el siguiente análisis de la estructura vertical, en el cual se llevó a cabo la relación de los factores ambientales con la distribución y las características de cada tipo de suelo dentro de la cuenca.

### Estructura Vertical.

Al igual que para las características espaciales, para los factores ambientales, también se requirió en principio, de un análisis cartográfico. En este caso consistió en una comparación entre las cartas de fisiografía, geología, de climas, de uso de suelo y vegetación con la carta edafológica, a la misma escala de 1:1 000 000.

Además se compararon los datos climáticos de precipitación y temperatura de las disuntas estaciones meteorológicas con la distribución de las unidades de suelo, para conocer si existían diferencias climáticas significativas al interior de la cuenca.



La comparación de las cartas se hizo con el fin de conocer las coincidencias o diferencias en la distribución de las unidades de suelo con respecto a las unidades de mapeo de los otros factores. La relación de coincidencia o rechazo de determinado tipo de suelo con cada factor ambiental podría explicar las posibles causas sobre la distribución y las características que presentan las unidades edáficas.

Los datos obtenidos se registraron en una tabla que sirvió de base para un posterior análisis estadístico, que consistió en la relación de la distribución y frecuencia de las unidades edáficas con cada factor ambiental, a través de una tabla de contingencia. Dichas tablas tuvieron como elemento común los distintos tipos de suelo y se hizo una tabla para cada factor. (Ver anexo )

Las tablas de contingencia pusieron a prueba la hipótesis nula, con el fin de rechazarla, mediante el elemento llamado  $X^2$  (ji cuadrada)

La hipótesis nula en todos los casos fue:

*H<sub>0</sub>: la distribución de las unidades de suelo es al azar*

El análisis de residuales de cada factor irá eliminando uno por uno, el hecho de la distribución al azar, para explicar el grado de influencia de dicho factor sobre la distribución de determinado tipo de suelo.

Dentro de las tablas de contingencia deben cubrirse ciertos principios para que el análisis de la  $X^2$  tenga mayor potencia y sus resultados sean más significativos.

Uno de los principios más importantes de esta prueba es el de incluir el menor número de rangos o celdas que sea posible, con esto se elimina la mayor cantidad de ceros que puedan presentarse y que provocarían una dispersión de la distribución significativa de los resultados. Al presentarse una mayor dispersión de los resultados, entonces el nivel de resolución de la prueba se hace menor, fue por ello que se buscó ordenar algunas de las celdas, que representaron diferentes clasificaciones fisiográficas, geológicas o vegetacionales, en grupos mayores.

El valor de  $X^2$  nos indica que tan significativos son los valores, es decir si los valores obtenidos salen del rango de la distribución al azar, entonces la distribución está explicada por el factor analizado con la tabla de contingencia, y por tanto distinto al azar.

Una vez que se rechazó la hipótesis nula, se llevó a cabo un análisis de residuales para conocer cual de los factores puestos a prueba es el que fue diferente al azar.

Dentro de éste análisis se calcularon los valores esperados con base en los marginales para partir del supuesto de que todas las frecuencias son al azar. La fórmula del valor esperado es:

$$Ve = Tc \cdot Tr / N \quad \text{donde:}$$

Ve: valor esperado.

Tc: total de la columna.

Tr: total del renglón.

N: total de unidades.

Los residuales fueron estandarizados para eliminar el efecto de escala que presentan los valores netos. Su fórmula es:

$$Re = O - E / (E)^{0.5} \quad \text{donde:}$$

Re: residual estandarizado.

O: valor observado.

E: valor esperado.

Los residuales ajustados se calcularon con el fin de poderlo comparar con la distribución "normal". Su fórmula es:

$$Ra = Re / (V)^{0.5} \quad \text{donde:}$$

Ra: residual ajustado.

Re: residual estandarizado

V : varianza.

Si el residual ajustado es mayor a 1.67, entonces ese nivel de factor afecta significativamente ( $p=0.05$ ) la frecuencia de unidades de cada tipo de suelo dentro de la Cuenca Carbonífera.

Por otro lado y de acuerdo con la escala a la cual se está trabajando, se tomaron como base los tipos de suelo y se crearon nuevos grupos mayores, al unir algunos subtipos de los otros factores, ya que a la escala 1:1 000 000 a nivel cuenca esta agrupación no afecta de manera real, además se hizo por requerimientos estadísticos. Las variables analizadas son en general, las siguientes:

Los tipos de suelo presentes en la cuenca, que son: Litosoles (I), Rendzinas (E), Castañozems (K), Xerosoles (X), Regosoles (R), Feozems (F) Vertisoles (V) y Planosoles (W).

Para la tabla de fisiografía se dividió en 4 tipos básicos que aparecen en la carta de INEGI (1987), estos son: 1) Planicies, que comprende las llanuras, los valles y las mesetas 2) Piedemonte (bajadas), 3) Sierras, incluye sierras y laderas y 4) Transición (lomeríos).

En la tabla geológica, sobresale el grupo de rocas sedimentarias, con 5 tipos distintos, los cuales son : 1) Suelo de origen sedimentario del cuaternario (Qs), 2) Calizas del cretácico tanto superior como inferior [Ks(cz),Ki(cz)], 3) Asociación de calizas con lutitas del cretácico superior [Ks (cz-lu)], 4) Asociación de lutitas con areniscas del cretácico superior [Ks (lu-ar)], 5) Conglomerado del terciario superior [Ts (cg)] y 6) Yeso del jurásico superior [Js (y)]. Además existen algunas rocas ígneas extrusivas e intrusivas del terciario [T (igea, igia)] y suelo de origen cuaternario [Q(igeb)].

Finalmente, la tabla de vegetación basada en la elaborada por la Dra. Marta Cervantes R., se dividió en 8 grupos de acuerdo a su forma y asociación espacial dentro de la Cuenca: 1) Matorral Desértico Micrófilo (MDM), el cual comprende al matorral inerme, matorral subinerme, matorral espinoso y matorral desértico con izotes, 2) Matorral Rosetófilo, (MR), 3) Matorral Tamaulipeco (MT), 4) Matorral Submontano (MS), 5) Chaparral (CHAP), 6) Bosque (B), 7) Pastizal . incluye al natural, al inducido y a la vegetación halófila (P) y 8) Agricultura tanto de temporal como de riego. (A).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, el análisis de resultados se guió sobre tres ejes principales. El primer eje sobre el cual se analizaron las unidades edáficas de mapeo, fueron las características espaciales (estructura horizontal), el segundo eje fueron los factores ambientales o estructura vertical (análisis de residuales), y por último se hizo una relación de los resultados anteriores con base en el tercer eje que fueron los diferentes tipos de suelo, dentro de la cuenca.

### *Estructura Horizontal, Características Espaciales:*

#### *Área y Frecuencia.*

De acuerdo al análisis general de áreas, los xerosoles (X) fueron los que ocuparon la mayor superficie, representaron el 33% del área total de la Cuenca Carbonífera (Fig. 2.1)

De igual manera, no sólo fueron los que ocuparon la mayor área, sino también fueron los suelos que presentaron la mayor frecuencia de unidades edáficas, representaron el 27% del total de las unidades de mapeo que existieron dentro de la Cuenca. (Fig.2.2). Esto sugiere que a pesar de que abarcaron la mayor área, ésta estuvo distribuida de manera muy fraccionada.

No es de extrañarse que fueran los más extensos, ya que son suelos representativos de factores zonales importantes dentro de la región, como es el clima árido y semiárido.

El segundo tipo de suelo que ocupó un área importante fue el de Rendzina (E), el cual abarcó el 23% del área total. En cuanto a la frecuencia de unidades de mapeo dentro de la cuenca, su porcentaje fue del 22%, por tanto las rendzinas mostraron un equilibrio entre su extensión total y su número de unidades, por lo que se puede suponer que el área total de rendzinas está uniformemente repartido entre el número total de unidades de mapeo. (Fig. 2.3)

Las rendzinas, al igual que los xerosoles estuvieron ampliamente distribuidas dentro de la cuenca. Sin embargo a diferencia de los primeros, las rendzinas son suelos intrazonales, representativos de una característica muy particular de la zona. Dicha característica es que estos suelos se desarrollan preferentemente sobre material sedimentario calizo, el cual está ampliamente distribuido dentro de la Cuenca y no está directamente limitado por el clima. A pesar de estar ampliamente distribuidas las calizas, están fuertemente fraccionadas por la intervención de otros factores que propician la presencia de otros tipos de suelo.

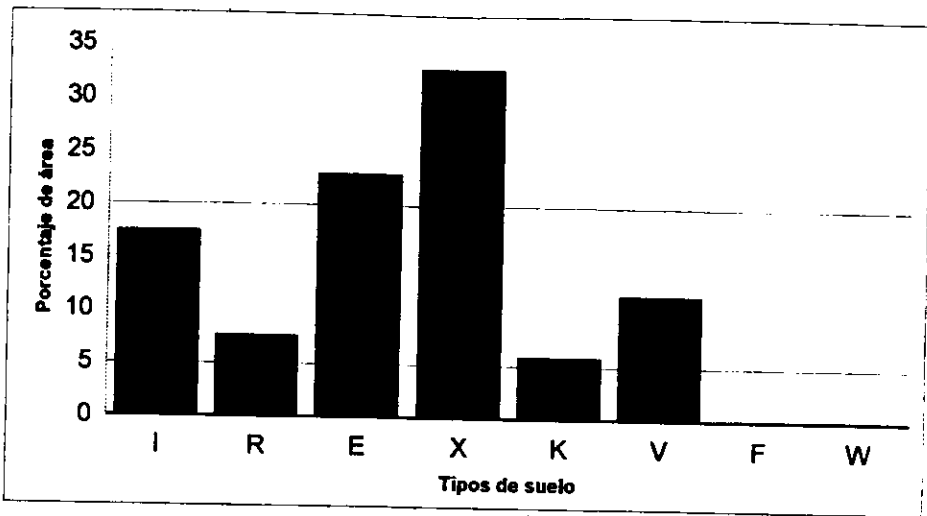


Fig. 2.1 Área en porcentaje por tipo de suelo.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

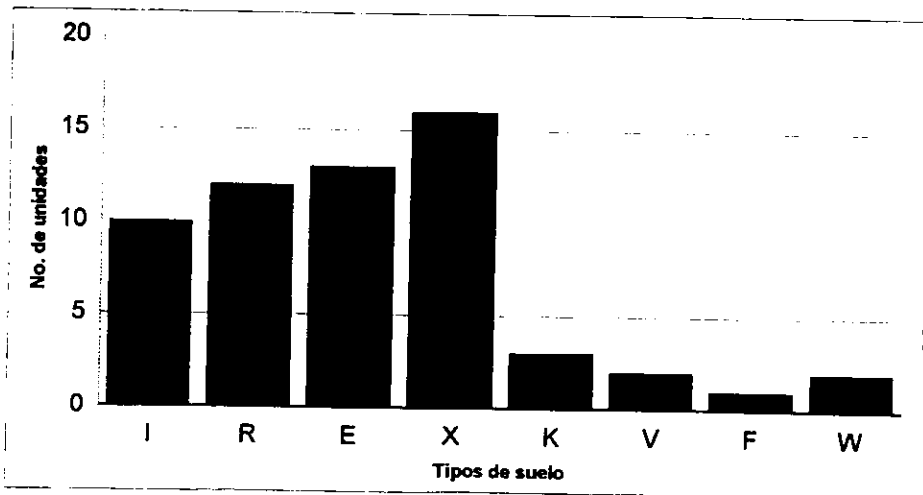


Fig. 2.2 Número de unidades de cada tipo de suelo.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

El 56% del área y el 49% de la frecuencia de unidades de toda la cuenca, estuvieron ocupados por Xerosoles y Rendzinas, lo que en principio sugiere que el clima y la geología son los factores más importantes para explicar la superficie y la distribución de estos tipos de suelo. Sin embargo, no es posible descartar la importancia del relieve como un factor que también influye dentro de la cuenca.

Los litosoles (I) fueron el tercer tipo de suelo más abundante que representó el 18% del área total. Dicho porcentaje es muy similar al porcentaje que representó su número de unidades respecto al total que existe dentro de la cuenca, y que fue del 17%. Lo anterior denota también un equilibrio de extensión y frecuencia. (Fig 2.3)

Este tipo de suelo es característico de los suelos azonales, es decir poco diferenciados en su horizonte. Se ubicó principalmente sobre las sierras. (Fig. 2.4)

De lo anterior se obtiene la siguiente conclusión preliminar, el clima, la geología y el relieve son los tres factores principales que explican la presencia de los tres principales tipos de suelo (X, E e I), ya que en conjunto estos 3 tipos de suelo abarcan el 74% del área total y el 66% de la frecuencia de las unidades edáficas de mapeo totales dentro de la cuenca.

Por la importancia que tienen estos tres tipos de suelo son los que se tomarán más en cuenta para realizar los análisis restantes que probarán cuantitativamente la importancia de cada factor. Sin embargo, es necesario incluir dentro del grupo representativo de suelos a los regosoles (R) que representaron un 20% del total de las unidades de suelo, aunque no tiene mucha presencia en cuanto a área. (Fig.2.3)

Los otros tipos de suelo fueron Vertisoles (V), Feozems (F) y Planosoles (W), los cuales se mencionaran solo en caso de ser explicativos de alguna situación especial.

Con base al área que abarcaron los distintos tipos de suelo se realizó una descripción más detallada del grado de fraccionamiento, tamaño y forma de las unidades edáficas.

#### Fraccionamiento.

Con base en el índice de fraccionamiento comparativo, resultó que los tipos de suelo más fraccionados o divididos son el Regosol (0.083), las Rendzinas (0.07) y el Xerosol (0.062). En cambio los litosoles (0.10) resultaron ser los suelos más continuos, dentro del grupo de suelos más representativos. Sin embargo, los vertisoles y los planosoles, sin ser del grupo representativo, presentaron la mayor continuidad de unidades edáficas (0.5). (Tabla 1)

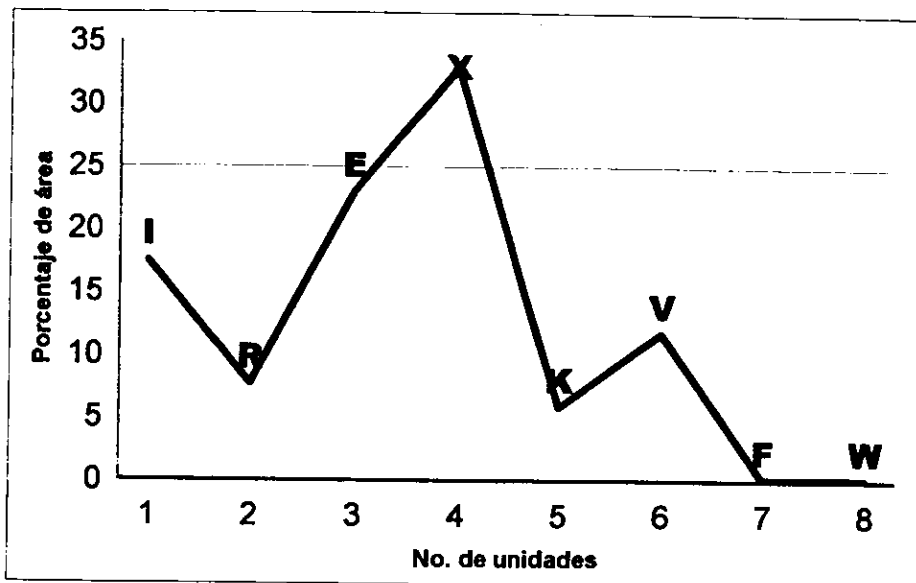


Fig. 2.3 Relación entre el porcentaje de área y el número de unidades que posee cada tipo de suelo.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

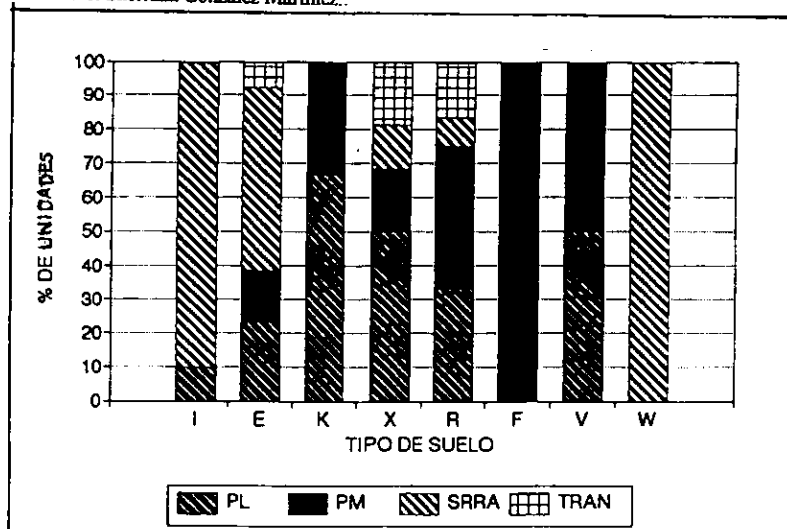


Fig. 2.4 Porcentaje de unidades que se ubican sobre los diferentes clases de relieve por tipos de suelo. Las clases de relieve son: (PL) planicie, (PM) piedemonte, (SRRRA) sierra y (TRAN) transición entre algunas de las formas anteriores y lomeríos.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

**Tabla 2.** Índice de fraccionamiento de cada tipo de suelo dentro de la Cuenca Carbonífera.

Tipo de Suelo	Índice de Fraccionamiento
X	0,062
E	0,07
I	0,1
R	0,083
K	0,33
V	0,5
W	0,5

**NOTA:** Cuanto mayor sea la cantidad de la fracción, mayor es el número de unidades en que se divide el área de cada tipo de suelo.

La localización de las rendzinas siguió un patrón de distribución sobre las rocas calizas, por lo cual deberían presentarse como unidades uniformes y continuas a lo largo de grandes extensiones dentro de toda la cuenca. Sin embargo, existieron otros factores como el clima, el relieve y la vegetación que determinaron la presencia de otros tipos de suelo que interrumpieron y generaron una distribución fraccionada de las rendzinas.

Para los xerosoles el mayor fraccionamiento se debió al subgrupo de xerosoles ubicados sobre los valles intermontanos, interrumpidos por los constantes levantamientos que se presentan en la zona de serranías al oeste de la cuenca.

Un ejemplo claro de la expresión de la continuidad de las unidades edáficas lo representan los vertisoles. Estos suelos cuentan únicamente con 2 unidades, pero en estos 2 y sobre todo en uno sólo (sobre la Llanura Costera), se concentra el 12 % del área total de la Cuenca. (Fig.2.3).

Al indagar la relación existente entre el número de unidades y el porcentaje de área de cada unidad edáfica, se observó que en general los tipos de suelo dentro de la cuenca siguieron un patrón de relación positiva entre la frecuencia y el área, es decir, conforme aumento el número de unidades de mapeo de cada tipo de suelo, aumentó el área correspondiente a cada tipo.



Dicha relación se comprobó por medio de un análisis de regresión, con sus respectivos rangos de confiabilidad. En este análisis la variable independiente (eje X) fue el número de unidades y la dependiente (eje Y) el área ocupada por tipo de suelo. (Fig. 2.5)

La relación área número de unidades es muy clara en los dos grupos de datos que se forman dentro de la gráfica, por un lado los tipos planosol, vertisol, feozem y castañozem representados en la parte inferior de la gráfica, demuestran que al tener un número muy bajo de unidades edáficas (3 máximo), el porcentaje de área es considerablemente menor que los otros cuatro tipos (xerosol, rendzina, regosol y litosol), que son los que ocupan el 80% del área de la cuenca.

El análisis comprobó que el único tipo de suelo que se ubicó en los límites de confiabilidad, fue el regosol, ya que tuvo un comportamiento muy distinto a los otros tipos de suelo. Para los regosoles, conforme aumentó el número de unidades de mapeo (20% del total), decreció su área (8% del total).

#### Tamaño.

Respecto al tamaño de las unidades edáficas, se observó que debajo del rango de 200 km<sup>2</sup>, se ubicó el 71% del total de unidades de todos los tipos de suelo dentro de la Cuenca. Por lo que en general, dominaron unidades edáficas de poca superficie. ( Fig. 2.6 y Tabla 2)

Nuevamente fue el regosol el que resaltó, ya que fue el tipo de suelo que presentó la mayor cantidad de unidades pequeños. Esto se explica por la asociación negativa de área y porcentaje de unidades. El 85% de sus unidades son menores a 200 km<sup>2</sup> y solamente el 25% de las unidades edáficas de regosol son grandes. Por tanto podemos decir que el área total de regosoles se distribuye en un 85% en unidades pequeñas, es decir menores a 200 Km<sup>2</sup>

Tanto las Rendzinas como los Xerosoles presentaron, entre todos los otros tipos, la mayor cantidad de unidades edáficas grandes. Un 35% del total de unidades tanto de rendzinas como de xerosoles, fueron mayores de 200 Km<sup>2</sup> y el 65% restante se ubicó por debajo de los 200 km<sup>2</sup>, Tales resultados son explicados por la cantidad de área que poseen estos dos tipos de suelo dentro de la cuenca.

#### Forma.

Debe recordarse al leer los resultados que mientras más cerca es el valor a 1, la forma se acerca más a un círculo.

**Tabla 2**

**Relación entre las características espaciales y los distintos tipos de suelo.**

TIPO DE SUELO	ÁREA (valor medio en km )	NÚMERO DE UNIDADES	INDICE DE FRACCIONAMIENTO *	TAMAÑO		FORMA (valor medio) *
				>200 Km	>200	
X xerosol	401.78	16	0	65	35	2.37
E rendzina	345.12	13	0.07	65	35	1.84
litosol	341.67	10	0.1	30	70	1.85
K castañozem	382.61	3	0.33	66	44	1.53
R regosol	125.42	12	0.08	85	15	1.71
V vertisol	1,149.49	2	0.5	50	50	2.44
W planosol	15.71	2	0.5	100	0	1.27

• El valor de l indica que no existe fraccionamiento, es decir que hay una sola unidad de ese tipo de suelo.  
 • El valor uno indica que no existe deformación y que la unidad edáfica tiene forma circular.

Elaboró : Sheridan González Martínez, 1997.

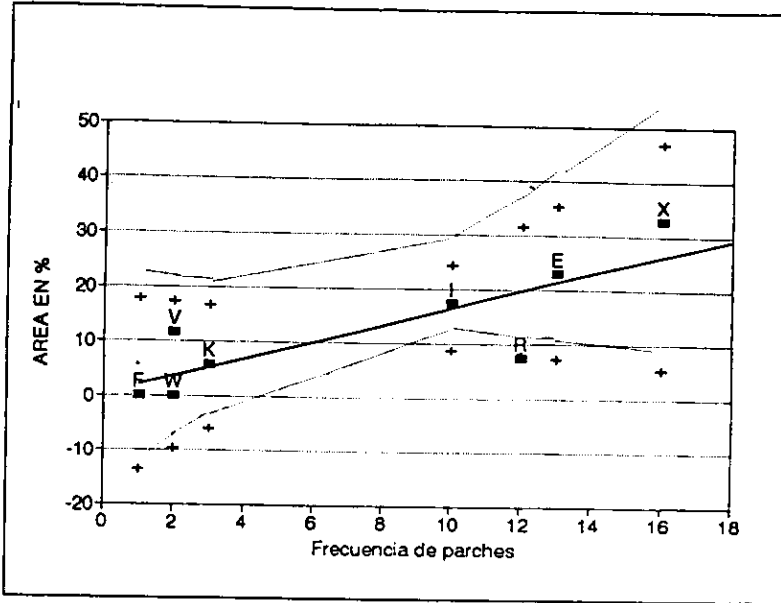


Fig. 2.5 Regresión entre el porcentaje de área y el número de unidades que presentó cada tipo de suelo  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

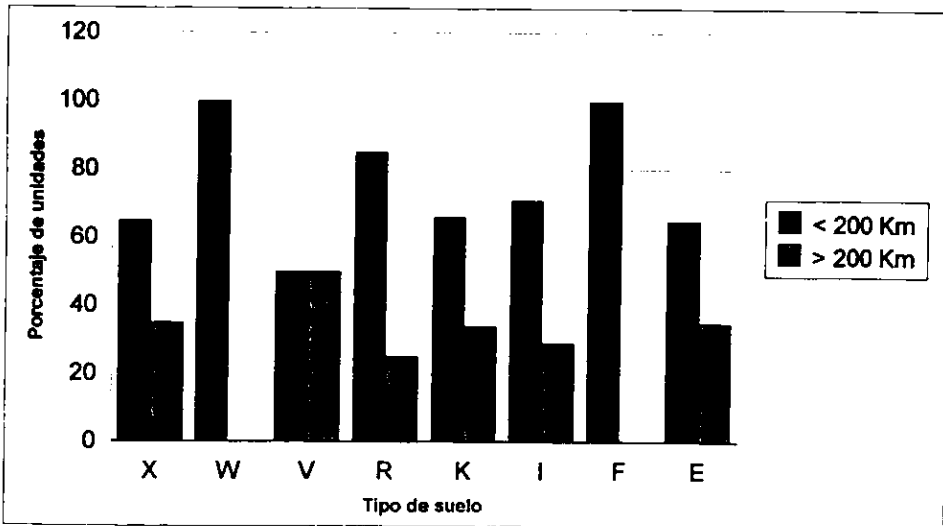


Fig. 2.6 Tamaño de las unidades por tipos de suelo.  
Elaboró Sheridan González Martínez.

Con base en el análisis estadístico, se observó que la desviación estándar fue menor que la media de la forma da cada unidad por tipo de suelo, lo que significa que los valores de forma de las unidades fueron cercanos al valor promedio calculado para cada tipo de suelo. Por tanto, se puede tomar el valor medio como representativo del grupo. (Tabla 2)

Los xerosoles fueron los que tuvieron el valor promedio más alto de deformación (2.4), esto indica que dentro de este tipo de suelo dominaron las unidades más irregulares. Sin embargo, debe aclararse que poco más del 30% del total de unidades de xerosol presentaron una forma más regular, igual a 1.6.

Lo anterior se correlaciona con que el 70% de las unidades de xerosol se ubican dentro de los valles intermontanos de la zona de sierras, relieve que influenció la mayor deformación en las unidades edáficas. (Fig. 2.6).

Tanto las rendzinas como los litosoles y regosoles tienen del 40 al 41%, de sus unidades edáficas con un promedio de forma de 1.3, este valor es en los tres casos, menor al promedio y por lo tanto representa una forma más regular para ese 40%, aunque el resto de sus unidades presentan un alto grado de deformación.

Las causas de la deformación de las unidades pudieron haberse relacionado con el porcentaje de área que abarca cada tipo de suelo, para comprobarlo se hizo un análisis de relación entre ambas características.

#### Forma y Área.

El análisis de regresión hecho para todas las unidades edáficas entre la forma y el área, demostró que la relación es significativa únicamente para los xerosoles ( $p=0.002$ ) y los regosoles ( $p=0.11$ ). Los resultados logrados a través de las gráficas, indicaron que la relación entre ambas características es positiva, es decir que al aumentar el área de las unidades edáficas aumenta la deformación de las mismas.

Los xerosoles y regosoles poseen una importante característica en común, y es que en general ambos presentan un rechazo con el relieve de sierras (zonas de fuerte pendiente) y prefieren ubicarse sobre zonas planas y piedemonte, respectivamente (zonas de acumulación). (Fig. 2.4). Y tanto los valles, las llanuras como los piedemonte, no presentan un relieve tan complejo que determine la forma de las unidades.

Por lo anterior y con base al análisis de regresión positiva entre forma y área se puede decir que sobre planicies y piedemonte en la región fisiográfica de la Llanura del Golfo, el área de las unidades es un primer factor determinante de la forma.

Sin embargo, hay que aclarar que se presentaron dos formas distintas de comportamiento dentro de los xerosoles, típicos de áreas planas. Por un lado, los xerosoles que se ubicaron dentro de los valles intermontanos en la zona de serranías, este grupo fue el que explicó el mayor porcentaje de fraccionamiento y la mayor deformación, ya que, aunque son zonas planas, por su ubicación, su forma se guió más por el relieve complejo de las sierras que por un efecto de área.

Por otro lado los xerosoles que predominaron en la Llanura Costera, siguieron el comportamiento de deformación dependiente del área.

La relación entre forma y área no resultó significativa para los litosoles y para las rendzinas. Este resultado se puede explicar por que los litosoles y más del 50% de las rendzinas se ubicaron sobre las sierras, por lo tanto, la forma de las unidades edáficas está mayormente definida por la forma compleja del relieve.

*Estructura Vertical, Factores Ambientales:*

Con el análisis de residuales fue posible comprobar la importancia de los factores ambientales principales antes mencionados.

Para los factores analizados de relieve, geología y un nuevo factor de vegetación, los resultados demostraron que la  $X^2$  (ji cuadrada) fue significativa en cuanto a la distribución de frecuencia de unidades por tipo de suelo. (Tabla 3). Lo anterior implica que el relieve, la geología y la vegetación son significativamente explicativos de la distribución de la frecuencia de las unidades edáficas por tipo dentro de la Cuenca Carbonífera.

*Tabla 3. Sumatoria de  $X^2$ .*

FACTOR AMBIENTAL	° DE LIBERTAD	SUMATORIA DE $X^2$	NO. TOTAL DE PARCHES
Geología	49	118.438	117
Relieve	21	36.907	59
Vegetación	56	58.122	118.438

Elaboró: Sheridan González Martínez.

### Relieve.

En el caso del relieve, se presentó una asociación claramente positiva entre las zonas de sierra y los litosoles, ya que sobre las sierras se localizaron el 90% de las unidades de litosol dentro de la cuenca. (Fig.2.4)

Esta situación resulta comprensible ya que los litosoles son suelos poco profundos, limitados por fases líticas, es decir que la roca madre se encuentra a un nivel muy superficial.

Para el caso de los xerosoles y los regosoles la asociación fue negativa, lo que significa que las zonas de sierra rechazan o impiden la presencia de suelos con las características de los xerosoles y de los regosoles. (Fig.2.7)

Esta relación negativa se explica porque los xerosoles son suelos más profundos y se ubican en zonas bajas, receptoras de material que fue erosionado precisamente de las zonas de mayor pendiente, como son las serranías.

El rechazo de los xerosoles frente a un relieve de serranía es más evidente dentro de un subgrupo de xerosoles que a pesar de localizarse dentro de la región fisiográfica de Sierra, no se desarrollaron propiamente sobre las sierras, sino que se encontraron precisamente sobre los valles intermontanos. Esta situación ocasiona que las unidades edáficas de este subgrupo denoten un alto grado de fraccionamiento y una fuerte deformación que afecta los resultados de todo el grupo de xerosoles.

De lo anterior destaca que para el subgrupo de xerosoles intermontanos, el factor relieve es el de mayor influencia sobre sus características espaciales y sobre su distribución.

Los regosoles, aunque también son suelos poco diferenciados como los litosoles, a diferencia de estos últimos, rechazan las sierras y prefieren zonas tales como, pie de montes y lomeríos (Fig.2.7), ya que son zonas que al ubicarse al este de la sierra, permiten un poco más la acumulación de material erosionado proveniente de la sierra que presenta fuertes pendientes. Esto se comprueba más adelante con base en la geología, ya que sobre las zonas de sierra, en donde se desarrollan los litosoles, existe solamente roca caliza terciaria, en cambio sobre los piedemonte, la presencia de lutitas indica una cierta acumulación de material ya erosionado y no la roca pura. (Fig.2.8)

A diferencia de las zonas de sierra, en las zonas de planicie se presentó una relación positiva con los xerosoles y los castañozem. Ambos tipos de suelo requieren, además de un clima seco o semiseco, de un relieve que les permita desarrollar suelos profundos de acumulación o aluviales.

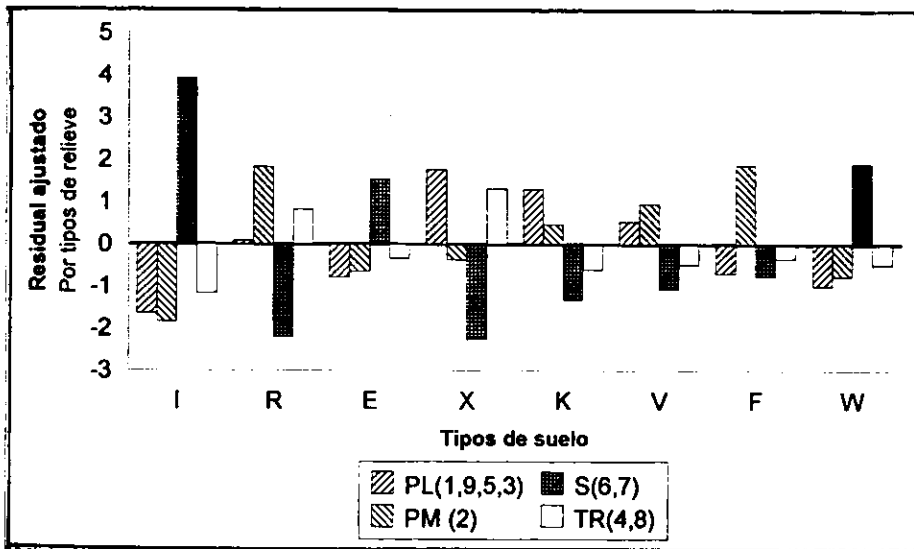


Fig. 2.7 Residuales ajustados de relieve por cada tipo de suelo. Si la barra alcanza 1.6 positivo o negativo la relación de un determinado tipo de suelo con ese tipo de relieve es significativa, ya sea para coincidencia o rechazo respectivamente. Elaboró: Sheridan González Martínez.

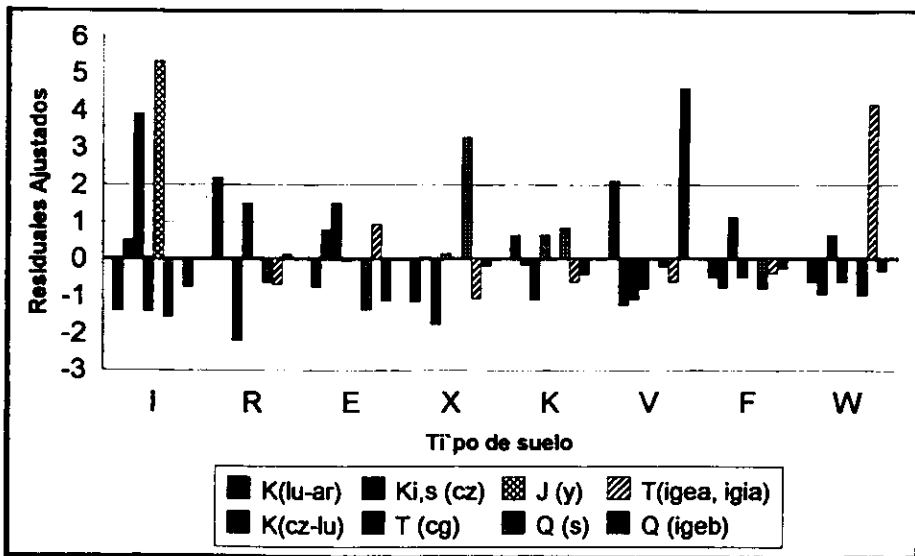


Fig. 2.8 Gráfica de residuales ajustados de geología por cada tipo de suelo. Las distintas clases de geología son: K (lu-ar) lutitas-areniscas del cretácico; K(cz-lu) calizas-lutitas del cretácico; Ki,s(cz) calizas del cretácico inferior o superior; T(cg) conglomerado terciario; J(y) yeso del jurásico; Q(s) suelo sedimentario del cuaternario; y las de tipo ígneo son: T(igea, igeb) roca extrusiva, ácida o básica; T(igia) roca ígnea intrusiva ácida; Q(igeb) suelo de origen ígneo. Si la barra alcanza 1.6 positivo o negativo, la relación entre el tipo de geología es significativa para coincidencia o rechazo respectivamente. Elaboró: Sheridan González Martínez.

Clima.

La variación del clima dentro de la cuenca, es en general mínimo, ya que el cambio es únicamente de los más secos a los menos secos de los propios climas secos esteparios (Ver figura 2.9), sin embargo las zonas de contacto entre dos subtipos climáticos distintos destacó la presencia de un tipo de suelo en especial, los castañoszem.

La ubicación de los castañoszem en primer lugar, en el extremo noreste de la cuenca, sobre las riberas del Río Bravo, denota un cambio climático hacia una zona más húmeda, más cercana al Golfo de México y sin barreras orográficas al este que le impidan el paso de la humedad. Esto se nota al comparar los climogramas de las estaciones de Allende (zona más seca) y la de Piedras Negras (menos seca). (Figuras 1.3 y 2.9).

En segundo lugar los castañoszem se localizan nuevamente, en un área plana pero de transición, sobre una meseta al este de la zona de serranías, este hecho resalta un cambio climático de una zona más húmeda (la sierra) a una más seca (el oeste de la Llanura Costera). Los climogramas de las estaciones meteorológicas que resaltan este cambio climático son las de Múzquiz, Sabinas y Nueva Rosita. (Fig.2.10)

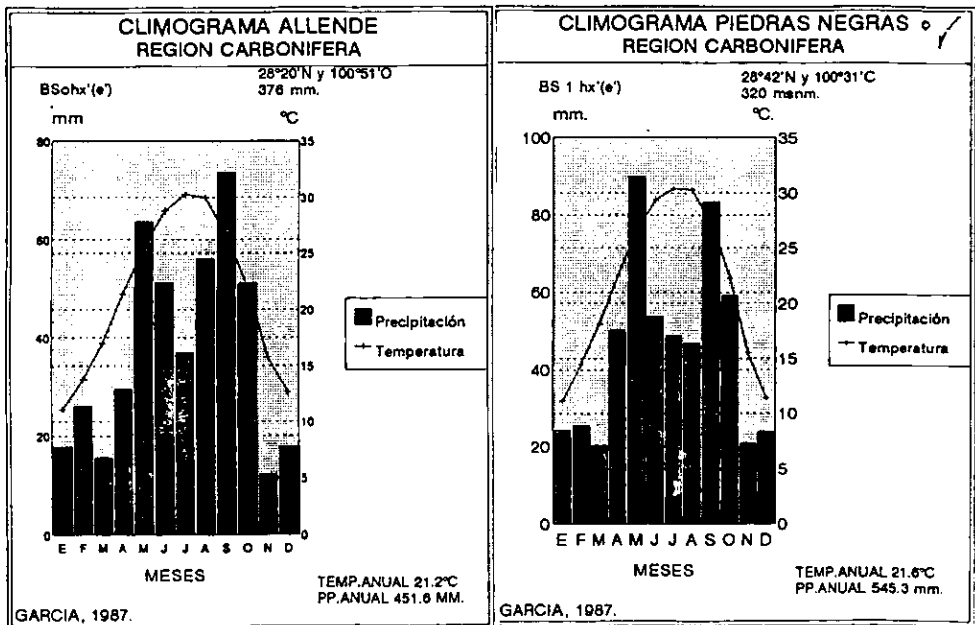
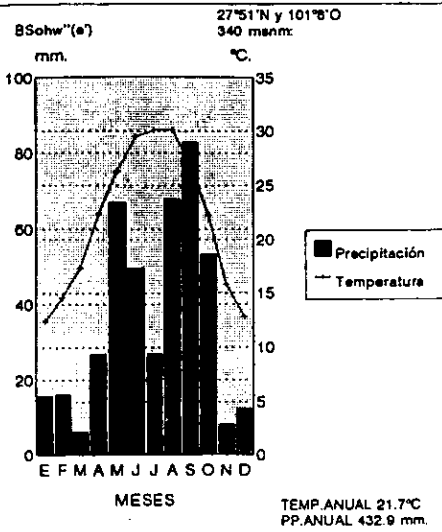


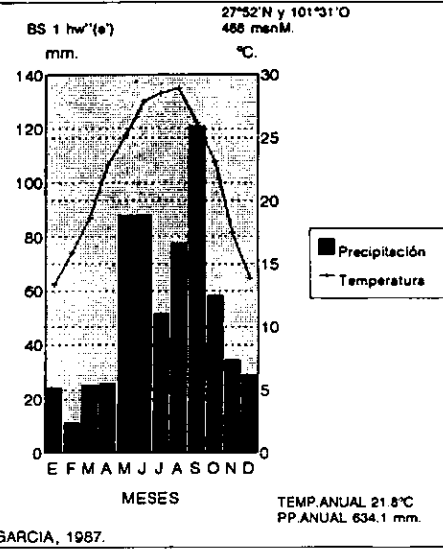
Fig. 2.9 Climogramas obtenidos de las estaciones meteorológicas dentro de la Cuenca Carbonífera.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.



**CLIMOGRAMA SABINAS  
REGION CARBONIFERA**



**CLIMOGRAMA MUZQUIZ  
REGION CARBONIFERA**



**CLIMOGRAMA NUEVA ROSITA  
REGION CARBONIFERA**

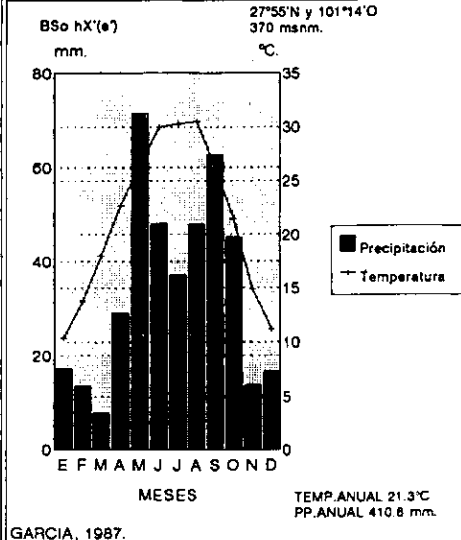


Fig. 2.10 Climoigramas obtenidos de estaciones meteorológicas dentro de la Cuenca Carbonífera.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

### Geología.

En cuanto a geología, la primer asociación positiva se presentó en los litosoles en relación con las rocas calizas del cretácico superior, las cuales son el material que conforma los plegamientos de las sierras. Dichos suelos rechazaron las zonas de acumulación de suelos cuaternarios de origen sedimentario. (Fig.2.8)

Sin embargo, como es lógico pensar, los xerosoles se ubicaron preferentemente sobre los suelos sedimentarios cuaternarios, que presentan materiales más finos que las lutitas y areniscas del cretácico. Tanto las lutitas como las areniscas fueron los materiales sobre las cuales se desarrollaron principalmente los castañozem.

Los regosoles que se asentaron predominantemente sobre piedemonte, tuvieron una relación positiva con la asociación de calizas-lutitas, materiales de desarrollo intermedio entre la roca caliza de las sierras y las lutitas-areniscas de los castañozem de zonas planas.

Las otras relaciones negativas que se presentaron, fueron las de xerosoles y regosoles con las rocas calizas del cretácico, ya que ambos requieren, como se dijo anteriormente, de material ya erosionado para formarse. (Fig.2.8)

La distribución de las rendzinas siguió un claro patrón geológico sobre las rocas calizas, por lo cual deberían presentarse de manera más abundante como unidades uniformes y continuas a lo largo de grandes extensiones dentro de toda la cuenca. Sin embargo, existieron otros factores como el clima, el relieve y la vegetación que determinaron la presencia de otros tipos de suelo que interrumpieron y fraccionaron la distribución constante de rendzina.

El último tipo de suelo que tuvo relación significativamente positiva fue el vertisol con los suelos cuaternarios de origen ígneo. (Fig.2.8)

### Vegetación.

El factor ambiental de vegetación, al ser un elemento indicador, se tomó como consecuencia de la distribución de los suelos dentro de la cuenca y a la vez como resultado de la influencia que ejercen los factores o elementos diferenciadores del paisaje, en este caso de la cuenca.

Respecto a la relación de la vegetación con los tipos de suelo se observó una marcada diferencia entre los suelos poco desarrollados y los suelos más profundos. Esta diferencia se explica a continuación respectivamente.

Sobre suelos de tipo litosol y planosol, se desarrollaron principalmente el chaparral. (sustituto actual del bosque), lo que aún resta de bosque de encinos y en tercer lugar el matorral submontano. Los litosoles además presentaron un rechazo significativo al tipo de vegetación denominado matorral desértico micrófilo, al matorral tamaulipeco y al pastizal. (Fig.2.11)

En contraste con los litosoles y planosoles, los de tipo xerosol, castañozem y feozem, expresaron una relación positiva con el matorral desértico micrófilo, el matorral tamaulipeco y con áreas en donde se realiza la agricultura. Además presentaron un marcado rechazo a la vegetación típica de los suelos poco desarrollados, es decir, al chaparral. (Fig.2.11 y 2.12)

Este comportamiento de la vegetación, confirma la importancia que reviste el relieve como factor diferenciador clave sobre la distribución tanto de suelos como de la vegetación, ya que los suelos poco profundos como son el litosol y el planosol asociados fuertemente con el chaparral, se desarrollan únicamente sobre zonas montañosas, y rechazan de manera significativa al tipo de vegetación que se presentó sobre zonas planas o bajas de depositación, como el matorral desértico micrófilo y al tamaulipeco.

Por otro lado los suelos mejor desarrollados de las zonas de depositación, presentaron significativa asociación con el tipo de vegetación que fue precisamente rechazado por los suelos de tipo montañoso, es decir con el matorral tamaulipeco y el desértico micrófilo. (Fig 2.11)

#### *Conclusiones por tipo de suelo:*

De acuerdo con las características y factores de distribución anteriormente analizados podemos realizar el análisis del último eje que es cada tipo de suelo. (Tabla 2)

Los Xerosoles en general, resultaron estar muy fraccionados (sobre todo a causa del subgrupo intermontano), pero a diferencia de los regosoles, que tuvieron el mayor índice de fraccionamiento, las unidades de xerosol fueron más grandes (35% > 200 km<sup>2</sup>), ya que a pesar de tener gran número de unidades (27%) posee la suficiente área dentro de la cuenca (33%) para repartirla entre sus parches.

Dentro de los xerosoles se distinguieron dos grupos, por un lado los xerosoles de los valles intermontanos en la zona de serranías y por otro lado los xerosoles que predominaron en la Llanura Costera. Los primeros modificados principalmente por el factor relieve y los segundos controlados preponderantemente por el factor climático.

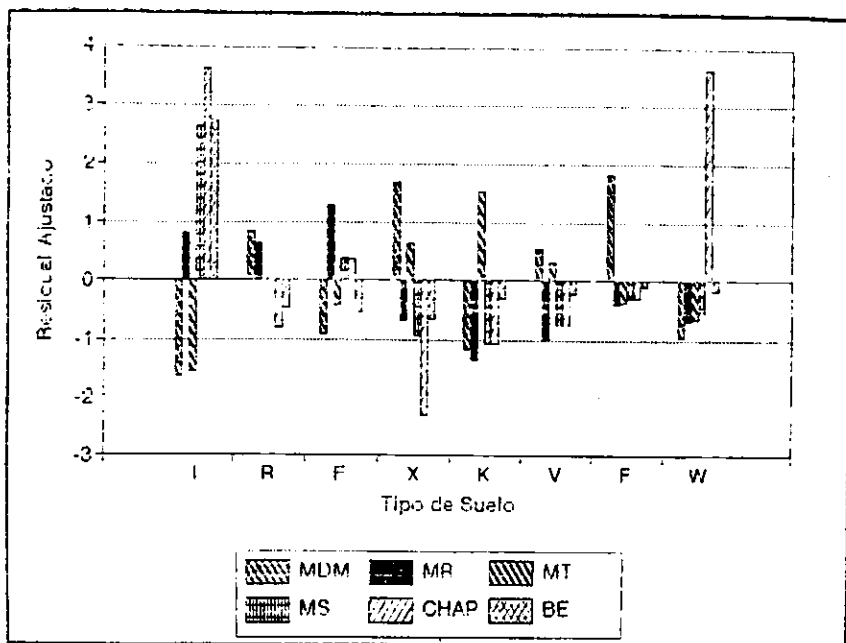


Fig. 2.11 Gráfica de residuales ajustados de vegetación por cada tipo de suelo. Las clases de vegetación son: matorral desértico micrófilo (MDM); matorral rosetófilo (MR); matorral tamaulipeco (MT); matorral submontano (MS); chaparral (CH); bosque de encino. Elaboró: Sheridan G. M.

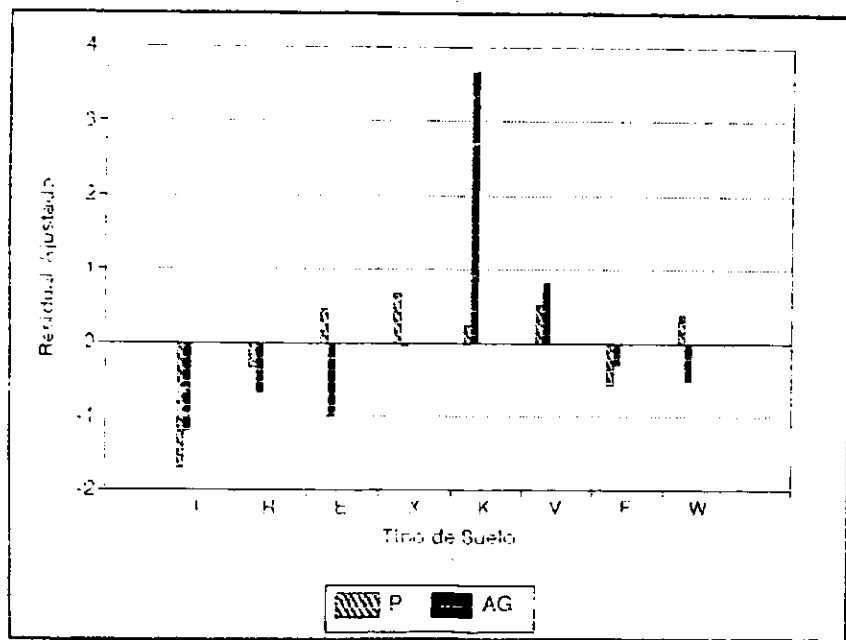


Fig. 2.12 Residuales ajustados. Tipos de vegetación por cada tipo de suelo. Las clases de vegetación son: pastizal (P) y agricultura (A). Elaboró: Sheridan González Martínez.

Los Litosoles presentaron unidades edáficas continuas, pero deformes, al menos en un 60% de ellas, debido a cuestiones de relieve. La continuidad y deformidad de las unidades se explicó por que el relieve de sierras es el factor más fuertemente determinante de la presencia y características de los suelos, sobre los otros factores que se encuentran en la parte oeste de la cuenca.

El tamaño de las unidades de litosol fue muy variable, lo cual se observó en el coeficiente de variación de sus áreas por unidad edáfica, que fue el más alto. Esto es debido también a la fuerte relación de dependencia con la complejidad del relieve de sierras.

Las Rendzinas mostraron un alto índice de fraccionamiento (0.07), con un tamaño de sus unidades similar al de los xerosoles (65% < 200 km<sup>2</sup>) y con poca deformación.

Los Regosoles presentaron la mayor cantidad de fraccionamiento, es decir, gran cantidad de unidades respecto al área que ocupan dentro de la cuenca (8%) y de tamaños muy pequeños, con una fuerte deformación explicada por el área que abarcan sobre todo en zonas de piedemonte.

#### *Perfil Asociado a Factores Ambientales:*

En general, es posible presentar una distribución de los suelos sobre un perfil topográfico de acuerdo con el factor más explicativo presente justamente en donde se ubica el determinado tipo de suelo. (Fig.2.12)

Cabe aclarar que, debido a que el relieve y la geología fueron los dos factores más determinantes de la distribución de los suelos, es en este orden que se siguió con la explicación del perfil topográfico.

Es precisamente en la región de la Sierra Madre Oriental perteneciente a la cuenca, en donde el relieve es el factor más determinante, tanto de las características como de la distribución de los suelos que ahí se desarrollan. De tal manera que, es sobre la serranía en donde se ubicaron preponderantemente las calizas y se desarrollaron los litosoles y con un patrón menos determinante las rendzinas.

Sobre las regiones de piedemonte asociadas principalmente con calizas-lutitas se ubicaron los regosoles.

De igual manera que en la región de la sierra, es el relieve el que determina mayormente, en la región de la Llanura es la geología el factor que influye preponderantemente sobre las características espaciales y la distribución de los suelos ahí presentes.

Las zonas planas determinaron la presencia de xerosoles y de suelos castañozem. Para los xerosoles la asociación fue muy clara con los suelos cuaternarios de origen sedimentario y para los castañozem con lutitas-areniscas.

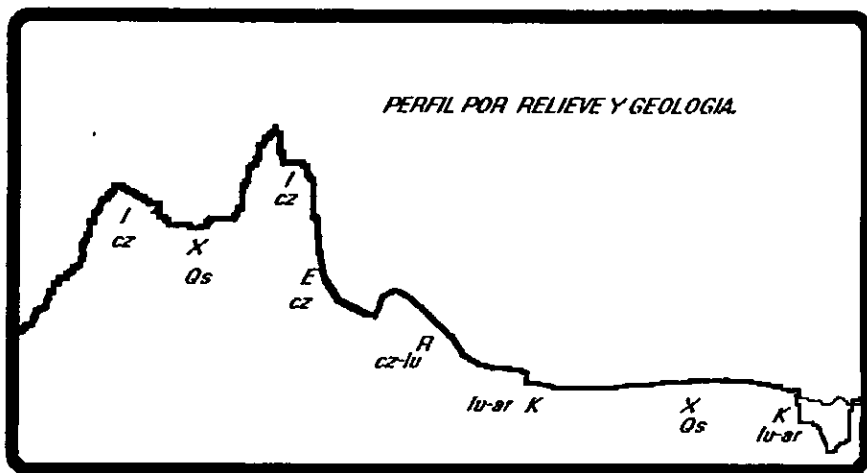
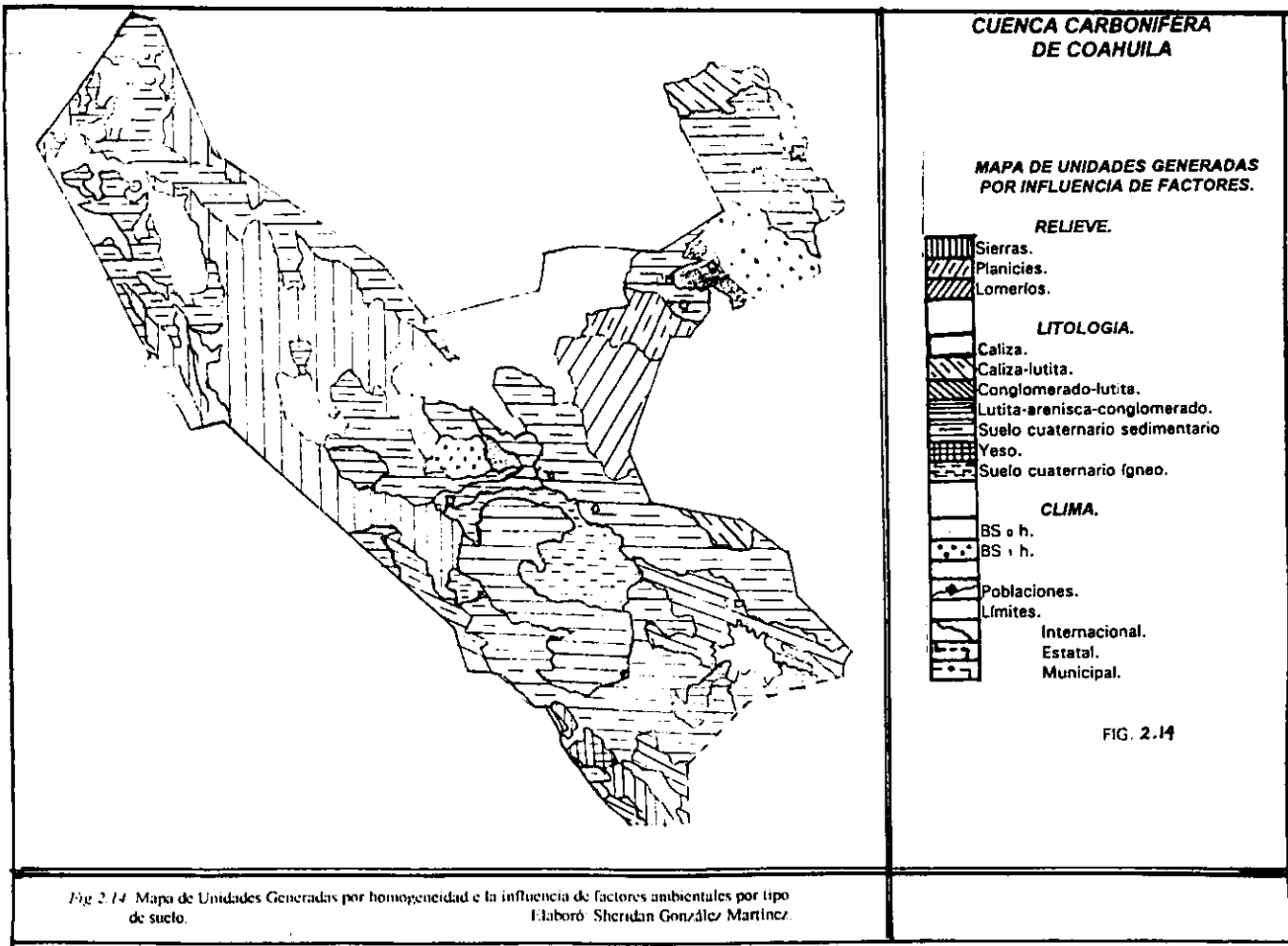


Fig. 2.13 Perfil hipotético, representativo de la relación entre los factores geológicos y de relieve con cada tipo de suelo dentro de la Cuenca Carbonífera.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

Las rendzinas son dentro del grupo representativo de suelos, los únicos que no siguen un claro patrón de distribución con base a los factores ambientales, es decir, no mostraron ninguna relación claramente significativa con ninguno de los factores. Esto se explica porque su presencia está asociada a la de rocas calizas, pero como dentro de la cuenca la roca madre es principalmente caliza y está distribuida por toda la zona, no representa un factor significativo o determinante a esta escala para la distribución de las rendzinas.

Es importante destacar la presencia y distribución de los castañozem (K), dentro del perfil, ya que nos indicó una característica climática muy importante dentro de la cuenca.

Su ubicación 1) entre la Sierra y la Llanura Costera, y 2) entre el límite de la Cuenca Carbonífera al noreste y la parte este del Río Bravo (no contemplada dentro de la zona de estudio), nos mostró el cambio de un clima más húmedo a uno más seco en el primer caso, y de uno más seco a uno más húmedo en el segundo caso.



### CAPITULO 3

#### ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS.

##### INTRODUCCIÓN.

Dentro de una región definida los estudios realizados sobre las características físicas, entre ellas las edafológicas, se basan en la certeza de las clasificaciones preestablecidas de tales elementos físicos.

Sin embargo, existen diferencias aún al interior de cada clasificación, que pueden ser importantes para estudios que pretenden realizar a futuro un manejo y conservación de los recursos naturales.

Para el caso de este estudio, las diferencias en las clasificaciones edafológicas revisten gran importancia, ya que al modificar algún factor ambiental se espera observar determinada reacción sobre un tipo definido de suelo. Estos tipos definidos son tomados con base en la clasificación de la FAO-UNESCO.

Este capítulo pretende probar la coincidencia de las propiedades químicas y físicas al interior de cada tipo de suelo. En caso de que los resultados de las propiedades de las muestras coincidan con la agrupación por tipos de suelo, entonces si se podría hablar de un manejo por tipo. Pero en caso contrario, se haría necesario destacar cuales son las diferencias y las causas naturales que ocasionan la incongruencia de las propiedades con los tipos de suelo.

Además este capítulo complementa la información acerca de las características de los suelos dentro de la región carbonífera, a través de análisis de laboratorio que aclararon no solamente las propiedades de los suelos, sino también la relación con los factores ambientales, posibles causantes de la incongruencia mencionada.

##### *Propiedades Físicas.*

Las propiedades físicas de los suelos analizadas fueron: color, estructura, textura, profundidad, drenaje y porcentaje de pedregosidad. Estas propiedades se obtuvieron directamente en campo, sin embargo las tres primeras requirieron además de un análisis de laboratorio.

Color.



El color es la característica más evidente del suelo y puede ayudarnos en primer instancia a suponer algunas de las características del mismo.

El color "tiene relaciones importantes con el clima, [el material madre] y el contenido de materia orgánica. Por ejemplo, en una provincia climática los suelos derivados de diferente material madre pueden tener las mismas características de color e inversamente, los suelos originados por un material madre idéntico pueden diferir grandemente cuando se desarrollan en climas distintos". Lo anterior evidencia la influencia del clima sobre el material madre y su expresión en una propiedad física como lo es el color. (Ortiz, 1984)

Los colores se determinan más específicamente mediante la comparación con la tabla de Munsell, la cual indica el matiz o tinte, el brillo y la saturación.

#### Estructura.

La estructura se tomó como "la capacidad del suelo para formar pedos (agregado natural del suelo) espontáneamente, y para que estos a su vez formen agregados más pequeños sin intervención del hombre" (Aguilera M., 1980).

La importancia de la estructura radica en la influencia que tiene sobre el drenaje, aereación, desarrollo de raíces, y en la facilidad de labranza, por tanto en la productividad del suelo.

La estructura de tipo granular es la más importante y conveniente para la producción de cultivos en general. Este tipo de estructura es relativamente no porosa, con agregados pequeños (menos de 2 cm) y esferoidales. Generalmente se ubican en el horizonte "A". (Fig.3.1)

#### Textura.

La textura del suelo o la proporción relativa de arenas, limos y arcillas del suelo, reviste importancia porque afecta a la cantidad de agua que puede almacenar un suelo, el movimiento del agua dentro del suelo, la facilidad de abastecimiento de nutrientes, de agua y de aire, y por ello la vida de las plantas.

En general se estima que los suelos finos o arcillosos son los más fértiles por su mayor capacidad de adsorción de nutrientes y de retención de agua.








Tipos de estructura	Descripción de los agregados	Esquema de los agregados	Bloques subangulares	Peds similares a bloques limitados por otros agregados, cuyas caras angulares redondeadas forman el molde del ped.	
Granular	Relativamente no porosas; peds pequeños y esféricos no ajustados a los agregados adyacentes.		Prismática	Peds similares a columnas con las partes superiores no redondeadas. - Otros agregados prismáticos forman el molde del ped. Algunos agregados prismáticos se rompen en peds de bloques más pequeños.	
Migajosa	Relativamente porosa; peds pequeños y esféricos; no ajustados a los agregados adyacentes.		Columnar	Peds similares a columnas con las partes superiores redondeadas y limitadas por otros agregados columna res los cuales forman el molde de los peds.	
Laminar	Agregados similares a placas. Las placas a menudo se superponen e impiden la permeabilidad.				
Bloques	Peds similares a bloques limitados por otros agregados, cuyas caras angulares bien definidas, forman el molde del ped. Los agregados a menudo se rompen en bloques más pequeños.				

Fig. 1.3 Estructura de los agregados del suelo.

#### Propiedades Químicas

Los análisis de las propiedades químicas consistieron en la determinación del potencial hidrógeno (pH), porcentaje de materia orgánica (MO), contenido de nitrógeno y fósforo total (Nt y Pt).

#### Potencial Hidrógeno.

Una característica muy especial de los suelos desérticos es su alto grado de salinidad, como lo confirman muchos autores. En regiones secas los suelos encierran alto contenido de bases debido principalmente a que el agua, bajo estas condiciones es escasa. "Al aumentarse la precipitación pluvial el contenido de sales solubles se reduce a un nivel bajo, y cualquier cantidad de sulfato o carbonato de calcio presente, es desplazada". (Aguilara, 1980)

El grado de salinidad de los suelos se conoce a través del cálculo del potencial de la actividad del ion hidrógeno o pH. Este valor no es constante, varía con la relación suelo-agua que se emplee en el procedimiento

Los suelos considerados básicos son aquellos que tienen un pH elevado, por ejemplo:

Suelos con pH de 6.5 a 8 están esencialmente saturados con bases, no se encuentra aluminio intercambiable, puede estar presente  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de calcio) libre solamente si está bien protegido dentro de agregados del suelo.

Suelos con pH de 8 a 8.5 están completamente saturados con bases y en el sistema está presente  $\text{CaCO}_3$  libre, la población de cationes intercambiables en su mayoría está constituida por  $\text{Ca} + \text{Mg}$ . (Buol, 1981).

"El valor de esta determinación estriba principalmente en el conocimiento que de ella puede desprenderse sobre algunas características asociadas al pH, por ejemplo, disponibilidad del fósforo, magnesio, etc." (Ortega E. 1978).

El efecto sobre una base intercambiable, como el fósforo se puede resumir como sigue: "la disponibilidad por las plantas de este elemento tiende a aumentarse conforme el pH del suelo se acerca a la neutralidad" (*Ibidem.* 1978).

Lo que nos indica que en suelos con pH básico la disponibilidad del fósforo por las plantas es reducida.

Otro efecto del pH del suelo se observa sobre la descomposición de la materia orgánica, la cual en términos generales, aumenta conforme la acidez disminuye. Sin embargo se ha observado que el grado de acidez no afectan a la mineralización (liberación) del nitrógeno y el carbono, componentes principales de la MO.

Por lo anterior, en los suelos básicos, se espera una descomposición de la materia orgánica lenta.  
Materia Orgánica.

La fracción orgánica del suelo, representada por la materia orgánica, incluye todos aquellos materiales de origen vegetal o animal que se encuentran en diferentes estados de descomposición en el suelo. Dicha materia afecta un gran número de las propiedades de los suelos, por ejemplo interviene en:

1) El color de los suelos, les da su color oscuro característico; 2) favorece la formación de agregados estables y reduce la plasticidad y cohesión; aumenta la capacidad de retención del agua y la capacidad de intercambio iónico; 3) favorece la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre a través de la mineralización (liberación) de sus compuestos orgánicos; 4) tiene efecto amortiguador regulando el

pH de los suelos; 5) participa en procesos pedogenéticos; y 6) produce sustancias inhibitoras y/o activadoras de procesos químicos y microbianos. (*Ibidem.* 1978).

Por último representa una muy importante fuente de reserva de nutrientes vegetales que se transforman en forma aprovechable mediante la acción microbiológica y química.

La preponderante relación de la materia orgánica con el nitrógeno es porque este macronutriente se encuentra casi en su totalidad en los suelos en forma orgánica. La relación carbono:nitrógeno ha demostrado tener una gran influencia en la velocidad de descomposición de la fracción orgánica del suelo, en la fijación atmosférica del nitrógeno, etc. independientemente del tratamiento al que se encuentre sujeto el suelo. (*Ibidem.* 1978)

La contribución que el fósforo aporta a la materia orgánica del suelo ha sido ampliamente demostrada. En muchos suelos, los compuestos orgánicos de éste elemento representan más de la mitad de su reserva total. (*Ibidem.* 1978)

Una vez aclarada la importancia del nitrógeno y el fósforo dentro de la materia orgánica del suelo, pasaremos a explicar cada uno por separado.

#### Nitrógeno Total.

El nitrógeno es importante como un elemento esencial para el desarrollo de las plantas. Aproximadamente el 75% de los suelos cultivados en México contienen en su capa arable entre 0.02 y 0.4% de nitrógeno total.

Respecto a su relación con los elementos climáticos, es importante aclarar lo siguiente: el mayor aporte de nitrógeno al suelo lo da la materia orgánica proveniente de la vegetación local, si la vegetación se mantiene constante, es decir poco alterada, la acumulación de MO, y por tanto de nitrógeno, es regulada por las condiciones climáticas.

Con base en lo anterior, Ortega (1978) menciona que: Si la humedad se mantiene constante, el contenido de nitrógeno disminuye conforme aumenta la temperatura anual y el contenido puede llegar hasta un límite inferior de cero. Asimismo muestra que si la temperatura es la que se mantiene constante, el contenido de nitrógeno aumenta conforme lo hace el factor de humedad. (Figs.3.2 y 3.3).

Por lo anterior se espera que el contenido de nitrógeno, en zonas semiáridas, sea muy bajo.

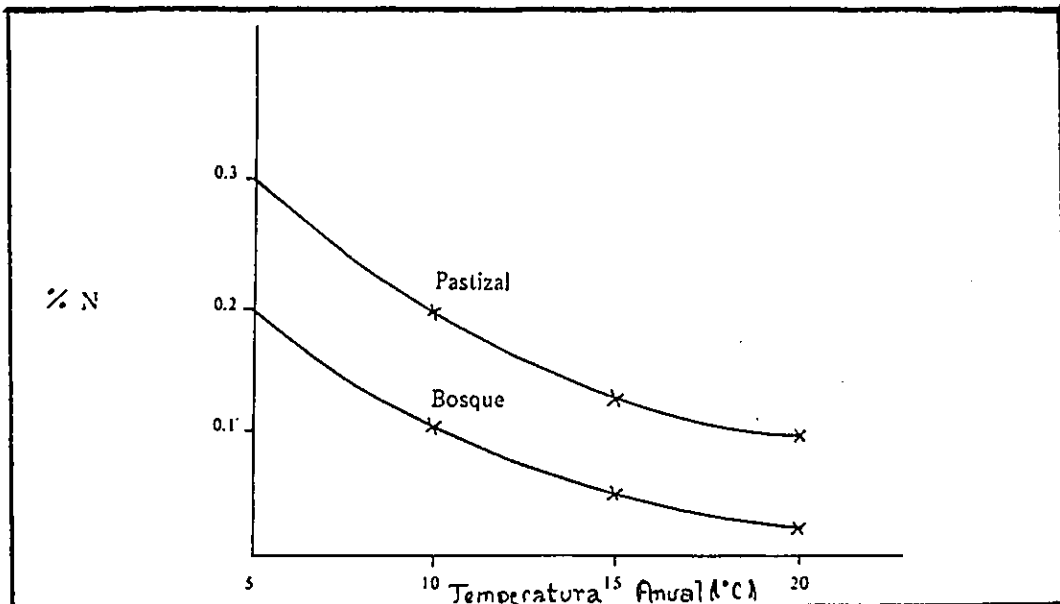


Fig.3.2 Relación entre la temperatura y el contenido de nitrógeno total en el suelo (Jenny).  
Fuente: Ortega E. 1978.

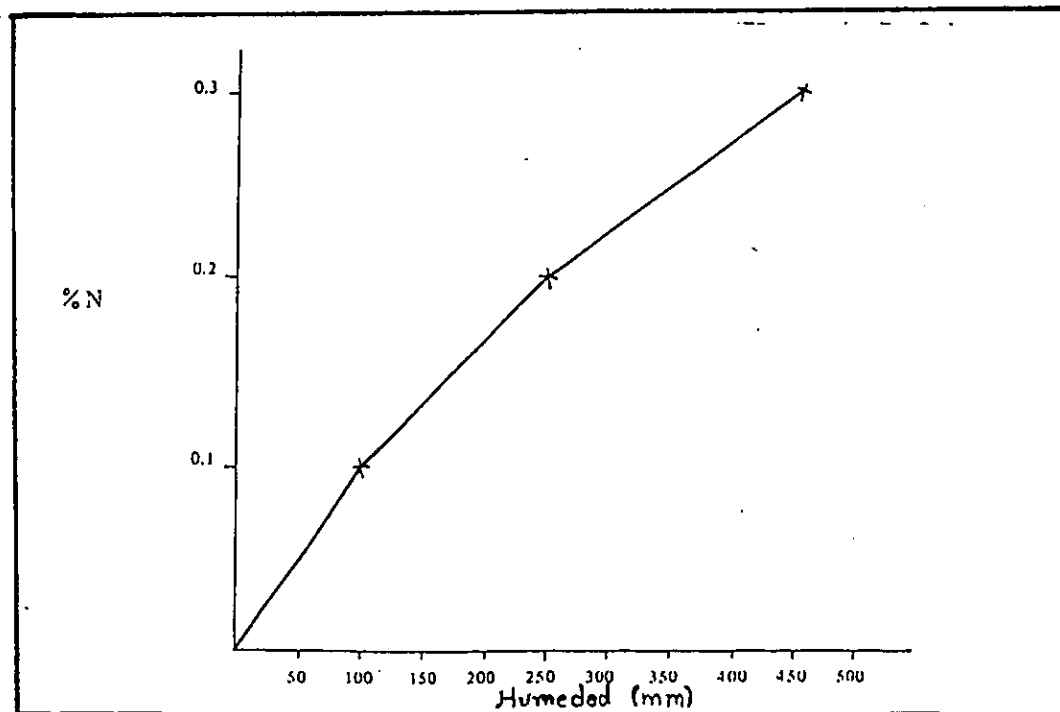


Fig.3.3 Relación entre el factor humedad y el contenido de nitrógeno total en el suelo (Jenny).  
Fuente: Ortega E. 1978.

Cabe señalar que los factores locales que afectan la cantidad de nitrógeno son:

a) Bajos contenidos de nitrógeno en pendientes pronunciadas son el resultado principalmente de condiciones de sequía locales y pérdidas por erosión.

b) Deficiencias de drenaje en las partes bajas pueden aumentar el contenido de materia orgánica y nitrógeno,

c) La textura también tiene efecto, el nitrógeno aumenta conforme la textura es más fina, debido principalmente a las características de aireación, capacidad de retención de agua y tendencia de la porción mineral del suelo a combinarse con la materia orgánica. Bajo condiciones anaeróbicas existe cierta producción de amonio a partir del nitrógeno orgánico, pero para la producción de nitratos, es necesaria la presencia de oxígeno libre.

d) La profundidad también la afecta, aunque en general se puede decir que la mayor porción de nitrógeno y materia orgánica se encuentra en los primeros 60 cm del perfil. (*Ibidem.*,1978)

Por tanto se esperaría mayor concentración de nitrógeno sobre zonas de superficie de piedemonte, valles al pie de las sierras con texturas arcillosas y menor en las laderas de pendientes pronunciadas sin suelo formado.

Fósforo Total.

Con relación al fósforo, el contenido de este elemento en la litosfera ha sido reportado con la cifra de 0.28% de  $P_2O_5$  (fosfato). En los suelos los porcentajes de este elemento pueden variar desde 0.03 a 0.22%.

Los factores que influyen en el contenido y retención del fósforo son:

a) A medida que la temperatura aumenta la velocidad de adsorción del fósforo también aumenta.

b) La adsorción máxima del ion fosfato se presenta a pH bajos (3.0 a 4.0).

c) Si el tamaño de las partículas disminuye, la adsorción del ion fosfato aumenta, por lo que los suelos arenosos tienen menor capacidad de adsorción.

d) Algunas sales ayudan a la adsorción del ion fosfato, por ejemplo el cloruro de sodio o de potasio a pH de 6 a 7.

Las temperaturas elevadas en las zonas semiáridas de Coahuila, ayudarían a la retención del fósforo, sin embargo el grado tan bajo de acidez no favorece tal retención.

## METODOLOGÍA.

Para analizar las propiedades físicas y químicas de los suelos fue necesario realizar un muestreo previo de campo.

El muestreo de campo se realizó eligiendo puntos de muestreo al azar dentro de la cuenca para no predeterminar características de ciertos tipos de suelo.

Ya en campo, el muestreo se realizó sobre puntos definidos a lo largo de cuatro grandes transectos, los cuales fueron trazados sobre las carreteras principales. El trazado de toma de muestras cerca de la carretera obedeció a causas de fuerza mayor y desafortunadamente implicó un posible sesgo de los resultados. (Fig 3.4)

En cada sitio de muestreo, sobre los cuatro principales transectos, se tiraron 3 pequeñas líneas de muestreo de 15 m cada una, que partieron de un mismo punto. Cada línea se dividió en tres partes iguales de 5 m., y por cada 5 m sobre las líneas se obtuvo una muestra de 10 cm.. Por lo tanto se recabaron 9 muestras por sitio.

También en cada sitio se anotaron datos de campo como pendiente, altitud, drenaje, porcentaje de pedregosidad, etc.

Las propiedades físicas y químicas de cada tipo de suelo, se analizaron mediante métodos y técnicas de laboratorio específicas para cada propiedad.

La relación que pueda existir entre los factores ambientales y las propiedades físicas y químicas de los suelos, se descubrió mediante un análisis estadístico de los resultados obtenidos en el laboratorio.

Este análisis aporta una prueba más de la relación que existe entre las características propias del suelo con sus factores espaciales (distribución, área y forma) y con los factores ambientales más preponderantes.

Las muestras de suelo fueron tomadas en total en 15 sitios, que se obtuvieron con base a las variaciones más notables de vegetación.

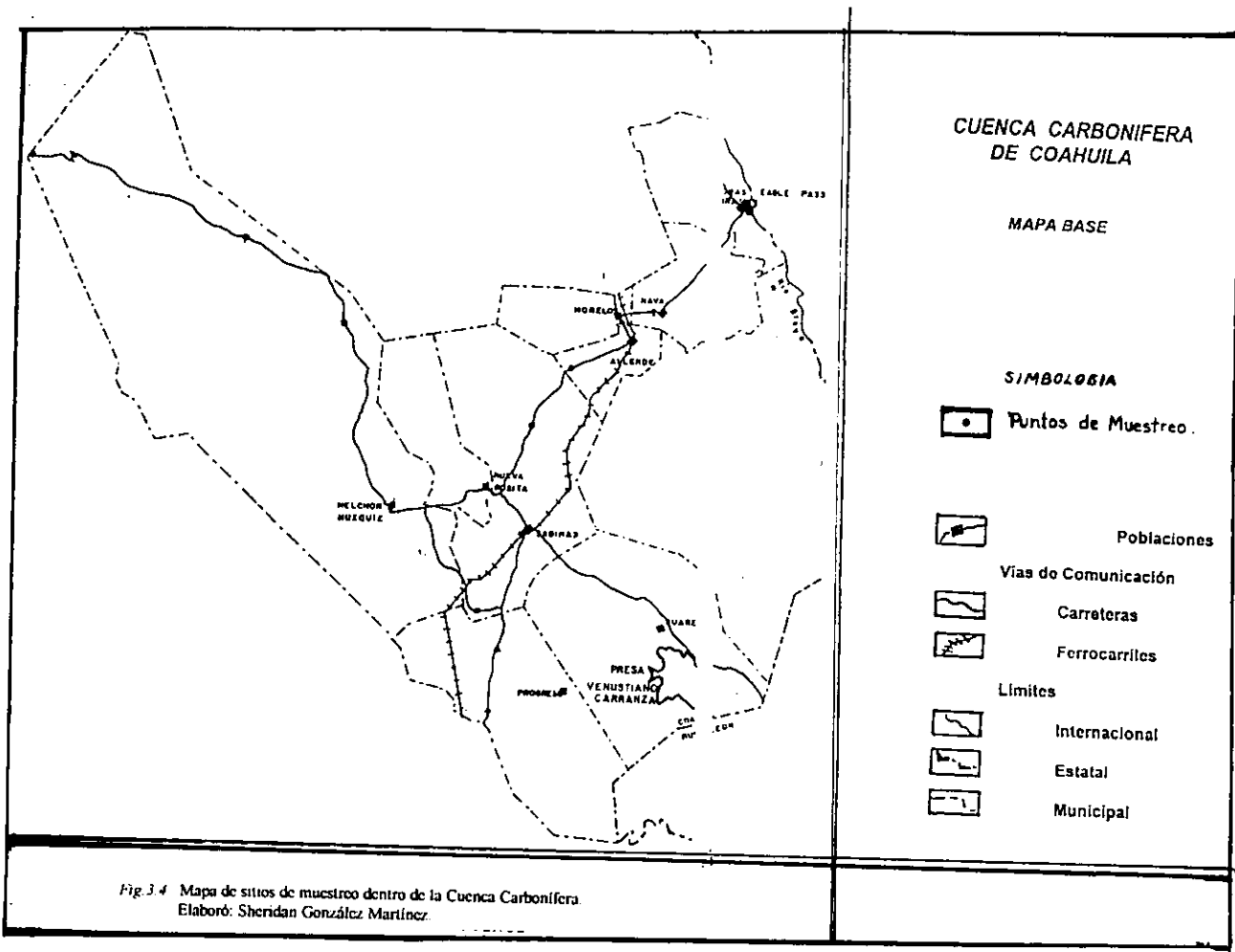


Fig. 3.4 Mapa de sitios de muestreo dentro de la Cuenca Carbonífera.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.



Al comparar los sitios de muestreo con la carta edafológica se obtuvo la relación de los tipos de suelo sobre los cuales se hizo muestreo. Esta relación es la siguiente:

5 sitios sobre xerosoles, 5 sobre rendzinas, 3 sobre vertisoles, 1 sobre regosoles y 1 sobre castañozem.

Los análisis de laboratorio se dividieron para su estudio en físicos y químicos. Dentro de los físicos se obtuvieron: el color, la estructura y la textura. Los químicos comprendieron el potencial hidrógeno (pH), porcentaje de materia orgánica (%MO), nitrógeno total y fósforo total.

*Análisis físicos:*

Para distinguir las coloraciones de las muestras de suelo se utilizó la "Tabla Munsell" que definió más detalladamente las diferencias en color que se notaban a simple vista.

La estructura de los suelos se obtuvo partiendo los bloques o terrones de suelo, cuando existían, y/o comparando la tierra suelta con las descripciones e ilustraciones que se presentan en el libro de "Edafología" de la Universidad de Chapingo. (Ortiz V.,1984)

La textura se analizó de acuerdo al método de Bouyoucos (*Ibidem.* 1984), sin embargo no presenta una confiabilidad suficiente al separar las arenas de los limos y las arcillas, puesto que no disocia los agregados °

A causa de lo anterior, se realizó una modificación a tal método, en el cual primero se trató a las muestras con una solución de Hexametáfosfato de Sodio al 5% en agua destilada.(Elliot,*et.al.* 1991).

Se pesaron 2 gr. de cada muestra de suelo, se le agregó 10 ml. de solución, se agitó durante 18 horas y se pasaron las muestras a través de un tamiz con una abertura de 0.255 mm. Se recuperó el suelo que quedó sobre el tamiz, se secó, se pesó y se obtuvo la diferencia de peso, más tarde se multiplicó por 100 y así resultó en porcentaje de arenas.

La ventaja de esta modificación es que rompe los agregados más grandes, dando así un resultado más confiable de la cantidad real de arenas que contiene el suelo. El porcentaje de limos y arcillas va se obtuvo con el método normal de Bouyoucos.

° agregados: material de suelo congregado o unido por enlaces de raíces o tejidos orgánicos que pueden aparecer como arenas sin serlo.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

#### *Análisis Químicos:*

El principal análisis químico fue el porcentaje de MO, ya que es un índice muy importante de las propiedades y usos del suelo, sobre todo si se estudia con fines de usos alternativos.

Debe aclararse que debido a que el muestreo se tomó a una profundidad de 10 cm, el porcentaje de MO se refiere al nivel más superficial.

Para conocer este índice, se recurrió al método de Walkey & Black. (Ortiz, 1980)

La determinación del grado de acidez de los suelos (pH) se hizo a través del potenciómetro previamente calibrado, con soluciones de pH 7 y 10. La relación de suelo-agua fue de 10 gr de suelo por cada 25 ml de agua destilada.

Dentro de los macronutrientes más importantes del suelo se determinaron el nitrógeno y el fósforo total (Nt y Pt).

Ambos se calcularon en partes por millón (ppm) a través del método de Kjendahl, y la determinación se hizo en forma automática por medio del autoanalizador, aparato que a través de longitudes de onda, calcula el Nt y Pt de las muestras previamente digeridas. (Binkley, 1993)

#### *Análisis de Resultados:*

El estudio de los resultados se basó en un análisis estadístico de componentes principales con el fin de conocer si los elementos estudiados (variables) explicaban la formación de grupos que coincidieran con la clasificación por tipos de suelo.

Los elementos que se consideraron como variables fueron: porcentaje de arenas, potencial hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt) y fósforo total (Pt), por un lado, y cada uno de los sitios de muestreo por otro.

Las variables se organizaron a manera de matriz de datos, en la cual las variables verticales fueron los sitios de muestreo y las horizontales las propiedades, por tanto se creó al interior de la matriz una nube de datos, que al ser analizados se agruparon siguiendo el criterio general de mayor dispersión entre los mismos (varianza).

De esta manera, se pudieron distinguir dos aspectos importantes, el primero la formación de grupos en sí, y el segundo saber si esta formación es un efecto de sitio (sobre un tipo de suelo definido).

o de determinada propiedad física o química. Además se relacionó la agrupación de los datos con los factores ambientales dentro de la cuenca.

Los llamados componentes principales son ejes que la propia función trazó, con base a una variable elegida por la misma, para representar la mayor varianza entre las variables que se desean especificar como influenciadoras o determinantes de la formación de grupos.

Los componentes fueron estandarizados para quitar el problema de escalas entre las variables. Se utilizó el doble centrado para calcular solamente la varianza al interior de la nube de datos y evitar contemplar la varianza que se presenta por la distancia entre la nube de datos y el origen (0).

Si la mayor varianza presentada ordena los datos de acuerdo a alguna propiedad física o química, los resultados indicarán que la influencia de esta propiedad es la más importante para la formación de grupos. Pero si la mayor varianza ordena los datos con base a los distintos tipos de suelo (definidos por sitio), esto sugiere que la delimitación y clasificación de los distintos grupos de suelo con base a las propiedades analizadas, es correcta.

De las propiedades físicas solamente se tomo el porcentaje de arenas ya que si se tomaban también el porcentaje de arcillas y de limos, daría como resultado un 100%, cantidad que afectaría el resultado del análisis.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El color y la estructura no se contemplaron dentro del análisis de componentes principales, pues su variación es muy poco significativa.

Sin embargo, para ver los resultados obtenidos de color y estructura de cada muestra puede remitirse al anexo.

### *Color.*

Dentro del color, el 100% de las muestras presentaron coloración "YR" (Yellow-Red) amarillo-rojiza o anaranjada con diferentes intensidades y brillos. Del total, el 87% de las muestras mostraron una coloración de 10 YR, que significa un matiz preponderantemente amarillo con cierta tonalidad rojiza. (Ver anexo )

Este tipo de coloración predominante en todas las muestras sugiere una fuerte influencia del factor clima que homogeneiza los tonos, por lo tanto indica un área de alta evaporación, que además de dar la coloración clara, produce la formación de costras salinas o yesosas superficiales. La influencia geológica se notó también en la coloración clara que proviene del material madre calizo.

La ausencia de tonos oscuros en los suelos indicó también la escasez de materia orgánica en las capas superficiales.

### *Estructura.*

La estructura es predominantemente granular con diferentes combinaciones de bloques angulares, de terrones redondeados, mezclado además con una estructura migajosa o laminar. Este tipo de estructura, aunque parezca contradictorio, denota una falta de estructura en el suelo, ya sea por que son suelos jóvenes o porque ocurrió algún evento que deshizo los terrones o la estructura formada. Sin embargo, de acuerdo a algunos autores, este tipo de estructura es la más conveniente para la labor agrícola, gracias a la formación de agregados. Esta consideración de algunos autores debe tomarse con cautela, ya que en esta región, se debe contemplar la falta de agua, elemento indispensable para el desarrollo de un perfil que permita el establecimiento de áreas agrícolas.

Debe aclararse que debido a que las muestras se tomaron a nivel superficial, en el horizonte "A" donde generalmente hay este tipo de estructura, es lógico que sea granular, ya que sobre las zonas planas

la capa más superficial, es la capa de depositación más joven, y sobre las laderas es la capa de mayor erosión.

*Resultados del Análisis de Componentes Principales.*

De la textura se tomó en cuenta solo el porcentaje de arenas, el cual se obtuvo por la modificación al método de Bouyoucos, para ser analizado dentro del método de componentes principales.

Del análisis de componentes principales, donde se tomaron en cuenta las 5 variables del suelo, a saber: porcentaje de arenas, el pH, el porcentaje de MO, el Nt y el Pt y los 15 sitios con sus respectivos tipos de suelo, resultó lo siguiente:

Del 100% de la variación encontrada dentro de la nube de datos, se obtuvieron dos componentes principales, con base a dos variables determinadas por la misma función. Dichas variables no son aclaradas en este primer análisis, por lo que únicamente se nombran componentes. En esta primer etapa solo se observa la formación de grupos, no la variable que la causa. (Fig.3-5)

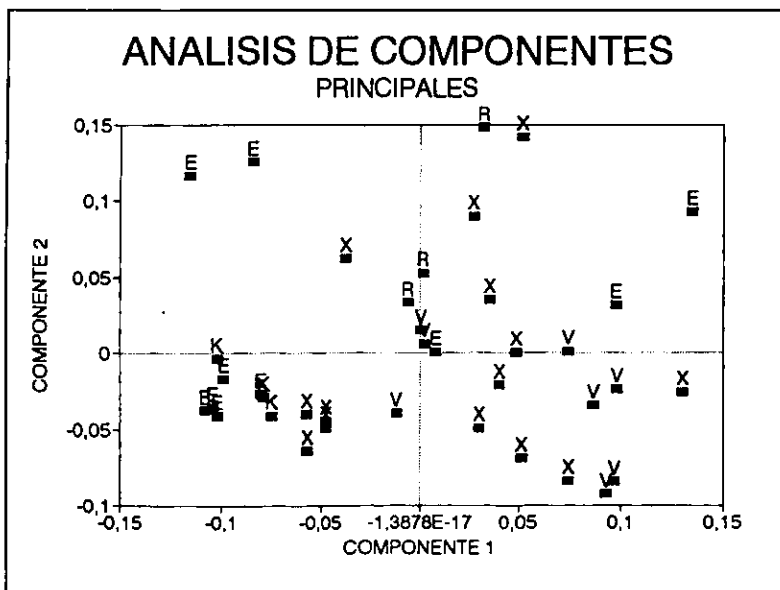


Fig.3.5 Gráfica de componentes principales. Los dos componentes principales explican el 81 % del ordenamiento de los datos. Elaboró: Sheridan González Martínez.

El componente número uno, el cual explicó el 47% de la varianza total de datos de la matriz, denotó una diferenciación o formación de dos grupos. Por un lado los tipos de suelo vertisoles y por otro, los castañozem y las rendzinas. Los xerosoles y regosoles no presentaron diferencias significativas con los otros grupos con base en las 5 variables (Fig.3.6).

El componente número dos, explicó el 34 % de la varianza entre los datos de la matriz, sin embargo, este no mostró una diferenciación significativa entre ningún tipo de suelo, por lo tanto ese 34% de la variación fue explicada por otras variables.

Para conocer cuáles fueron las variables [propiedades] que tuvieron mayor influencia en la formación de grupos sobre el componente uno, y la ordenación del 34% sobre el componente dos, se realizó un análisis de regresión del componente uno y dos contra cada una de las variables horizontales o propiedades.

Dicho análisis mostró que la variable que mayor influencia tuvo en la formación de los grupos por tipo de suelo en el primer componente, fue el porcentaje de arenas ( $r^2 = 0.88$ ). La relación del porcentaje de arenas con el componente uno, es positiva. (Fig.3.6).

Se distinguieron hacia los dos extremos de la gráfica, los grupos diferenciados por tipo de suelo. En el extremo inferior, con el menor porcentaje de arenas, un grupo formado por rendzinas (E) y castañozem (K). Y en el extremo superior, con el mayor porcentaje de arenas a un grupo formado principalmente por vertisoles (V).

Debe aclararse que en el análisis del componente uno, se observó la diferenciación de dos grupos de xerosoles (X), por lo que se agruparon en X1 y X2.

Esta diferenciación viene a confirmar lo dicho anteriormente acerca del comportamiento desigual que presentan los xerosoles intermontanos (X2) y los que se ubicaron sobre la región fisiográfica de la Llanura Costera (X1). En este caso, lo que resaltó el distinto comportamiento fue el contenido de arenas, ya que se presentó un mayor porcentaje en las zonas de sierra.

Otros grupos que también tuvieron una distribución marcadamente extrema, fueron los xerosoles 2, en la parte superior de la gráfica con alto contenido de arenas, en contraposición con las rendzinas (E) en el extremo de menor porcentaje de arenas.

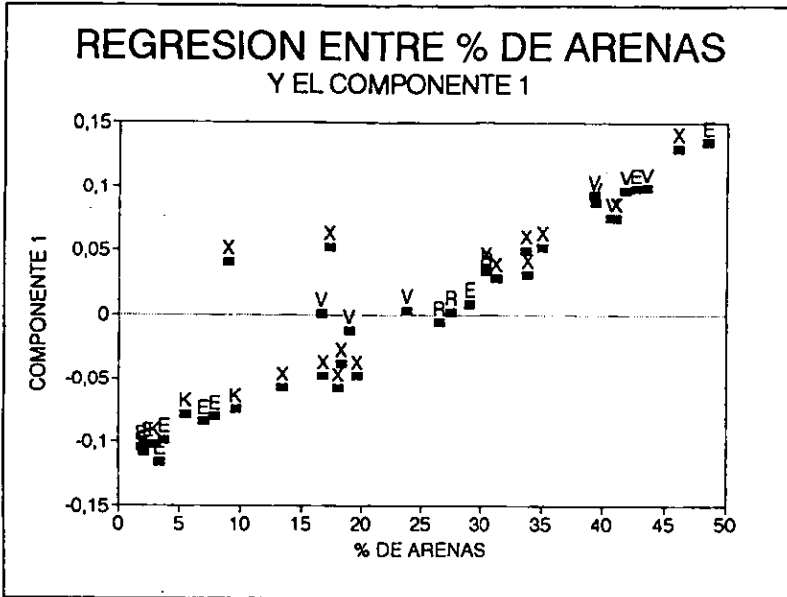


Fig.3.6 Regresión positiva entre el porcentaje de arenas y el componente 1 que explicó el 47% del ordenamiento de los datos. Esta regresión explica en un 90% que el componente 1 ordena las variables analizadas con base al porcentaje de arenas. Elaboró: Sheridan G. M.

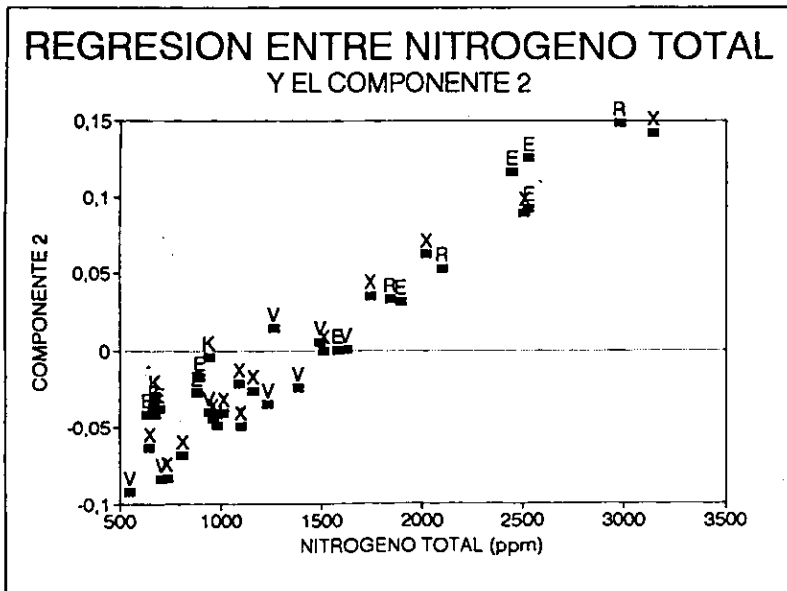


Fig.3.7 Regresión positiva entre el Nitrógeno total y el componente 2, que explica el 34% del ordenamiento. Esta regresión explica en un 92% que el componente dos ordena las variables con base a la cantidad de Nt. Elaboró: Sheridan González Martínez. 85

Los resultados anteriores nos llevaron a concluir que el porcentaje de arenas, propiedad física, es el único factor que determina la distribución de los tipos de suelo, sobre todo la de los vertisoles, los castañozem y las rendzinas dentro de la Cuenca Carbonífera.

La propiedad que explicó la ordenación de datos en el segundo componente fue el contenido de Nt ( $r^2$  0.92), también con una relación positiva. Sin embargo, en este caso la ordenación de los datos no obedeció a los distintos tipos de suelo, sino a la cantidad de contenido de Nt de las muestras, por tanto no se distinguieron grupos específicos. (Fig.3.7).

Estos resultados nos indicaron que el contenido de nitrógeno, propiedad química que explicó el 34% de la varianza, no siguió ni coincidió con la clasificación que se tiene sobre los tipos de suelo.

Además, para conocer la relación de cada propiedad con cada uno de los distintos tipos de suelo, se hicieron las gráficas, en las cuales resaltaron las diferencias significativas entre los grupos de suelo, dependiendo de la propiedad que se trató.

Como era de esperarse en el porcentaje de arenas, se presentaron diferencias significativas entre los vertisoles y los castañozem ( $p=0.033$ ) y vertisoles contra rendzinas ( $p=0.04$ ). Pero además, se denotó que el grupo de X2, fue significativamente diferente de los castañozem en cuanto al porcentaje de arenas ( $p=0.05$ ). (Ver Fig. 3.8).

La diferencia entre los xerosoles 2 y los castañozem se debió también a una cuestión de relieve, pues los primeros se ubicaron en la zona intermontaña y los castañozem en zonas planas sobre la Llanura Costera del Golfo.

Las diferencias entre los tipos de suelo no fueron significativas con base en el contenido de Nt. (Fig.3.9). Dicho resultado coincide con lo observado en el análisis del componente 2. Esto se debe, en parte, a que el contenido de nitrógeno obedece a factores que afectan a una escala distinta de aquella a la cual se zonificaron los tipos de suelo, es decir, el contenido de nitrógeno en el suelo es afectada mayormente por factores mucho más locales, por ejemplo el tipo de vegetación.

El contenido de materia orgánica marcó diferencias entre los suelos de tipo vertisol y: el xerosol 1 ( $p=0.023$ ), el xerosol 2 ( $p=0.02$ ), el castañozem ( $p=0.014$ ) y el regosol ( $p=0.003$ ). Los tres primeros sobre zonas planas y el último sobre piedemonte. (Fig.3.10)



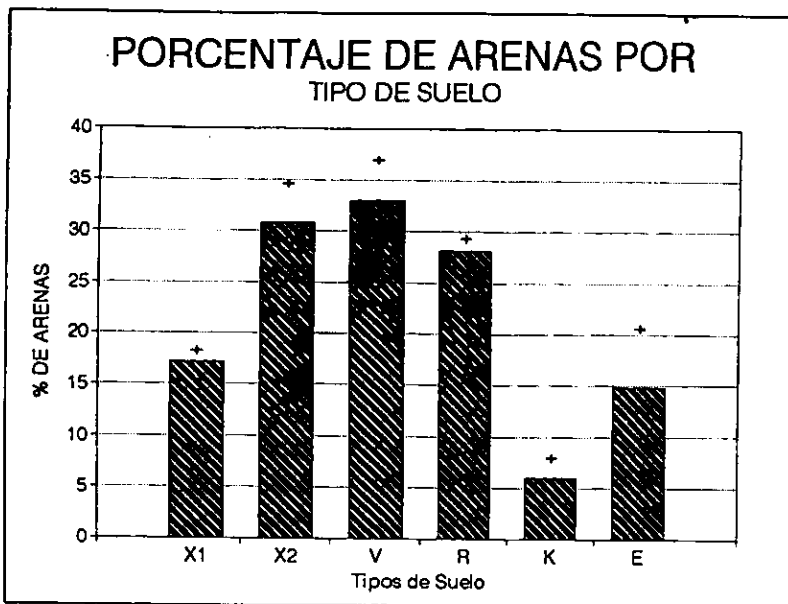


Fig. 3.8 Porcentaje de arenas presente en cada tipo de suelo analizado. Los tipos presentes son: (X1) xerosoles de la Llanura Costera, (X2) xerosoles intermontanos, (V) vertisoles, (R) regosoles, (K) castañozem y (E) rendzinas.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

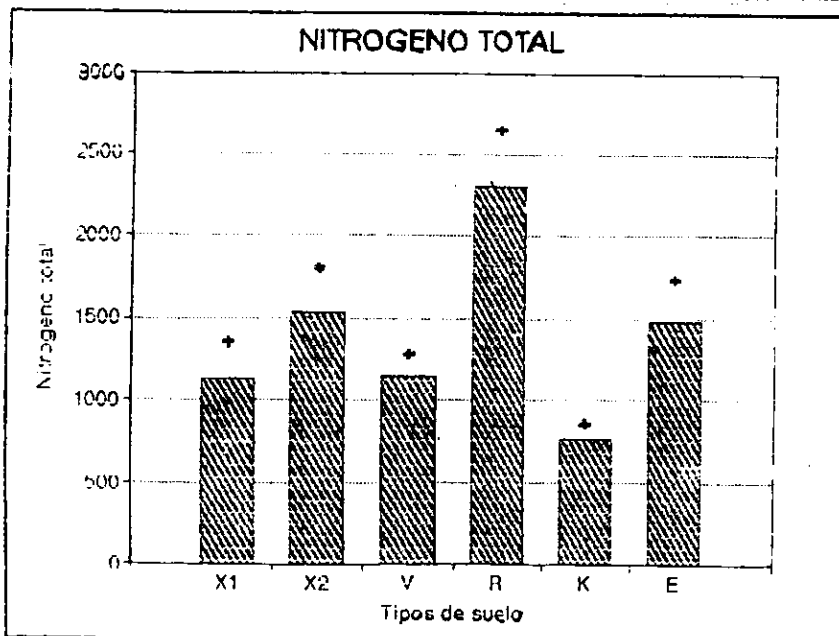


Fig. 3.9 Cantidad de Nitrógeno total presente en cada tipo de suelo analizado.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

El contenido de fósforo total fue constante entre los suelos de tipo xerosol I y los de xerosol 2 ( $p=0.041$ ) y otra vez xerosol I y los castañozem ( $p=0.013$ ). (Fig.3.11)

La cantidad de pH dentro de todas las muestras no marcó diferencias significativas entre los tipos de suelo, ya que todas las muestras tuvieron rangos muy altos de alcalinidad.

En ninguno de las tres últimas propiedades, resaltó la importancia del relieve o de la geología como factores diferenciadores que explicasen los contrastes entre los distintivos tipos de suelo.

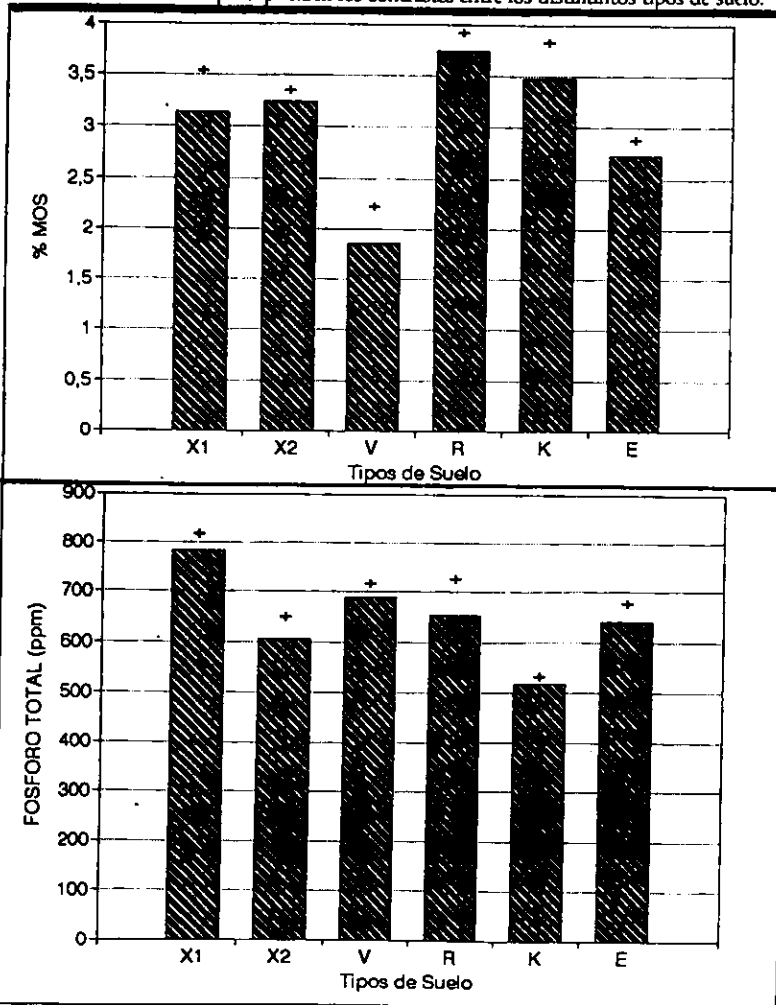


Fig. 3.10 Porcentaje de materia orgánica presente en cada tipo de suelo analizado.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

Fig. 3.11 Cantidad de Fósforo total presente en cada tipo de suelo analizado.  
Elaboró: Sheridan González Martínez.

### **CONCLUSIONES GENERALES:**

De acuerdo a lo analizado en los capítulos anteriores y después de relacionar los resultados con las bases teóricas estudiadas se obtuvieron las siguientes conclusiones.

El relieve y la geología fueron los dos factores más determinantes de la distribución y las características de cada tipo de suelo, sin embargo el clima también participó como modificador, y la vegetación, como elemento indicador, reiteró las condiciones y distribución de los suelos dentro de la Cuenca Carbonífera.

Con base en los dos principales factores diferenciadores anteriores, se logró explicar el perfil topográfico y geológico sobre el cual se desarrollan los factores indicadores de la vegetación y sobre todo el suelo. Dicho perfil se explica a continuación, y se incluye la relación de la distribución de los suelos con las características propias de los mismos.

1. En las zonas de serranía, en donde se ubicaron preponderantemente las calizas, se presentaron de manera muy clara los litosoles, esta precisa distribución sobre un complejo relieve fuertemente plegado, provocó que estos suelos presentasen unidades con tamaños muy variables, con marcada deformación, pero continuos, siguieron notoriamente la forma de las curvas de nivel del relieve de las sierras. La roca caliza representó una limitante petrocálcica para el desarrollo de algún otro tipo de suelo más profundo, excepto el planosol, cuyas dos únicas unidades se presentaron sobre este tipo de relieve. Debido a esta misma limitante, el tipo de vegetación que presentó fuerte relación con los litosoles fue el chaparral, representante arbustivo de un anterior bosque de encinos.
2. Sobre regiones llamadas transitorias de piedemonte, asociadas principalmente con calizas-lutitas, se ubicaron los regosoles, los cuales presentaron unidades fuertemente fraccionadas, deformes y con tamaños muy pequeños. Al desarrollarse sobre piedemonte, aún los regosoles no pueden presentar un perfil diferenciado, sin embargo, el hecho de que existan ya lutitas, por el proceso de depositación, define que no sean ya litosoles, sino regosoles. El fuerte fraccionamiento y deformación son también efecto de la complejidad de los plegamientos de las sierras. Respecto a la vegetación no se presentó ninguna relación significativa con este tipo de suelo.
3. Las zonas planas determinaron la presencia de castañozem y más notoriamente de xerosoles.

Los castañozem expresaron clara asociación con las lutitas-areniscas, material que, si seguimos un orden erosivo a partir de las calizas (roca madre), continuaría de las lutitas-calizas, correspondientes a zonas de piedemonte. En cambio las lutitas-areniscas se presentaron ya sobre áreas planas receptoras de material de depositación, razón que ocasiona que los castañozem sean suelos de acumulación más profundos que los regosoles. El castañozem se distribuyó de manera poco fracionada, en realidad únicamente hubo tres unidades, dos menores a 200 Km<sup>2</sup> y en general poco deformes, ya que al desarrollarse sobre zonas planas el mayor factor de deformación no fue el relieve, sino el aumento de área.

Es importante destacar que únicamente sobre los castañozem se desarrolló una asociación significativa con la agricultura presente dentro de la cuenca, pero también tuvo una clara relación con el desarrollo del matorral tamaulipeco, característico de la región de la Llanura Costera del Golfo.

El castañozem fue un suelo claramente indicador de la influencia climática dentro de la cuenca, ya que se localizó en lugares que presentaron algún cambio climático, por ejemplo entre la base del piedemonte y el área de planicie, en donde el clima cambió de uno subhúmedo en las sierras a un seco y semisecho en la Llanura. En segundo lugar se localizó en el límite noreste de la cuenca, colindante con el Río Bravo, en donde el cambio fue de un clima seco a uno más húmedo (al este del Río Bravo).

Para los xerosoles la asociación fue muy clara con los suelos cuaternarios de origen sedimentario, condición por la cual los xerosoles son suelos aluviales profundos, de zonas planas bajas, formados gracias a la depositación y sedimentación de materiales erosionados de otras regiones. A pesar de localizarse sobre zonas planas, las unidades de xerosol no fueron las más continuas, ni las menos deformes, aunque sí las de mayor tamaño por ocupar la mayor cantidad de área dentro de la cuenca.

La fuerte deformación y fraccionamiento, se explicó por la existencia de dos tipos de xerosoles, el xerosol I ubicado sobre la región de llanura, al este de la cuenca, y el xerosol 2 desarrollado sobre los valles intermontanos dentro de la región de la Sierra Madre Oriental, y fueron precisamente las unidades de xerosol 2 las causantes de la alta deformación y fraccionamiento, ya

que estas características fueron determinadas por el fuerte plegamiento de las sierras, que presentaron, entrantes y salientes que interrumpieron las unidades y modificaron su forma.

Al igual que los litosoles, los xerosoles presentaron una muy marcada coincidencia con un cierto tipo de vegetación, que resultó ser precisamente el matorral desértico micrófilo, tipo tal que fue significativamente rechazado por los litosoles.

4. En general, estas fueron las asociaciones más claras y representativas de las características y distribución de los suelos, sin embargo aún cabe aclarar que las rendzinas se desarrollaron preferentemente sobre las calizas de la región de la sierra, pero su patrón de asociación no fue tan marcado como en el caso de los litosoles, las unidades de rendzina fueron en general tan grandes como las de los xerosoles, pero al igual que los litosoles muy deformes y fuertemente seccionadas debido a la presencia de otros tipos de suelo que siguieron el patrón de influencia de otros factores, tales como el relieve, (es el caso de los litosoles).

5. El caso de los vertisoles es interesante mencionarlo, ya que a pesar de tener solamente dos unidades, una de ellas, la que abarcó poco más del 97% del área de este tipo de suelo, se desarrolló principalmente sobre zonas planas y tuvo una fuerte asociación con las lutitas-areniscas, pero lo más interesante es que es el único tipo de suelo que se asoció significativamente con los suelos de origen ígneo, que aunque no son abundantes dentro de la cuenca, en los lugares en donde se presentaron, se desarrollaron los vertisoles.

Con respecto a las conclusiones vinculadas con el capítulo tres, debe aclararse que las limitantes presentes en el muestreo crearon un sesgo debido a que se realizó cerca de las carreteras y la cantidad de muestras no fue representativa para el total de la cuenca, sin embargo, con el análisis de resultados del capítulo tres se conocieron mejor las características de algunos tipos de suelo dentro de la Cuanca Carbonífera, y gracias a esto se logró explicar la relación que guardan los factores ambientales con algunas de las propiedades de los mismos.

De esta manera, se alcanzaron las siguientes conclusiones:

1. La coloración clara amarillenta, predominante en todas las muestras, destacó la fuerte influencia del factor clima, el cual además de homogeneizar los tonos, indicó un área de alta

evaporación, en la cual se formaron costras salinas o yesosas superficiales, sobre todo en la parte más seca de la cuenca, en los municipios de Allende, Nava y Morelos.

La influencia de la litología y de la vegetación, también se notó en la coloración clara de los suelos, ya que el material madre calizo origina suelos de tonalidades claras y estos denunciaron además, una falta de materia orgánica, resultado de una vegetación xerófila.

2. La estructura predominantemente granular, y en relación al relieve, denotó la edad joven de algunos suelos, y su origen aluvial sobre zonas planas de depositación, como es el caso de los xerosoles y castañozem, y al mismo tiempo explicó la función de la erosión sobre las zonas de fuerte pendiente, en donde no es posible que se presente una estructura de mayor desarrollo, por lo que dan origen a suelos como las rendzinas, los regosoles y los litoles.

A pesar de que la estructura granular se considera conveniente para la labor agrícola, no es posible hablar de este tipo de vocación en esta zona, debido principalmente a la escasa precipitación y a la alta evaporación, características de esta región semiseca.

3. El porcentaje de arenas fue el único factor (o propiedad) que marcó diferencias entre los tipos de suelo para determinar la distribución de los mismos dentro de la cuenca, sobre todo en los vertisoles, los castañozem y las rendzinas. Además los datos se ordenaron en forma creciente, es decir de un menor contenido a uno de mayor contenido de arenas. Los suelos con menor contenido de arenas fueron las rendzinas y los castañozem y el suelo de mayor contenido fue el vertisol.

Las rendzinas tienen bajo contenido de arenas por que se ubican principalmente sobre las sierras de roca caliza, que es precisamente la roca madre, en donde aún no se acumulan los residuos de la erosión. En cambio los castañozem ubicados principalmente sobre suelo cuaternario calizo de las zonas planas, presentan un mayor contenido de material más fino que las arenas.

Llama la atención que los vertisoles, suelos predominantemente arcillosos, hayan presentado el mayor contenido de arenas. Esto puede explicarse por la influencia de su distribución sobre lutitas-areniscas. De acuerdo a Buol, los suelos provenientes de areniscas "contienen, por definición, más del 50% de partículas del tamaño de la arena... [su aglutinante principal en este caso son los carbonatos]. En general los suelos formados por estas rocas poseen una textura gruesa."

4. Los resultados analizados de las muestras confirmaron nuevamente la existencia de dos tipos de xerosoles, los xerosoles intermontanos (X2) que presentaron mayor cantidad de arenas, mientras que los xerosoles sobre la región de la Llanura (XI) tuvieron un menor contenido de arenas. Este es un resultado lógico, ya que sobre la Llanura los suelos se desarrollaron sobre material de textura más fina, y han tenido un mayor grado de erosión que en los valles intermontanos dentro de la Sierra Madre Oriental.

5. El contenido de nitrógeno total fue el segundo factor con base al cual se ordenaron algunos datos de las propiedades analizadas, sin embargo la ordenación hecha, no obedeció en absoluto a la clasificación por tipos de suelo, sino a la cantidad misma del contenido de Nt de las muestras, por lo tanto no se distinguieron grupos específicos. Cabe aclarar que el contenido de nitrógeno al obedecer a factores más locales, como el tipo de vegetación, y la vegetación al no ser un elemento diferenciador sino solo indicador, es comprensible que el contenido de nitrógeno no haya seguido patrones de diferenciación a nivel cuenca, de acuerdo a los factores como el relieve o la geología, y por tanto que no distinguiera un orden de clasificación edafológica.

#### *DISCUSIÓN GENERAL*

Las muestras de suelo analizadas no dieron resultados que ayudaran a distinguir o agrupar las propiedades físicas y químicas de acuerdo con los distintos tipos de suelo, ya que mostraron características muy homogéneas, tales características fueron las típicas de regiones con climas semiáridos.

Lo anterior nos lleva a confirmar la fuerte influencia del clima semiárido, en este caso, como *factor homogeneizador* sobre las características del suelo dentro de toda la Cuenca Carbonífera y no como factor diferenciador.

De acuerdo a diversos autores, el clima, a esta escala, es uno de los factores ambientales que mayor influencia tiene sobre el contenido de nitrógeno, propiedad que no obedeció ningún patrón de distribución con base a la clasificación edafológica. Y dado que el contenido de Nt depende en buena medida del clima y que no distinguió grupos de datos conforme a los tipos de suelo, podemos decir

4. Los resultados analizados de las muestras confirmaron nuevamente la existencia de dos tipos de xerosoles, los xerosoles intermontanos (X2) que presentaron mayor cantidad de arenas, mientras que los xerosoles sobre la región de la Llanura (X1) tuvieron un menor contenido de arenas. Este es un resultado lógico, ya que sobre la Llanura los suelos se desarrollaron sobre material de textura más fina, y han tenido un mayor grado de erosión que en los valles intermontanos dentro de la Sierra Madre Oriental.

5. El contenido de nitrógeno total fue el segundo factor con base al cual se ordenaron algunos datos de las propiedades analizadas, sin embargo la ordenación hecha, no obedeció en absoluto a la clasificación por tipos de suelo, sino a la cantidad misma del contenido de Nt de las muestras, por lo tanto no se distinguieron grupos específicos. Cabe aclarar que el contenido de nitrógeno al obedecer a factores más locales, como el tipo de vegetación, y la vegetación al no ser un elemento diferenciador sino solo indicador, es comprensible que el contenido de nitrógeno no haya seguido patrones de diferenciación a nivel cuenca, de acuerdo a los factores como el relieve o la geología, y por tanto que no distinguiera un orden de clasificación edafológica.

#### *DISCUSIÓN GENERAL*

Las muestras de suelo analizadas no dieron resultados que ayudaran a distinguir o agrupar las propiedades físicas y químicas de acuerdo con los distintos tipos de suelo, ya que mostraron características muy homogéneas, tales características fueron las típicas de regiones con climas semiáridos.

Lo anterior nos lleva a confirmar la fuerte influencia del clima semiárido, en este caso, como *factor homogeneizador* sobre las características del suelo dentro de toda la Cuenca Carbonífera y no como factor diferenciador.

De acuerdo a diversos autores, el clima, a esta escala, es uno de los factores ambientales que mayor influencia tiene sobre el contenido de nitrógeno, propiedad que no obedeció ningún patrón de distribución con base a la clasificación edafológica. Y dado que el contenido de Nt depende en buena medida del clima y que no distinguió grupos de datos conforme a los tipos de suelo, podemos decir



entonces que el clima vuelve a actuar aquí como factor homogeneizador de las características del suelo.

Únicamente una propiedad física del suelo, el porcentaje de arenas, denotó diferenciación con base en tres distintos tipos de suelo existentes dentro de la Cuenca. Dicha propiedad es indicadora de uno de los principales factores diferenciadores sobre el cual se sustenta su desarrollo, este factor es la geología o el material original.

Dado que el material original es el principal factor que determina la textura del suelo, y es ésta la única propiedad que se distingue y agrupa por tipos de suelo, y con base a la distribución de estos tipos dentro de la cuenca, se concluye que la geología es el principal factor diferenciador del paisaje dentro de la Cuenca Carbonífera de Coahuila.

Sin embargo, también el relieve tiene gran importancia dentro de la cuenca como factor diferenciador sobre las características de las unidades de cada tipo de suelo, ya que determinó la forma y el fraccionamiento de los mismos y explicó la distribución de los distintos tipos de suelo

Cabe destacar el hecho de que las clasificaciones o taxonomías edafológicas se basan principalmente en criterios o propiedades físicas de los suelos, por tanto también es comprensible que haya sido el porcentaje de arenas, una propiedad física, el aspecto que determinara la agrupación de los datos con base en los tipos de suelo de la clasificación FAO-UNESCO

Tanto el relieve como la geología también explicaron porque los vertisoles presentaron un alto contenido de arenas.

Otro aspecto que también resalta en las conclusiones, es el hecho de que dentro de la clasificación climática de suelos existe una relación entre los suelos de tipo zonal, como los xerosoles, con el clima semiárido, que actúa en este caso, como un factor igualador u homogeneizador y no como diferenciador. En cambio los suelos de tipo azonal como los litosoles, rendzinas y regosoles se relacionan con los factores diferenciadores y fraccionantes más importantes en este caso, es decir, con la geología y el relieve. Por lo tanto son los azonales los que fraccionan el patrón de distribución general de los suelos.

Para llevar a cabo propuestas de manejo de recursos naturales dentro de la Cuenca Carbonífera, es necesario tomar más en cuenta el análisis de las propiedades químicas de los suelos,

ya que solamente así se podrán conocer las cantidades de nutrientes disponibles o fijados y por tanto el tipo y la cantidad necesaria de fertilizantes naturales o artificiales.

Además de los análisis de propiedades de los suelos, se deben realizar análisis espaciales del patrón de distribución, fraccionamiento, forma y área de cada unidad de tipo de suelo para tomar decisiones en cuanto al uso de los suelos.

Esto último es evidente en los dos diferentes subtipos del suelo Xerosol, ya que no presentan ni las mismas características espaciales, ni las mismas propiedades físicas y químicas. Por tanto se deberán manejar de diferente manera los xerosoles de valles intermontanos de los xerosoles sobre la Llanura Costera del Golfo, aunque pertenezcan al mismo tipo taxonómico.

# ANEXOS

TIPOS DE SUELO PARADA Y MPO.	PROVINCIA FISIOGRAFICA	ALTITUD (metros)	PENDIENTE (en grados)	VEGETACION	DATOS DE CAMPO		DRENAJE	PEDREGOSIDAD %	PROFUNDIDAD (en cm.)	OBSERVACIONES
					COMPACTACION					
Vc										
II Los Prietas PROGRESO	Sra. Madre Oriental Valle intermontano	480	planos	Matorral xerófilo subherma	alta		Deficiente	Nula	30.5cm	Prietas hexago- nales
Vc										
III Minas de Barro- terán SABINAS	Sra. Madre Oriental pedamonte de la Sra. Las Hermanas.	580	ondulados 28 °	Matorral xerófilo espinoso	baja		Bueno	10 %	49.5 cm	Suelo muy suelto.
Vc										
IV Rio Sbinas SABINAS	Llanura Costera del Golfo Valle del rio	500	25 °	Bosque de galeria	mixta: en partes muy alta y en otras muy baja		Deficiente	20 %	12.7 cm 66.0 cm	Pendiente convexa.
X										
V Limite entre M y O M. MUZQUIZ	Sra. Madre Oriental. Valle intermontano.	1400	planos	Matorral xerófilo subherma	media		Bueno	50%	37 cm	
Xc										
I Menonitas PROGRESO	Sra. Madre Oriental Valle intermontano.	490	planos	Pastizal secundario	Media		Deficiente	Nula	42 cm	Prietas hexago- nales
Xc										
VII Vedos de los Comandantes M. MUZQUIZ	Sra. Madre Oriental Valle intermontano.	610	planos	Pastizal con Matorral xerófilo	baja		Deficiente	Nula	8.5 cm	Suelo suelto y obs- curo
Xc										
VIII Desviación a Nacimiento M. MUZQUIZ	Transición de la Sra. Ma- dre Oriental a la Llanura Costera del Golfo.	510	planos	Pastizal secundario	baja		Deficiente	Nula	> 45 cm	Terrano preparado para cultivo con surcos y terrones.
Xc										
XI Basuro MORELOS	Llanura Costera del Golfo	300	planos	Pastizal secun- dario con mato-	baja		Bueno	Nula	68 cm	Basura a nivel superficial.
R										
IX Lomerío Peyotes SABINAS	Transición Zona de Lomeríos	580	lomeríos 25 °	Pastizal con Matorral xerófi- lo subherma	alta		Deficiente	50 - 60 %	7.5 cm y 23.0 cm bajo ar- bustos	Inicio de terrazas.
E										
X El Galeno ALLENDE	Llanura Costera del Golfo	500	planos	Pastizal cultivado	baja		Bueno	Nula	> 60 cm	Terrano preparado con surcos; prietas hexagonales

TIPOS DE SUELO PARADA Y MPO.	PROVINCIA FISIOGRAFICA	ALTITUD (metros)	PENDIENTE (en grados)	VEGETACION	COMPACTACION	DRENAJE	PEDREGOSIDAD %	PROFUNDIDAD (en cm.)	OBSERVACIONES
E									
VI Cuesta de Me- lena	Srra. Madre Oriental Ladera	1800	35 °	Zacatal con Bosque de Yu- ces	alta	Deficiente	40 %	17.7 cm	Suelos pardos
M. MUZQUIZ									
E									
XIII Rio Bravo PIEDRAS NEGRAS	Llanura Costera del Golfo Ribera del río.	220	35 °	Pastizal. Carrizal y Bosque de Galería	nula	Deficiente, terrenos inundados	10 %	70.2 cm	Terrenos inundados.
E. K									
XIV El Centeno PIEDRAS NEGRAS	Llanura Costera del Golfo	160	planos	Pastizal cultivado	nula	Deficiente	nula	75.5 cm	Terrano con surcos terrones.
E. K									
XV El Centeno PIEDRAS NEGRAS	Llanura Costera del Golfo	160	planos	Matorral xerófilo subinermes y pastizal secundario.	alta	Deficiente	5-10 %	75.5 cm	Prismas hexagonales.
K									
XII Nava NAVA	Llanura Costera del Golfo	300	planos	Pastizal secundario con matorral xerófilo	alta	Deficiente	Nula	76 cm	Suelos blancucos y la presencia de nolina

RESULTADOS DEL ANALISIS DE LABORATORIO							
MUNICIPIOS Y PARADAS	MUESTRA	COLOR		ESTRUCTURA	pH	M.O.	%ARENAS
		SECO	HUMEDO				
II Menonitas Progreso	2 a	7.5 YR 8/2	10 YR 4/4	granular	8.22	2.18	13.4
	2 a2	10 YR 8/2	10 YR 4/4	granular			
Xc	2 b	10 YR 7/5	10 YR 5/4	granular	8.20	2.34	16.7
	2 b2	10 YR 6/3	10 YR 4/4	granular			
III Los Melones M. Múzquiz	6 a	10 YR 5/3	10 YR 4/3	granular con bloques angulares	8.35	2.77	33.7
	6a2	10 YR 5/3	10 YR 4/3	granular con bloques angulares			
X.	6 a3	10 YR 5/3	10 YR 4/3	granular con bloques angulares			
	6 b	10 YR 5/3	10 YR 3/3	granular	8.37	3.11	31.25
	6 b2	10 YR 6/3	10 YR 3/4	granular con agregados			
	6 b3	10 YR 6/3	10 YR 3/4	granular con bloques angulares			
	6 c	10 YR 5/3	10 YR 4/3	suelto con rocas redondeadas y suangulares	8.46	3.23	46.0
	6 c2	10 YR 5/3	10 YR 4/3	suelto con rocas redondeadas y suangulares			
	6 c3	10 YR 3/3	10 YR 2/1	suelto con rocas redondeadas y suangulares			
III Vados de los Comandantes Múzquiz	8 a	10 YR 5/3	10 YR 3/4	granular con bloques redondeados	8.44	3.20	30.4
	8 a2	10 YR 4/3	10 YR 3/3	granular con bloques redondeados			
	8 a3	10 YR 5/3	10 YR 3/3	granular con terrones irregulares			
	8 b	10 YR 5/4	10 YR 2/2	granular con terrones	8.41	3.66	41.0
	8 b2	10 YR 5/4	10 YR 3/4	granular con terrones			
	8 b3	10 YR 5/3	10 YR 3/3	granular con terrones irregulares			

MUNICIPIOS Y PARADAS	MUESTRA	COLOR		ESTRUCTURA	pH	M.O.	%ARENAS
		SECO	HUMEDO				
Múzquiz	'8 b	'10 YR 5/4	'10 YR 2/2	granular con terrones	'8.41	'3.66	'41.0
X	'8 b2	'10 YR 5/4	'10 YR 3/4	granular con terrones			
	'8 b3	'10 YR 5/3	'10 YR 3/3	granular con terrones irregulares			
	'8 c						
	'8 c2	'10 YR 5/3	'10 YR 2/2	granular con terrones irregulares	'8.35	'2.97	'35.0
	'8 c3	'10 YR 4/3	'10 YR 2/2	granular con terrones irregulares			
		'10 YR 6/4	'10 YR 3/3	granular con terrones grandes e irregulares			
III Desviación	'9 a						
a Nacimiento.	'9 a2	'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	granular con terrones y bloques	'8.29	'3.58	
Múzquiz	'9 a3	'10 YR 5/2	'10 YR 4/2	granular con terrones grandes			
X		'10 YR 6/3	'10 YR 4/3	granular con terrones grandes			
	'9 b						
	'9 b2	'10 YR 6/2	'10 YR 4/2	granular con terrones irregulares	7.98	'3.04	
	'9 b3	'10 YR 5/2	'10 YR 3/3	granular con terrones con agregados			
		'10 YR 6/3	'10 YR 3/2	granular con terrones y rocas redondeadas			
	'9 c						
	'9 c2	'10 YR 6/2	'10 YR 3/2	granular con terrones con agregados	7.93	'3.28	'8.9
	'9 c3	'2.5 YR 5/2	'2.5 YR 3/2	granular con terrones irregulares y agrega			
		'2.5 YR 4/2	'2.5 YR 3/2	granular con terrones irregulares y agrega			
IV Basurero	'12 a						
Morelos	'12 a2	'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos	8.38	'3.28	'18.25
X	'12 a3	'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos			
		'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos			
	'12 b						
	'12 b2	'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos	8.48	'4.29	'18.0
	'12 b3	'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos			
		'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos			
	'12 c						
	'12 c2	'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos	8.30	'3.63	'19.6
	'12 c3	'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos			
		'10 YR 5/2	'10 YR 3/2	suelto como talco con pocos terroncitos			

MUNICIPIOS Y PARADAS	MUESTRA	COLOR		ESTRUCTURA	pH	M.O.	%ARENAS	
		SECO	HUMEDO					
I   Los Pirineos Progreso V.	*3 a	*10 YR 6/3	*10 YR 3/3	granular con bloques	8.66	1.49	39.3	
	*3 a1	*10 YR 6/3	*10 YR 4/3	angulares.	8.66			
	*3 a3	*10 YR 6/3	*10 YR 4/3		8.59			
		*3 b	*10 YR 6/3	*10 YR 4/3	granular con bloques		1.61	39.4
		*3 b2	*10 YR 6/3	*10 YR 4/3	angulares.			
		*3 b3	*10 YR 6/3	*10 YR 4/3				
		*3 c	*10 YR 6/3	*10 YR 4/3	granular con bloques	8.43	2.05	41.81
		*3 c2	*10 YR 6/3	*10 YR 4/3	angulares	8.30		
		*3 c3	*10 YR 6/3	*10 YR 3/3		8.31		
I   Minas de Barroterán Sabinas V	*4 a	*5 Y 3/1	*5 Y 2.5/2	laminar-granular	6.53	0.65	16.6	
	*4 a2	*2.5 Y 4/0	*5 Y 2.5/1	granular con bloques	6.98			
	*4 a3	*5 Y 2.5/2	*2.5 Y 2/0	laminar-granular	7.25			
		*4 b	*5 Y 4/1	*5 Y 3/2	granular poroso	7.88	1.82	23.7
		*4 b2	*10 YR 4/2	*2.5 Y 4/2	granular aterronado	8.45		
		*4 b3	*2.5 Y 4/0	*5 Y 2.5/1	laminar	8.18		
		*4 c	*10 YR 4/1	*10 YR 3/1	granular-migajoso	0	0.72	18.9
		*4 c2	*10 YR 4/1	*10 YR 3/1	laminar-migajoso	7.73		
		*4 c3	*10 YR 4/1	*10 YR 3/1	migajoso con bloques angulares	7.96		
I   Río Sabinas Sabinas V	*5 a	*10 YR 5/2	*10 YR 4/2	granular con bloques subangulares	7.99	3.76	40.7	
	*5 a2	*10 YR 5/2	*10 YR 3/3	granular-migajoso	8.20			
	*5 a3	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	granular con bloques redondeados	8.13			
		*5 b	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	granular con riolitas	8.22	2.79	43.5
		*5 b2	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	migajoso-granular	8.28		
		*5 b3	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	granular con bloques angulares	8.09		



MUNICIPIOS Y PARADAS	MUESTRA	COLOR		ESTRUCTURA	pH	M.O.	%ARENAS
		SECO	HUMEDO				
IV Lomerío	*10 a	*10 YR 5/2	*10 YR 3/3	bloques angulares laminares medianos	7.89	*4.03	*26.45
Peyotes.	*10 a2	*7.5 YR 5/2	*7.5 YR 3/2	bloques angulares laminares medianos			
Sabinas	*10 a3	*7.5 YR 5/2	*10 YR 3/3	bloques angulares laminares, diversos tamaños			
R							
	*10 b	*10 YR 5/2	*10 YR 3/2	Bloques angulares laminares pequeños	8.07	*3.40	*27.5
	*10 b2	*10 YR 5/2	*10 YR 3/2	Bloques angulares laminares pequeños			
	*10 b3	*10 YR 5/2	*10 YR 3/2	Bloques angulares laminares pequeños			
	*10 c	*7.5 YR 5/2	*10 YR 3/3	bloques angulares laminares, diversos tamaños	8.08	*3.77	*30.5
	*10 c2	*10 YR 5/3	*10 YR 4/3	bloques angulares laminares medianos			
	*10 c3	*10 YR 4/2	*10 YR 2/2	bloques angulares laminares medianos			
I V Nava.	*13 a	*10 YR 7/1	*10 YR 5/2	granular migajoso con muchos terrones pequeños	8.45	*3.81	*3.05
Nava	*13 a2	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	granular migajoso con muchos terrones pequeños			
K	*13 a3	*10 YR 6/2	*10 YR 5/2	granular migajoso con muchos terrones pequeños			
	*13 b	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	granular migajoso con muchos terrones pequeños	8.33	*2.78	*5.5
	*13 b2	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	granular migajoso con muchos terrones pequeños			
	*13 b3	*10 YR 6/2	*10 YR 5/2	granular migajoso con muchos terrones pequeños			
	*13 c	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	granular con pequeños terrones irregulares.	8.61	*3.84	*9.6
	*13 c2	*10 YR 6/2	*10 YR 4/2	granular con pequeños terrones irregulares.			
	*13 c3	*10 YR 6/2	*10 YR 5/2	granular con pequeños terrones irregulares.			
I V Rio Bravo.	*14 a	10YR 5/2	10 YR 3/2	granular con terrones pequeños redondeados		*0.70	*21.4
Piedras Ne-	*14 a2	10YR 5/2	10 YR 5/3	granular con terrones pequeños redondeados			
gras.	14 a3	10 YR 5/3	10 YR 3/3	granular con terrones pequeños redondeados			*32.1
	*14 c	*10 YR 5/4	*10 YR 4/3	granular con terrones pequeños			*30.9
	*14 c2	*10 YR 5/4	*10 YR 4/3	granular con terrones pequeños			

MUNICIPIOS Y PARADAS	MUESTRA	COLOR		ESTRUCTURA	pH	M.O.	%ARENAS
		SECO	HUMEDO				
V El Centeno Piedras Ne-gras.	'15 a	'7.5 YR 6/2	'10 YR 3/3	granular con terrones irregulares con agregados	8.20	'2.2	'2.45
	'15 a2	'10 YR 5/3	'10 YR 4/3	granular con terrones irregulares con agregados			
	'15 a3	'10 YR 5/3	'10 YR 4/2	granular con terrones irregulares con agregados			
E	'15 b	'10 YR 5/3	'7.5 YR 4/2	granular con terrones irregulares con agregados	8.48	'2.47	'1.9
	'15 b2	'10 YR 5/2	'7.5 YR 5/2	granular con terrones irregulares con agregados			
	'15 b3	'10 YR 5/2	'10 YR 3/3	granular con terrones irregulares con agregados			
	'15 c	'10 YR 5/2	'10 YR 3/3	granular-migajoso con terrones con agregados	8.51	'2.46	'2.1
	'15 c2	'7.5 YR 4/2	'10 YR 5/2	granular-migajoso con terrones con agregados			
	'15 c3	'10 YR 5/2	'10 YR 3/3	granular-migajoso con terrones con agregados			
V El Centeno Piedras Ne-gras.	'16 a	'7.5 YR 6/2	'10 YR 3/3	granular con muchos terrones pequeños	8.27	'2.9	'3.75
	'16 a2	'10 YR 5/3	'10 YR 4/3	granular con muchos terrones pequeños			
	'16 a3	'10 YR 5/3	'10 YR 4/2	granular con muchos terrones pequeños			
E	'16 b	'10 YR 5/3	'7.5 YR 4/2	granular con terrones y agregados pequeños	8.41	'2.74	'7.85
	'16 b2	'10 YR 5/2	'7.5 YR 5/2	granular con terrones y agregados pequeños			
	'16 b3	'10 YR 5/2	'10 YR 3/3	granular con terrones y agregados pequeños			
	'16 c	'10 YR 5/2	'10 YR 3/3	granular, muchos terrones pequeños homogéneos	8.76	'2.45	'6.9
	'16 c2	'7.5 YR 4/2	'10 YR 5/2	granular, muchos terrones pequeños homogéneos			
	'16 c3	'10 YR 5/2	'10 YR 3/3	granular, muchos terrones pequeños homogéneos			
III Cuesta de malena. Muzquiz	'7 a	'10 YR 8/2	'10 YR 5/4	granular ,suelto con rocas laminares	'8.44	'3.5	'48.5
	'7 a2	'10 YR 5/3	'10 YR 3/3	granular ,suelto con rocas laminares			
	'7a3	'10 YR 3/3	'10 YR 2/1	migajoso con terrones irregulares			
E	'7 b	'10 YR 7/4	'10 YR 5/4	migajoso con terrones irregulares	'8.48	'3.23	'42.6
	'7 b2	'10 YR 6/3	'10 YR 3/3	granular ,suelto con rocas laminares			
	'7 b3	'10 YR 6/3	'10 YR 4/3	granular ,suelto con rocas laminares			

MUNICIPIOS Y PARADAS	MUESTRA	COLOR		ESTRUCTURA	pH	M.O.	%ARENAS
		SECO	HUMEDO				
	'7 c	'10 YR 7/3	'10 YR 5/3	migajoso con terrones angulares	'8.22	'3.26	'29.0
	'7 c2	'10 YR 5/2	'10 YR 2/2	migajoso con terrones angulares			
	'7 c3	'10 YR 4/3	'10 YR 3/4	migajoso con terrones angulares y rocas laminares			
IV							
Allende	'11 u	'10 YR 6/3	'10 YR 4/3	granular con terrones subangulares	8.44	'3.21	'3.4

## BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, Herrera Nicolás. (1989). Tratado de Edafología de México. Tl. Facultad de Química, UNAM. México D:F:. 222p
- AGUILERA, Contreras Mauricio; MARTINEZ Elizondo René. (1980). Relación Agua Suelo Planta Atmósfera. "UACH", Chapingo, México.
- ABER, John D. and MELILLO, Jerry M. (1991). Terrestrial Ecosystems. "Sounders College Publishing", USA. 429 p.
- ANDERSON, J.M. & INGRAM J.S.I. (1993). Tropical Soil Biology and Fertility A handbook of methods. "CAB International", London, UK. 221p.
- BASSOLS Batalla, Ángel, et.al. (1986). Lucha por el Espacio Social. Regiones del Norte y Noreste de México. "UNAM", México. 960p.
- BRADY C. Nyle (1990). The Nature and Properties of Soils. "Macmillan Publishing Company", N.Y., USA. 621 p.
- BINKLEY, Dan. (1995). Nutrición Forestal, Prácticas de Manejo. "Noriega UTCHA". Tr. Manuel Guzmán. México.
- BIRKERLAND. (1990). Geomorphology and Soils.
- BUOL, S.W., HOLE, F.D.; McCracken, R.J. (1981). Génesis y Clasificación de suelos. "Ed. Trillas", CONAZA. México. 446p.
- CHAPMAN, Homer D.; PRATT, Porder F. (1983). Métodos de Análisis para suelos, plantas y aguas. "Ed. Trillas". Tr. Agustín Contín. México.
- Diccionario Porrúa. Historia, Biografía y Geografía de México. (1969). Editorial Porrúa S.A.. México D.F.. 1721p
- D'LUNA, Fuentes Alejandro. (1994). Evaluación del Paisaje para el Ordenamiento Territorial en el Área de Conservación "La Esperanza", Guanajuato. Tesis de Maestría. "UNAM", México.
- ELLIOT, et.al.
- FORMAN T.T. Richard & GODRON Michel. (1986). Landscape Ecology. "John Wiley & Sons", Hampshire, USA. 619 p.
- FRITZ Patrick E.A. (1980). Soils, Their formation, classification and distribution. "Longman Inc.", N.Y., USA. 353 p.

- GARCÍA, De Miranda Enriqueta. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. "Instituto de Geografía UNAM". D.F., México.
- GOODALL D.W. & PERRY R.A. (1981). Arid Land Ecosystems, Structure, Functioning and Management. "Cambridge University Press". Gran Bretaña. Vol II.
- HAMBLIN Kenneth W. (1989). The Earth's Dynamic Systems. "Macmillan Publishing Company". Nueva York, EUA. 576 p.
- HUGUET, Del Villar Emilio. (1983). Geo-Edafología, "Publicacions I Edicions de la Universitat de Barcelona", Barcelona, España.
- KILLHAM Ken. (1994). Soil Ecology. "Cambridge University Press". Gran Bretaña. 242 p.
- MODNEY H.A. & GODRON M.. (1983). Ecological Studies, "Disturbance and Ecosystems". "Springer-Verlag". Berlín, Alemania. No. 44.
- MONTGOMERY, Estimación de los Rangos de Confiabilidad de la regresión.
- O'HARE Greg. (1990). Soils, Vegetation, Ecosystems Conceptual Frameworks in Geography. "Oliver and Boyd". Londres, R.U. 204 p.
- ORTEGA, Torres Enrique. (1978). Química de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 152p.
- ORTIZ, Villanueva R.; ORTIZ, Solorio Alberto C. (1994). Edafología. "UACH". Chapingo México.
- RODRIGUEZ, González Fernando. (1975). Evaluación de Características edáficas, hidrológicas y climáticas, con fines de producción de algunos cultivos en Zonas Áridas. Tesis de Maestría. "UAAAN". Coahuila, México.
- ROUNTREE, De Icaza Alberto. (1991). La función del suelo en las relaciones del agua y la planta. Tesis de Licenciatura. "UNAM". México.
- SOKAL and ROLF. (1995) Biometry.
- VILES Heather A. (1988). Biogeomorphology. "Basil Blackwell Ltd", N.Y., EUA. 365 p.
- INEGI. (1986) Síntesis Geográfica del Estado de Coahuila. "INEGI". México.
- INEGI. Carta de Aguas Superficiales. Escala 1:1 000 000. 1987.

- INEGI. Carta de Climas de Coahuila. Escala 1:2 000 000. 1986.
- INEGI. Carta Edafológica. Escala 1:1 000 000. 1987.
- INEGI. Carta Fisiográfica de. Escala 1:1 000 000. 1987.
- INEGI. Carta Geológica. Escala 1:1 000 000. 1987.
- INEGI. Carta Municipal de Coahuila. Escala 1:2 000 000. 1986.
- INEGI. Carta de Precipitación de Coahuila. Escala 1:2 000 000. 1986.
- INEGI. Carta de Temperatura de Coahuila. Escala 1:2 000 000. 1986.
- INEGI. Carta Topográfica. Escala 1:1 000 000. 1987
- INEGI. Carta de Vegetación y Uso Actual del Suelo. Escala 1:1 000 000. 1987.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y LETRAS**  
**COLEGIO DE GEOGRAFIA**