



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

UN ESTUDIO GEBOTANICO A
PARTIR DE SENSORES REMOTOS

T E S I S

Que para obtener el título de

B I O L O G O

p r e s e n t a

LAURA GUADALUPE GARCIA DEL VALLE



México, D. F.

1988



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.

INDICE

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN 5

MARCO REFERENCIAL 6

CAPITULO I

INTRODUCCION META OBJETIVOS E HIPOTESIS

1.1 Introducción, Objetivos e Hipótesis 7

1.2 Problema 10

1.3 Meta 10

CAPITULO II

ELEMENTOS CONCEPTUALES

DE LA INTEGRACION ENTRE GEOBOTANICA Y SENSORES REMOTOS

2.1 La Geobotánica y la exploración
de Recursos Naturales. 11

2.1.1 Principios Geobotánicos. 11

2.1.2 Experiencias mundiales en exploración
Geobotánica. 13

2.1.3 Geohidrología y Geobotánica. 15

2.2 Bases físicas de la aplicación de sensores remotos a la
exploración Geobotánica.

2.2.1 El Sensor. 20

2.2.2 El fenómeno : Clase física - Clase espectral. 25

2.2.3 La imagen y su procesamiento. 26

2.3 La Respuesta Espectral significativa
en Exploración Geobotánica. 29

2.3.1 Firmas Espectrales de vegetación, suelo y agua en la zona de estudio.	30
---	----

CAPITULO III

CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1 Localización Geográfica .	34
3.2 Topografía .	34
3.3 Clima.	35
3.4 Hidrología .	38
3.5 Marco geológico .	38
3.6 Suelos .	39
3.7 Vegetación y Actividades Humanas.	40

CAPITULO IV

DISEÑO EXPERIMENTAL

4.1 Ponderación de Indicadores.	42
4.2 Combinación de Evidencias.	43
4.3 Zonificación Optima	48

CAPITULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis de los datos de campo.	49
5.2 Análisis de las Clases Espectrales.	52
5.3 Interpretación conjunta	52

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones	54
BIBLIOGRAFIA	55

INDICE DE MAPAS

- Mapa 1. Localización de la Zona .
- Mapa 2. Asentamientos Humanos y carreteras.
- Mapa 3. Topografía.
- Mapa 4. Fronteras Climatológicas.
- Mapa 5. Estaciones Climatológicas.
- Mapa 6. Precipitación.
- Mapa 7. Evaporación.
- Mapa 8. Geología.
- Mapa 8a. Geología
- Mapa 9. Densidad de drenaje.
- Mapa 10. Localización de los Ptos.de muestreo.
- Mapa 11. Tectónica; Modelo Estructural de Bloques (MEB).

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Trabajos publicados en el periodo de 1965-1980 que utilizaron métodos biológicos para la Prospección de Recursos Naturales.
- Tabla 2. Bandas Espectrales (LANDSAT 2).
- Tabla 3. Tipos y Avances de los Satélites.
- Tabla 4. Factores fisiológicos que influyen en la respuesta espectral de la vegetación.
- Tabla 5. Estaciones Climatológicas.
- Tabla 6. Indicadores Superficiales.
- Tabla 7. Valor de "q".
- Tabla 8. Indicador: Vegetación.
- Tabla 9. Indicador: Litología Superficial.
- Tabla 10. Indicador: Densidad de Drenaje.
- Tabla 11. Indicador: Zonificación Geohidrológica.
- Tabla 12. Especies presentes en el muestreo.
- Tabla 13. Familias presentes en el muestreo.
- Tabla 14. Frecuencia de aparición (%) por especies.
- Tabla 15. Abundancia Relativa (%) de especies por elemento de estación.
- Tabla 16. Siglas de las especies de las constelaciones.

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Ciclo Hidrológico.
- Figura 2. Divisiones del agua subterránea.
- Figura 3. Firmas Espectrales de diferentes tipos de Vegetación.
- Figura 4. Distribución de especies vegetales según la altura sobre el nivel del mar.
- Figura 5. Constelación Asociativa entre especies vegetales (80% de confianza).
- Figura 6. Constelación Asociativa entre especies vegetales (90% de confianza).
- Figura 7. Constelación Asociativa entre especies

- vegetales (95% de confianza).
Figura 8. Mapa de Contornos.
Figura 9. Modelo Tridimensional.
Figura 10. Clases Espectrales de la Vegetación.
Figura 11. Mapa de Transmisividad Hidráulica, Arzate (1986).

INDICE DE IMAGENES

- Imagen 1. Imagen de satélite Multiespectral
(LANDSAT 2) bandas 4,5,6 y 7

APENDICES

- APENDICE 1. Información obtenida en el Herbario
Nacional del Instituto de Biología, UNAM.
APENDICE 2. Datos Climatológicos de la Zona
(Precipitación y Temperatura).
APENDICE 3. Distribución de especies por bloques.
Ubicación de las especies dentro del
Modelo Estructural de Bloques.

RESUMEN

Este trabajo se avocó al estudio de la vegetación en su composición (especies presentes por dominancia fisonómica), distribución (mapa de comunidades) y estructura (asociación entre especies en zonas de muestreo) para determinar su potencialidad como indicador de las condiciones físicas como : litología superficial, geomorfología, edafología, tectónica, densidad de drenaje , precipitación pluvial, evaporación, etc; las que definirán condiciones geológico-geomorfológicas de el control superficial en la captación, formación y distribución de mantos acuíferos en la región del Valle de La Paz-El Carrizal, en el estado de Baja California Sur.

Los resultados se obtuvieron mediante la integración de las variables en valores de importancia y su combinación probabilística (Método Thompson y Backer).

Obteniéndose como producto final un mapa de contornos que representa la mayor probabilidad de la distribución de los acuíferos en la zona y su relación con el conjunto de las asociaciones vegetales que les definen y caracterizan.

La información obtenida en este trabajo ha servido como base para el desarrollo de nuevas investigaciones, las cuales se estan llevando a cabo en el IGF, además existe información que fué recabada pero no fué procesada, por lo cual queda abierta la posibilidad de que esta información sea retomada para nuevos proyectos donde la Geobotánica puede ser un auxiliar muy valioso en la prospección de agua subterránea.

MARCO REFERENCIAL

La Península de Baja California se caracteriza por ser una región árida y semiárida, donde la utilización del agua superficial es limitada, por lo que se requiere el conocimiento de la ubicación y potencialidad del agua subterránea de la región, para el mejor aprovechamiento en las diferentes actividades que se realizan en la zona (agricultura, turismo, ganadería, fruticultura y desarrollo urbano entre otras).

Ante esta situación la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) recurrió al Instituto de Geofísica de la UNAM (IGF) planteando la necesidad de un proyecto que resolviera el problema del conocimiento de la ubicación y potencialidad del agua subterránea de la región, en particular, de la zona circundante a la Cd. de La Paz, surgiendo el proyecto multidisciplinario "Estudio Geohidrológico Complementario de las Cuencas La Paz-El Carrizal para proporcionar agua en bloque a la Cd. de La Paz, B.C.S."

Este proyecto sirvió como base para la realización de esta tesis, con la cual se pudo verificar los resultados previamente obtenidos por el Intituto de Geofísica. El enfoque de esta tesis fué atacar el problema desde el punto de vista de la Geobotánica, aspecto que no se había considerado en la realización de esta investigación.

La aportación de este trabajo fué comprobar que la Geobotánica puede ser un auxiliar muy valioso en la prospección de aguas subterráneas.

CAPITULO I INTRODUCCION, META, OBJETIVOS E HIPOTESIS

1.1 INTRODUCCION, OBJETIVOS E HIPOTESIS

En muchos estudios Geológicos y Geohidrológicos, el análisis de la vegetación frecuentemente se ignora (GIBSON, 1986), incluso se le ha llegado a considerar como un estorbo o ruido que dificulta la completa interpretación de los rasgos del terreno (DAVIS, 1971; LEOPOLD, 1984). Sin embargo, existen muchos rasgos, características o anomalías de la vegetación que proporcionan información acerca de las condiciones y riquezas de un terreno; esto permite la exploración y evaluación de recursos naturales de gran importancia, como son: los yacimientos minerales, hidrocarburos, agua, etc.

Dedicada al estudio de la vegetación, la Geobotánica, rama de la Geología, estudia y analiza las "anomalías" de la vegetación, correlacionadas con importantes factores o indicadores geológico-geomorfológico-geoquímicos como son: litología superficial, tectónica, topoformas y concentración de minerales, entre otros. (MOUAT, 1983)

En este trabajo, se estudia la vegetación, desde el punto de vista de la Geobotánica, esto es, como un bioindicador, comprendiendo tanto a las freatofitas (*) como al resto de las especies vegetales, que aunque no consideradas, ligadas directamente con un acuífero superficial, describen en su composición, estructura y distribución las condiciones de incorporación, circulación y depositación del agua de una región.

Esta vegetación constituye la base para ubicar aquellas subáreas, con características geológico-geomorfológicas favorables para constituirse en cuencas de depósito de agua subterránea.

Para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo se utilizaron técnicas de Percepción Remota, que proporcionan información confiable sobre la superficie de la tierra.

* Plantas indicadoras de niveles freáticos en zonas de descarga de agua subterránea, son conocidas también como "plantas de pozos".

A este tipo de información, descompuesta en sus variables, se le ha llamado indicadores superficiales, que incluyen: litología superficial, topografías, erosión, tectónica, vegetación, etc.

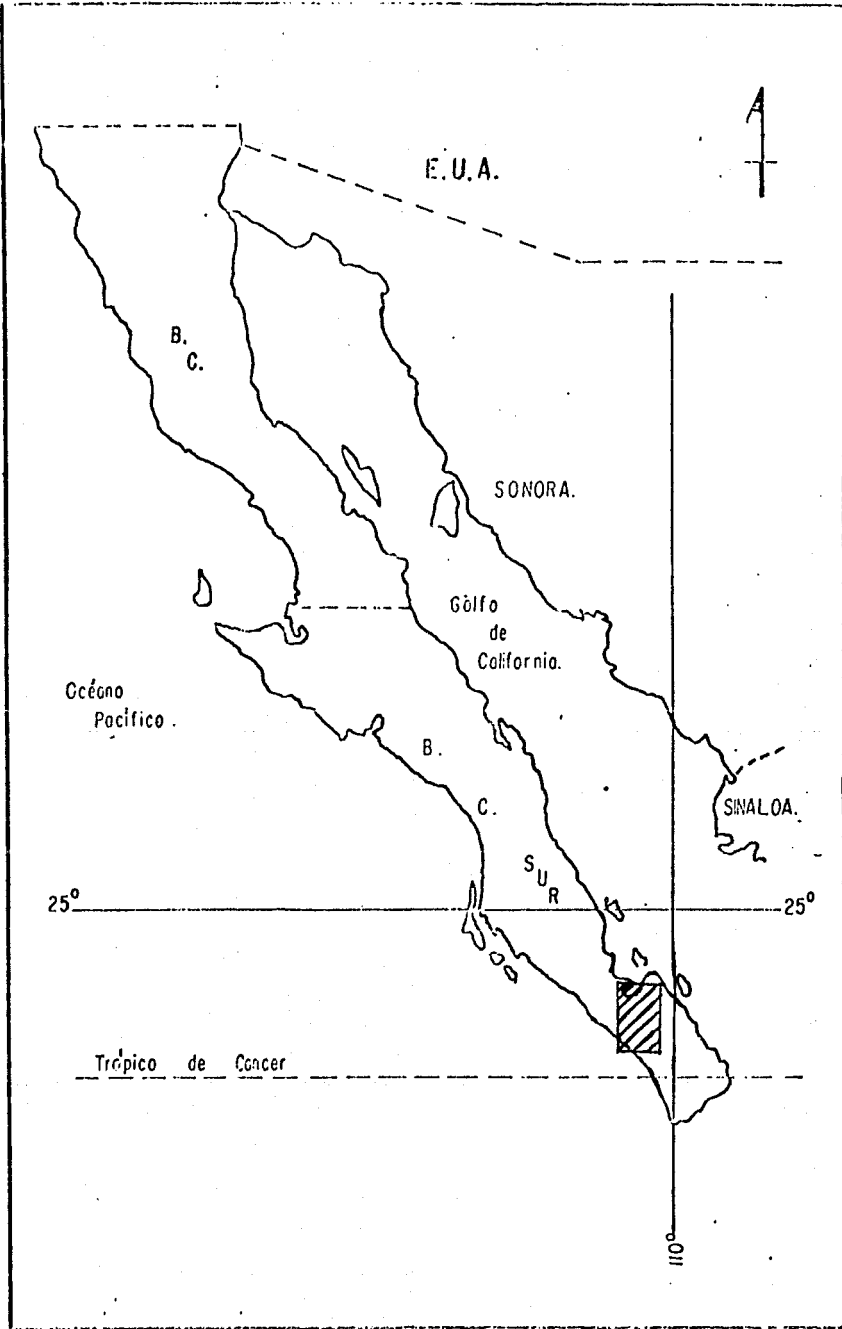
Estas técnicas pueden considerarse como indirectas por proporcionar información de rasgos subterráneos, a través de la interpretación de rasgos superficiales. Esto se debe a que las características o anomalías de un rasgo superficial reflejan la manifestación de una estructura subterránea, como se observa en la fotointerpretación de rasgos tectónicos por ejemplo. Cabe considerar que los mencionados indicadores superficiales están íntimamente relacionados entre sí.

El propósito fundamental del empleo de las técnicas de Percepción Remota es la reducción del universo de búsqueda. En la exploración geohidrológica, el propósito es la regionalización de la zona, en subáreas donde se presenta la mayor probabilidad de éxito en la localización de subcuencas de captación, depósitos de agua y niveles freáticos.

La obtención de los datos necesarios para la realización de este estudio, provienen del análisis y tratamiento de los siguientes medios:

- | | |
|---|--|
| a) Imágenes de Satélite Multiespectral
LANDSAT 2, obtenida el 5 de
Noviembre de 1978, bandas:
4,5,6,7 y componentes principales. | escala 1:100,000 |
| b) Fotografía Aérea Pancromática | escala 1: 75,000 |
| c) Cartografía Regional | escala 1: 100,000 |
| d) Verificación de campo | 48 elementos de estación
(puntos de muestreo) |

La superficie de estudio queda comprendida (Mapa 1) por las coordenadas 23 37' y 24 15' latitud Norte, 110 31' y 110 08' longitud Oeste, zona conocida por el nombre de El Valle de la Paz-El Carrizal, localizado en Baja California Sur, región que por sus condiciones climatológicas y de escasa precipitación pluvial (250 mm promedio anual), requiere del conocimiento del sistema geohidrológico del valle, necesario para explotar racionalmente sus depósitos de agua subterránea, destinados principalmente al abastecimiento de



Mapa 1. Localización de la Zona.

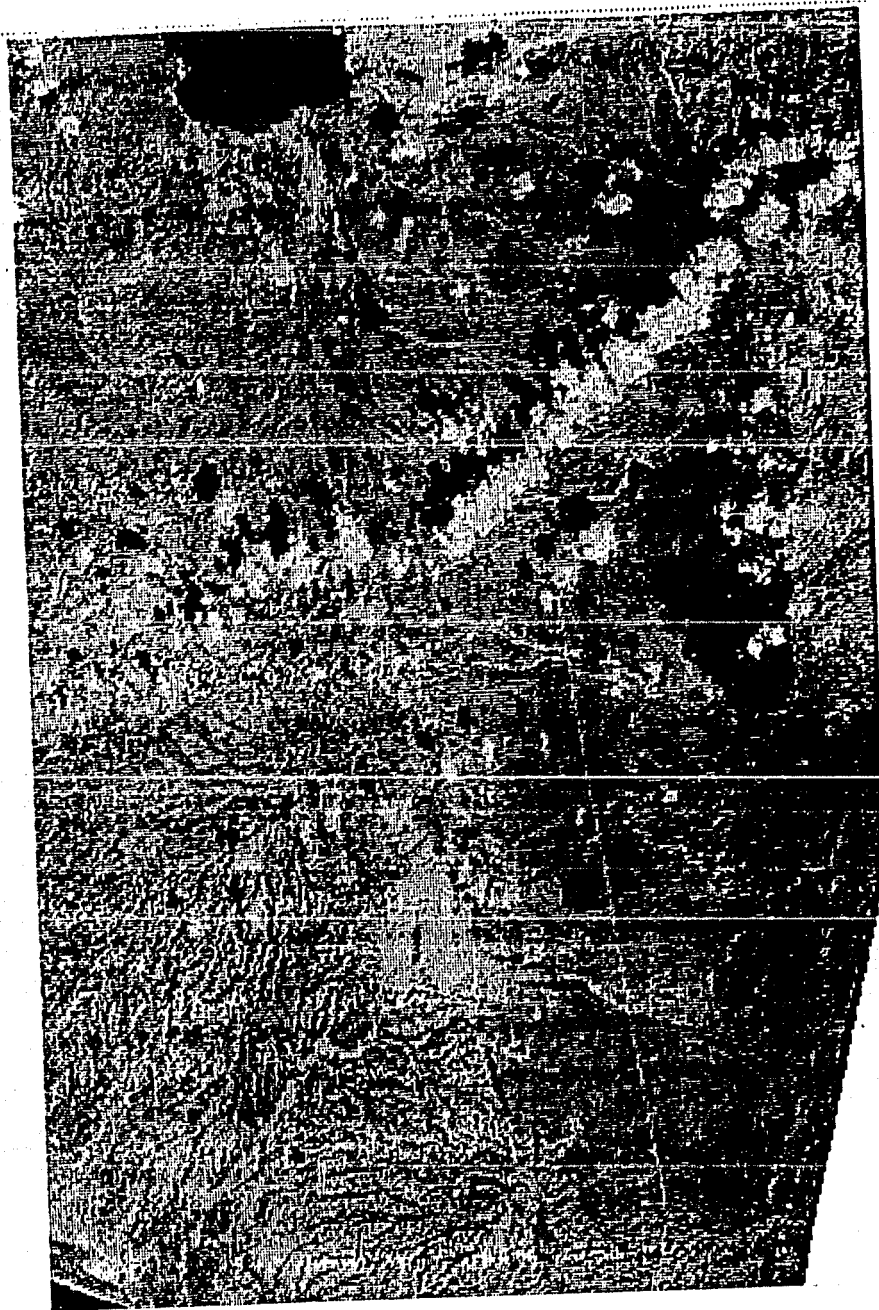


Imagen de Satélite Multiespectral, LANDSAT 2.
(Noviembre, 1978)

agua potable para la ciudad de La Paz.

La zona circundante a la ciudad de La Paz, es objeto de un estudio intensivo y costoso sobre su capacidad para proveer de agua a dicha ciudad. (RODRIGUEZ et al, 1986; FLORES et al, 1986) Por lo que se espera que los resultados de este trabajo contribuyan a la mejor descripción y comprensión de la distribución de los recursos acuíferos de la zona, logrando así la localización de este recurso natural tan necesario.

El presente trabajo se propone cubrir los siguientes objetivos y actividades :

- A) Contribuir a la comprensión de los Principios Geobotánicos aplicables a la región de estudio, describiendo su flora y su relación con la distribución del recurso agua y sus condicionantes (permeabilidad, gradiente topográfico).

- B) Desarrollar los procedimientos y técnicas que permitan la integración de la información proporcionada por los sensores remotos al estudio de la fitosociología local .

- C) Explicar la distribución espacial de la vegetación por medio de la correlación con factores geológico-geomorfológicos a través de:
 - C.1) La cartografía de la vegetación en la región de estudio.

 - C.2) La identificación y discriminación de las variables de mayor influencia sobre la vegetación, ligadas a la formación, alimentación, y distribución de los mantos acuíferos superficiales de la región.

- D) Integrar toda evidencia disponible (variables físicas y vegetación) del estado y distribución de los acuíferos de la zona, en un procedimiento que finalice en un mapa de las áreas con mayor probabilidad de la presencia de acuíferos.

La hipótesis que se manejó en este trabajo es la siguiente:

La relación entre los indicadores: densidad de drenaje, litología superficial, zonificación geohidrológica así como las diferentes comunidades vegetales permiten mapear las áreas de descarga natural del acuífero.

1.2 PROBLEMA

Resulta paradójico pensar, que estando nuestro planeta en sus tres cuartas partes cubierto por agua, sea un planeta que padece sed; por lo que se hace imprescindible alcanzar una administración y control adecuado de este recurso, ya que a consecuencia del crecimiento acelerado de la población y el uso irracional que se le da, cada día será más difícil abastecer de agua a toda la población. Por lo que es prioritario encontrar nuevos métodos para facilitar la localización de agua en el subsuelo, ya que, el agua subterránea constituye la mayor fuente de agua potable de más fácil aprovechamiento, además de que el 80% del agua dulce que utilizamos proviene de los depósitos de agua subterránea (GIBSON, 1986).

El problema que se aborda en esta tesis es el desconocimiento de la distribución, superficie y condiciones en que los acuíferos locales se encuentran, por lo que se utiliza a la vegetación como descriptor de las condiciones y ubicación de los acuíferos locales, para la identificación y ubicación de aguas subterráneas.

1.3 META

La meta de este trabajo es lograr la reducción del universo de búsqueda (espacio muestral) para la delimitación de acuíferos, haciendo una integración entre técnicas de Percepción Remota y técnicas de Geobotánica que proporcionen la información necesaria de las condiciones geológica-geomorfológica de una región, para la ubicación y delimitación de cuencas de depósito de agua subterránea (zona de recarga, movimientos laterales y de descarga).

CAPITULO II
ELEMENTOS CONCEPTUALES DE LA INTEGRACION ENTRE GEOBOTANICA
Y SENSORES REMOTOS

2.1 LA GEOBOTANICA Y LA EXPLORACION DE RECURSOS NATURALES

Entre los métodos biológicos utilizados en la exploración de recursos naturales se incluyen : los métodos biogeoquímicos, los métodos geozoológicos y los métodos geobotánicos.

Los métodos Geozoológicos, involucran el uso directo o indirecto de los animales, esto es, puede ser un método visual (observar la conducta o síntomas clínicos del animal) o incluir un análisis químico de éste como consecuencia de un envenenamiento por una alta concentración de metales pesados ó alteraciones causadas por exceso o deficiencias de algún elemento o elementos de su dieta. Los métodos geozoológicos no son tan eficaces como los geobotánicos, por que se enfrentan al problema de la movilidad de la mayoría de los animales, ya que son pocos los casos que se restringen a un mismo sitio como habitat.

Los métodos Geobotánicos interpretan las anomalías de la vegetación correlacionándolas con factores geológicos-geomorfológicos-geoquímicos, analizando la composición, estructura y distribución de la vegetación.

Estos métodos han tenido sus avances dependiendo de los adelantos tecnológicos, así la Geobotánica, durante las dos décadas pasadas ha logrado mayor auge gracias a los avances de las técnicas de Percepción Remota.

En un principio la vegetación, no era tan fácilmente aceptada como un indicador en la exploración de recursos naturales, como si lo son: el suelo, el agua y las rocas esto se debe a que los métodos geobotánicos requieren de una interpretación y para lograrla es necesario una orientación preliminar. Sin embargo, hoy en día muchos trabajos de exploración utilizan a la vegetación como un indicador, cabe señalar que dos terceras partes de las tierras emergidas se encuentran cubiertas por algún tipo de comunidad vegetal.

2.1.1 PRINCIPIOS GEOBOTANICOS

A continuación se enunciaran algunos principios y recomendaciones importantes , necesarios cuando se utilizan técnicas de Percepción Remota en estudios geobotánicos.

1.- Es esencial que los datos obtenidos por medio de

técnicas de Percepción Remota se adquieran durante la época apropiada del año, esto es, si se desea estudiar únicamente la fenología de un área dada, el conjunto de datos debe ser adquirido en la época de mayor crecimiento de la vegetación. Dependiendo del tipo de estudio a veces es conveniente una toma de datos multitemporal.

- 2.- Es esencial reconocer y/o determinar la historia cultural del área de estudio, para evitar una mala interpretación y no asociar una anomalía geobotánica a una actividad antropogénica.
- 3.- Una distribución anormal de especies puede ser un indicador geobotánico útil. Para reconocer esta anomalía de la vegetación son necesarios estudios fitosociológicos de campo y su correlación con técnicas de Percepción Remota que ayuden a la identificación, discriminación y mapeo de la zona, para discernir entre condiciones de la vegetación anómalas y/o normales.
- 4.- Es importante la medición del grado de asociación entre la vegetación, las condiciones geoquímicas del sustrato y la respuesta espectral que caracteriza la zona de estudio.
- 5.- La extrapolación de datos del muestreo del terreno (incluyendo medidas radiométricas) de datos de Thematic Mapper (TM), Multiespectral (MSS) puede causar problemas y deberá realizarse con extremo cuidado.
- 6.- La aplicación de técnicas estadísticas adecuadas y la realización de un diseño experimental, son esenciales en la conducción de investigaciones geobotánicas.

A continuación se enumerarán algunas ventajas y desventajas que se tienen al utilizar técnicas geobotánicas en la Prospección de Recursos Naturales :

VENTAJAS :

- 1.- Los costos de la utilización de técnicas geobotánicas son extremadamente bajos si se compara con otros métodos.
- 2.- Las diferentes formaciones geológicas, así como las zonas mineralizadas pueden detectarse con estas técnicas.
- 3.- Pueden utilizarse métodos aéreos y con esto ahorrar tiempo y esfuerzo en un estudio (pesos/km).

- 4.- Las especies vegetales sensibles pueden indicar a profundidad zonas mineralizadas ,en los casos donde no hay evidencia superficial de esta mineralización.

DESVENTAJAS :

- 1.- Se requiere un alto grado de destreza o entrenamiento para la interpretación (experiencia del experto).
- 2.- Los datos pueden no ser universalmente aplicables (caracterización regional de indicadores).
- 3.- Algunas veces los métodos pueden aplicarse unicamente a ciertas estaciones , por ejemplo, cuando la vegetación está en época de floración.
- 4.- Los métodos se pueden aplicar unicamente donde exista vegetación que pueda proporcionar la información necesaria para la interpretación.
- 5.- Ha sido poca la difusión de la utilización de estas técnicas, además de la poca coordinación y comunicación que existe al realizar este tipo de trabajos (pobre desarrollo de la disciplina y sus técnicas).

2.1.2 EXPERIENCIAS MUNDIALES EN EXPLORACION GEOBOTANICA

Es difícil calcular el número de trabajos que han utilizado métodos biológicos en la exploración de recursos naturales, esto se debe a que muchos trabajos son publicados en la Unión Soviética y frecuentemente no se conocen en los países de occidente (BROOKS,1983).

Según Kovalevsky (BROOKS,1983) en el período de 1938-1970, fueron publicados 460 trabajos (Chemical Abstracts, Biological Abstracts, Referationy Zhurnal).

Brooks (1983) reporta que en el período de 1965-1980, se publicaron 333 trabajos, de los cuales 73 son trabajos que se hicieron en la Unión Soviética * (tabla 1.)

* Los trabajos realizados en la Unión Soviética son reportados en Doklady Akademii Nauk, SSSR.

Fuente	No. de Articulos
Russian journals	73
U.S. Geological Survey publications	33
Proceedings of conferences and symposia	31
Journal of Geochemical Exploration	25
Economic Geology	17
Tesis de Maestría y Doctorado	13
Geological Survey of Canadian publications	10
Libros y Capítulos en libros	9
International Atomic Energy Agency publications	6
Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy	5
Proceedings of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy	3
Bulletin of the Geological Society of Finland	3
Otras Publicaciones	105
	<hr/> 333

tabla 1. Trabajos publicados en el periodo de 1965-1980 que utilizaron métodos biológicos para la Prospección de Recursos Naturales.

De este número de trabajos el 18% corresponden a estudios geobotánicos, el 3% a estudios geozoológicos y 79% a estudios biogeoquímicos. De los estudios geobotánicos el 25% fueron hechos con técnicas de Percepción Remota.

De estos 333 trabajos el 60% se reporta en idioma inglés (incluyendo las traducciones de ruso a inglés), el 38% se reporta en ruso, el 1% se reportan en alemán, francés o español, y el 1% restante incluye a los demás idiomas.

Los centros de investigación que utilizan los métodos biológicos en la Prospección de Recursos Naturales son:

- Bedford College and Remote Sensing Laboratory of Stanford University.
- Geological Survey of Canada. (G.S.C.)
- Geological Survey of US. (U.S.G.S.)

En la Unión Soviética :

- The Institute of Geology, Ulan Ude.
- The Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Moscow.
- The Institute of Geology and Geophysics, Tashkent.
- The University of Leningrad.

- The Institute of Ore Geology, Moscow.

En México :

- La Escuela de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Área de Ciencias de la Tierra.
- Departamento de Percepción Remota del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

2.1.3. GEOHIDROLOGIA Y GEOBOTANICA

La Geohidrología como una rama de las ciencias de la tierra ha ido tomando mayor auge para poder resolver problemas de gran importancia económica. Esto se debe a las demandas de agua que día a día van siendo mayores como consecuencia del aumento de la población y la creciente industrialización.

El término Geohidrología fué utilizado por vez primera en el año de 1802, por el naturista francés Lamarck; él le atribuyó al término un significado casi idéntico al de Geología Hidrica de Powell, quien lo definió como el estudio de los fenómenos de degradación (erosión) y depositación geológica debido a la acción del agua. (DAVIS, 1971)

Meinzer (1939), subdividió la Hidrología en Hidrología de Superficie e Hidrología Subterránea o Geohidrología; para él, la Hidrología es la ciencia que se ocupa específicamente del estudio del ciclo hidrológico.

Se debe entender por Ciclo Hidrológico, la circulación del agua en estado líquido, de vapor o sólido, desde los océanos al aire, del aire a la tierra, sobre la superficie de ésta o bajo el suelo y de nuevo a los océanos. (figura 1)

La evaporación que tiene lugar en la superficie del agua de los océanos y otras masas abiertas de agua, da por resultado la transferencia de vapor de agua a la atmósfera. En ciertas condiciones, este vapor se condensa para formar nubes, las cuales subsecuentemente, liberan su humedad como precipitación en forma de lluvia, granizo o nieve. La precipitación puede ocurrir sobre los océanos regresando cierta cantidad de agua directamente a ellos o sobre la tierra, en la que los vientos han transportado previamente la humedad del aire y las nubes. Parte de la lluvia que cae en la tierra se evapora retornando inmediatamente la humedad a la atmósfera. Del resto, una parte, alcanzando la superficie del suelo la moja y fluye hacia las corrientes superficiales y desemboca finalmente en el océano, mientras otra parte se filtra en el suelo, hasta que a cierta profundidad se ve detenida por capas de rocas impermeables, se extiende horizontalmente, de modo que grandes extensiones

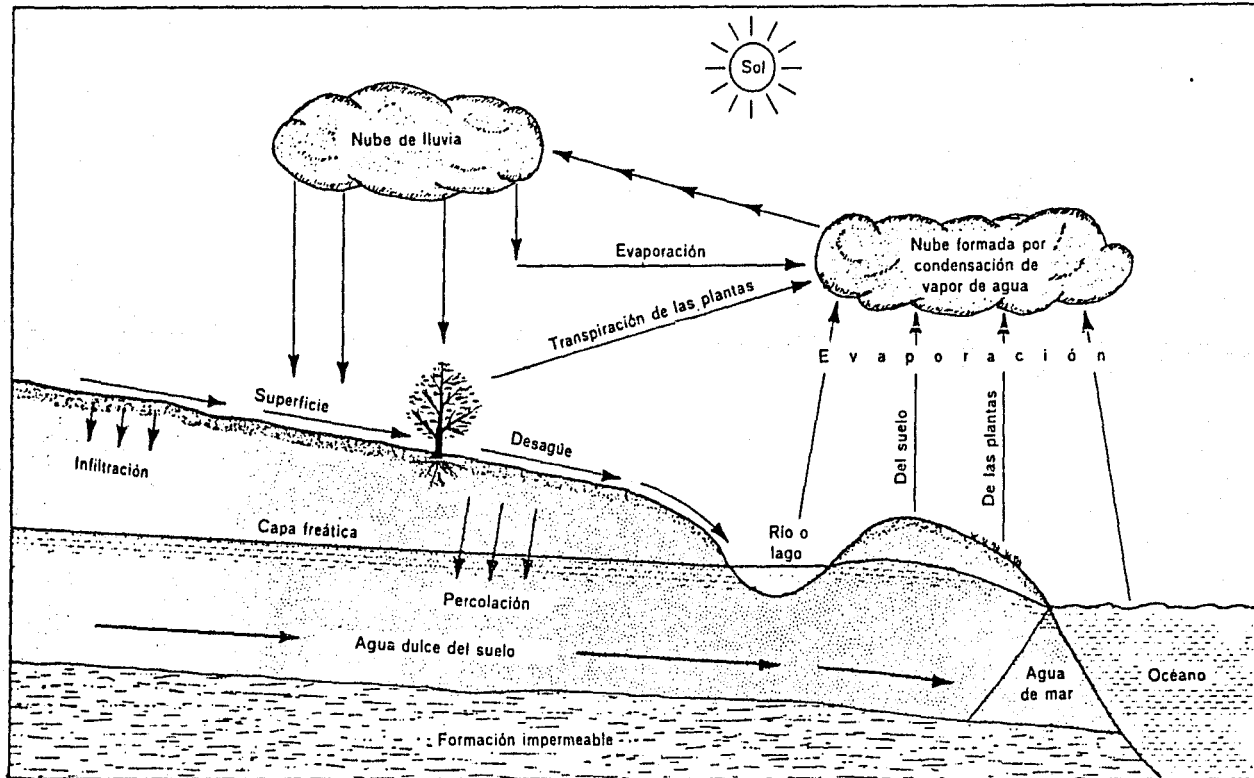


Figura 1. Ciclo Hidrológico
 (Tomado de Gibson, 1986)

del subsuelo quedan saturadas de agua, la cual penetra por la tierra permeable de poro en poro. La evaporación regresa parte del agua de la superficie de la tierra mojada a la atmósfera, mientras que las plantas extraen algo de esta porción en el suelo mediante sus raíces, y en el proceso de transpiración, la devuelven a la atmósfera a través de sus hojas.

El agua subterránea es preferida generalmente sobre el agua superficial por las siguientes razones:

- 1) El agua subterránea no posee generalmete organismos patógenos ni necesita tratarse previamente para su uso industrial y doméstico.
- 2) Su temperatura es aproximadamente constante.
- 3) Generalmente no posee turbidez ni color.
- 4) Los volúmenes de agua almacenada son generalmente mayores que los volúmenes almacenados en superficie.
- 5) La contaminación radioquímica y biológica de la mayor parte de las aguas subterráneas es menos probable.
- 6) El agua subterránea acumulada por la naturaleza durante mucho tiempo de recarga, puede constituir el único recurso en muchas regiones, donde no es posible asegurar su abastecimiento a partir exclusivamente de la explotación de sus recursos hidráulicos superficiales tal es el caso del desierto del Sahara.

Sin embargo existen algunos inconvenientes que impiden su utilización, por ejemplo:

- 1) En muchas regiones el subsuelo es rocoso y su porosidad y permeabilidad son insuficientes para proporcionar agua que pueda ser explotada por medio de pozos.
- 2) Frecuentemente el agua subterránea posee un mayor contenido de sólidos disueltos que el agua superficial de una misma región.
- 3) El costo de explotación mediante pozos es generalmete mayor que el costo de la explotación de las aguas superficiales de los pequeños ríos próximos a las zonas de consumo (esto ocurre en las regiones donde la pluviometría es moderada o elevada).

El agua del subsuelo que se encuentra en los intersticios o poros de las rocas se puede dividir en dos zonas

principales: la zona de aereación y la de saturación. (figura 2)

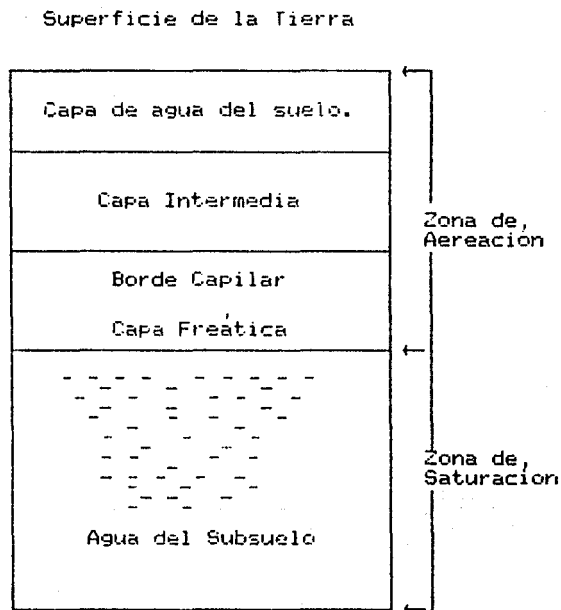


Fig. 2 Divisiones del Agua Subterránea

La Zona de Aereación se extiende de la superficie de la tierra hasta el nivel al cual todos los poros o espacios abiertos se encuentran completamente llenos o saturados de agua. Una mezcla de aire y agua se encuentra en los poros en esta zona; la cual se divide en tres capas que son:

1) La capa de agua del suelo.

Esta capa corresponde a la zona donde las plantas extraen por medio de sus raíces el agua necesaria para su desarrollo. El grueso de la capa difiere según el tipo de suelo y vegetación, variando de unos 30 cm en las tierras compactas y las áreas de cultivo, hasta varios metros en los bosques y tierras que soportan plantas de raíces profundas. (Figura 2.)

2) El borde capilar.

Ocupa la porción del fondo de la zona de aereación y está inmediatamente sobre la zona de saturación, el agua en dicha capa, está suspendida por fuerzas capilares similares a las que causan que el agua se eleve en un tubo estrecho o capilar por encima del nivel del agua contenida en un recipiente mayor que aloja verticalmente al tubo, mientras más estrechos sean los tubos o poros más se elevará el agua. El espesor de la capa depende de la textura de la roca o el suelo y puede ser cero cuando los poros son grandes. (Figura 2.)

3) La capa intermedia.

Se localiza entre la capa de agua del suelo y el borde capilar, la mayor parte de su agua llega por gravedad a través de la capa del agua del suelo.

La Zona de Saturación (Acuífero) está debajo de la zona de aereación y los poros están completamente llenos o saturados de agua, esta es el agua del subsuelo que puede fluir fácilmente hacia un pozo. (Figura 2.)

Para la formación de un acuífero es necesario que el tipo de roca de la zona tenga las características necesarias para poder acumular el agua que se filtra al subsuelo. Los acuíferos pueden estar compuestos por rocas consolidadas (unidas por compactación y cementación, por ejemplo granito y calizas) o rocas no consolidadas (materiales sueltos, por ejemplo arena y grava). Las rocas deben ser lo suficientemente porosas (contener una proporción alta de poros u otras aberturas en el material sólido) y ser suficientemente permeables (las aberturas deben estar interconectadas para permitir el paso del agua a través de ellas). Tomando en cuenta su origen, las rocas sedimentarias, que representan un 5 % de la corteza de la tierra, contienen un 95 % del agua del subsuelo; las rocas

sedimentarias provenientes de materiales duros, constituyen sedimentos más gruesos y por lo tanto mejores acuíferos a diferencia de los sedimentos provenientes de arcillas que son de grano fino y constituyen acuíferos pobres. Las rocas ígneas y metamórficas no se consideran capas acuíferas pero puede llegar a encontrarse agua en las grietas y fracturas, ya que así se facilita el paso y acumulación del agua en este tipo de materiales. Por lo tanto las rocas sedimentarias no consolidadas son la fuente más importante de suministro de agua.

La vegetación que se considera como indicador geobotánico en la localización de acuíferos son las freatofitas. Este tipo de vegetación habita a lo largo de los cauces de los ríos y sobre las zonas donde el nivel freático está a muy poca profundidad respecto a la superficie del suelo, poseen raíces muy profundas que llegan a alcanzar el nivel freático. Las freatofitas no son solamente propias de las zonas desérticas, sino también de las zonas húmedas, aunque en estas zonas su importancia como indicadores de acuíferos no ofrece una particularidad especial. Algunas freatofitas poseen un bajo nivel de tolerancia a la salinidad del agua, a diferencia de la vegetación halofita (*), constituyéndose de este modo en indicadores de gran valor para la localización de agua potable en las regiones áridas y semiáridas.

La mayor parte de las freatofitas poseen un valor económico pequeño o nulo, por lo que el agua por ellas consumida, llega a considerarse desperdiciada. Tal es el caso del Tamarisco o Cedro chaparro que habita en terrenos secos y arenosos, originario del continente Eurasiático. En algunas regiones utilizan diversos procedimientos para evitar este consumo de agua; en el caso de acuíferos muy superficiales a veces es posible hacer descender el nivel freático mediante una distribución adecuada de pozos de drenaje, o se ha dado casos en que se destruye a la vegetación con herbicidas o quemando o destruyendo mecánicamente (LEOPOLD, 1984).

La alfalfa es una excepción, ya que es una freatofita muy difundida y con valor económico.

La cantidad de agua consumida por las freatofitas varía según la especie, la densidad de la vegetación y los factores climatológicos (luz, temperatura, humedad) e

* Vegetación que se caracteriza por tolerar grandes cantidades de sales.

hidrológicos (profundidad del agua y calidad).

2.2 BASES FÍSICAS DE LA APLICACION DE SENSORES REMOTOS A LA EXPLORACION GEBOTANICA

2.2.1 EL SENSOR

Por sensor nos referimos al satélite, particularmente al Multi Spectral Scanner (MSS), instrumento que capta energía electromagnética en diversos rangos según su "edad tecnológica" (Tabla 2.) A continuación veamos algo de su historia y su relación con la disciplina que lo usa como instrumento: la Percepción Remota.

REGION DEL ESPECTRO	RANGO (micrómetros)	BANDAS
Visible	0.5 - 0.6	MSS 4
	0.6 - 0.7	MSS 5
	0.7 - 0.8	MSS 6
Infrarojo	8.0 - 1.1	MSS 7

Tabla 2.
Bandas Espectrales que percibe el Satélite de Exploración de Recursos Naturales, LANDSAT 2, Multiband Scanner (MSS), satélite de donde provienen los datos utilizados en éste trabajo.

La Percepción Remota es una disciplina científica que provee de un conjunto de técnicas que permiten obtener información confiable sobre las propiedades de superficies y objetos captados a distancia, sin tener contacto físico con ellos. Sin embargo, con esta definición, podrían incluirse métodos como los gravimétricos, magnéticos y acústicos destinados a estudiar la estructura del mundo y el fondo de los océanos por citar algunos ejemplos.

De una manera más particular, la Percepción Remota ha sido definida por los siguientes autores como :

"La Percepción Remota es una ciencia que ha logrado el

descubrimiento de objetos a distancia, mediante ondas electromagnéticas reflejadas o emitidas por éstos" (CERVELLE, CHOROWICZ, 1986)

"Como un conjunto de técnicas asociadas a mediciones de la energía electromagnética reflejada y emitida por la superficie terrestre, que permiten obtener información sobre sus características y estado actual de sus recursos" (REEVES, 1975)

" La Percepción Remota obtiene información a distancia acerca de una superficie física o virtual, en el rango de 0.4 m a 50 cm. de longitud de onda de la radiación electromagnética, con el objeto de dilucidar las propiedades espaciales y espectrales de los objetos que yacen sobre la superficie " (LIRA, 1987)

De este conjunto de definiciones podemos extraer como elementos esenciales lo siguiente:

A. Como disciplina científica cuenta con :

- 1) Un método propio de estudio de la realidad.
- 2) Una porción de la realidad que le es propia como objeto de estudio que ninguna otra disciplina aborda.
- 3) Un cuerpo de teorías y modelos propios.

B. Su campo de acción se limita a la interacción de energía electromagnética (0.4 - 4.0cm) y la materia; es decir corresponde al vasto universo de estudio de métodos potenciales de la Geofísica (*)

En un esfuerzo de integración podemos llegar a formular la siguiente definición :

La Percepción Remota es una disciplina científica que

(*) Conjunto de técnicas que se fundamentan en la medición de la diferencia de alguna propiedad física del subsuelo, a partir de una fuente de energía, para determinar e inferir estructuras en el subsuelo, por ejemplo Prospección Sísmica, Prospección Gravimétrica, Prospección Eléctrica y Prospección Magnetométrica.

obtiene información de la superficie terrestre mediante el registro de las mediciones de la energía electromagnética reflejada, refractada y/o emitida por cada uno de los elementos que conforman la superficie o paisaje de una región, utilizando para su estudio técnicas de Procesamiento de Imágenes, que permiten obtener información sobre las características y estado actual de los Recursos Naturales de una escena del paisaje.

Históricamente el uso de Sensores Remotos, tiene su origen en la fotografía aérea, ampliamente utilizada en las Ciencias de la Tierra, desde 1945 (CERVELLE, 1986). Y ha ido evolucionando continuamente debido al creciente desarrollo de los programas espaciales a partir de los años sesentas; y en particular se han desarrollado los satélites de Exploración de Recursos Naturales, por lo que actualmente es posible observar y monitorear los fenómenos terrestres, oceanicos y atmosféricos que facultan la comprensión del entorno de nuestro planeta.

El satélite se ha vuelto un instrumento de observación poderosamente útil, con aplicaciones económicas, hasta llegar a interesar seriamente a la industria privada, en particular a la prospección minera.

Algunas compañías mineras, principalmente norteamericanas, afirman que gracias a los tratamientos de imágenes espaciales, han podido localizar yacimientos metálicos. (CERVELLE, 1986)

El 23 de julio de 1972, los norteamericanos lanzaron el primer satélite destinado a realizar el inventario de los Recursos Terrestres, llamado el satélite tecnológico de los recursos terrestres (ERTS-A) que posteriormente fué nombrado LANDSAT-1 (TARANIK, 1978).

Este satélite fue el primero de una serie de tres, el ERTS-B o LANDSAT-2, puesto en órbita en enero de 1975 y el LANDSAT-3, puesto en órbita en marzo de 1978. El LANDSAT-1 dejó de funcionar en enero de 1978, por lo que solamente quedan activos los LANDSAT 2 y 3.

Estos satélites están equipados con un captador que registra las cantidades de energía electromagnética en un cierto número de bandas espectrales (Multi Spectral Scanner, MSS).

Tienen la misión de "rastrear", de manera permanente la superficie del Globo Terrestre, formando imágenes a partir de la medición de las cantidades de luz solar reflejada por unidad de superficie, en dos campos espectrales de la radiación visible y en el infrarrojo próximo con otros dos canales o bandas.

Los satélites LANDSAT son capaces de generar un cubrimiento completo del planeta (entre los 80 N y los 80 S) obteniendo una imagen del mismo punto cada 18 días, (LANDSAT 2) (TARANIK, 1978).

Esta capacidad de cubrimiento repetitivo es una de las más importantes bondades del sistema de datos multiespectrales Landsat, ya que ha permitido la observación periódica de fenómenos geográficos de gran escala, como los cambios fenológicos de la vegetación a lo largo del año (ROUSE, 1973)

Si se comparan los satélites heliosincrónicos, es decir que giran alrededor de la Tierra bajo el sol, en los campos visibles e infrarrojo, la mejora de las resoluciones espaciales y espectrales es notoria y corresponde a los avances tecnológicos en los campos de la Óptica, de la Mecánica y de la Electrónica de los sensores o captadores. (Tabla 3)

Los valores de intensidad de las radiaciones reflejadas son registradas por el satélite, en forma de datos numéricos y transmitidos a tierra mediante señales de radio. Estas son captadas por la antena parabólica de una estación terrestre y almacenadas en un ordenador. Estos datos numéricos sirven para generar imágenes punto a punto.

SATELITE	BANDAS ESPECTRALES EN m	RESOLUCION LINEAL EN METROS	FECHAS DE LANZAMIENTO
Landsat (1,2,3) Multi Spectral Scanner (MSS)	banda 4 : 0.5-0.6 banda 5 : 0.6-0.7 banda 6 : 0.7-0.8 banda 7 : 0.8-1.1 banda 8 : 10.4-12.5 (Landsat 3 unicamente)	76 * 76 para las bandas 4 a 7 120 * 120 para la banda 8	Landsat 1 1972 Landsat 2 1975 Landsat 3 1978
Landsat (4,5) Thematic Mapper (TM)	banda 1 : 0.45-0.52 banda 2 : 0.52-0.60 banda 3 : 0.63-0.69 banda 4 : 0.76-0.90 banda 5 : 1.55-1.75 banda 6 : 10.4-12.5 banda 7 : 2.08-2.35	30 * 30 para las bandas 1 a 5 y 7 120 * 120 para la banda 6	Landsat 4 1982 y Landsat 5 1984
Spot (1) Satélite para observación de la tierra	banda 1 : 0.50-0.59 banda 2 : 0.61-0.68 banda 3 : 0.79-0.89 banda P : 0.51-0.73	20 * 20 para las bandas 1,2 y 3 10 * 10 para la banda P	Spot 1 Enero 1986

Tabla 3.

El avance de los satélites, ha permitido una mejora en las resoluciones espaciales y espectrales, así la resolución lineal de los primeros satélites LANDSAT era de 76 m en los años setentas, mientras que en 1986 con el lanzamiento del satélite francés SPOT, se logró una resolución de 10 m (pancromático) y 20 m (multiespectral).

El modo de adquisición de los datos numéricos de los satélites se realiza según el siguiente proceso :

El satélite tiene un captador o sensor remoto, cuyo mecanismo óptico esta orientado hacia el suelo terrestre o paisaje, de este paisaje registra o transmite una escena de forma codificada de la energía electromagnética que percibe en un cierto número de bandas espectrales a estaciones de recepción, para obtener así una imagen.

Para que un Sensor se considere evolucionado y útil debe tener las siguientes características:

La primera es su poder de resolución espacial en el paisaje, que se traduce en las dimensiones de la superficie más pequeña que puede discriminar, para la cual se emplea el término Pixel, (picture element).

La segunda es su poder de resolución espectral, es decir, la longitud de onda del paisaje más pequeña que es capaz de distinguir el sensor.

Por lo tanto un satélite de exploración de recursos naturales, debe tener, para cada una de las bandas espectrales, las mayores resoluciones espaciales y espectrales posibles. Lo que implicaría ver el pixel más pequeño y recibir en cada una de sus bandas espectrales una energía lo suficientemente intensa para ser detectada.

Podría suponerse, que haciendo más baja la órbita de los satélites, 300 km por ejemplo en lugar de 800 km que es la altura media a la que orbitan los satélites, se obtendrían imágenes con una mejor resolución, sin embargo, esto implicaría una duración de vida bastante corta, para el satélite, puesto que caería rápidamente en la zona en que es frenado por la atmósfera terrestre, y tendría que volver a tierra o se desintegraría. Dado el precio de su fabricación y de su lanzamiento que es demasiado alto, se hace imperativo, que los satélites deban permanecer en operación durante el mayor lapso de tiempo posible.

2.2.2 EL FENOMENO: CLASE FISICA - CLASE ESPECTRAL

La interpretación de los datos espectrales depende del conocimiento que se tenga de las respuestas espectrales de la superficie de la Tierra, esto es, cuando se desea localizar en una imagen un objeto o rasgo en particular, es necesario que su reflectancia (cantidad de luz reflejada por unidad de superficie) para una banda del espectro definida,

sea proporcionalmente más elevada en ciertas bandas espectrales, así puede determinarse la firma espectral de ese objeto.

Para lograr conocer la firma espectral, es necesario una combinación de los datos numéricos producto de la representación en dígitos por el sensor "los píxeles" que caracterizan una roca o sus alteraciones, un mineral, un elemento químico, e incluso un tipo de vegetación (figura 3).

Esta combinación de datos numéricos puede ser un cociente o producto de bandas que permite acentuar o resaltar más el objeto de interés.

Las firmas espectrales pueden considerarse indirectas ya que permiten localizar un fenómeno fuertemente correlacionado con lo que se desea detectar.

Así es como la Geobotánica logra detectar a través de las firmas espectrales de la vegetación recursos de gran valor económico, tales como los minerales, siendo una gran aportación para la mineralogía, o fenómenos geológicos involucrados con la presencia de agua.

2.2.3 LA IMAGEN Y SU PROCESAMIENTO

La imagen captada por un satélite de monitoreo de Recursos Naturales es una representación o imitación de una porción de la superficie terrestre, la cual contiene la información descriptiva acerca de una escena en un paisaje.

Una vez que se tiene la imagen se procede a realizar un análisis o interpretación analógica, interpretación de rasgos como trazos y texturas, huellas de objetos macrofísicos en la zona de estudio, tipos de roca y drenaje superficial de la imagen para obtener determinada información.

Este análisis ha demostrado ser útil en una amplia gama de aplicaciones como son : la interpretación de la Tectónica de Placas (SABINS, 1978), estudios de Geología Estructural (GOLD, 1980), Geomorfología (LOWMAN y LATTMAN, 1980), Cartografía de la vegetación (MORAIN, 1974), estudios Hidrológicos (SKIBITZKE, 1976), Prospección de Minerales por ejemplo, Uranio (SMITH, 1977) entre otros.

Posteriormente se hace un análisis o procesamiento digital

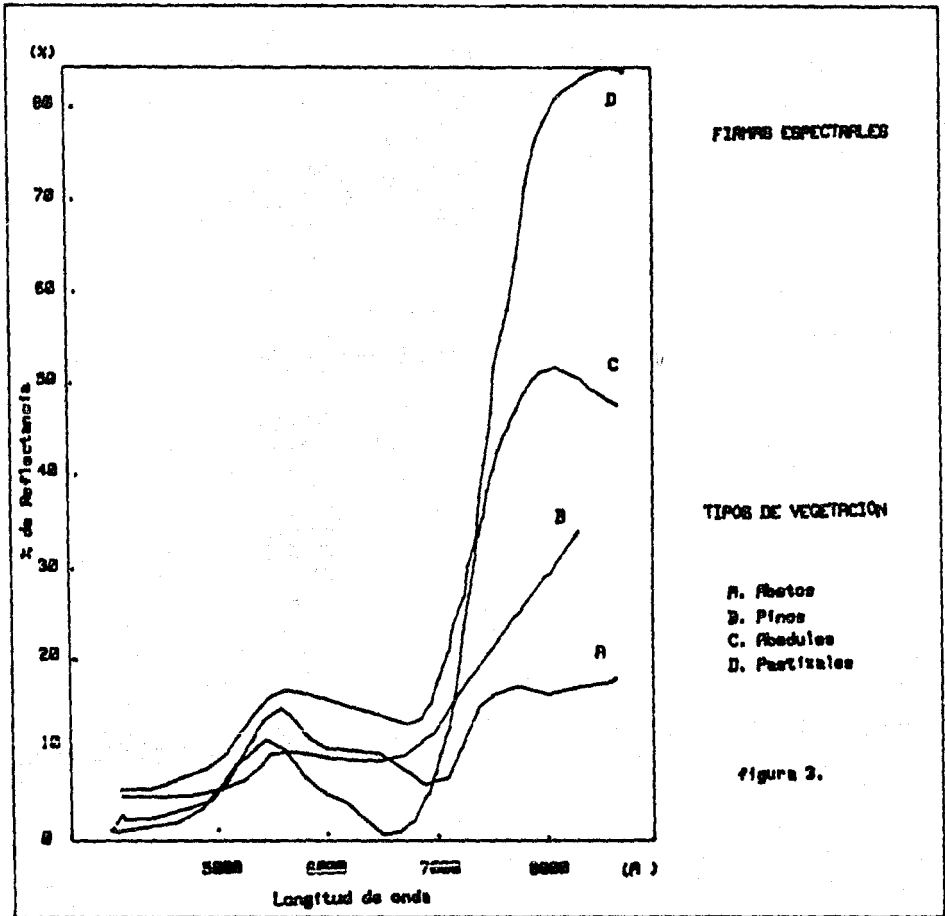


Figura 3. Clases Espectrales de cuatro tipos de vegetación, siendo los pastizales los más reflectivos (D) y los abetos los menos reflectivos (A). Brooks, 1983.

de la imagen, esto es, un proceso que somete a las representaciones numéricas de los objetos o elementos de la superficie terrestre a una serie de operaciones para obtener el resultado deseado (CASTLEMAN, 1980).

Este análisis se basa en las respuestas espectrales obtenidas para cada una de las bandas de los diferentes elementos de la superficie, haciendo uso de computadoras, mediante la aplicación de modelos y técnicas matemáticas, las cuales están implementadas como rutinas de software (CHAVEZ, 1985).

En muchas ocasiones cuando una imagen proviene de un sensor satelitario, puede sufrir un cambio con respecto a la escena de la que fue tomada. Así también la calidad de una imagen disminuye cuando se pretende obtener una copia de ella, transmitirla o desplegarla.

Para contrarrestar esto, existen técnicas de realce que están diseñadas para compensar este efecto.

El objetivo principal de un realce, es el procesar una imagen dada, de tal forma que el resultado sea más adecuado que la imagen original (CHAVEZ, op.cit).

Basicamente las técnicas de realce pueden dividirse en tres clases:

- 1) Técnicas de realce general.
- 2) Técnicas de realce selectivo.
- 3) Técnicas de restauración.

Las técnicas de realce general tienen como objetivo mejorar la apariencia visual general de la imagen. No presuponen algún tipo de degradación y se basan en las propiedades de vecindad de los elementos de la imagen.

Las técnicas de realce selectivo tienen como objetivo mejorar la apariencia visual general de la imagen. No presuponen algún tipo de degradación, pero se basan en el manejo de los parámetros estadísticos de la imagen para lograr el realce.

Estas técnicas siempre tienen efecto de realzar una cierta clase de patrones (espaciales o espectrales) a costa de otras clases.

Las técnicas de restauración constituyen métodos de realce en las que se presupone una degradación. Su propósito es obtener la imagen original de un objeto a partir de una imagen dada y la función de respuesta al impulso que

caracteriza al dispositivo o transformación que causó la degradación.

Este tipo de técnicas se basa en el modelado matemático del proceso de degradación y a partir de esto, en la aplicación de una transformación inversa a la imagen pre-procesada para obtener así la imagen original (CHAVEZ, 1985).

Las técnicas de realce pueden desarrollarse principalmente en dos formas:

a) Utilizando métodos en el dominio de la frecuencia. Basada en modificaciones que se hacen a la transformada de Fourier de una imagen.

b) Utilizando métodos en el dominio espacial. Esto es, modificaciones que se hacen al plano de una imagen en sí misma, y se basan en el manejo directo de los "pixels" de una imagen.

Una técnica utilizada para el realce en el dominio espacial es:

Falso Color: a una imagen se le proporcionan tonos de color diferente al esperado para que resulten algunos objetos más llamativos para el ojo del analista.

Algunas técnicas de restauración en el dominio espacial son:

a) Filtrado Paso Bajas: para disminuir el ruido (limpiar la imagen) se atenúan las componentes de alta frecuencia que provocan el problema ya que el "ruido" está asociado a las componentes de alta frecuencia. Esto se logra aplicando un filtrado especial que "suavice" el ruido contenido en la imagen.

Una desventaja de éste filtrado es que disminuye el ruido a expensas de reducir un poco la cantidad de información en la imagen, provocando que la imagen se vea borrosa.

b) Filtrado Paso Altas: una técnica de realce que enfatiza las componentes de alta frecuencia de una señal, este filtrado incrementa el contraste local y por consiguiente afina la imagen, es útil para reducir la apariencia borrosa de una imagen.

2.3 RESPUESTA ESPECTRAL, ESTRUCTURAL Y TAXONOMICA SIGNIFICATIVA EN EXPLORACION GEBOTANICA

Las anomalías de la vegetación que se interpretan en la exploración de recursos naturales se agrupan para su análisis en tres categorías: Estructural, Taxonómico y Espectral (MOUAT, 1983).

La categoría estructural incluye cambios en la fenología de la vegetación, cambios en los diferentes estadios de floración, fructificación y senectud, cambios en la biomasa total o parcial alterando la densidad del dosel y clorosis o amarillamiento de la vegetación como una respuesta al stress por metales o deficiencia de nutrientes (FOY et.al. 1978)

La categoría taxonómica incluye la descripción e identificación de las especies presentes en la zona de estudio, pasando por las siguientes etapas:

a) Identificación y distribución de las especies características en un área.

b) Presencia-Ausencia de las especies, logrando el reconocimiento de grupos, los cuales pueden considerarse indicadores locales si estas especies son únicas o particulares de la zona; pueden reconocerse también indicadores universales que pueden ser utilizados en cualquier área donde se encuentren

El valor de los indicadores vegetales es variable de acuerdo con el área geológica en que son utilizados, el tipo de recurso que se busque y los climas de cada región (GARCIA, 1987)

La categoría espectral incluye la variación en la longitud de onda, que será captada por el sensor remoto e involucra cambios estructurales y taxonómicos, esto se debe a que la reflectancia de la vegetación depende de los diferentes factores fisiológicos y físicos del terreno como la estructura de la vegetación, contenido de pigmentos, contenido de agua, cobertura del terreno, tipo de vegetación, área foliar, topografía, grado de iluminación solar etc. que influyen en la reflectancia de la vegetación (Tabla 4)

RANGO	FACTORES FISIOLÓGICOS
1. Espectro visible (200 -400 nm)	Contenido de clorofila y organización Inhibición de la fotosíntesis.
2. Espectro visible (400-800 nm)	Pigmentos, principalmente clorofila.
3. Infrarojo cercano (800-1200 nm)	Follaje, estructura del dosel.
4. Infrarojo (1200-2500 nm)	Contenido de agua.
5. Térmico (2500 nm)	Contenido de agua en la vegetación (Evapotranspiración)

Tabla 4.
Factores fisiológicos que influyen en la respuesta espectral de la vegetación, en las diferentes regiones del espectro.

2.3.1 FIRMAS ESPECTRALES DE VEGETACION, SUELO Y AGUA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Conociendo las respuestas espectrales se puede inferir de que tipo de "espacio" o "terreno" se trata, por ejemplo una zona urbana, un desierto, o tierras de cultivo.

Las características de las respuestas espectrales de la vegetación dependen de varios elementos, entre los que destacan:

a) Concentración de Clorofila.

El pigmento clorofila absorbe mucha energía, por lo tanto la reflectancia de las plantas con altas concentraciones de clorofila es poca, de 0.4-0.6 m (micrómetros), lo que corresponde a las bandas azul y verde del espectro visible (SHIRLEY, LANDGREBE, 1978)

$$I = R+A+T$$

$$R = I-(A+T)$$

donde:

I= Energía incidente

R= Energía reflectada

A= Energía absorbida

T= Energía transmitida

b) Concentración de Carotenos y Xantofilas.

Como consecuencia de la fisiología del vegetal, con el aumento de la concentración de estos pigmentos, la cantidad de clorofila disminuye, por lo tanto, una vegetación con estas características presenta una reflectancia que corresponde a la banda azul del espectro visible 0.45 μ m (micrómetros). (SHIRLEY, et al 1978)

c) Cantidad de Humedad.

El contenido de agua en las plantas es también un factor muy importante, entre mayor contenido de humedad exista, mayor será la absorbancia de energía y por lo tanto menos reflectancia, esto se registra en la banda del infrarojo del espectro 1.5 μ m (micrómetros) (SHIRLEY, et al 1978). La variación en el contenido de humedad puede deberse a los metales en exceso, estos tienen efecto en el metabolismo de las plantas y pueden llegar a causar rompimiento en el funcionamiento normal de los estomas trayendo como consecuencia una pérdida en la humedad de la planta y aumento en la temperatura (HORLER et al 1980a)

d) Cambios en la Cobertura.

Se refleja en las áreas desnudas, con vegetación esparcida, con comunidades transitorias, con efectos de sequías, con cambios fisiológicos, y altas o bajas concentraciones de metales pesados como Ni, Cu, Cr, Ca, Pb (MILTON, 1981)

Estas variaciones espectrales influyen en los datos que captan los sensores remotos, siendo esta variación más fina si se tiene una alta resolución espectral; es decir, la longitud de onda más pequeña que es capaz de distinguir el sensor (CERVELLE, 1986). De allí que las variaciones dependerán del desarrollo tecnológico del sistema de sensores.

Estos elementos están involucrados en las diferencias de reflectancia y varían según las características de la vegetación, las bandas afectadas son:

- 1) Espectro visible: Según la concentración de los pigmentos
- 2) Infrarojo: según la estructura interna y contenido de humedad de las hojas

Las características espectrales del suelo dependen también de varios elementos, destacando:

a) Textura del suelo.

El hecho de que el suelo esté compuesto por diferentes porcentajes de arcillas (diámetro del grano 0.02mm), limo (diámetro del grano 0.02 - 0.5 mm) y arenas (diámetro del grano 0.5 - 2.0 mm) influye en la reflectancia que se registra en los sensores. Dos aspectos son los responsables de tal conducta; el primero de ellos implica que dependiendo del tamaño de las partículas, será la energía reflejada, la relación es, entre más pequeñas sean las partículas mayor será la reflectancia. El segundo tiene que ver con la capacidad que tengan las partículas que conforman el suelo para retener el agua (percolación). Por lo tanto, dependiendo del tipo de textura, es también el contenido de humedad, y si el suelo está cubierto por vegetación, la absorbancia aumentará y la reflectancia decrecerá.

b) Materia Orgánica.

Un suelo rico en materia orgánica (M.O.), es generalmente un suelo de color negro o café oscuro, un suelo pobre en materia orgánica es de color café claro o gris.

La relación M.O. - Reflectancia es inversamente proporcional, así entre mayor contenido de M.O. menor porcentaje de reflectancia.

c) Contenido de Oxido de Hierro (FeO).

La coloración roja que llegan a presentar ciertos suelos, es a causa de la hidratación de algunos compuestos como el óxido de hierro y dióxido de manganeso. La relación, que existe entre estos compuestos y la reflectancia también es inversamente proporcional.

Los cuerpos de agua absorben toda la energía incidente y por lo tanto es muy poca su reflectancia, en fotografías aéreas blanco y negro e imágenes de satélite, en la porción del infrarrojo los cuerpos de agua son totalmente negros; por lo que su localización puede hacerse rápidamente. Sin embargo algunos elementos que pueden influir en la respuesta espectral de un cuerpo de agua son :

1) Turbidez.

Los sedimentos suspendidos, constituyen uno de los principales elementos que afectan la respuesta espectral, así un río turbio tendrá mayor porcentaje de reflectancia que un lago de agua clara por ejemplo.

2) Clorofila.

La concentración de clorofila en agua, influye en la

respuesta espectral de la siguiente manera, decrece la energía reflejada en la porción de la banda azul y aumenta en la banda verde.

Utilizando este criterio, con técnicas de Percepción Remota se han hecho seguimientos o monitoreos de la presencia o ausencia de algas acuáticas con importancia económica (SWAIM, 1978).

Sin embargo, características físicas y químicas de un cuerpo de agua como : pH, gases disueltos (O,N,CO₂), concentración de sales (NaCl, NaS) no son detectables directamente en las respuestas espectrales, pero si pueden llegar a ser correlacionables indirectamente.

En el siguiente capítulo se hará una descripción de la zona de estudio.

CAPITULO III CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

EL VALLE DE LA PAZ-EL CARRIZAL

3.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA

La zona en estudio denominada Valle de La Paz - El Carrizal se encuentra ubicada en el municipio de La Paz en el estado de Baja California Sur (Mapa 1).

Se localiza entre los paralelos 23 37' y 24 15' de latitud Norte y entre los meridianos 110 31' y 110 08' de longitud Oeste .

Las dimensiones del área de estudio son 2250 km2 aproximadamente .

Los límites naturales de la zona son:

Al Norte : La Bahía de La Paz.

Al Este : Las sierras La Laguna, Los Chiles, Las Cruces y La Trinchera.

Al Sur : El Océano Pacífico.

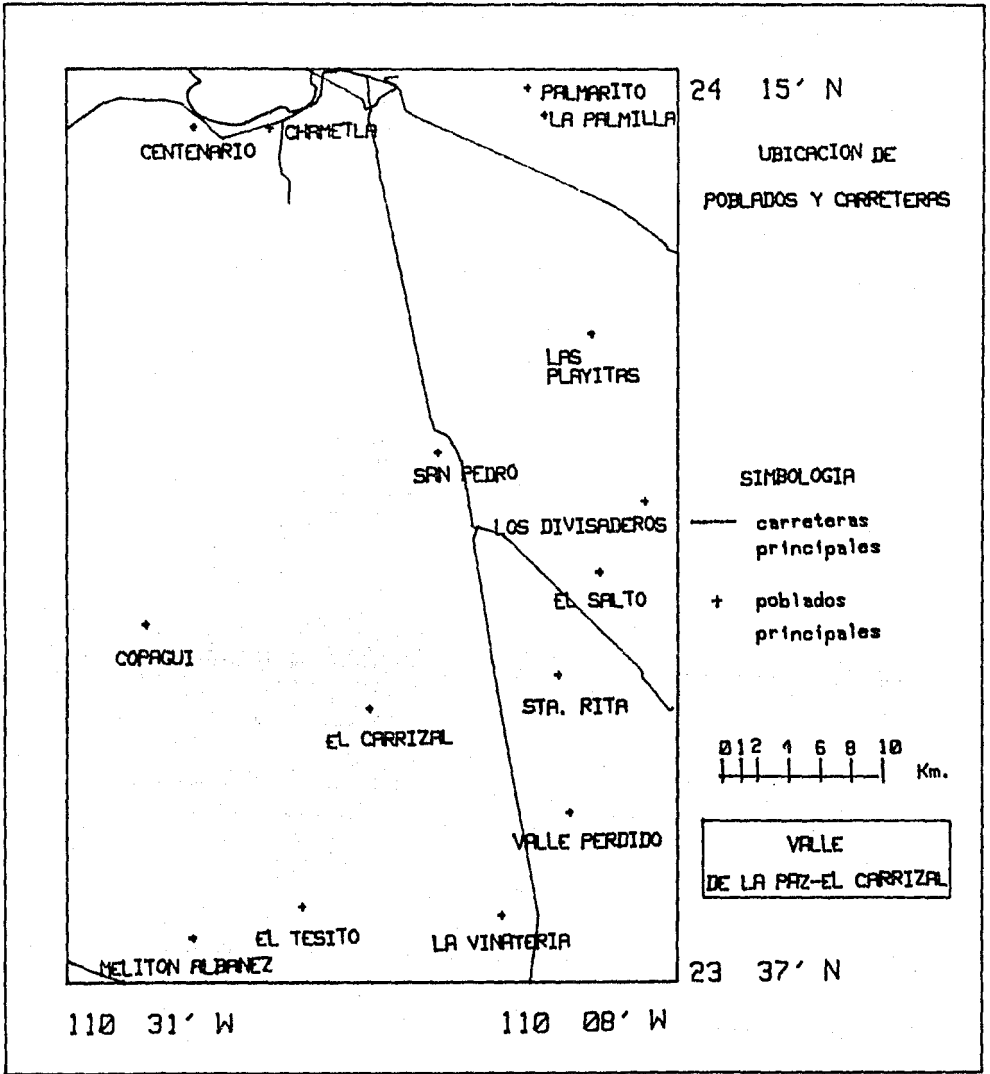
Al Oeste : Sierra los filos del treinta y cinco.

El principal asentamiento humano es la Ciudad de La Paz, capital del Estado, con una población de más de 120 000 habitantes en 1986, que corresponde aproximadamente al 50 % de la población registrada en el estado de Baja California Sur. Le sigue en importancia la comunidad de San Pedro, que se encuentra en el centro del Valle. La tercer área mayormente poblada, es la zona agrícola de El Carrizal, donde solo existen pequeños núcleos poblacionales. En el resto del Valle los asentamientos son escasos, constituidos principalmente por pequeños grupos de familias (Mapa 2).

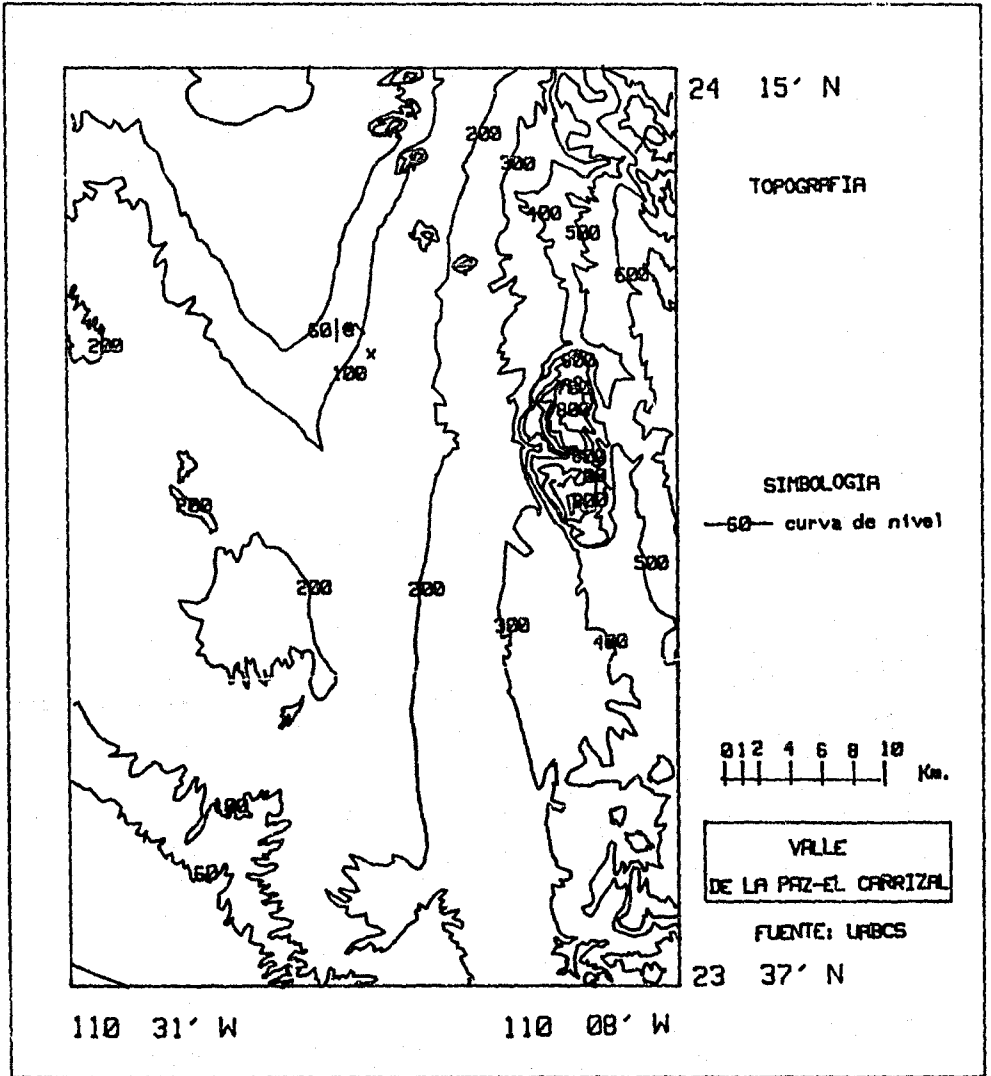
3.2 TOPOGRAFIA

En el Valle no se encuentran accidentes topográficos importantes (Mapa 3), geomorfológicamente se puede describir como una planicie ligeramente "abombada" hacia el centro, surcada por cauces irregulares, poco profundos, causados por corrientes superficiales que aparecen después de las lluvias. No existen cuerpos superficiales de agua dulce siendo solo el cauce del arroyo El Cajoncito el que se encuentra activo en la época de lluvias, por lo que el agua subterránea se convierte en la única alternativa.

Hasta 1986 no existía industria pesada en la zona, siendo el



Mapa 2. Asentamientos Humanos



Mapa 3. Topografía.

turismo, el comercio, la pesca y la agricultura las más importantes actividades económicas.

3.3 CLIMA.

Entre la costa del Océano Pacífico y la del Golfo de Cortés existe diferencia en los climas debido a que la Península de Baja California es atravesada por una serranía. En la costa del Golfo se manifiestan dos corrientes, una que va hacia el sur, fría en invierno, y otra que va hacia el norte, templada e intermitente, que se ve afectada por los huracanes provenientes del sur en los meses de junio a noviembre. (Mapa 4)

En la costa del Océano Pacífico se manifiesta una corriente fría que viene desde California hasta su encuentro con la corriente contra-ecuatorial, además, mar adentro se presentan los vientos de la corriente cálida de "contra corriente de Davison". En la zona de estudio existen vientos prevalecientes que atraviesan el Valle de La Paz-El Carrizal del océano al golfo.

Los datos climatológicos fueron obtenidos de las siguientes estaciones meteorológicas (Mapa 5): Los Divisaderos, La Paz, San Pedro, Lagunillas, El Carrizal Aeropuerto viejo, El Rosario (Tabla 5).

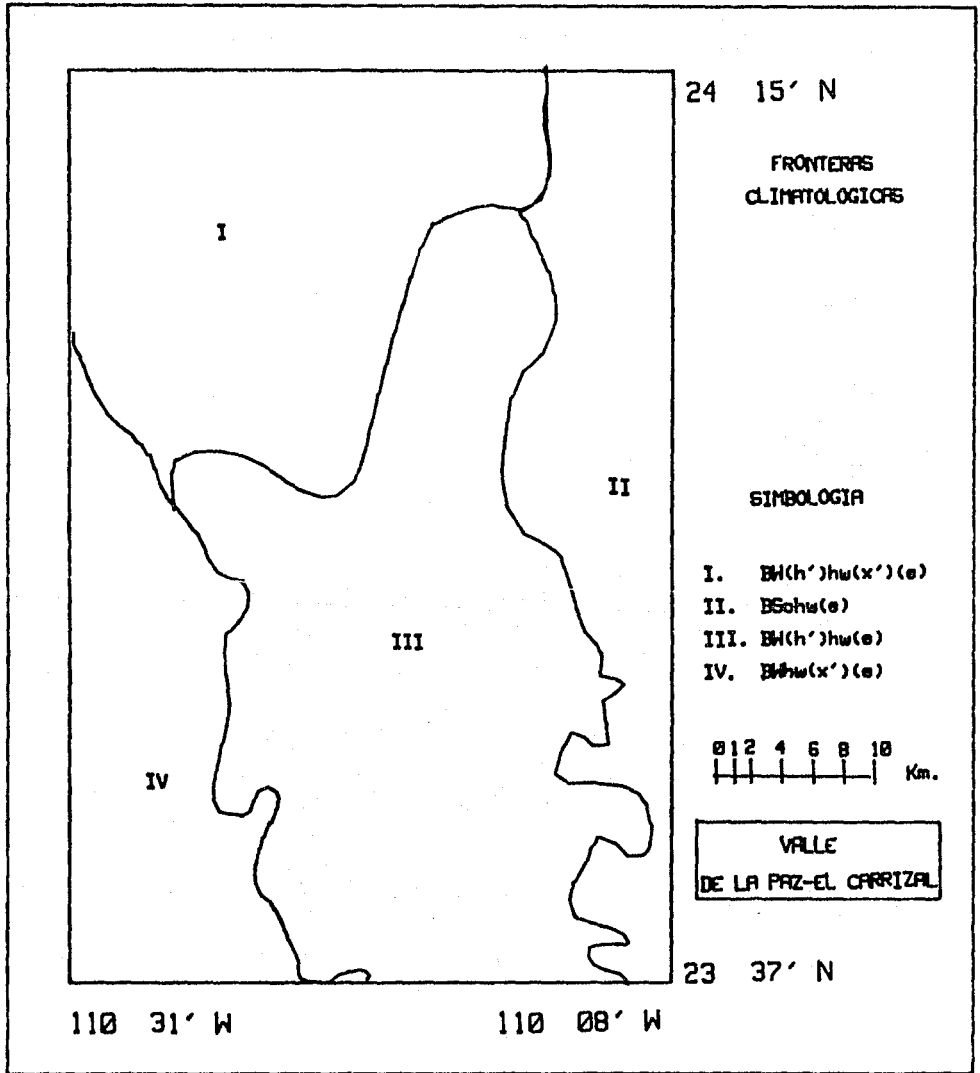
ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

ESTACION	LOCALIZACION	M.S.N.M.	CLIMA
Los Divisaderos	23 52'N 110 10'W	600	BSo hw(e)
La Paz	24 09'N 110 20'W	19	BW(h')hw(e)
San Pedro	23 55'N 110 17'W	210	BW(h')hw(e)
Lagunillas	24 03'N 110 21'W	100	BW(h')w(e)
El Carrizal	23 46'N 110 19'W		BW(h')hw(e)
Aeropuerto viejo	24 09'N 110 17'W	23	BW(h')hw(x')(e)
El Rosario	26 27'N 110 38'W	350	BWhw(x')(e)

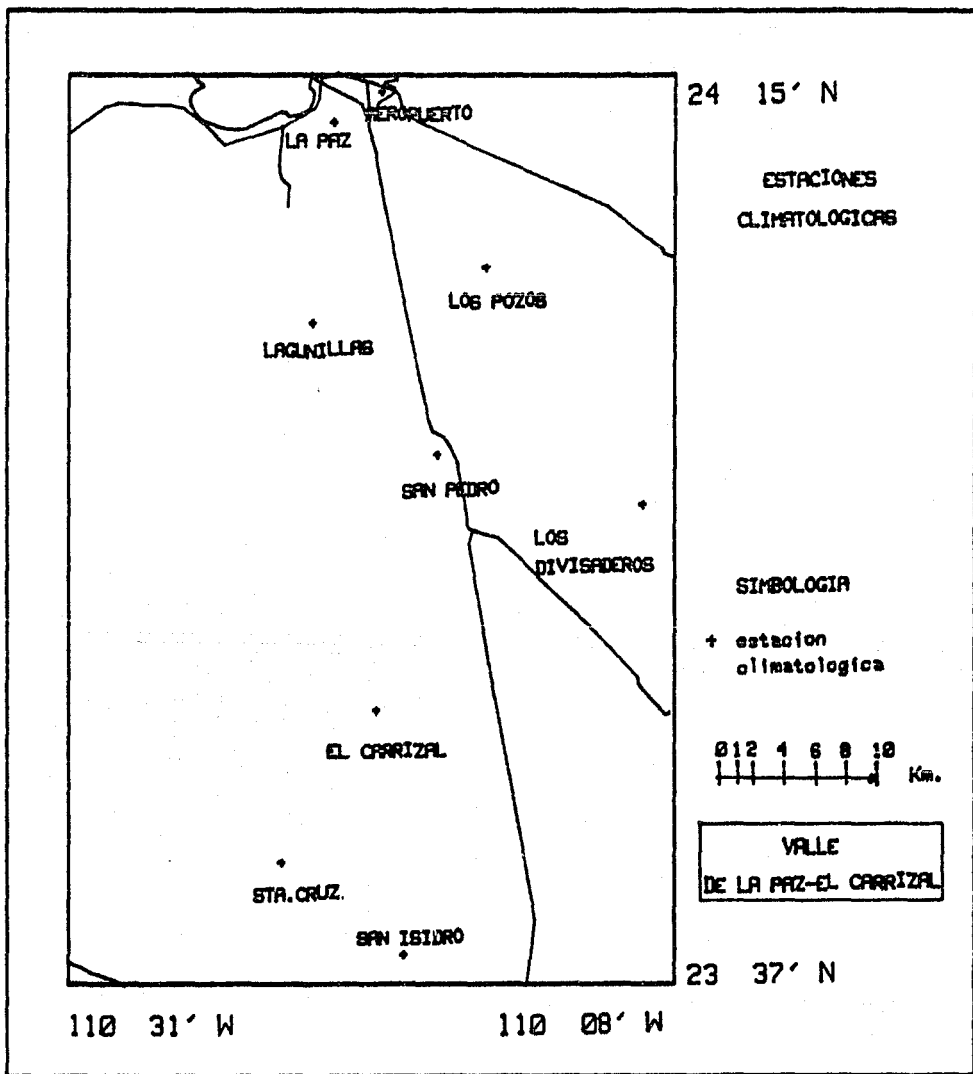
Tabla 5.
Estaciones climatológicas utilizadas para obtener los datos de la zona de estudio.

Según la clasificación climática de Koppen modificada por Enriqueta García, el clima en cada una de las estaciones es:

LA PAZ BW(h')hw(e).



Mapa 4. Fronteras Climatológicas



Mapa 5. Estaciones Climatológicas

BW = Muy seco o desértico

(h')h = cálido, temperatura media anual mayor de 22 C (23.8), la del mes más frío menor de 18 C (17.9 C para enero)

w = Régimen de lluvias de verano: por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvias en el mes más húmedo (62.2 para septiembre) de la mitad caliente del año (mayo-octubre) que en el mes más seco (0.2 para abril). Un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% de la total anual (8.53 %)

e = extremosa oscilacion térmica entre 7 y 14 C. (11.4 C)

SAN PEDRO BW(h')hw(e).

BW = Muy cálido o desértico

(h')h = Cálido temperatura media anual mayor 22 C (23 C), la del mes más frío menor de 18 C (17.5 C para enero)

w = régimen de lluvias de verano: por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo (103.0 para agosto) de la mitad caliente del año (mayo-octubre) que en el mes más seco (0.1 para mayo), un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% de la total anual (7.64%).

e = extremosa oscilación térmica entre 7 y 14 C (11.3 C)

LOS DIVISADEROS BSo hw(e).

BSo = El más seco de los secos esteparios, con un cociente P/T menor de 22.9 (18.32)

h = semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22 C (21.5) y la del mes más frío menor de 18 C (16.8 C para enero)

w = Régimen de lluvias de verano, por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvias en el mes más húmedo (126.4 para agosto) de la mitad caliente del año (mayo-octubre) que en el más seco (0.2 para mayo); un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 C de la total anual (8.5%)

e = extremosa oscilacion térmica entre 7 y 14 C. (9.7 C).

LAGUNILLAS BW(h')w(e).

BW = Muy seco o desértico

(h') = muy cálido, temperatura media anual mayor a 22 C (23.9 C) la del mes más frío mayor a 18 C (18.6 para enero)

w = Régimen de lluvias de verano por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo (83.1 para agosto) de la mitad caliente del año (mayo-octubre) que en el mes más seco (0.1 para mayo) un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% del total anual (9.21%)

e = extremosa oscilación térmica entre 7 y 14 C. (10.9 C)

EL ROSARIO BWhw(x')(e).

BW = Muy cálido o desértico.

h = semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22 C (20 C) y la del mes más frío menor de 18 C (16.3 para enero y febrero).

w(x') = régimen de lluvias de verano: por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo (30.7 para septiembre) de la mitad caliente del año (julio- noviembre) que en el mes más seco (0.0 para julio), pero con un porcentaje de lluvia invernal mayor 10.2% (47.43%).

e = extremosa oscilación térmica entre 7 y 14 C (9.3 C).

BW = Muy seco ó desértico.

(h')h = muy cálido temperatura media anual mayor de 22 C (23.6 C), la del mes más frío menor de 18 C (17.6 C para enero).

w(x') = régimen de lluvia de verano, por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo (50.3 para agosto) de la mitad caliente del año (mayo-octubre) que en el mes más seco (0.0 para abril), pero con un porcentaje de lluvia invernal mayor 10.2% (11.05%).

e = extremosa oscilación térmica entre 7 y 14 C (12.4).

EL CARRIZAL BW(h')hw(e).

BW = Muy cálido o desértico.

(h')h = Cálido temperatura media anual mayor de 22 C (22.1 C) la del mes más frío menor de 18 C (16.3 para enero).

w = régimen de lluvias de verano: por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo (68.0 para agosto) de la mitad caliente del año (mayo-octubre), que en el mes más seco (0.0 mayo), un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% de la total anual (8.4%).

e = extrema oscilación térmica entre 7 y 14 C (11.9 C).

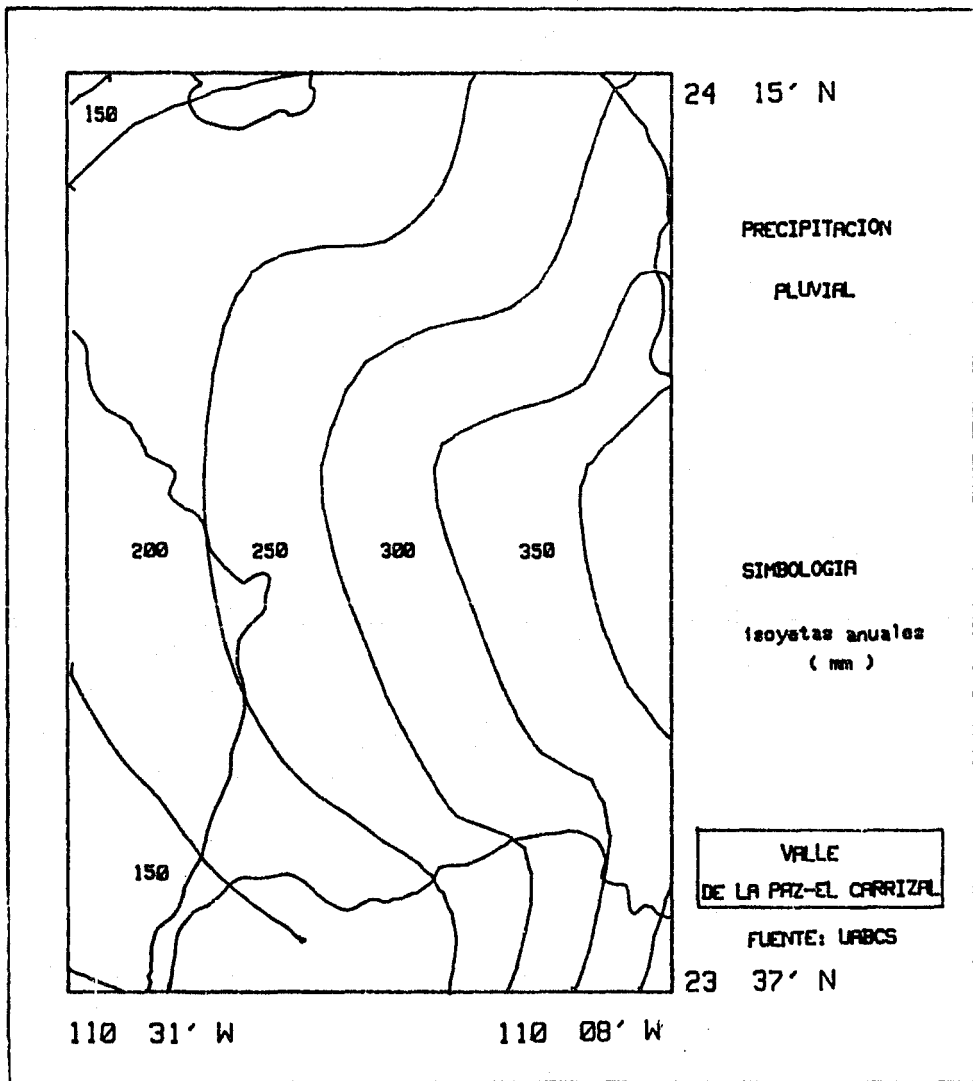
3.4 HIDROLOGIA.

El estado de Baja California Sur se considera como una zona árida, ya que su precipitación media anual no alcanza el valor de 250 mm. (Mapa 6). Esto se explica por la presencia de las cordilleras Las Calabazas y Las Trincheras que aíslan a la vertiente oriental y que impide que penetren los vientos que contienen mayor humedad, provenientes del Pacífico (sombra orográfica). Sobre las crestas montañosas convergen y chocan los aires secos del golfo y los nubosos del océano; las pequeñas precipitaciones pluviales labran insignificantes arroyos (y provocan el alumbramiento de algunos pequeños manantiales). Por lo tanto en la península, no existen ríos de importancia en forma permanente, a excepción de la desembocadura del Río Colorado. Solo hay profundos barrancos, hechos por las aguas de lluvia que corren hacia el mar; aunque muchos son los arroyos de poco caudal que desembocan en el Golfo de California, en la Laguna Salada y en el Océano Pacífico. Por lo general, estos arroyos se pierden antes de vaciarse en sus respectivos desagües a causa de la aridez del suelo por donde atraviesan, y por la gran evaporación que sufren (Mapa 7,9).

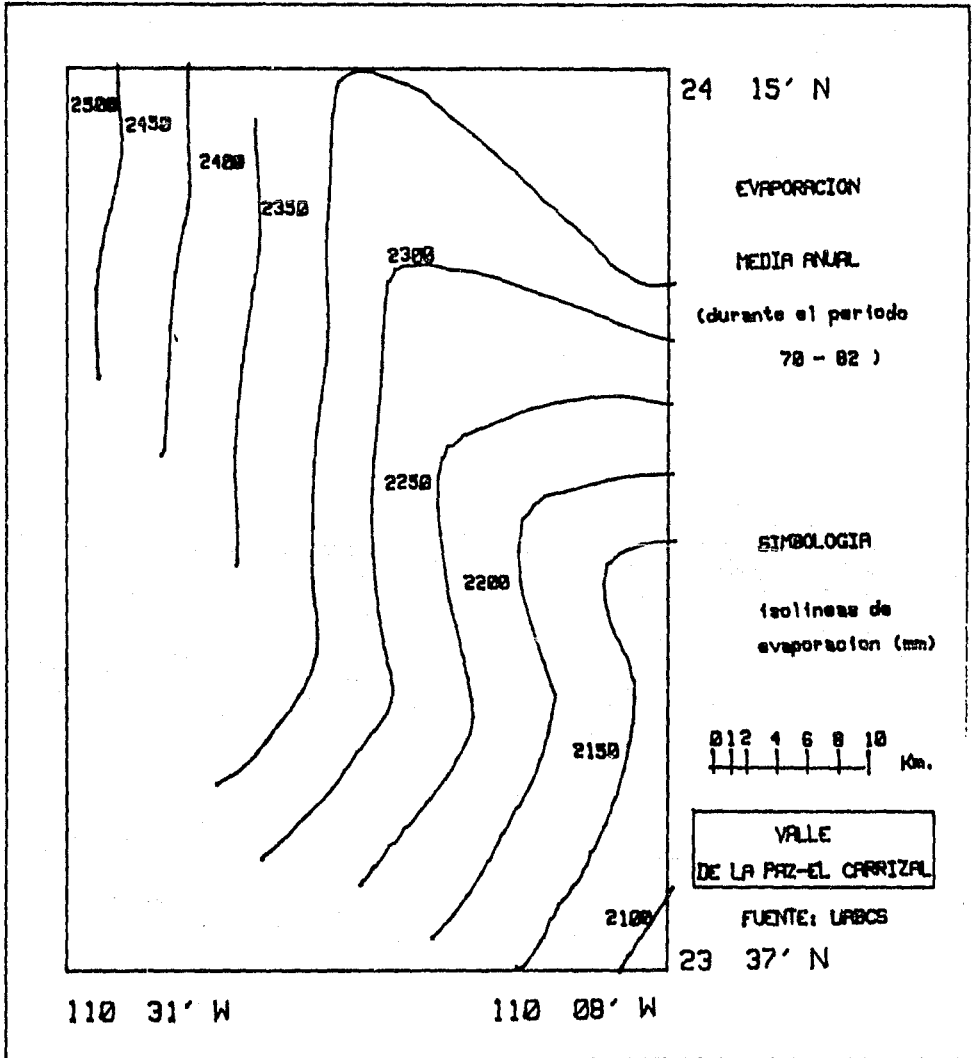
Según los mapas de la SPP (INEGI), toda la zona de estudio tiene una permeabilidad alta, en materiales no consolidados. Las aguas subterráneas (se considera) están sub-explotadas, con excepción de la zona circundante a la ciudad de La Paz.

3.5 MARCO GEOLOGICO

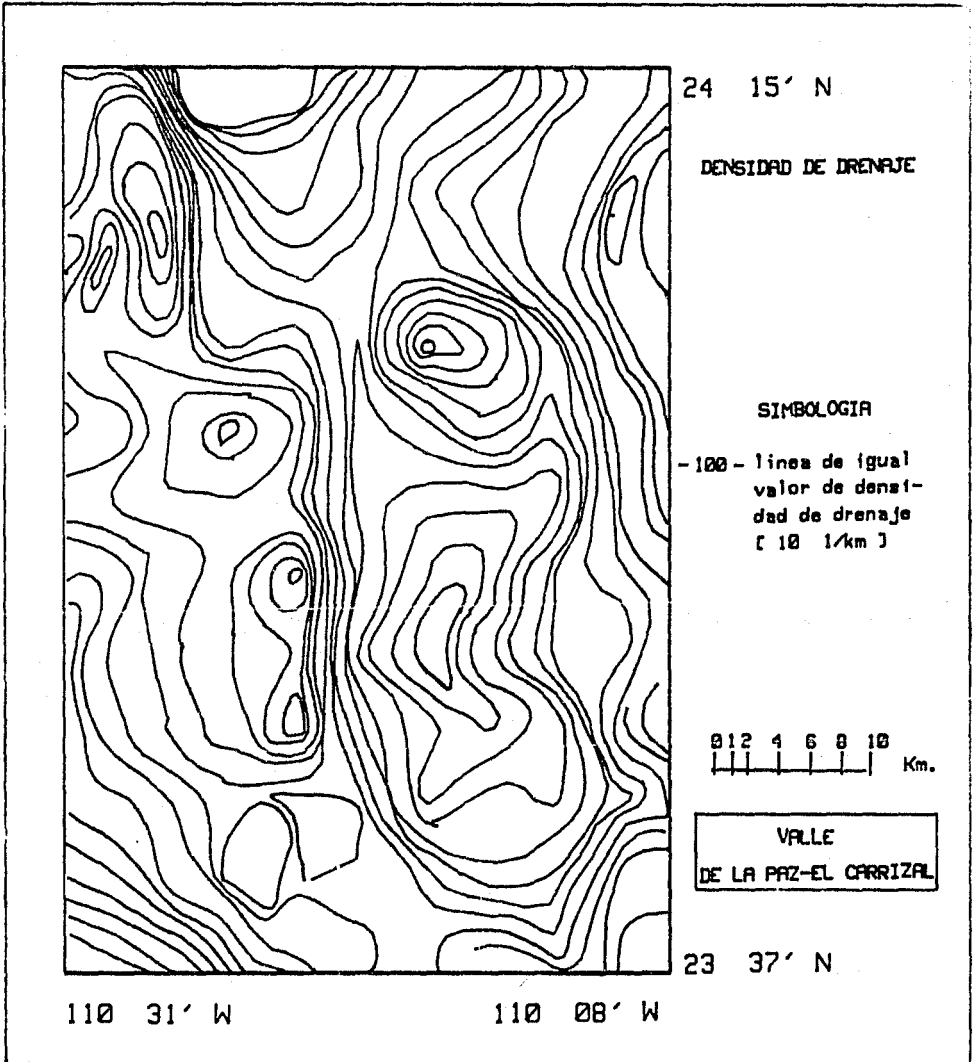
En el Paleozoico se inició la formación de la parte sur de



Mapa 6. Precipitación Pluvial.



Mapa 7. Evaporación Media Anual.



Mapa 9. Densidad de Drenaje.

la Península de Baja California, posteriormente, se vió cubierta en diferentes épocas por mares, hoy desaparecidos. En el Mesozóico la península se caracteriza por su movilidad tectónica. Durante el Cretácico Superior tuvo lugar un levantamiento general de la porción continental que daría lugar a la península (RODRIGUEZ, et al, 1986 y FLORES, et al, 1986).

En el Cenozóico cesa el fenómeno de subducción con la colisión de la placa del Pacífico contra el borde occidental de la Placa Continental. En el Terciario Superior se inicia la separación de Baja California del continente por el desarrollo de una zona de expansión del suelo oceánico en el Golfo de California.

En la parte oriental de la zona de estudio se encuentran las Sierras de La Palmillosa, La Pintada, Las Calabazas y Las Trincheras, las cuales están formadas por rocas ígneas graníticas intrusivas, con excepción de Las Calabazas que se diferencian por tener rocas máficas intrusivas. La parte central de la zona es el Valle de La Paz-El Carrizal, está constituido por material de relleno reciente. Al Norte del Valle se encuentran remanentes de rocas volcánicas (Formación Comondú).

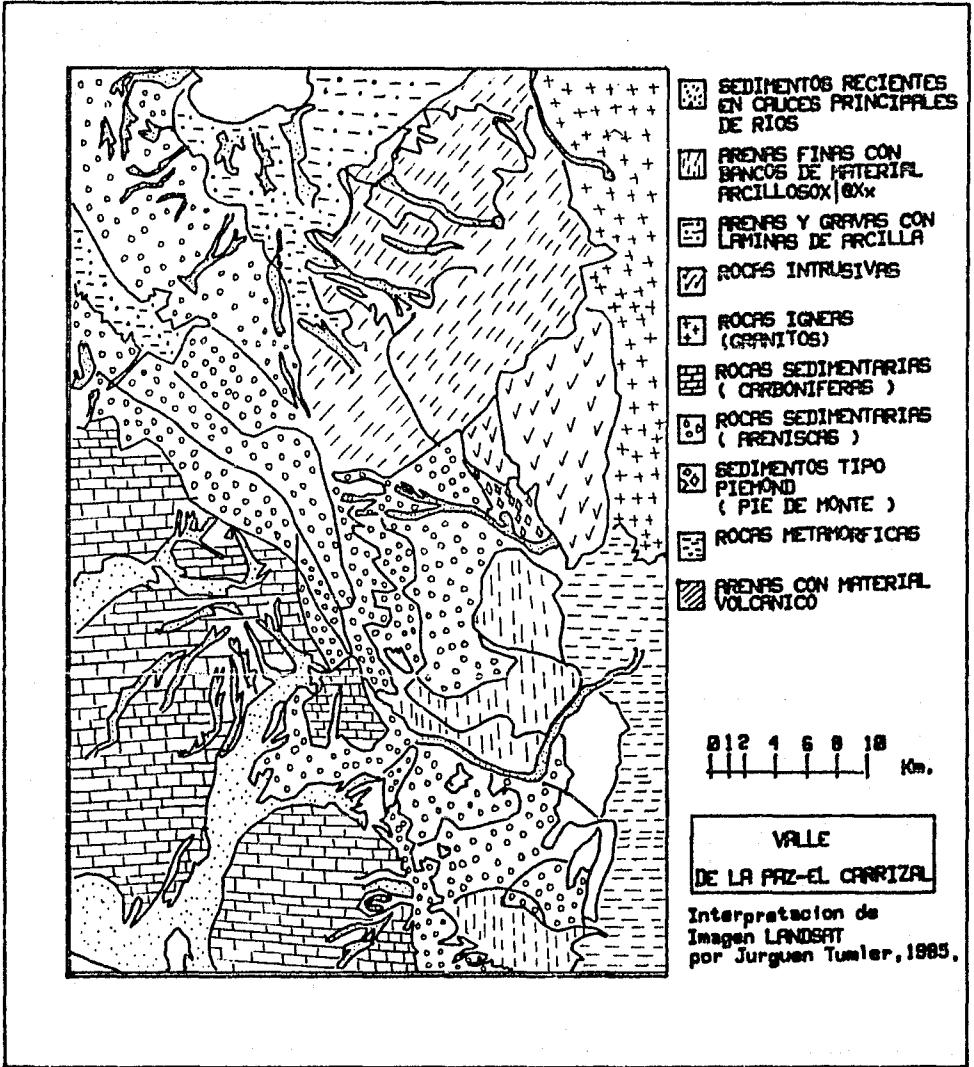
La región occidental de la zona de estudio es una vertiente con pendiente de suave inclinación hacia el Valle y el Pacífico, y más corta y abrupta hacia la Bahía de La Paz, al Norte. Esta constituida por remanentes volcánicos y graníticos e intrusivos máficos (Mapa 8,8a).

3.6 SUELOS

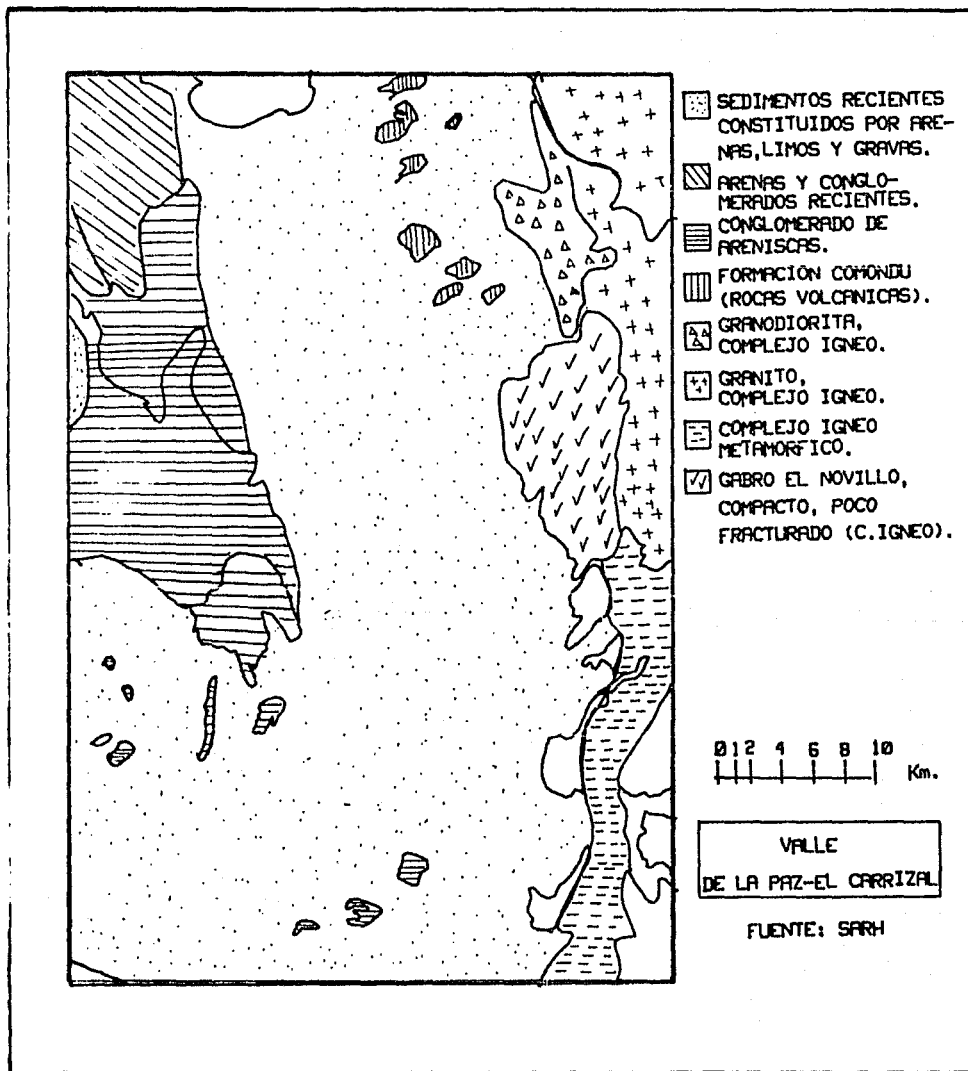
En las zonas áridas, la escasez de agua limita las reacciones tanto físicas como químicas del suelo. De ésta manera el material parental se degrada muy poco y constituye un parámetro importante en la determinación del suelo.

Según el mapa de unidades de suelos del sistema de clasificación de la FAO/ UNESCO, los suelos dominantes en la región son yermosoles lúvicos, asociados con regosoles eutrícos, con texturas ligeras a medias.

Un suelo yermosol-lúvico se caracteriza por no tener horizonte A, o tenerlo pero poco desarrollado, de color claro y muy pobre en materia orgánica. Tiene un horizonte B argiluvico. Se localiza en zonas áridas o semiáridas. Su vegetación es de pastizal o matorral.



Mapa 8. Geología



Mapa 8a. Geología

Un suelo regosol eutríco proviene de materiales no consolidados exclusivos de depósitos de aluviones recientes o arenas ferricas, sin horizontes definidos y de color claro. Se pueden presentar en muy diferentes climas y con diversos tipos de vegetación.

Los suelos que contienen gran cantidad de sales se clasifican en base a dos propiedades: la conductividad del extracto de la pasta de saturación (C.E.), y el porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I.).

Un suelo salino tiene una C.E. mayor de 4 mmho/cm y un P.S.I. menor de 15. En general el pH es inferior a 8.5.

Un suelo salino-sódico tiene una C.E. mayor de 4 mmho/cm y un P.S.I. mayor de 15.

Un suelo sódico tiene una C.E. menor de 4 mmho/cm y un P.S.I. mayor de 15. En general el pH toma valores de 8.5 a 10.

En el mapa de DETENAL se puede apreciar que en la parte sur del área de estudio a lo largo del Océano Pacífico el suelo es salino, y alrededor de la Bahía de La Paz el suelo es salino-sódico.

3.7 VEGETACION Y ACTIVIDADES HUMANAS.

La cubierta vegetal de las regiones de clima árido y semiárido de México es tan variada desde el punto de vista fisionómico, que se han reconocido una serie de tipos de vegetación caracterizados por su aspecto sobresaliente. Sin embargo, resulta recomendable reunir todas las comunidades de porte arbustivo, propias de las zonas áridas y semiáridas bajo el rubro colectivo de matorral xerófilo.

El matorral xerófilo ocupa aproximadamente el 40% de la superficie del país, cubriendo la mayor parte de la Península de Baja California. La cubierta vegetal del área de estudio está constituida por matorral xerófilo con dominancia de arbustos de tallos carnosos, gruesos, frecuentemente torcidos y algunos con corteza papirácea.

Entre las especies más comunes se encuentran:

Bursera microphyla (torote colorado)

Bursera odorata (torote blanco)

Jatropha cinerea (lomboy)

Jatropha macrorrhiza (matacora)

Cercidium microphyllum (palo verde)

Fouquieria diguetii (palo adan)
Olneya tesota (palo fierro)
Larrea tridentata (gobernadora)
Encelia farinosa (incienso)
Fouquieria brlendens (ocotillo)
Opuntia cholla (cholla)
Pachycereus pringley (cardón)

La superficie susceptible de explotación agrícola del estado de Baja California Sur representa sólo del 1 al 2% de la superficie total.

La mayor parte de los cultivos son de riego, en unidades pequeñas de aproximadamente 200 ha. Los principales cultivos son: alfalfa, algodón, garbanzo, trigo, cártamo, frijol, maíz y sorgo.

La producción frutícola está constituida por: vid, olivo, naranja, dátil, mango, higo y aguacate.

En el Valle de La Paz, el 2.4% de la superficie corresponde al área agrícola.

Las condiciones físicas del estado, ofrecen serias limitaciones para el desarrollo de la ganadería (principalmente caprino, bovino y caballar) que se explota en forma tradicional, incrementándose a un ritmo lento.

CAPITULO IV
DISEÑO EXPERIMENTAL

El método empleado es de naturaleza predictiva y utiliza como datos de entrada los indicadores seleccionados, que son evaluados y clasificados por un sistema numérico (THOMPSON y BAKER, 1981). Los indicadores considerados son clasificados mediante el procedimiento ya mencionado, que utiliza dos valores de ponderación para la evaluación. El primero de ellos llamado "q" refleja la calidad (alta 90, media 60, baja 30) con que se considera que el indicador se relaciona o "asocia" al recurso. El segundo elemento de ponderación "w" "pesa" la contribución de determinado indicador. La sumatoria del producto de w.q da como resultado final un mapa de contornos (zonificación óptima de las zonas de descarga) que sirve como base para futuras prospecciones.

4.1 PONDERACION DE INDICADORES.

Se analizaron los siguientes indicadores superficiales, tomando en cuenta su importancia en la determinación de las condiciones y ubicación de acuíferos (Tabla 6.).

DESCRIPTOR	CLAVE	RANGO (*)	INTERVALO (**)
Densidad de Fallamiento	DF	0 a 10	01 a 11
Topografía (msnm)	TO	0 a 900	12 a 20
Densidad de Drenaje	DD	0 a 400	21 a 29
Porcentaje de Arcilla	PA	0 a 5	30 a 35
Litología Superficial	LS	0 a 4	36 a 40
Porosidad Relativa	PR	0 a 6	41 a 47
Zonificación Geohidrológica	ZG	0 a 4	48 a 52
Precipitación Pluvial	PP	0 a 350	53 a 56
Erosion Disección Vertical	ED	0 a 700	57 a 61
Vegetación	VG	0 a 100	62 a 68
Nivel Estático	NE	0 a 400	69 a 70

TABLA 6. INDICADORES SUPERFICIALES

(*) El rango indica el valor del límite inferior y el límite superior que tiene cada indicador en los diferentes mapas cartográficos de la zona. Por ejemplo, el rango del indicador Nivel Estático va de 0 a 400m, el rango del indicador topografía va de 0 a 900 msnm.

(**) El intervalo indica el código asignado de las diferentes categorías informativas (información clasificada en cada mapa de un mismo indicador por ejemplo el descriptor % de arcilla, tiene 6 categorías informativas codificadas del 30 al 35, el No.30 corresponde al área ocupada por la bahía y el Océano Pacífico, el No.31 es el área clasificada con un % de arcilla muy bajo, el 32 con un % bajo, el 33 con % medio, el 34 con un % alto y el 35 con un % muy alto.) que proporciona cada mapa y que fueron digitizados para cada uno de los 11 indicadores

De esta lista de 11 indicadores, se seleccionaron por su importancia, para la delimitación de zonas de potencial acuífero en la relación indicador-recurso, los siguientes indicadores: vegetación, litología superficial, densidad de drenaje y zonificación geohidrológica.

Los 7 indicadores restantes se eliminarán por las siguientes razones:

- a) Los mapas no proporcionaron la información completa para evaluar la zona.
- b) No era un indicador determinante para delimitar las zonas con potencial acuífero.
- c) La información del mapa era muy generalizada y por lo tanto no proporciona alguna diferencia para la evaluación.

4.2 COMBINACION DE EVIDENCIAS.

A cada indicador seleccionado se les asignó una "q" (tabla 7.) de acuerdo a su valor de importancia, según la relación indicador-recurso (THOMPSON-BAKER, 1981). Al indicador más sensible, en este caso a la vegetación, se le asignó un valor de q igual a 90 y al indicador menos sensible se le

(***) Nota: debido a que no todos los indicadores fueron utilizados, no se describen todas las categorías informativas de cada indicador superficial.

asigno' un valor de q igual a 50 (Tabla 7).

INDICADOR	INTERVALO	VALOR "q"	SIGLAS
Vegetación	62-68	90	VG
Litología superficial	36-40	70	IS
Densidad de Drenaje	21-29	80	DD
Zonificación Geohidrológica	48-52	50	ZG

TABLA 7. VALOR DE q

A cada categoría informativa del indicador se les asignó una "w" (tabla 8,9,10,11) que representa el peso de la variable (THOMPSON-BAKER,1981), el valor mínimo fué 5 y el valor máximo es igual a 95, este valor representa el "peso" que tiene cada categoría informativa de cada indicador.

INDICADOR: VEGETACION

Tiene 5 categorías informativas y están clasificadas según la zona hidráulica donde se presentan (recarga, movimiento lateral y descarga), la categoría informativa No.22 representa a las freatofitas y tiene una w igual a 95, la categoría informativa que incluye las clases espectrales 19,29,14,30 se encuentran en la zona hidráulica de recarga y tiene una w igual a 10 (tabla 8).

Cat. informativas	Clases Espectrales(*)	Zona	"w"
64	19,29,14,30	Recarga	10
65	32,11	Recarga	20
66	16,23,20	Mov.Lateral	80
67	25,27	Mov.Lateral	50
68	22	Descarga	95

TABLA 8. INDICADOR: VEGETACION

INDICADOR: LITOLOGIA SUPERFICIAL:

El indicador litología superficial tiene 4 categorías informativas, la categoría informativa roca volcánica, gabro, roca ígnea-metamórfica se le asignó una w igual a 5, porque este tipo de litología no favorece por su porosidad y permeabilidad la acumulación y movimiento de agua subterránea, sin embargo la categoría sedimentos fluviales recientes se le dió una w igual a 95, por que se sabe que el 95% del agua subterránea proviene de las rocas sedimentarias que representan el 5% de la corteza terrestre (Tabla 9).

Cat. Informativa	Descripción	"w"
37	Roca Volcanica, Gabro, Ignea-Metamorfica	5
38	Rocas Marinas y Continentales	10
39	Arenas y Conglomerados	20
40	Sedimentos Fluviales Recientes	95

TABLA 9. INDICADOR: LITOLOGIA SUPERFICIAL

INDICADOR: DENSIDAD DE DRENAJE

El indicador densidad de drenaje tiene 9 categorías informativas, las categorías que van de 0 a 100 estan incluidas en la zona hidráulica de descarga y tienen el valor de w más alto (de 95 a 80) y las categorías que van de 101 hasta mayor de 171 incluyen las zonas hidráulicas de recarga y movimiento lateral y tienen asignado el valor de w más bajo.

* Tomadas de Rodriguez et al, 1986

Cat. Informativa	Descripción	Zona	"w"
21	0-25	Descarga	95
22	26-56	Descarga	95
23	51-75	Descarga	80
24	76-100	Descarga	70
25	101-125	Mov.Lateral	30
26	126-150	Mov.Lateral	30
27	151-160	Mov.Lateral	30
28	161-170	Recarga	10
29	mayor 171	Recarga	10

TABLA 10. INDICADOR: DENSIDAD DE DRENAJE

INDICADOR: ZONIFICACION GEOHIDROLOGICA

Con el objeto de acentuar el contraste del indicador Zonificación Geohidrológica, éste fué sometido al siguiente tratamiento para reducir las categorías informativas del mapa elaborado por la UABCS en 1985 (FLORES et al 1986).

Originalmente la clasificación estaba basada en tres aspectos: Fracturamiento (F), Erosión (E) y Captación (C) (UABCS, 1985); evaluados como alto (1), Medio (2) y Bajo (3), por ejemplo: F3 E2 C1

donde:

F1 = Fracturamiento alto E2 = Erosión media C3 = Captación baja

Seguendo los objetivos de este trabajo se les asignó un factor según su valor de importancia:

INDICADOR	FACTOR
Captación	3
Erosión	2
Fracturamiento	1

Se calculó un producto entre el factor y el subíndice de la

clasificación de la UABCS (FLORES et al 1986), colocándose en orden decreciente y reagrupándose finalmente en 4 categorías informativas de 12 que eran originalmente (tabla 11.) las categorías 49,50 tiene un valor de w de 95 y 70 por tener estas en su evaluación mayor rango de captación, erosión y fracturamiento y por lo tanto ser zonas con mayor probabilidad de contener aguas subterráneas, las categorías 51,52 tienen un valor de w de 20 y 10 por tener en su evaluación menor rango de captación, erosión y fracturamiento y por lo tanto ser zonas con menor probabilidad de contener aguas subterráneas.

Cat.Informativa	Descripción	"w"
49	F1 C1 E1	95
49	F2 C1 E1	95
49	F3 C1 E2	95
50	F2 C2 E1	70
50	F2 C1 E2	70
51	F1 C3 E1	20
51	F2 C2 E2	20
51	F3 C2 E2	20
51	F3 C1 E3	20
52	F2 C3 E2	10
52	F2 C3 E3	10
52	F3 C2 E3	10

TABLA 11. INDICADOR: ZONIFICACION GEOHIDROLOGICA

4.3 ZONIFICACION OPTIMA.

La zona de estudio se dividió en 56x39 celdillas, cada celdilla equivale a 1km², se calculó el producto de los valores de w.q para cada una de las celdillas y finalmente se obtuvo el Potencial de Descarga por celdilla que está dado por la sumatoria del producto de wq.

$$PD = wq$$

donde:

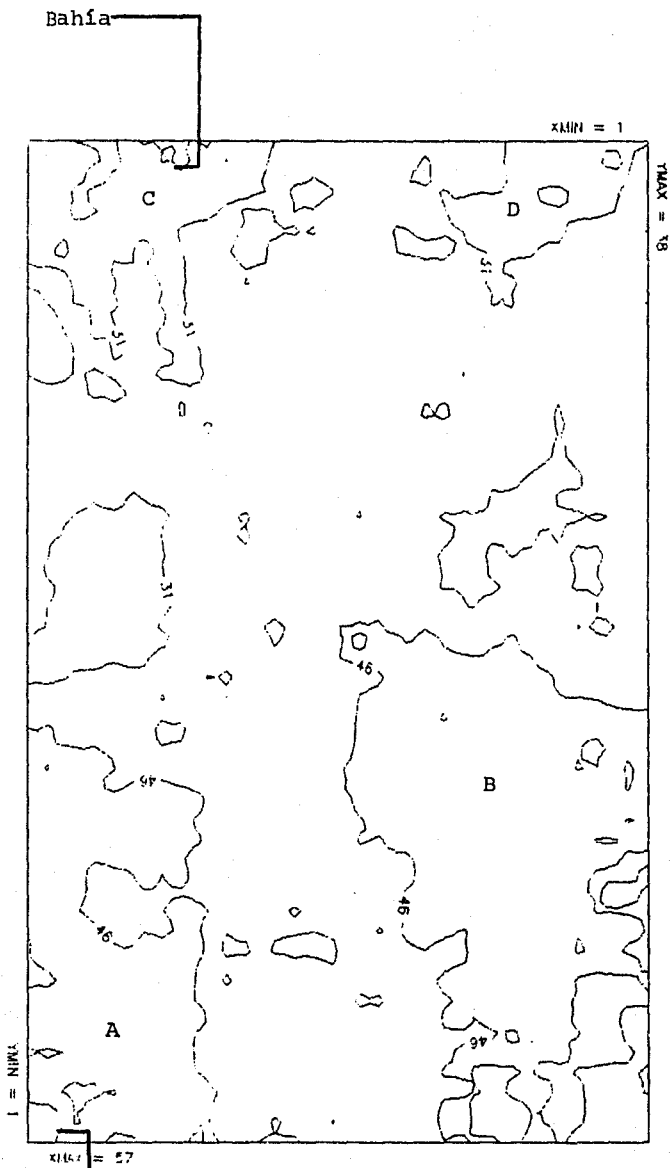
PD = Potencial de Descarga.

w = Peso de cada categoría informativa del indicador

q = Valor de importancia significativa

Los valores más altos del potencial de descarga (PD) corresponderán a las zonas con mayor potencial de acuífero.

Con el Potencial de descarga (PD) para cada celdilla se creó un mapa de contornos (zonificación óptima) que muestra las zonas de descarga de la región de estudio (Figura 8).



Oceano
Pacifico

Fig. 8 Mapa de contornos.
Utilizando el método
Thompson-Baker.

CAPITULO V
ANALISIS DE RESULTADOS

5.1 Análisis de los Datos de Campo

VEGETACION.

A partir de los datos de campo (*) se hizo un análisis del tipo de vegetación que se encuentra en la zona, obteniéndose los siguientes resultados:

1) Existen en la zona 44 especies (tabla 12.) que pertenecen a 19 familias diferentes, de ellas la de mayor número de especies corresponde a la familia Leguminosae con 11 especies, en orden decreciente le siguen las familias: Euphorbiaceae (7 especies), Cactaceae (6 especies), Burceraceae (3 especies), Asteraceae (Compositae) (3 especies), Fouquieriaceae (2 especies) y las 13 restantes familias con una especie cada una (tabla 13).

2) De las 44 especies encontradas se consideran 25 como freatofitas (**), que representan el 56.81 % del total de la vegetación, esto significa que un poco más de la mitad de la vegetación de la zona inventariada puede ser considerada como indicador de niveles freáticos.

3) En cuanto a su localización en la zona de estudio, 28 especies se ubican en la zona tectónica denominada MEB "Modelo Estructural de Bloques" (área que en su parte sureste limita la zona con potencial acuífero) y representan el 63.63 % del total de la vegetación las 16 especies restantes se encuentran fuera de esta zona. De estas 28 especies, 17 son consideradas freatofitas, cifra que representa más del 60% de las plantas consideradas freatofitas (apendice 3).

4) Se hizo una revisión en el Herbario Nacional del Instituto de Biología, UNAM, consultándose los ejemplares

(*) Se tiene el registro de 48 puntos de muestreo o elementos de estación en el área de la zona de estudio. (RODRIGUEZ, 1986)

(**) Basado en datos bibliográficos y reportes de Herbario.

ESPECIES PRESENTES EN EL MUESTREO

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
<u>Acacia brandegeana</u> Johnston	Vinorama
<u>Acacia constricta</u> Benth	Vara prieta
<u>Acacia greggii</u> Gray A.	Uña de gato
<u>Agave aurea</u> Brge.Var	maguey
<u>Ambrosia ambrosioides</u>	Chicura
<u>Argemone intermedia</u> Sweet	Cardo
<u>Atriplex barclayana</u> (Benth)Dietr	rama parda
<u>Bursera laxiflora</u>	Copal
<u>Bursera microphyla</u> Gray A.	Torote colorado
<u>Bursera odorata</u> Brandegee T.S.	Torote blanco
<u>Caesalpinia platyloba</u> Wats S.	Palo colorado
<u>Cercidium microphyllum</u> (Torr)Rose y John	Palo verde
<u>Cnidioscolus angustidens</u> Torr.	Caribe
<u>Croton sonorae</u> Torr.	Vara blanca
<u>Cucurbita digitata</u> Gray.Var	calabacilla
<u>Cyrtocarpa edulis</u> (Brandegee) Standley	Ciruelo cimarron
<u>Encelia farinosa</u> Gray A.	Incienso
<u>Euphorbia xanti</u> Engelm y Boiss	Golondrina
<u>Ferocactus diguetii</u> (Weber) Britt y Rose	Biznaga
<u>Fouquieria diguetii</u> Johnston	Palo adan
<u>Fouquieria splendens</u> Engelm-Wisliz	Ocotillo
<u>Haematoxylon brasiletto</u> Karts	Palo brasil
<u>Hymenoclea monogyra</u> Torr.Gray	Romerillo
<u>Hyptis emoryi</u> Torr.	Salvia
<u>Jatropha cinerea</u> (Muell-Arg)Ortega	Lomboy
<u>Jatropha macrocarpa</u> Benth	Matacoca
<u>Larrea tridentata</u> (DC)Coville	Gobernadora
<u>Lemaireocereus thurberi</u>	Pitaya dulce
<u>Lippia palmeri</u> Wats S.	Oregano
<u>Lophocereus schottii</u> (Engelm) Britt y Rose	Garambullo
<u>Lysiloma candida</u> Brandegee	Palo blanco
<u>Machaerocereus quummosus</u>	Pitaya agria
<u>Nicotiana glauca</u> Graham	palo loco
<u>Olneya tesota</u> Gray A.	Palo fierro
<u>Opuntia cholla</u>	Cholla
<u>Pachycereus pringley</u> (Wats) Britt y Rose	Cardon
<u>Pedilanthus macrocarpus</u> Benth	Candelilla
<u>Prosopis palmeri</u> Wats S.	Mezquite
<u>Quercus brandegeei</u> Goldman	Encino
<u>Senna atomaria</u> L.	Vainilla
<u>Simmondsia chinensis</u> (Link) Schneider	Jojoba
<u>Tecoma stans</u> (L) Var-Render	Palo de arco
<u>Yucca elata</u> Engelm	Yucca
<u>Ricinus communis</u> L.	Higuera silvestre

Tabla 12.

FAMILIAS PRESENTES EN EL MUESTREO

FAMILIAS	No. DE ESPECIES POR FAMILIA
LEGUMINOCEAE	10
EUPHORBIACEAE	7
CACTACEAE	6
BURCERACEAE	3
COMPOSITAE	3
FOUQUERIACEAE	2
BIGNONIACEAE	1
PAPAVERACEAE	1
CHENOPODIACEAE	1
CUCURBITACEAE	1
ANACARDIACEAE	1
ZYGOPHYLACEAE	1
VERBENACEAE	1
SOLANACEAE	1
FAGACEAE	1
BUXACEAE	1
LILACEAE	1
AMARYLLIDACEAE	1
LABIATAE	1
FAMILIAS	19
ESPECIES	44

Tabla 13.

que se tenían de las 44 especies de la zona; de esta información se obtuvo la distribución nacional de las especies, el intervalo de alturas (msnm) en el que se reportan (figura 4), el tipo de suelo en que pueden estar presentes y las especies con las que llegan a estar asociadas (apendice 1), cabe señalar que la colección del herbario es deficiente, encontrándose en algunos casos 5 ejemplares de cada especie, además que la información, algunas veces era muy generalizada o incompleta.

5) También se consultó el informe anual del proyecto Catalogo de Especies de Plantas Útiles no Maderables con Importancia Económica, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, INIF (1980), en el cual se reporta que la flora útil no maderable con importancia económica en el estado de Baja California Sur está representada por 178 especies, de las cuales con el levantamiento florístico de la zona coincidimos en 35 especies, las 9 especies restantes no están reportadas en este informe.

6) La forma de crecimiento de la vegetación de la zona es la siguiente:

Arboles	15
Arbustos	12
Hierbas	9
Hierbas rastreras	1
Arbol o arbusto	8
Rosetófilos	3
Columnares	3
TOTAL	44 especies

Se considera que la predominancia de especies con forma de crecimiento de arboles es el resultado de la observación realizada en campo basada en la dominancia fisionómica de la comunidad observada.

7) Se calculó la frecuencia de aparición de las especies por elemento de estación (puntos de muestreo), obteniéndose como especies más frecuentes: Jatropha cinerea (*), Pachycereus pringley (*), Bursera odorata (*), Opuntia cholla, Fouquieria diquetii (*), Lemaireocereus thurberi, Machaerocereus gummosus, Cyrtocarpa edulis (*), Cercidium microphyllum, Prosopis palmeri (*), Tecoma stans (*). Como se observa las especies más frecuentes son freatofitas (tabla 14).

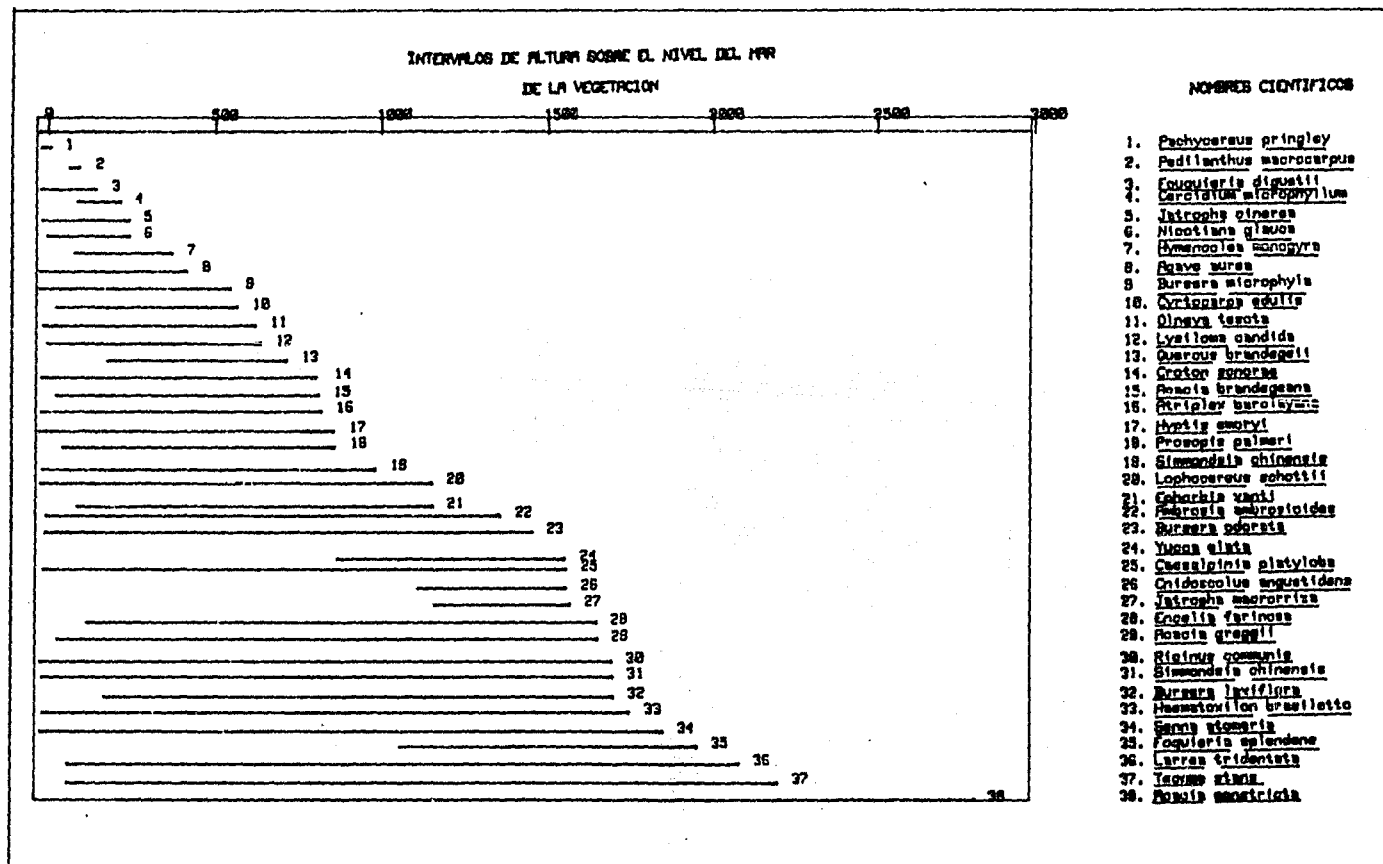


Fig. 4 Distribución de especies vegetales según la altura sobre el nivel del mar.

FRECUENCIA DE APARICION (%) POR ESPECIES

Especies	No.de elementos de estación en que se presenta	frecuencia de aparición (%)
<u>Jatropha cinerea</u>	29	60.41
<u>Pachycereus pringley</u>	28	58.33
<u>Bursera odorata</u>	28	58.33
<u>Opuntia cholla</u>	28	58.33
<u>Fouquieria diquetii</u>	23	47.91
<u>Lemaireocereus thurberi</u>	20	41.66
<u>Machaerocereus gummosus</u>	16	33.33
<u>Cyrtocarpa edulis</u>	13	27.08
<u>Cercidium microphyllum</u>	12	25.00
<u>Prosopis palmeri</u>	11	22.91
<u>Tecoma stans</u>	10	20.83
<u>Lysiloma candida</u>	9	18.75
<u>Bursera microphylla</u>	8	16.66
<u>Acacia constricta</u>	8	16.66
<u>Yucca elata</u>	6	12.50
<u>Pedilanthus macrocarpus</u>	5	10.41
<u>Ricinus communis</u>	5	10.41
<u>Ambrosia ambrosioides</u>	5	10.41
<u>Heamatoxilon brasiletto</u>	5	10.41
<u>Hymenoclea monogyra</u>	5	10.41
<u>Jatropha macrorriza</u>	5	10.41
<u>Acacia gregii</u>	4	8.33
<u>Agave aurea</u>	3	6.25
<u>Caesalpinia platyloba</u>	3	6.25
<u>Croton sonora</u>	3	6.25
<u>Fouquieria splendens</u>	2	4.16
<u>Bursera laxiflora</u>	2	4.16
<u>Olneya tesota</u>	2	4.16
<u>Senna atomaria</u>	2	4.16
<u>Larrea tridentata</u>	2	4.16
<u>Lophocereus schottii</u>	2	4.16
<u>Simmondsia chinensis</u>	2	4.16
<u>Acacia brandegeana</u>	1	2.08
<u>Cnidoscolus angustidens</u>	1	2.08
<u>Encelia farinosa</u>	1	2.08
<u>Ferocactus diquetii</u>	1	2.08
<u>Lippia palmeri</u>	1	2.08
<u>Hyptis emoryi</u>	1	2.08

Tabla 14.

ABUNDANCIA RELATIVA (%) DE ESPECIES
POR ELEMENTOS DE ESTACION

Clave Elementos de estación	No.de especies presentes	frecuencia de aparición en c/e.de estación
8	12	27.27
7	11	25.00
9	11	25.00
2	9	20.45
13	9	20.45
14	9	20.45
19	9	20.45
21	9	20.45
33	9	20.45
44	9	20.45
4	8	18.18
20	8	18.18
40	8	18.18
35	8	18.18
3	7	15.90
5	7	15.90
15	7	15.90
22	7	15.90
27	7	15.90
34	7	15.90
36	7	15.90
39	7	15.90
41	7	15.90
42	7	15.90
47	7	15.90
6	6	13.63
10	6	13.63
11	6	13.63
18	6	13.63
23	6	13.63
26	6	13.63
29	6	13.63
31	6	13.63
38	6	13.63
43	6	13.63
46	6	13.63
17	5	11.36
24	5	11.36
45	5	11.36
25	4	9.09
32	4	9.09
48	4	9.09
16	3	6.81
28	3	6.81

Tabla 15.

Clave Elementos de estación	No.de especies presentes	frecuencia de aparición en c/e.de estación
30	3	6.81
37	3	6.81
1	1	2.27
12	1	2.27

8) Se calculó la abundancia relativa de especies por elemento de estación siendo 12 el número mayor de especies y 1 el número menor de especies encontradas (tabla 15).

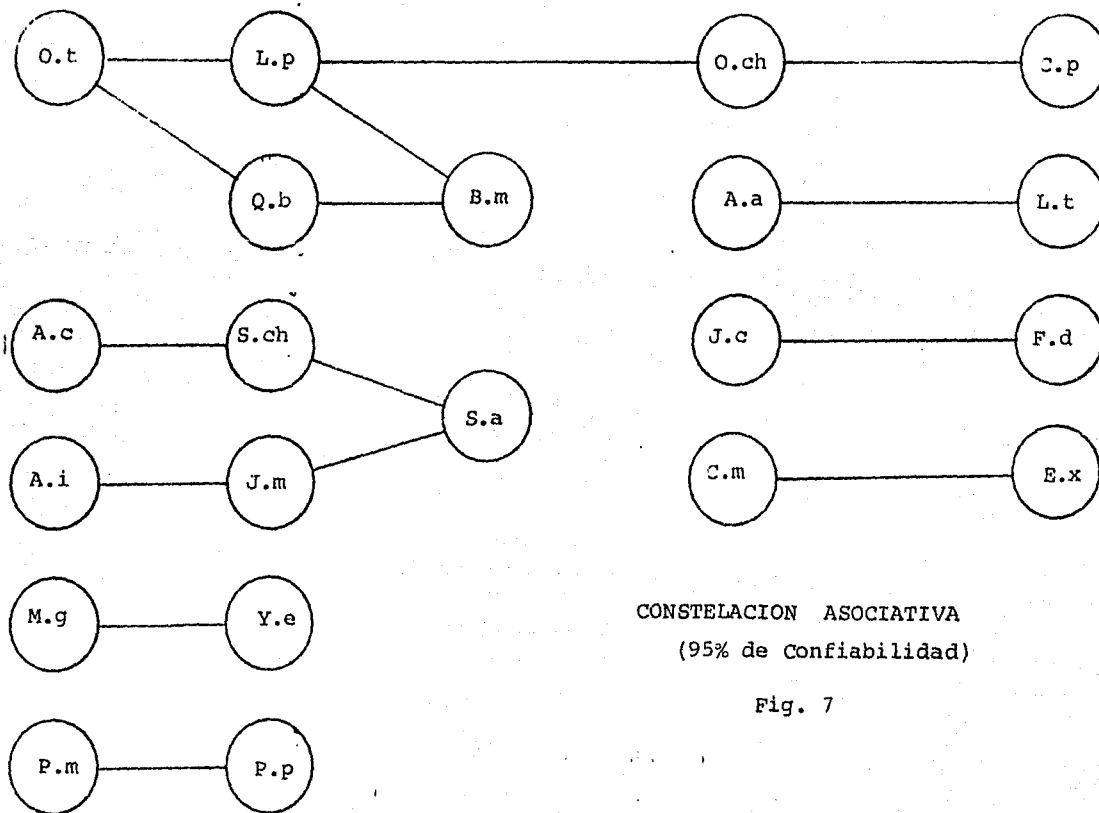
9) Con el Programa RED "Relación entre Descriptores" (CHAVEZ Y ALCANTARA, 1988), se obtuvieron las Constelaciones Asociativas de las especies presentes, con 80 %, 90% y 95% de confiabilidad.

Con un 95% de confiabilidad se obtuvieron 7 constelaciones con 21 especies asociadas, 6 de estas son freatofitas y son: Jatropha macrorriza y Fouquieria diguetii en una constelación, Lippia palmeri y Bursera microphyla en otra constelación y Simmondsia chinensis y Pachycereus pringley en una constelación cada una (fig.7);

Con un 90% de confiabilidad se obtuvieron 4 constelaciones con 31 especies asociadas, de las cuales 16 son freatofitas y son: Euphorbia xanti, Fouquieria splendens, Simmondsia chinensis, Pachycereus pringley, Acacia brandegeana y Larrea tridentata en la primera constelación; Lippia palmeri, Quercus brandegei, Caesalpinia platyloba, Ambrosia ambrosioides y Bursera microphyla en la segunda constelación; Jatropha cinerea, Ferocactus diguetii, Prosopis palmeri y Cyrtocarpa edulis en la tercera constelación y Acacia brandegeana y Larrea tridentata en la cuarta constelación (fig.6)

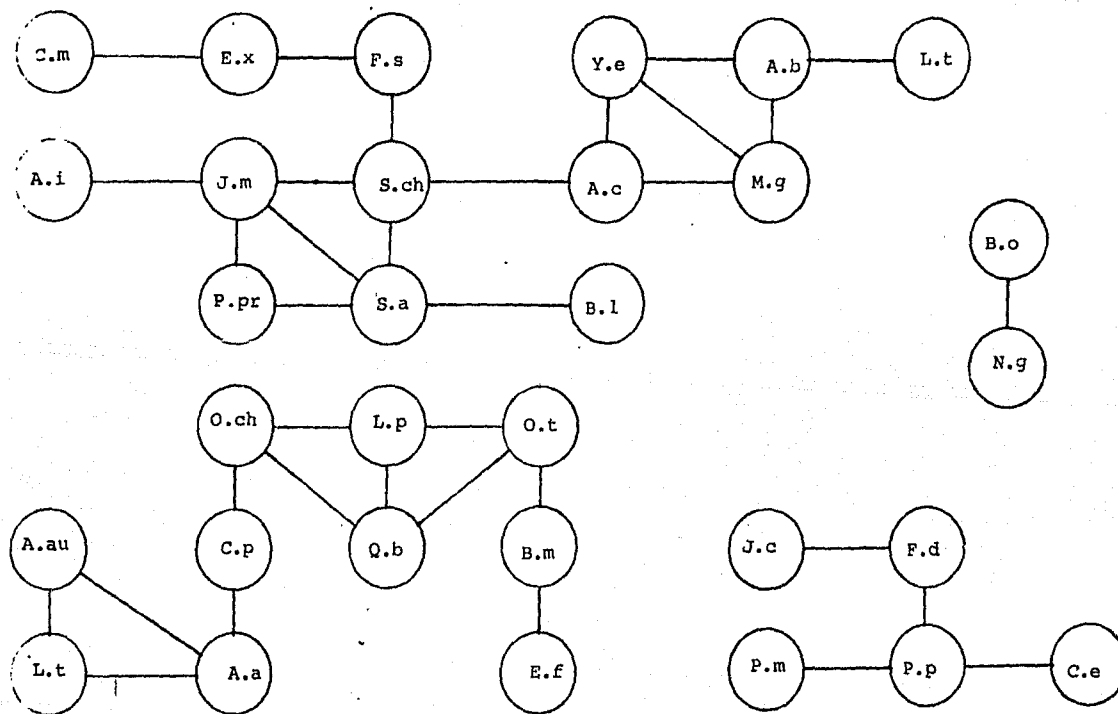
Con un 80% de confiabilidad se obtuvieron 2 constelaciones con 33 especies asociadas, de estas 33 especies 17 son freatofitas, estas 17 especies se presentan formando tres subconstelaciones, es decir, Lippia palmeri, Caesalpinia platyloba, Quercus Brandegei, Euphorbia xanti, Bursera microphyla, Ambrosia ambrosioides, Fouquieria splendens, Simmondsia chinensis y Phachycereus pringley en una subconstelación; Jatropha cinerea, Fouquieria diguetii, Prosopis palmeri, Cyrtocarpa edulis y Cnidocolus angustidens formando la segunda constelación y finalmente Atriplex barclayana y Larrea tridentata formando parte de la tercera subconstelación. Cabe señalar que estas 3 subconstelaciones pertenecen a una sola constelación, lo que indica la estrecha relación entre ellas, ya que como freatofitas encuentran el recurso agua en la zona de estudio (fig.5 y Tabla 16).

* Considerada freatofita, basado en datos bibliográficos y reportes del Herbario Nacional del Instituto de Biología.



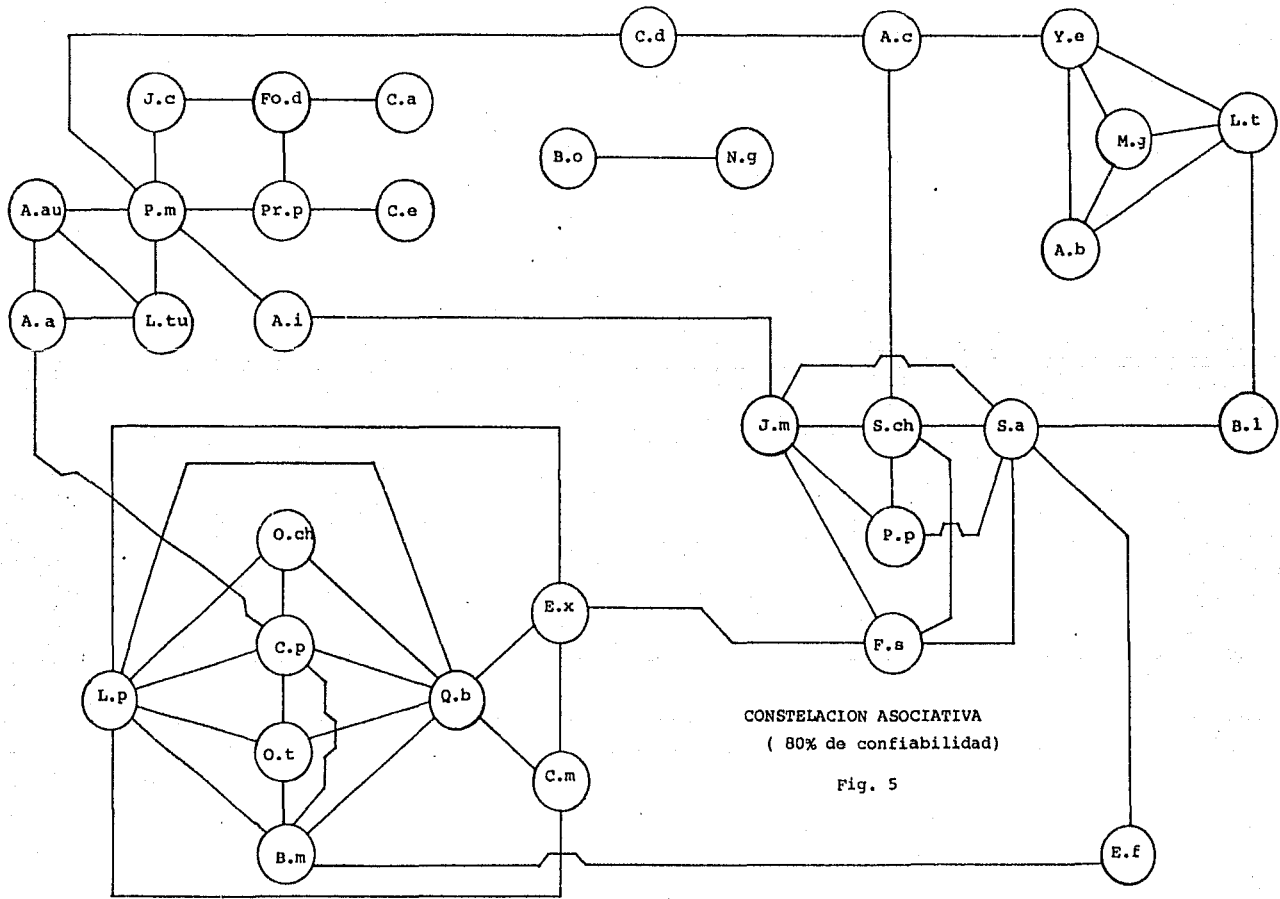
CONSTELACION ASOCIATIVA
(95% de Confiabilidad)

Fig. 7



CONTELACION ASOCIATIVA
(90% de Confiabilidad)

Fig. 6



CONSTELACION ASOCIATIVA
(80% de confiabilidad)

Fig. 5

SIGLAS DE LAS ESPECIES PRESENTES
EN LAS CONSTELACIONES ASOCIATIVAS

NOMBRE CIENTIFICO	SIGLAS
<u>Acacia brandegeana</u>	A.b
<u>Acacia constricta</u>	A.c
<u>Acacia greggii</u>	A.g
<u>Agave aurea</u>	A.au
<u>Ambrosia ambrosioides</u>	A.a
<u>Argemone intermedia</u>	A.i
<u>Atriplex barclayana</u>	A.b
<u>Bursera laxiflora</u>	B.l
<u>Bursera microphyla</u>	B.m
<u>Bursera odorata Brandegee</u>	B.o
<u>Caesalpinia platyloba</u>	C.p
<u>Cercidium microphyllum</u>	C.m
<u>Cnidoscolus angustidens</u>	C.a
<u>Croton sonorae</u>	C.s
<u>Cucurbita digitata</u>	C.d
<u>Cyrtocarpa edulis</u>	C.e
<u>Encelia farinosa</u>	E.f
<u>Euphorbia xanti</u>	E.x
<u>Ferocactus diguetii</u>	F.d
<u>Fouquieria diguetii</u>	Fo.d
<u>Fouquieria splendens</u>	F.s
<u>Haematoxylon brasiletto</u>	H.b
<u>Hymenoclea monogyra</u>	H.m
<u>Hyptis emoryi</u>	H.e
<u>Jatropha cinerea</u>	J.c
<u>Jatropha macrorrhiza</u>	J.m
<u>Larrea tridentata</u>	L.t
<u>Lemaireocereus</u>	L.tu
<u>Lippia palmeri</u>	L.p
<u>Lophocereus schottii</u>	L.s
<u>Lysiloma candida</u>	L.c
<u>Machaerocereus</u>	M.g
<u>Nicotiana glauca</u>	N.g
<u>Olneya tesota</u>	O.t
<u>Opuntia cholla</u>	O.ch
<u>Pachycereus pringley</u>	P.pr
<u>Pedilanthus macrocarpus</u>	P.m
<u>Prosopis palmeri</u>	Pr.p
<u>Quercus brandegeii</u>	Q.b
<u>Senna atomaria</u>	S.a
<u>Simmondsia chinensis</u>	S.ch
<u>Tecoma stans</u>	T.s
<u>Yucca elata</u>	Y.e
<u>Ricinus communis</u>	R.c

Tabla 16.

5.2 Análisis de las Clases Espectrales

1) Se estudiaron 12 clases espectrales de las reportadas por RODRIGUEZ et.al. 1986 que representan el total de la vegetación de la zona. A cada clase espectral se le asignó un código y se digitizaron obteniéndose una matriz de 78 columnas por 112 filas.

2) Las 12 clases espectrales se analizaron, seleccionaron y reagruparon en 7 categorías informativas.

3) Se aplicó la paquetería GEOSOFT en sus módulos BIGRID y VIEWGRID (GOLDEN, 1986) con la finalidad de analizarlas en pantalla (despliegue en monitor) y su posterior impresión en duro.

4) Se obtuvo una imagen de la vegetación donde se resalta con un tono de gris más intenso la vegetación freatofita, que corresponde a la clase espectral No.22 que delimita la zona de descarga en la zona de estudio (fig.10) y que coincide con la zona marcada en el mapa de contornos (fig.8) con la letra B y con la zona marcada con la letra B en el modelo tridimensional (fig.9) que equivale a los picos más altos, esta zona, descrita a continuación, es el área con mayor potencial de acuífero, por lo tanto podemos decir que la vegetación es el indicador más sensible en la relación indicador-recurso, esto justifica los valores altos que se le asignaron a las w y q para la vegetación.

5.3 Interpretación Conjunta

Con el potencial de descarga (PD) para cada celdilla se creó un mapa de contornos (zonificación óptima) que muestra las zonas de descarga de la región de estudio. Los contornos marcados con el número 46 son las áreas con mayor potencial de acuífero, el primero (A) corresponde a la zona de la desembocadura del Carrizal en el Océano Pacífico y el segundo (B) coincide con la zona ya delimitada por Arzate (1986), quien utilizó transmisividad eléctrica y Rodríguez (1986) quien utilizó sondeos eléctricos verticales. Las condiciones de los indicadores en esa zona, descritas a continuación, presentan las características favorables para la acumulación de agua subterránea.

La litología superficial en esa zona corresponde a un material compuesto por sedimentos recientes constituidos principalmente por arenas, limos y gravas, material que se caracteriza por su alta capacidad de retención y acumulación de agua. La zonificación geohidrológica que incluye la evaluación de la captación, erosión y fracturamiento de la

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

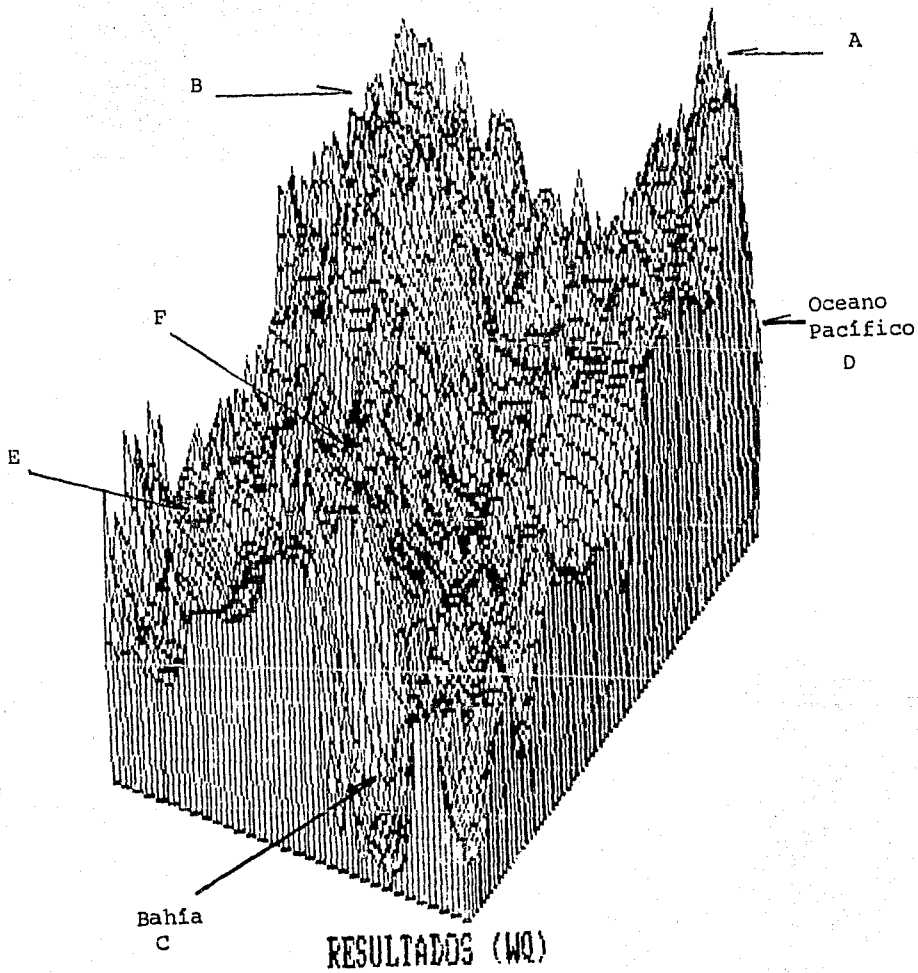


Fig. 9 Modelo Tridimensional.
 Utilizando el método Thompson-Baker.

Bahía



Preatofitas

Oceano
Pacífico.

Fig. 10

Clases Espectrales
de la Vegetación.

zona le corresponde una captación clasificada como alta y una erosión y fracturamiento considerados entre medio y alto. La densidad de drenaje medida en l/km² tiene los valores más bajos en esta zona, así mismo la vegetación en la zona delimitada con mayor potencial de acuífero coincide con la clase espectral No.22 (fig.10) que representa a las freatofitas, que como ya se dijo, son plantas indicadoras de niveles freáticos en zonas de descarga de agua subterránea.

Los contornos marcados con el No. 31 son las áreas que le siguen en orden de importancia, el contorno (C) corresponde a la zona de escurrimiento que desembocan en la bahía de la Paz, el contorno (D) coincide nuevamente con la zona delimitada por Arzate (1986) (fig 11), de lo anterior podemos concluir que la aportación del método Thompson-Baker y la ponderación de indicadores utilizada fué satisfactoria, lograndose la zonificación que se buscaba.

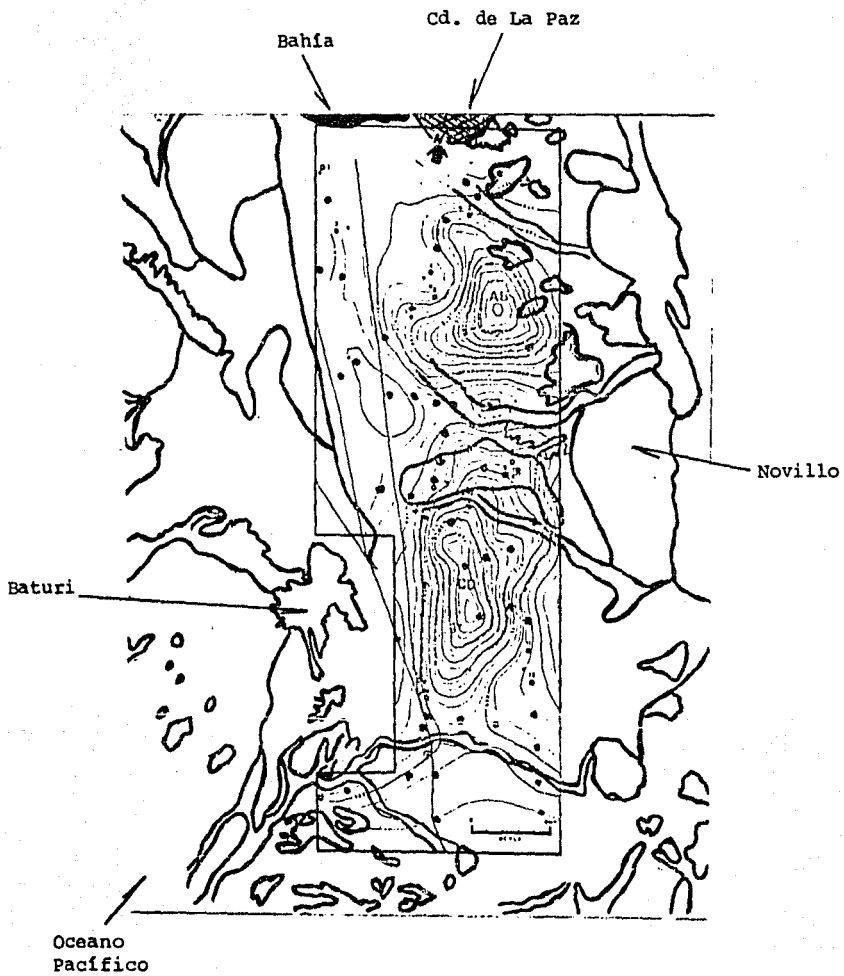


Figura 11. Mapa de Transmisividad Hidráulica (Arzate,1986) y Geología.

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

1.- Utilizando el método Thompson-Baker, la integración de los indicadores utilizados: densidad de drenaje, litología superficial, zonificación geohidrológica y las diferentes comunidades vegetales permitieron elaborar un mapa de las áreas con potencial de acuíferos de la zona de estudio; que coincide con la ubicación dada por Arzate (1986) y Rodríguez (1986) quienes utilizaron métodos geofísicos, transmisividad hidráulica y sondeos eléctricos, respectivamente, para delimitar la ubicación; por lo tanto, podemos decir que la integración Geobotánica - Percepción Remota puede ser un gran apoyo en la prospección de aguas subterráneas. Además al utilizar este binomio se pueden optimizar los recursos humanos, económicos y materiales al reducir el universo de búsqueda en la exploración de aguas subterráneas.

2.- La vegetación aporta una parte significativa en la integración de indicadores, para la delimitación de zonas con potencial de acuíferos; ya que se comporta como el indicador más sensible en la relación indicador-recurso, lo que permite que sea evaluado con una q (calidad) y una w (peso) altos por su relación y contribución a la prospección recurso hídrico.

3.- El mapeo de la vegetación mediante clases espectrales de satélite, permite la integración de la vegetación como un indicador en exploración geohidrológica, siendo éste un gran aporte para delimitar la zona de búsqueda del recurso, y apoyar las técnicas utilizadas en la exploración de aguas subterráneas.

BIBLIOGRAFIA

ALCANTARA, A. 1984

Las Imágenes de Satélite en la derivación de unidades integrales del terreno. Primer Simposio Nacional sobre reconocimiento de Patrones y Procesamiento de Imágenes, 15,16 noviembre 1984, México, D.F.

ALCANTARA, A. 1985

La regionalización climática y fisiográfica como un procedimiento para mejorar la clasificación de imágenes Landsat. VIII Congreso Nal. de Fotogrametría, Fotoidentificación y Geodesia, Morelia, Mich. Octubre 1985

ALCANTARA, A. 1985

Mapeo de unidades de terreno con imágenes de satélite en el semiárido de México. VIII Congreso Nal. de Fotogrametría, Fotoidentificación y Geodesia, Morelia, Mich. Octubre 1985

ALCANTARA, A. 1985

Un sistema para la obtención de información, procesamiento y toma de decisiones en la evaluación de poblaciones vegetales silvestres como recurso forestal. Memorias del encuentro Nal. sobre inventarios forestales, Chihuahua, Chih. 26-28 julio

ARZATE, J. 1986

"Geophysical reconnaissance for geohydrological evaluation in the La Paz-El Carrizal Valley, Baja California Sur, México" International Institute for aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) Delft, The Netherlands.

BROOKS, R.R. 1983

Biological Methods of Prospecting for Minerals. Wiley Interscience, 322 pp

CAMARA, A. 1982

" Estudio Cartográfico de la vegetación del Sureste de Jalisco mediante Percepción Remota " Tesis de Licenciatura en Biología; México, D.F., Facultad de Ciencias, UNAM. 146pp

CASTLEMAN, K.R. 1980

Digital Image Processing. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New York, USA.

CERVELLE, B.; J. CHOROWICZ 1986

" La Teledetección de los Recursos Minerales " en Mundo Científico (57) Vol. 6 364 - 373 pp. Barcelona, España.

CHAVEZ, M.; FLORES, A. 1985

" Procesamiento Digital de Imágenes LANDSAT con Aplicaciones a Geohidrología ". Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Computación; México, D.F. Facultad de Ingeniería, UNAM. 128pp

DAVIS, S.N.; R.D. WIEST 1971

Hidrogeología. Ed. Ariel, Barcelona España, 563 pp

DE LA TORRE, J. 1984

Un modelo del proceso de desertificación en un ecosistema semiárido mediante datos digitales multiespectrales LANDSAT ". Tesis de Maestría en Sistemas y Planeación, México, D.F. Universidad Iberoamericana, 90 pp

EGAN, W.G. 1974

Boundaries of ERTS and Aircraft Data within which useful water quality information can be obtained, in Proc. Ninth Internacioanal Symposium on Remote Sensing of Environment, vol. II, Environmental Reserch Institute of Michigan, Ann Arbor, Mich., 1319-1343 pp.

FAO, 1968

Definitions of Soil Units for the Soils Map of the World Manual 33.

FLORES, E. PIMENTEL, R. PEREZ VENZOR, J. et al 1986

Estudio Geohidrologico complementario de las cuencas La Paz - El Carrizal, para proporcionar agua en bloque a la Cd. de la Paz, B.C.S. Universidad Autonoma de Baja California Sur (UABCS) Coordinaciones de Ciencias Agropecuarias y Ciencias del Mar. Geociencias. Febrero, 1986

GARCIA, E. 1981

Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 3er.ed. Instituto de Geografía, UNAM. pp

GARCIA, G. 1987

Las Plantas Hablan (registrando metales) en Información Científica y Tecnológica, CONACYT Vol.9 Num 125 Feb.1987 pp 10-11

GIBSON, V.P.; SINGER, R.D. 1986

Manual de los pozos pequeños. Ed Limusa, México, 181 pp

GOLD, D.P. 1980

Structural Geology In Siegel, B.S. Gillespie, A.R. (eds.) Remote Sensing in Geology. John Wiley Sons. New York. 419-484 pp

HOFFER, R.M. 1978

" Capitulo 5 Biological and Physical Considerations in Applying Computer-Aided Analysis Techniques to Remote Sensor Data " en Remote Sensing: The Quantitative Approach. 227-289 pp

INIF, 1980

Informe Anual del Proyecto "Catalogo de especies de plantas útiles no maderables con importancia económica, del estado de Baja California, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.

LEOPOLD, L.B.; S.D. KENNETH, S.D. 1984

El Agua. Colección Científica de Time Life Ediciones Culturales Internacionales. 2a.ed.

México. 54-61pp, 72pp

LINDENLAUB, J.C.; M.D. SHIRLEY 1978

" Capitulo 6 Applying the Quantitative Approach "
en Remote Sensing: The Quantitative Approach.
290-335 pp

LIRA, J. 1987

La Percepción Remota: Una Introducción Conceptual.
Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

LOWMAN, P.; L. LATTMAN 1980

Geomorphology, In Siegal, B.S. Gillespie, A.R.
(eds.): Remote Sensing in Geology. John Wiley Sons.
New York. 485-504 pp

LYON, R.J. 1977

Mineral exploration applications of digitally
processed Landsat imagery, US Geological Survey
Prof. Paper 1015

MEINZER, O. 1927

Plants as indicators of ground water. US Geological
Survey Water-supply paper 577

MEINZER, O. 1939

Discussion of Question No.2 of the International
Commission on Subterranean Water: definition of the
different kinds of subterranean water: Am.
Geophys. Union trans., V.4: 674-677pp.

MORAIN, S.A. 1974

Interpretation and mapping of natural vegetation,
In Estes, J.E. Senger, L.W. (eds.): Remote Sensing
Techniques for environmental analysis.

MOUAT, D.A.; C.F. HUTCHINSON 1981

Sensores Remotos y mapas de vegetación en regiones
semiáridas. en Desierto y Ciencia 3(3): 4-10 pp

MOUAT, D.A. 1983

The Importance of Geobotany in Geological Remote Sensing Applications en Frontiers of Geological Remote Sensing from Space. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Session 7, Jun 12-17, 57-64 pp

PEREZ, M. 1986

Delimitación de unidades de relieve y uso del suelo en el parque estatal del Alto Ribeira, Brasil con imágenes TM. Simposio Latino Americano de Sensoriamento Remoto, Gramdo, 10-15 de Agosto 1986

REEVES, R.G. 1975

Manual of Remote Sensing American Society of photogrammetry. Falls Church, Virginia. (2 vol.) 2145 pp

ROBINSON, T.W. 1958

Phreatophytes. US Geol. Survey Water-supply paper 1423

ROUSE, J.W. et.al. 1973

Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. third ERTS Symposium, NASA SP-351, vol.1 309-317pp

RZEDOWSKI, J. 1978

Vegetación de México. Ed Limusa, México

RODRIGUEZ, et al 1986

Estudio Geohidrologico complementario de las cuencas La Paz - El Carrizal, para proporcionar agua en bloque a la Cd. de la Paz, B.C.S. Instituto de Geofísica (IGF), UNAM. Febrero, 1986

SHIRLEY, M.; D.LANDGREBE 1978

Remote Sensing: The Quantitative Approach ed. Philip, H.; M.Shirley, USA, Mac Graw-Hill, 396 pp

SMITH, W.L. 1977

Remote Sensing applications for mineral Resources, in Smith, W.L. (ed): Remote Sensing applications for mineral exploration. Dowden, Hutchinson Ross Inc. Straudsbury, Pennsylvania. 73-98 pp

SABINS, F.F. Jr. 1978

Remote Sensing principles and interpretation. Freeman, San Francisco. 426 pp

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO (INEGI) 1980

Carta Topográfica, escala 1:250 000, San José del Cabo, F12-2-3-5-6, Baja California Sur, México.

SPP (INEGI) 1980

Carta Topográfica, escala 1:250 000, La Paz, G12-10-11, Baja California Sur, México.

SPP (INEGI) 1981

Carta de Climas, escala 1:1,000,000, La Paz, Baja California Sur, México.

SPP (INEGI) 1983

Carta Topográfica, escala 1:50,000, El Rosario, F12 B23, Baja California Sur, México

SPP (INEGI) 1983

Carta Topográfica, escala 1:50,000, San Antonio, F12 B13, Baja California Sur, México

SPP (INEGI) 1983

Carta Topográfica, escala 1:50,000, La Paz, G12 D83, Baja California Sur, México

SPP (INEGI) 1983

Carta Topográfica, escala 1:50,000, El Centenario, G12 D82, Baja California Sur, México.

SPP (INEGI) 1983

Carta Topográfica, escala 1:50,000, La Victoria, F12 B12, Baja California Sur, México.

SPP (INEGI) 1983

Carta Topográfica, escala 1:50,000, Meliton
Albañez, F12 B22, Baja California Sur, México.

SWAIM, P.H. DAVIS, S. H. LANDREBE, D. PHILLIPS, T.L.
HOFFER, R.M. LINDENLAUB, J.C. SILVA, L.F. 1978

Remote Sensing: The Quantitative Approach ed.
Swain, P.H.; S.M. DAVIS, Mc Graw-Hill, USA. 369 pp

SZEKIELDA, K.H.; R.J. CURRAN 1973

Biomass in the Upwelling Areas along the Northwest
Coast of Africa as viewed with ERTS-1: In
Proc. Symposium on Significant Results obtained from
the Earth Resources Technology Satellite, vol.1, sec
B, Goddard space flight center, New Carrollton, Md.,
1385-1401 pp.

TARANIK, J.V. 1978

Characteristics of the Landsat multispectral data
system: U.S. Geological Survey Open file Report,
Sioux Falls South Dakota. 78-187 pp

THOMPSON, A.; R. BAKER 1981

Integrated Geological and Remote Sensing Mineral
Exploration in Baja California: American
Association of Petroleum Geologists. pp 13-19

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
(UABCS) 1983

Carta de Densidad de Drenaje, escala 1:100,000,
Valle de La Paz-El Carrizal y alrededores. Baja
California Sur, México.

TUMMLER, JURGUEN. 1985

Interpretación analógica de impresiones LANDSAT MSS
realizadas en el marco del intercambio académico
establecido con la Universidad de Tübingen,
Alemania Occidental, enero 1984 a marzo de 1985
(inédito).

UABCS 1983

Carta Topográfica, escala 1:100,000, Valle de La
Paz-El Carrizal y alrededores. Baja California

Sur, México.

UABCS 1983

Carta de Precipitación Pluvial, escala 1:100,000, Valle de La Paz-El Carrizal y alrededores. Baja California Sur, México.

UABCS 1983

Carta de Carreteras y Poblados principales, escala 1:100,000, Valle de La Paz-El Carrizal y alrededores. Baja California Sur, México.

UABCS 1983

Carta de Evaporación, escala 1:100,000 Valle de La Paz-El Carrizal y alrededores. Baja California Sur México.

UABCS 1983

Carta de Densidad de Drenaje, escala 1:100,000 Valle de La Paz-El Carrizal y alrededores. Baja California Sur México.

APPENDICE I

INFORMACION OBTENIDA EN EL HERBARIO DEL INSTITUTO DE BIOLOGIA

Cucurbita digitata Gray var

Nombre común: calabacilla o melon de coyote

Familia Cucurbitaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal. Norte Sonora	50-200	arenoso arcillosos	<u>Baccharis</u> <u>Lycium</u>

Hymenoclea monogyra Torr gray

Nombre común: romerillo (1)

Familia Compositae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal. Norte Baja Cal. Sur Chihuahua Durango Sonora	100-400	arcilloso arenoso	<u>gramineas</u> <u>leguminosas</u>

Jatropha macrorhiza Benth

Nombre común: matacora

Familia Euphorbiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Chihuahua Baja Cal. Sur	1200-1620	volcánico aluvial arenoso	<u>Larrea tridentada</u> <u>Acacia neovernicosa</u> <u>Prosopis glandulosa</u> <u>Opuntia imbricata</u> <u>Mimosa</u> <u>Bouteloua gracilis</u>

(*) Estados en los que se reporta en Herbario.

Acacia brandegeana I.M. Johnston
 Nombre común: vinorama (1) (2)
 Familia Leguminosae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur	50-850	aluvial	<u>Lysiloma candida</u> <u>Oleaya</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Bursera</u> <u>Cyrtocarpa</u> <u>Fouquieria</u> <u>Pachycereus</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Ruellia</u> <u>Vallesia</u>

Acacia greggii Gray
 Nombre común: palo chino o uña de gato
 Familia Leguminosae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Chihuahua Sonora Hidalgo Tamaulipas Coahuila Durango	60-1700	granítico limoso arenoso volcánico rocoso caliche	<u>Prosopis</u> <u>Acacia</u> <u>Larrea</u> <u>Yucca</u> <u>Pachycereus</u> <u>Mimosa biuncifera</u> <u>Koeberlinia espinosa</u> <u>Ziziphus</u>

(1) Especie reportada como riparia o freatofita

(2) Especie reportada solo para el Edo. de Baja Cal. Sur

Nicotiana glauca Graham
 Nombre común: Palo loco
 Familia Solanaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Veracruz Edo. de Mex. Puebla Hidalgo Coahuila Michoacán Guerrero Guanajuato Morelos Jalisco Sonora Oaxaca D.F. Nuevo León	18-2700	rocoso arcilloso arenoso volcánico tezontle pantanosos calizo lateritico	<u>Senecio praecox</u> <u>arbustos</u> <u>espinosos</u>

Caesalpinia platyloba S.Wats
 Nombre común: palo colorado (1)
 Familia Leguminosae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Sonora Baja Cal.Norte Chihuahua Tamaulipas Sinaloa Nayarit Colima Michoacan Jalisco Guerrero Oaxaca	20-1600	rocoso arenoso aluvial	<u>Ficus</u> <u>Parthenium</u> <u>Cephalocereus</u> <u>Bursera</u> <u>Plumeria</u> <u>Jatropha</u> <u>Cercidium</u> <u>Plumeria</u>

Fouquieria splendens Engelm in Wisliz
 Nombre común: ocotillo (1)
 Familia Fouquieriaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Chihuahua Queretaro Baja Cal.Norte Hidalgo Durango Sonora Coahuila Zacatecas	1095-2000 arenoso	Pedregoso limoso lutitas Calliandra calizo	<u>Larrea</u> <u>Cassia</u> <u>Yucca</u> <u>Prosopis</u> <u>Fagonia</u> <u>Agave</u> <u>Tetracoccus</u>

Larrea tridentata (DC) Coville
 Nombre común: gobernadora (1)
 Familia Zygophyllaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Zacatecas Queretaro Nuevo Leon Coahuila Baja Cal.Norte S.L.P. Sonora Tamaulipas Hidalgo	90-2130	pedregoso calizo igneo grava arenoso aluvial calcareo	<u>Idria</u> <u>Yucca</u> <u>Franseria</u> <u>Euphorbia</u> <u>Larrea</u> <u>Fouquieria</u> <u>Jatropha</u> <u>Agave</u> <u>Acacia</u> <u>Dasyllirion</u> <u>Helietta parvifolia</u> <u>Flourensia resinosa</u>

Ferocactus diguetii (Weber) Br y R
Nombre común: biznaga
Familia Cactaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte	20-400		

Olneya tesota A.Gray
Nombre común: palo fierro
Familia Leguminosae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Sonora	5-660	adobe	

Argemone intermedia Sweet
Nombre común: cardo
Familia Papaveraceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Coahuila		arenoso	<u>Larrea</u> <u>Acacia</u>

Jatropha cinerea (Ortega) Muell-Arg.
Nombre común: lombay (1)
Familia Euphorbiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Sonora Baja Cal.Norte Sinaloa	10-280	dunas granito arenoso	

Haematoxylon brasiletto Karts
Nombre común: palo de brasil (1)
Familia Leguminoceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Morelos Oaxaca Michoacan Edo.de Mex. Sinaloa Guerrero Jalisco Puebla	10-1800	arcilloso aluvial limoso granito volcánico pedregoso	<u>Haematoxylon</u> <u>Mimisa eurycarca</u> <u>Cassia</u> <u>Acacia</u> <u>Agave</u> <u>Celba</u> <u>Pithecellobium</u>

Lysiloma candida Brandege
Nombre común: palo blanco (1) (2)
Familia Leguminoceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur	20-675	rocoso arenoso	<u>Cercidium</u> <u>Larrea</u> <u>Lamaireocereus</u> <u>Mimosa</u> <u>Pachycereus</u> <u>Jatropha</u> <u>Fouquieria peninsularis</u>

Pedilanthus macrocarpus Benth
Nombre común: candelilla
Familia Euphorbiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sonora	90-120	manglar arenoso rocoso	<u>Pachycereus</u> <u>Larrea</u> <u>Jatropha</u> <u>Lemaireocereus thurberi</u> <u>Idria</u>

Cyrtocarpa edulis (Brandege) Standley
 Nombre común: ciruelo cimarrón (1) (2)
 Familia Anacardiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur	50-600	volcánico	<u>Hyptis laniflora</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Ruellia californica</u> <u>Bursera microphylla</u> <u>Acacia</u> <u>Pachycereus thurberi</u> <u>P. pringlei</u> <u>Lemaireocereus</u> <u>Karwinskia parvifolia</u> <u>Culubrina viridis</u> <u>Prosopis palmeri</u> <u>Cercidium peninsularis</u> <u>Cassia covesii</u> <u>Euphorbia</u>

Simmondsia chinensis (Link) Schneider
 Nombre común: jojoba (1)
 Familia Buxaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sonora	10-1140	dunas rocoso arenoso	<u>Cyrtocarpa edulis</u> <u>Olneya tesota</u> <u>Lysiloma candida</u> <u>Colubrina glabra</u> <u>Bursera microphylla</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Passiflora</u> <u>Lycium</u> <u>Yucca</u> <u>Mimosa</u> <u>Idria</u> <u>Pachycereus pringlei</u> <u>Opuntia</u> <u>Larrea divaricata</u> <u>Ferocactus</u>

Lippia palmeri S.Wats
Nombre común: oregano (1)
Familia Verbenaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Sonora Puebla Michoacan Baja Cal.Norte	5-1750	basalto arenoso limoso rocoso	<u>Jathropha cinerea</u> <u>Lysiloma candida</u> <u>Lippia palmeri</u> <u>Wilcoxia striata</u> <u>Ruellia</u> <u>Pachycereus thurberi</u> <u>Fouquieria peninsularis</u> <u>Ferocactus rectispinus</u> <u>Cyrtocarpa edulis</u> <u>Bursera microphylla</u> <u>Antigonon leptopus</u> <u>Colubrina glabra</u> <u>Gochnatia arborescens</u>

Ambrosia ambrosioides
Nombre común: chicura (1)
Familia Compositae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Durango Sinaloa Sonora Baja Cal.Norte Chihuahua	25-1400	pedregoso arenoso granítico litosol	<u>Lysiloma candida</u> <u>Ipomea arborescens</u> <u>Bursera microphylla</u> <u>Brosimum</u> <u>Quercus</u> <u>Hymenoclea</u> <u>Franseria</u> <u>Hyptis</u> <u>Mimosa purpurascens</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Pachycereus pringlei</u> <u>Lemaireocereus thurberi</u> <u>Ruellia peninsularis</u>

Bursera laxiflora
Nombre común: copal
Familia Burceraceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Sonora Guerrero Oaxaca Sinaloa	200-1750	arenoso calizo volcánico basalto	<u>Bursera</u> <u>Tecoma stans</u> <u>Acacia</u> <u>Jatropha cuneata</u> <u>Encelia farinosa</u> <u>Opuntia</u>

Fouquieria diguetii Van Tieghem Johnst
Nombre común: palo adan (1)
Familia Fouquieraceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Guerrero Sinaloa Sonora	0-170	arenoso dunas pedregoso	<u>Larrea</u> <u>Bursera</u> <u>Acacia</u> <u>Fouquieria</u> <u>Pachycereus prinquelei</u> <u>Ruellia</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Lophocereus</u> <u>Opuntia</u> <u>Cercidium microphyllum</u>

Agave aurea Brge.Var
Nombre común: maguey (2)
Familia Amaryllidaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur	0-450	granito basalto calcareo	

Yucca elata Engelm
Nombre común: yuca
Familia Liliaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Sonora Coahuila Chihuahua D.F.	900-1600	igneo arenoso	<u>Acacia</u> <u>Opuntia</u> <u>Bouteloua gracilis</u>

Cnidoscolus angustidens Torr.
Nombre común: caribe (1)
Familia Euphorbiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Sonora Michoacan Morelos Jalisco Puebla Oaxaca Guerrero	1150-1600	arenoso	<u>Cassia</u> <u>Opuntia</u> <u>Bursera</u>

Bursera odorata T.S.Brandege
Nombre común: torote blanco (1)
Familia Burseraceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Sonora	20-1500	rocoso granito	<u>Pachycereus pringley</u> <u>Prosopis</u> <u>Bursera microphilla</u> <u>Acacia peninsularis</u> <u>Lysiloma candida</u> <u>Jatropha cuneata</u> <u>Fouquieria peninsularis</u> <u>Bergenia</u> <u>Karwinskya</u>

Ricinus communis L.
Nombre común: higuierilla (1)
Familia Euphorbiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Oaxaca Jalisco Veracruz Tabasco Chiapas Yucatan Guerrero Edo.de Mex.	5-1750	arcilloso arenoso pedregoso limoso volcánico	

Bursera microphyla A.Gray
Nombre común: torote colorado (1)
Familia Burceraceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sonora	0-585	pedregoso arenoso granito volcánico metamorfico	<u>Simmondsia</u> <u>Bursera</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Larrea diuricata</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Phachycereus pringley</u> <u>Yucca valida</u> <u>Fouquieria peninsularis</u> <u>Pedilanthus macrocarpus</u> <u>Cercidium microphyllum</u> <u>Encelia farinosa</u> <u>Croton sonorae</u> <u>Olneya tesota</u> <u>Opuntia bigelovii</u>

Acacia constricta Benth
 Nombre común: Vara negra o Huisachillo
 Familia Leguminosae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Oaxaca Coahuila Puebla Chihuahua Zacatecas Nuevo leon S.L.P Durango	240-2850	lutitas calcario aluvial pedregoso arenoso calcitas	<u>Dacylirium</u> <u>Cassia wizlizeni</u> <u>Nicotiana</u> <u>Larrea</u> <u>Mimosa</u> <u>Prosopis</u> <u>Acacia vernicosa</u> <u>Helietta parvifolia</u>

Atriplex barclayana (Benth) Dietr.
 Nombre común: rama parda o chamizo (1)
 Familia Chenopodiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sinaloa	0-900	volcánico arenoso arcilloso dunas granito rocoso	<u>Lysiloma candida</u> <u>Abronia maritima</u> <u>Jatropha cuneata</u> <u>J. cinerea</u> <u>Larrea divaricata</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Pachocereus pringleii</u> <u>Yucca valida</u> <u>Fouquieria peneinsularis</u> <u>Bursera microphyla</u> <u>Pedilanthus macrocarpus</u> <u>Atriplex canescens</u> <u>Atamisquea emarginata</u>

Encelia farinosa A.Gray

Nombre común: hierba ceniza o incienso

Familia Compositae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sonora	140-1700	rocoso igneo arenoso arcilloso	<u>Idria</u> <u>Cardon</u> <u>Jatropha</u> <u>Fouquieria peninsularis</u> <u>Waltheria</u> <u>Pachycormus</u>

Cercidium microphyllum (Torr.)Rose y John

Nombre común: palo verde (1)

Familia Leguminoceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sonora	120-250	rocoso	<u>Olneya tesota</u> <u>Cercidium microphyllum</u> <u>Lysiloma candida</u> <u>Bursera spinnata</u> <u>Pachycereus pringleii</u> <u>Lemaireocereus thurberi</u>

Quercus brandegei Goldman

Nombre común: encino (1) (2)

Familia Fagaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur	200-750	granito	<u>Pithecellobium</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Cassia emarginata</u> <u>Caesalpinia platyloba</u>

Croton sonorae (Torr.)
Nombre común: vara blanca
Familia Euphorbiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Sonora	5-850	rocoso aluvial	<u>Cercidium</u> <u>Pachycereus</u> <u>Hechtia</u>

Euphorbia xanti Engelm ex.Boiss
Nombre común: golondrina (1) (2)
Familia Euphorbiaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur	120-1200	granito rocoso arenoso	<u>Ficus palmeri</u> <u>Acacia peninsularis</u> <u>Lysiloma candida</u> <u>Sapium biloculare</u> <u>Bursera epinnata</u> <u>Hyptis emorgi</u> <u>Tecoma stans</u> <u>Fraseria arborescens</u> <u>Cardon cacti</u> <u>Pachycereus pringleii</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Oliveya tesota</u> <u>Prosopis velutina</u> <u>Larrea tridentada</u> <u>Quercus idonea</u> <u>Q.devia</u>

Lophocereus schottii (Engelm) Br. y R
Nombre común: pitaya vulgar o garambullo (1)
Familia Cactaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sonora	5-1200	rocoso granito	

Prosopis palmeri S.Wats

Nombre común: palo fierro o mezquite (1) (2)

Familia Leguminosae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur	85-900	Basalto	<u>Lysiloma</u> <u>Bursera microphylla</u> <u>Pachycereus pringleii</u> <u>Cercidium praecox</u> <u>Croton sonorae</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Fouquieria peninsularis</u> <u>Ruellia peninsularis</u>

Senna atomaria (L.) I et. Barneby

Nombre común: vainilla o palo zorrillo

Familia Leguminosae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sonora Sinaloa Veracruz S.L.P. Queretaro Michoacan Nayarit	2-1900	rocoso calizo aluvial	<u>Bursera</u> <u>Acacia</u> <u>Prosopis</u> <u>Ipomea</u> <u>Arborescens</u> <u>Karwinskia</u> <u>Candalia</u>

Pachycereus pringleii (S.Watson) B y R

Nombre común: cardones (1)

Familia Cactaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Sonora	10-30	arenoso	

Tecoma stans (L)Var. Rehder
 Nombre común: huajillo o palo de arco (1)
 Familia Bignoniaceae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Durango Chihuahua Oaxaca Jalisco Hidalgo Nuevo Leon	90-2250	arcilloso igneo aluvial	<u>Lysiloma candida</u> <u>Ulmus</u> <u>Acacia</u> <u>Yucca</u> <u>Fouquieria</u> <u>Jatropha</u> <u>Beaucarnea</u> <u>Agave</u>

Hyptis emoryi Torr.
 Nombre común: salvia (1)
 Familia Labiatae

DISTRIBUCION *	M.S.N.M.	SUELO	ASOCIACION
Baja Cal.Sur Baja Cal.Norte Oaxaca Sonora	9-860	arenoso rocoso granito	<u>Opuntia</u> <u>Idria</u> <u>Lycium breuipenes</u> <u>Lysiloma candida</u> <u>Prosopis</u> <u>Cardon cacti</u> <u>Fouquieria peninsularis</u> <u>Ruellia</u> <u>Cercidium peninsularis</u>

LOS DIVISADEROS

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	16.8	16.9	18.4	20.0	23.2	24.0	26.5	25.8	25.2	23.0	20.7	17.4	21.5
PRECIPITACION	25.7	6.6	1.2	1.2	0.2	5.2	46.3	126.4	118.0	33.1	6.4	25.8	394.0

LAGUNILLAS

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	18.6	19.3	21.0	22.7	24.7	26.3	29.5	29.2	28.2	25.7	22.2	19.6	23.9
PRECIPITACION	15.4	5.8	1.0	0.3	0.1	3.0	15.6	83.1	65.4	24.9	11.0	15.2	241.0

LA PAZ

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	17.9	18.6	20.1	22.3	24.4	26.1	29.0	29.3	28.8	26.5	22.9	19.5	23.8
PRECIPITACION	10.0	4.6	1.4	0.2	0.2	1.8	11.8	46.3	62.2	15.6	11.0	22.6	187.6

SAN PEDRO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	17.5	17.6	18.9	21.4	23.4	25.8	28.8	28.7	27.9	25.9	22.0	18.4	23.0
PRECIPITACION	14.8	2.9	6.8	1.2	0.1	2.6	39.5	103.0	97.7	26.0	7.5	18.5	320.6

Datos climatológicos

(Precipitación y Temperatura)

EL CARRIZAL

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
TEMPERATURA	16.3	17.2	18.5	20.8	21.8	23.3	27.6	28.2	27.8	25.2	21.1	17.6	22.1
PRECIPITACION	11.9	8.2	0.9	0.0	0.0	0.4	21.4	68.0	67.2	41.8	7.3	22.8	250.0

AEROPUERTO VIEJO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
TEMPERATURA	17.8	18.0	19.9	21.7	24.2	26.5	29.6	30.0	29.1	26.2	21.6	18.3	23.6
PRECIPITACION	14.3	7.3	0.0	0.0	0.5	0.8	31.2	50.3	40.6	10.0	27.1	13.1	195.4

EL ROSARIO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
TEMPERATURA	16.3	16.3	16.5	17.8	18.9	19.2	23.9	25.6	25.6	22.7	19.6	17.5	20.0
PRECIPITACION	14.1	6.6	0.8	0.0	0.0	0.0	3.6	14.1	30.7	12.1	10.0	11.4	103.5

LOS PLANES

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annual
TEMPERATURA	16.7	16.6	18.3	21.0	24.1	27.2	29.8	30.0	29.2	26.2	21.8	18.1	23.3
PRECIPITACION	11.8	5.8	2.3	1.0	0.7	0.8	24.9	44.2	48.9	22.6	3.4	14.3	108.8

SAN ANTONIO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	16.7	17.6	19.5	22.6	25.6	28.8	29.4	28.4	27.5	24.7	21.0	17.7	23.2
PRECIPITACION	18.9	7.7	3.6	0.3	0.3	5.9	79.4	133.0	106.4	45.9	8.3	24.2	433.9

EL TRIUNFO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	16.1	16.8	17.7	20.2	22.5	23.6	26.9	26.5	25.6	23.7	20.1	17.2	21.4
PRECIPITACION	11.5	4.6	1.5	0.0	0.0	3.3	44.8	145.0	92.6	27.9	67.0	24.9	362.8

EL CAJONCITO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	18.2	18.3	20.0	22.3	24.5	26.1	28.9	28.8	28.3	26.0	22.4	19.2	23.6
PRECIPITACION	12.1	11.0	1.7	0.0	0.0	0.0	14.5	37.7	45.1	22.6	14.2	22.7	181.7

SIERRA DE LA LAGUNA

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	9.3	10.0	10.6	13.5	15.4	18.2	18.3	17.9	17.4	15.2	12.3	10.0	14.0
PRECIPITACION	36.6	10.9	6.7	3.5	0.3	11.5	116.8	188.	5	171.2	74.0	19.3	43.2

SAN ANTONIO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	16.7	17.6	19.5	22.6	25.6	28.8	29.4	28.4	27.5	24.7	21.0	17.7	23.2
PRECIPITACION	18.9	7.7	3.6	0.3	0.3	5.9	79.4	133.0	106.4	45.9	8.3	24.2	433.9

EL TRIUNFO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	16.1	16.8	17.7	20.2	22.5	23.6	26.9	26.5	25.6	23.7	20.1	17.2	21.4
PRECIPITACION	11.5	4.6	1.5	0.0	0.0	3.3	44.8	145.0	92.6	27.9	67.0	24.9	362.8

EL CAJONCITO

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	18.2	18.3	20.0	22.3	24.5	26.1	28.9	28.8	28.3	26.0	22.4	19.2	23.6
PRECIPITACION	12.1	11.0	1.7	0.0	0.0	0.0	14.5	37.7	45.1	22.6	14.2	22.7	181.7

SIERRA DE LA LAGUNA

MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
TEMPERATURA	9.3	10.0	10.6	13.5	15.4	18.2	18.3	17.9	17.4	15.2	12.3	10.0	14.0
PRECIPITACION	36.6	10.9	6.7	3.5	0.3	11.5	116.8	188.	5	171.2	74.0	19.3	43.2

APENDICE III

UBICACION DE LAS ESPECIES EN CADA UNO DE LOS BLOQUES DEL MEB

ESPECIES	BLOQUES							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<u>Jatropha cinerea</u> (*)		X	X		X	X	X	
<u>Fouquieria diquetii</u> (*)			X		X	X	X	
<u>Olneya tesota</u>					X			
<u>Fouquieria splendens</u> (*)			X					
<u>Acacia brandegeana</u> (*)			X					
<u>Acacia constricta</u>					X	X		
<u>Acacia greggii</u>						X		
<u>Agave aurea</u>							X	
<u>Argemone intermedia</u>								
<u>Atriplex barelayana</u> (*)								
<u>Bursera laxiflora</u>								
<u>Bursera microphyla</u> (*)			X					
<u>Bursera odorata</u> (*)	X	X	X			X	X	
<u>Caesalpinia platyloba</u> (*)								

(*) especies que en herbario se reportan como freatofitas o riparias.

(X) especies que caen en los diferentes bloques del Modelo Estructural de Bloques (MEB).

(0) especies que no caen en el MEB.

(I-VII) bloques que integran el MEB.

(IX) incluye toda la superficie exepcto el MEB.

ESPECIES	BLOQUES							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<u>Senna atomaria</u>			X					
<u>Cercidium microphyllum</u>		X	X			X	X	
<u>Cnidioscolus anguatidens</u> (*)								
<u>Croton sonorae</u>								
<u>Cucurbita digitata</u>								
<u>Cyrtocarpa edulis</u> (*)			X		X	X		
<u>Encelia farinosa</u>								
<u>Euphorbia xanti</u> (*)								
<u>Ferocactus diquetii</u>								
<u>Ambrosia ambrosioides</u> (*)			X			X		
<u>Haematoxylon brasiletto</u> (*)			X			X		
<u>Hymenoclea monogyra</u> (*)		X			X	X		
<u>Jatropha macrorrhiza</u>						X		
<u>Larrea tridentata</u> (*)								
<u>Lesaireocereus thurberi</u>			X		X	X		
<u>Lippia palmeri</u> (*)						X		
<u>Lophocereus schottii</u> (*)			X					
<u>Lysiloma candida</u> (*)			X				X	
<u>Machaerocereus gummosus</u>			X			X	X	
<u>Nicotiana glauca</u>								
<u>Opuntia cholla</u>		X	X		X	X	X	
<u>Fachycereus pringley</u> (*)	X	X		X	X	X		
<u>Pedilanthus macrocarpus</u>								
<u>Prosopis palmeri</u> (*)		X	X					

DISTRIBUCION DE ESPECIES POR BLOQUES

BLOQUES	ESPECIES
I	<u>Bursera odorata</u>
II	<u>Bursera odorata</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Cercidium microphyllum</u> <u>Hymenoclea monogyra</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Pachycereus pringley</u> <u>Prosopis palmeri</u>
III	<u>Jatropha cinerea</u> <u>Fouquieria diguetii</u> <u>Bursera odorata</u> <u>Cercidium microphyllum</u> <u>Lophocereus schottii</u> <u>Machaerocereus gummosus</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Pachycereus pringley</u> <u>Prosopis palmeri</u> <u>Fouquieria splendens</u> <u>Bursera microphylla</u> <u>Acacia brandegeana</u> <u>Senna atomaria</u> <u>Cyrtocarpa edulis</u> <u>Ambrosia ambrosioides</u> <u>Haematoxylon brasiletto</u> <u>Lemaireocereus thurberi</u> <u>Lysiloma candida</u> <u>Tecoma stans</u> <u>Hyptis emoryi</u>
IV	

BLOQUES	ESPECIES
V	<u>Fouquieria diguetii</u> <u>Lemaireocereus thurberi</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Acacia constricta</u> <u>Hymenoclea monogyra</u> <u>Hyptis emoryi</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Olneya tesota</u> <u>Cyrtocarpa edulis</u> <u>Pachyceres pringley</u>
VI	<u>Jatropha cinerea</u> <u>Fouquieria diguetii</u> <u>Bursera Odorata</u> <u>Haematoxilon brasiletto</u> <u>Lemaireocereus thurberi</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Cercidium microphyllum</u> <u>Ambrosia ambrosioides</u> <u>Hymenoclea monogyra</u> <u>Pachycereus pringley</u> <u>Tecoma stans</u> <u>Lippia palmeri</u> <u>Acacia greggii</u> <u>Machaerocereus gummosus</u> <u>Yuca elata</u> <u>Acacia constricta</u> <u>Cyrtocarpa edulis</u> <u>Jatropha macrorriza</u>
VII	<u>Bursera odorata</u> <u>Jatropha cinerea</u> <u>Fouquieria diguetii</u> <u>Agave aurea</u> <u>Bursera odorata</u> <u>Cercidium microphyllum</u> <u>Lysiloma candida</u> <u>Machaerocereus gummosus</u> <u>Opuntia cholla</u> <u>Pachycereus pringley</u> <u>Yucca elata</u>
VIII	