

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL USO ACTUAL DEL SUELO EN EL ESTADO DE
SINALOA POR MEDIO DE IMAGENES DE SATELITE LANDSAT

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

Rubén Uvalle Guerrero

631
3
MONTERREY, N. L.

JUNIO 1983

436

FT

S4924

.5

.R4

U9

C.1



1080062988



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



EVALUACION DEL USO ACTUAL DEL SUELO EN EL ESTADO DE
SINALOA POR MEDIO DE IMAGENES DE SATELITE LANDSAT

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

RUBEN UVALLE GUERRERO

MONTERREY, N.L

JUNIO 1983

T
5499
25
224
09.

040 631
FA 3
1983



Biblioteca Central
Magna Solidaridad



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

Tesis

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de manera especial a la Comisión del Plan Nacional-Hidráulico, por haberme brindado la ayuda necesaria para realizar este trabajo, cuyos resultados han servido de base para la planeación de proyectos específicos que se realizan en el estado de Sinaloa.

Mi más sincero agradecimiento al Departamento de Percepción - Remota de esta Comisión, así como al personal técnico que en el laborá, por su gran ayuda y coolaboración desinteresada -- para la realización de esta tesis, y al Ing. Fernando Ramírez García, jefe del Departamento de Percepción Remota por su participación como Consejero.

A mis Asesores de ésta tesis:

Dr. Rigoberto Vázquez Alvarado.

Ing. Francisco Rodríguez Esquivel.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

José Uvalle Lucio y María del Socorro Guerrero de Uvalle, con respeto y admiración. Ya que he obtenido de ellos la mejor de las herencias. Mi educación -- profesional.

A MIS HERMANOS:

Quienes me ayudaron y me apoyaron a seguir adelante, en mi formación profesional.

A MI TIA:

Prfa. Guadalupe Hernández Guerrero a quién admiro y respeto por su -- gran bondad que me tiene.

A MI NOVIA:

Martha Villagómez Casimiro
por el gran cariño y com--
prensión que siempre me ha
brindado.

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
1. Historia de las técnicas de percepción remota.	3
2. Características de los satélites artificiales LANDSAT empleados en los estudios de los re- cursos naturales.....	5
3. Trabajos desarrollados en México mediante téc- nicas de percepción remota.....	12
III. MATERIALES Y METODOS.....	15
1. Descripción del área de estudio.....	15
a). Localización	15
b). Climatología.....	15
c). Suelos.....	17
d). Características del estado de Sinaloa.....	20
2. Proceso metodológico utilizado.....	25
a). Materiales empleados.....	25
b). Sistemas empleados en la clasificación -- automática.....	32
c). Desarrollo de la metodología.....	35

IV. RESULTADÓS Y DISCUSION.....	44
V. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS.....	56
VI. BIBLIOGRAFIA.....	61
VII. GLOSARIO.....	65
VIII. APENDICE. DIAGRAMA DE FLUJO Y RECORRIDO DE -- CAMPO.....	68

INDICE DE FIGURAS

	Página
1. Satélite LANDSAT.....	6
2. Sistema de cámaras de video (RBV).....	8
3. Sistema barredor multiespectral (MSS).....	10
4. Localización geográfica del estado de Sinaloa.....	16
5. Curvas de Isoyetas (precipitación media anual).....	18
6. Curvas de Isotermas (temperatura media anual).....	19
7. Regiones fisiográficas del estado de Sinaloa.....	21
8. Distritos de Riego.....	23
9. Distritos de Temporal.....	26
10. Ríos de mayor importancia en el estado de Sinaloa.	27
11. Localización de Imágenes LANDSAT.....	29
12. Distribución de las Imágenes LANDSAT en el estado de Sinaloa.....	30
13. Plano de verificación de las zonas patron (recorrido terréstre).....	39
14. Mapa formado con caracteres alfanuméricos.....	41
15. Mapa de la clasificación automática de uso del sue <u>l</u> o mediante imágenes de satélite LANDSAT para 1979.	42
16. Mapa de resultados estadísticos totales en la cla- sificación del uso actual del suelo para el estado de Sinaloa. (procesado mediante OPTRONICS).....	43
17. Descripción del funcionamiento del Sistema SIADIS. (Apéndice).....	69

INDICE DE TABLAS

	Página
A. Resultados de la clasificación automática para - las imágenes 36-42 y 35-42.....	47
B. Resultados de la clasificación automática para - las imágenes 34-42 y 35-43.....	48
C. Resultados de la clasificación automática para - las imágenes 34-43 y 33-43.....	49
D. Resultados de la clasificación automática para - las imágenes 33-44, 35-41 y 34-44.....	50
E. Resultados de la clasificación del uso actual -- del suelo para el estado de Sinaloa.....	51

RESUMEN

Debido a que la percepción remota, se ha convertido en -- los últimos años en una herramienta útil para la planeación y administración de los recursos naturales, se presentará durante el desarrollo de este trabajo, en primer término, los principios básicos de la percepción remota y en segundo lugar se describirán los resultados logrados en un estudio específico de aplicación para la evaluación del uso actual del suelo en el estado de Sinaloa, donde se utilizarán técnicas de percepción remota. Este estudio se llevó a cabo mediante la interpretación de imágenes de satélite LANDSAT, las cuales fueron procesadas por medio de un sistema de interpretación automática de imágenes de satélite (SIADIS), instalado en un computador PDP 11/70. Además, se utilizó también la metodología desarrollada en el Departamento de Percepción Remota de la CPNH, para la evaluación de las condiciones de uso actual del suelo.

La región estudiada corresponde al estado de Sinaloa, para el cual se evaluaron un total de 6'389,934.40 ha. Las unidades de uso actual definidas, comprendieron 7 unidades de clasificación:

- a) Areas agrícolas (riego y temporal)
- b) Pastizales (inducidos y naturales)

- c) Matorrales (agrupados varios tipos)
- d) Selvas (agrupando selvas bajas, medias y altas)
- e) Bosques (coníferas y latifoliadas)
- f) Cuerpos de agua (presas, lagunas costeras y áreas inundables)
- g) Areas desprovistas de vegetación (áreas desmontadas, terrenos agrícolas sin cultivo y zonas con problemas de suelo)

Los resultados logrados en este estudio, se presentan -- en tablas estadísticas donde se muestran las superficies --- correspondientes a cada unidad de uso seleccionado. También se formaron mapas a base de listados con caracteres alfanuméricos y material fotográfico procesado este último mediante el sistema OPTRONICS (sistema usado para digitalizar, manipular y reconstruir imágenes de color).

INTRODUCCION

Durante los últimos años, las técnicas de percepción remota se han empleado en diferentes estudios para el aprovechamiento de los recursos naturales existentes. Entre los más usuales podemos citar los de elaboración de mapas, para la mejor planeación de estos recursos.

La percepción remota se define como la técnica que permite la captación de información sobre cuerpos lejanos, mediante el uso de sensores, los cuáles sin tener que estar en contacto físico con dicho cuerpo pueden obtener información de las condiciones prevalecientes en que éstos se encuentran. Lo anterior es posible debido a la detección de la energía electromagnética que emiten los diferentes cuerpos, por medio de la velocidad de la luz que hace que determine la longitud de ondas electromagnéticas para cada uno de estos recursos.

En este trabajo se muestra la aplicación y el avance del desarrollo de las técnicas de percepción remota para la evaluación de los recursos naturales en el estado de Sinaloa, por medio de imágenes de satélite LANDSAT.

Se escogió el estado de Sinaloa porque es uno de los principales productores agrícola a nivel nacional, contando -

además con un gran volumen de información de apoyo ó periférica, la cual se emplea directamente para el desarrollo del proceso de clasificación automática. También hay que considerar que en este Estado se encuentra el mayor número de obras de infraestructura hidráulica que permiten un acelerado desarrollo de los proyectos tanto agrícola como pecuarios.

El objetivo general de esta tesis consiste en determinar las condiciones de uso actual del suelo existente en el estado de Sinaloa. En el futuro será posible llevar a cabo a partir de esta información, un programa de planeación y aprovechamiento integral de los recursos agropecuarios y forestales que se explotan en este Estado. Por otro lado el uso de técnicas modernas y avanzadas de cuantificación, permitirán obtener de una manera rápida y eficaz, la información oportuna, sobre las condiciones prevalecientes en que se encuentren estos recursos naturales.

II. REVISION DE LITERATURA

1. Historia de las técnicas de percepción remota.

Los primeros sensores remotos utilizados fueron las cámaras fotográficas, que datan desde la época de 1850; año en el cual fué tomada la primera fotografía aérea del mundo, desde un globo sobre la ciudad de París por Gaspard Feli Tournachon. Posteriormente en 1858 Aime Laussedat experimenta fotografías aéreas en Estados Unidos, con cámaras fotográficas instaladas en una serie de cometas (11). Siguiendo con estos experimentos a base de fotografías aéreas, resultaron de gran importancia los efectuados durante la primera guerra mundial. Más -- adelante transcurría el tiempo, estas técnicas fueron per-- feccionandose hasta tener una gran utilidad en la segunda -- guerra mundial, donde se utilizaron combinaciones de fotografías en película blanco y negro, en color e infrarroja, siendo la fotografía infrarroja la más usada para detectar objetos -- encontrados en camuflaje. (8).

En 1959 se obtuvieron las primeras imágenes de la tierra por medio de los satélites artificiales Vanguard II y Explo-- rer 7, posteriormente fueron lanzados otros satélites para -- información meteorológica como los ESSA, NIMBOS, ITOS y ATS. (12).

A partir de la década de los 70's y hasta nuestros días, se han lanzado los satélites artificiales más importantes para la detección de recursos naturales, denominados "LANDSAT"; registrándose hasta la fecha cuatro satélites (LANDSAT 1, 2, 3 y 4).

La información obtenida en las fotografías aéreas y en las imágenes de satélite LANDSAT, se emplean en muchos estudios de recursos naturales, ya que permiten obtener información desde aviones y satélites artificiales equipados con varios tipos de sensores, lo cuál se explica a continuación:

Uno de los sensores más conocidos y que pueden ser instalados en aviones con una aplicación directa en el campo de la fotogrametría, lo constituye la cámara fotográfica. En varios países se utiliza la información de este sensor a diferentes escalas manejables, donde son empleadas directamente para estudios de fotointerpretación que se llevan a cabo en diversas regiones de interés, con el propósito de realizar trabajos de: inventarios agrícolas y forestales, detección de plagas y enfermedades, identificación de cultivos, problemas de erosión y salinidad, etc.

Los sensores remotos instalados sobre plataformas espaciales, tienen un rango de acción, dentro del espectro electromagnético, mucho más amplio que los disponibles para

los sensores fotograficos, lo cual permite rastrear con detalle diferentes rasgos de la superficie terrestre, considerando un área de cobertura sumamente amplia (34,000 km² o sea -- 185 x 185 km por toma, para las imágenes LANDSAT). La aplicación de los sensores instalados en los satélites dependen de la misión específica para la cual son colocados, por ejemplo; se tienen satélites para la captación de información meteorológica o para la captación de información de recursos naturales y también los hay para la captación de información confidencial, o bien para rastrear fenómenos de tipo astronómico -- que ocurren en nuestro universo. (7).

2. Características de los satélites artificiales LANDSAT empleados en los estudios de los recursos naturales.

Los métodos de computación y avance espacial que la NASA creó a través de los satélites artificiales ERTS, posteriormente denominados "LANDSAT", (Fig. 1), han demostrado ser de gran utilidad para el aprovechamiento de los recursos naturales estudiados por las diferentes ciencias e instituciones -- que se dedican al aprovechamiento de estos recursos, las cuáles son: Agronomía, Silvicultura, Hidrología, Cartografía, -- Oceanografía, Geografía, Meteorología, Ecología, SARH, DGGTN, PEMEX, etc. (22).

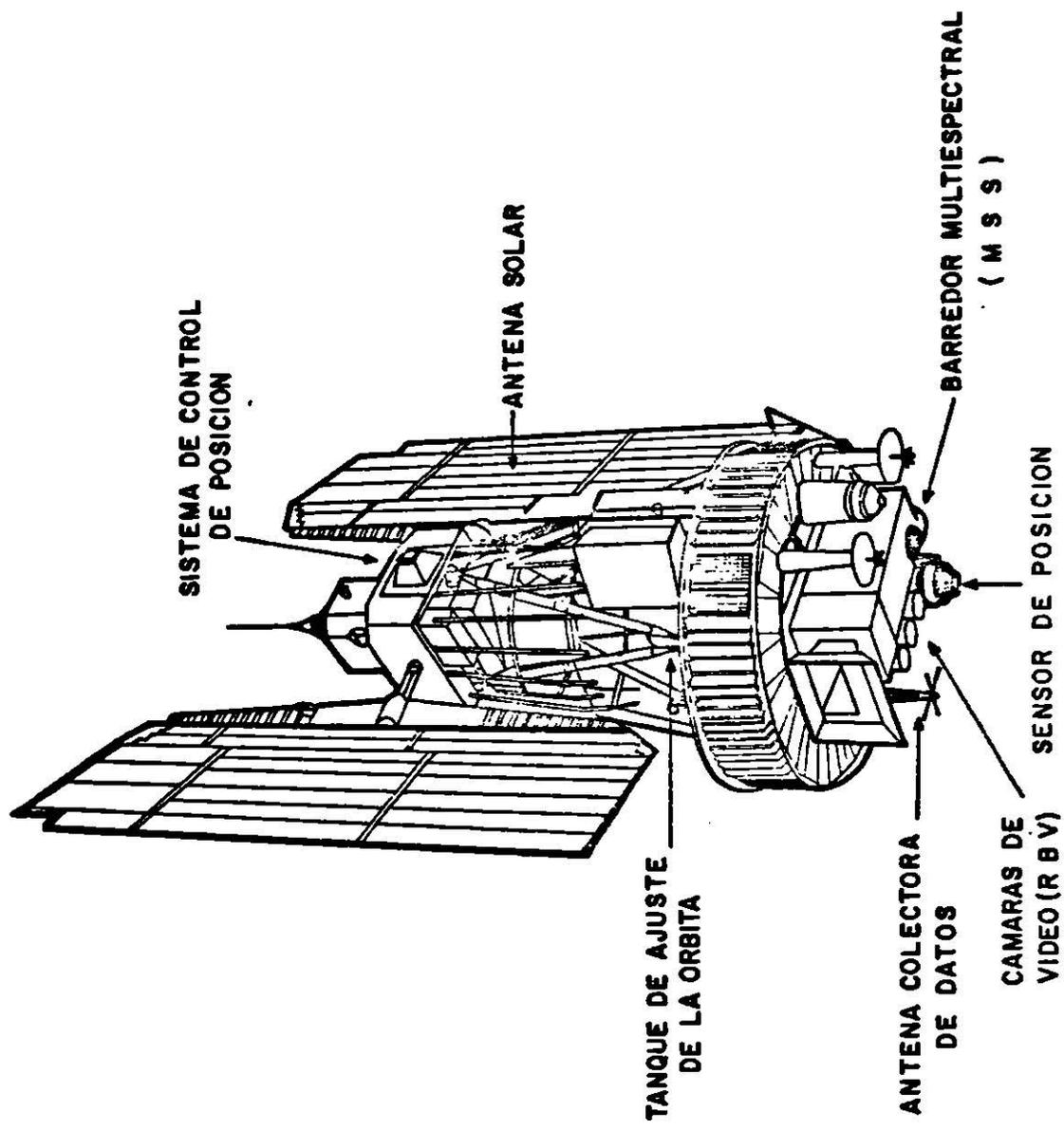


FIG.1 SATELITE LANDSAT

Los satélites artificiales LANDSAT 1, 2, 3 y 4 fueron --
puestos en órbita a partir de las siguientes fechas:

LANDSAT 1	23 de julio de 1972
LANDSAT 2	22 de enero de 1975
LANDSAT 3	5 de marzo de 1978
LANDSAT 4	16 de julio de 1982

De estos únicamente quedan en operación el LANDSAT 3 y 4
ya que el LANDSAT 1 y 2 dejaron de operar debido a fallas --
técnicas encontradas en el sistema de operación.

El LANDSAT 3 y 4 cuentan con dos sistemas de sensores -
remotos, un sistema RBV y un sistema MSS.

En la práctica el sistema MSS resultó ser el principal-
generador de información a bordo de los LANDSAT. (22).

El sensor RBV consta de un sistema operativo de cámaras-
espectrales tipo televisión que posee un haz electrónico que
va barriendo la superficie terrestre de una manera continua,
donde las cámaras utilizan películas pancromáticas de color
con una resolución sobre el terreno de hasta 40 m. (Fig. 2).

El otro sensor MSS, consiste en un espejo que al oscilar
capta la energía solar reflejada por la tierra con franjas -

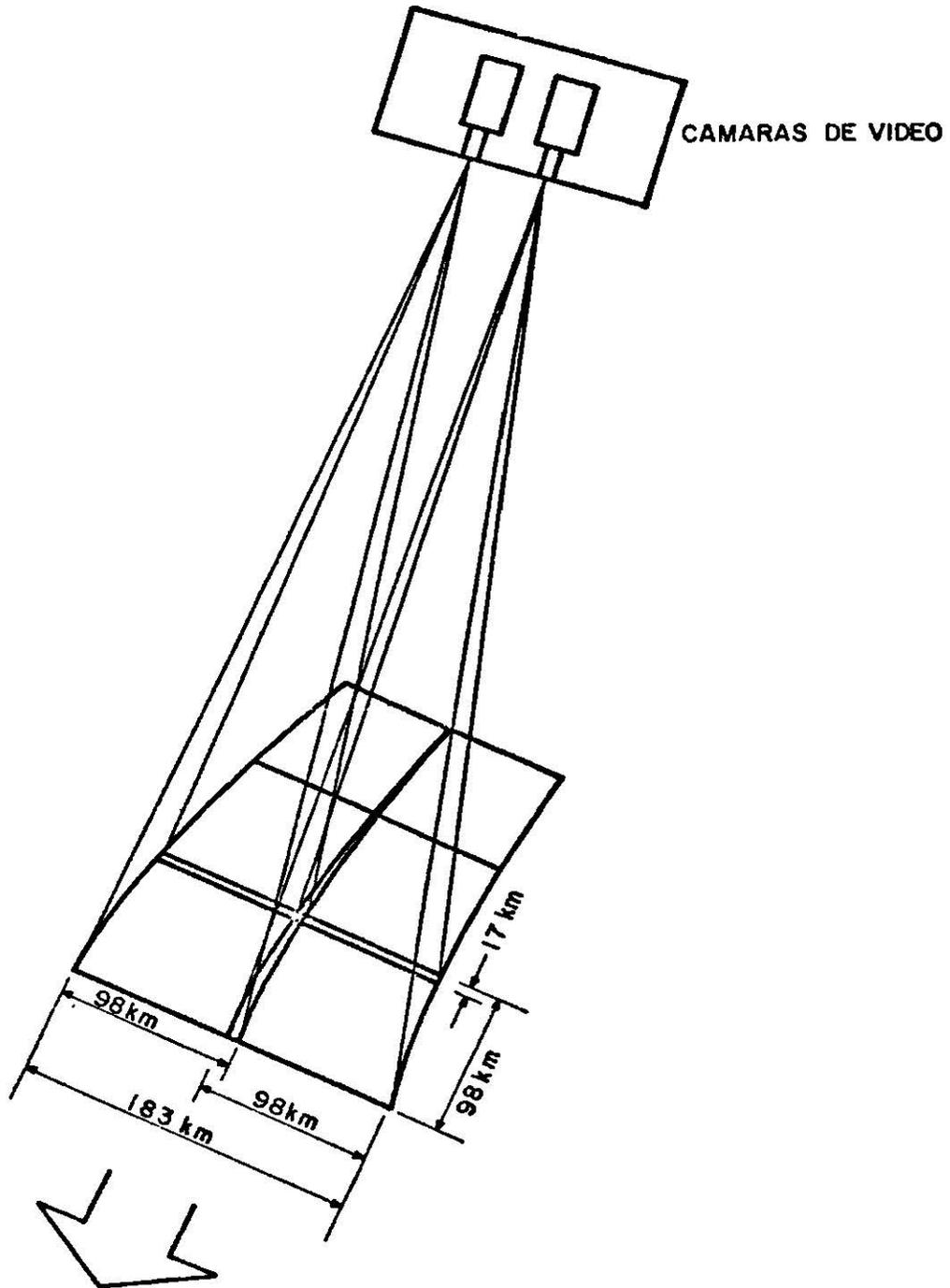


FIG 2. SISTEMA DE CAMARAS DE VIDEO (R B V)

contínuas de 185 km de ancho y la proyecta sobre una serie -- de 24 detectores. Cada uno de estos detectores forman sobre - la línea de barrido un cuadrado de 79 x 79 m constituyendo el límite de resolución espacial de la imagen. Este cuadrado es procesado electrónicamente, con el objeto de eliminar la superposición con los elementos de resolución contíguos transformánolos en un rectángulo reducido debido a un traslape longitudinal de 56 x 79 m que se denomina "PIXEL", que equivale a - 0.44 ha. (Fig. 3).

En esta serie de detectores existen cuatro tipos que se diferencian por el rango de longitud de onda al que son sensibles. Estos detectores captan información de un mismo punto en el terreno, por lo tanto para cada PIXEL hay cuatro valores distintos, según la salida de cada detector, formando - con esto 4 imágenes, de un mismo punto, pero diferentes en relación a la información espectral que contienen.

Los rangos del espectro electromagnético mencionados anteriormente se les denominan bandas espectrales y en este caso, se numeran del 4 al 7 y sus valores límites son los siguientes:

BANDA 4:	0.5	a	0.6	µm (verde).
BANDA 5:	0.6	a	0.7	µm (rojo).
BANDA 6:	0.7	a	0.8	µm (IR).
BANDA 7:	0.8	a	1.1	µm (IR).

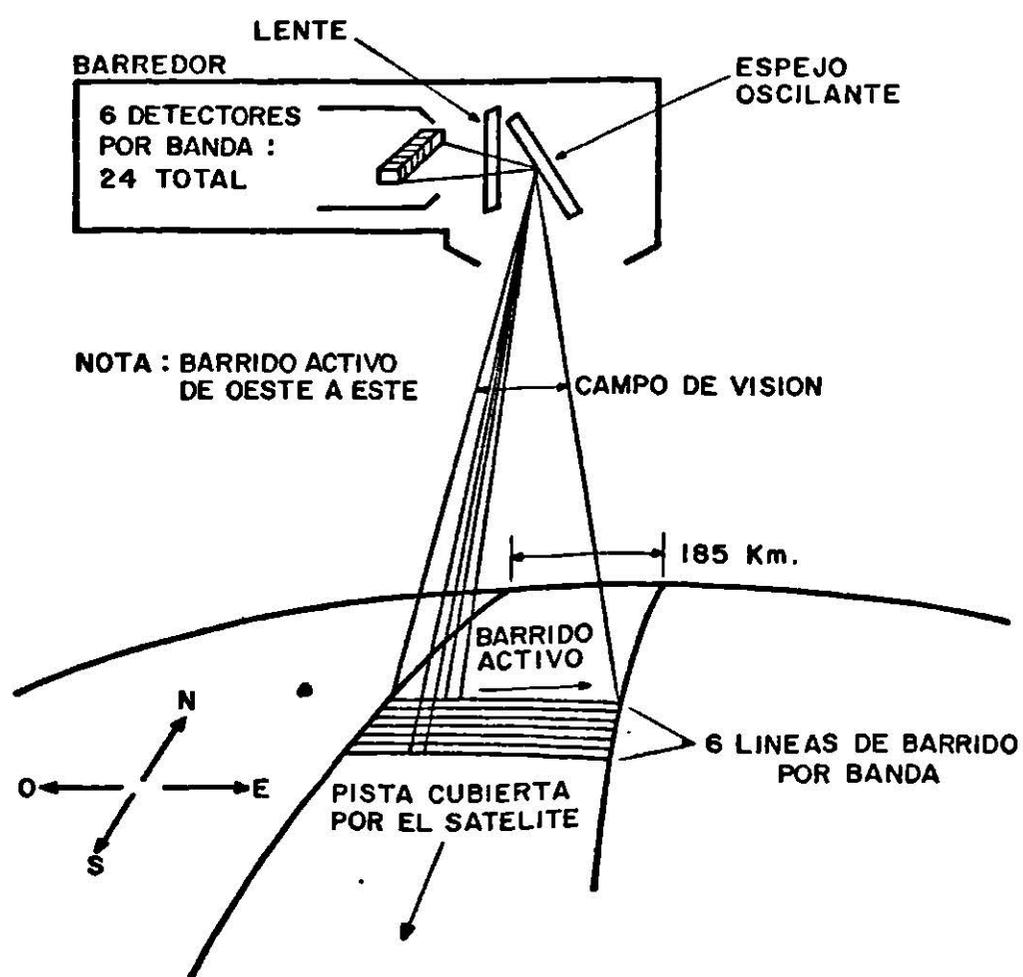


FIG. 3 SISTEMA BARREDOR MULTIESPECTRAL (MSS)

Las dos primeras bandas caen en la región visible del espectro electromagnético (verde y rojo), y las dos últimas en la parte infrarroja cercana, las cuales son digitalizadas en el satélite y se envían para su procesamiento a las estaciones terrestres existentes, donde son almacenadas en cintas magnéticas con un promedio de 8'000,000 de bytes por banda, produciendo un total de aproximadamente 32'000,000 de bytes por escena.

Como el satélite tiene sensores en cuatro regiones espectrales, la información obtenida en estas bandas pueden manejarse y mostrarse en 24 combinaciones de color diferente (4 factorial), que nuestro sistema visual interpreta como falsos. (22).

Los satélites LANDSAT cubren la tierra en órbitas casi polar-circular y sincrónica con el sol, completando 14 vueltas diarias y pasando sobre un mismo punto a la misma hora local cada 18 días, recogiendo la información generada a través de los rayos solares que inciden sobre la superficie terrestre. Esta información es reflejada como si la tierra fuera un espejo, llegando a los sensores del satélite en forma de energía luminosa en donde se transforma en energía eléctrica que posteriormente se graba en una cinta magnética y se acumula.

La energía acumulada se envía a tierra por medio de un sistema de radio-transmisión convirtiéndose nuevamente en energía luminosa, la cual se transforma posteriormente en impulsos magnéticos en tierra, donde finalmente se almacenan en cintas digitales. Por medio de un microdensitómetro, los datos se transforman en una fotografía (imagen), o se graban en una cinta magnética para ser procesada por una computadora. La imagen así obtenida, no es una fotografía común, es más bien una fotografía como las que aparecen en los periódicos, formadas por infinidad de puntos. (17).

Cada satélite LANDSAT pesa unos 1000 kg; mide 3.04 m de altura y con los dos paneles solares extendidos mide 3.96 m de ancho. Las celdas solares producen 550 wats de electricidad que sirven para operar los sensores y otros instrumentos del satélite. (2).

3. Trabajos desarrollados en México mediante técnicas de percepción remota.

En nuestro país se tienen varias instituciones a nivel oficial, las cuales hacen uso de estas técnicas para la cuantificación de los recursos naturales, dependiendo de sus objetivos particulares de uso, pero es conveniente considerar que sus procedimientos metodológicos de análisis se encuen-

tran aún en una etapa de investigación. En contraste con este hecho, la CPNH dispone actualmente de la infraestructura necesaria y del elemento humano capacitado para el desarrollo de proyectos de producción, como es el caso de los estudios realizados a la fecha, donde se determina la identificación y evaluación del uso actual del suelo para diferentes regiones del país. Las áreas estudiadas comprenden una superficie total de 53'013,000.00 ha., correspondientes al 26% de la superficie total del país, las regiones cuantificadas son: *

LOCALIDADES	SUPERFICIE (ha)
a) Cuenca del río Suchate	278,824.44
b) Cuenca del río Papaloapan	4'733,233.00
c) Cuenca del río Pánuco	3'167,922.00
d) Cuenca del río San Fernando	1'710,313.00
e) Cuenca del río Usumacinta	5'680,115.00
f) Cuenca del Valle de México	959,641.00
g) Costa de Veracruz	1'879,057.00
h) Estado de Chiapas	5'063,865.00
i) Estado de Nayarit	2'647,107.00
j) Estado de Nuevo León	
1) Región Linares-Montemorelos	479,930.40
2) Región Monterrey-S. Papagayo	140,520.40

k) Estado de Tabasco	1'414,496.80
l) Estado de Sinaloa	6'369,934.44
m) Estado de Sonora	11'156,637.01
n) Identificación de Areas Erosio <u>n</u> nadas (Guamúchil, Sin.)	250,000.00
o) Identificación de Cultivos (Valle del Yaqui, Son.)	250,000.00
p) Imágenes de Guatemala	6'163,084.20
q) Región del Area Urbana de Tlalnepantla	150,000.00

A parte del procedimiento operacional mencionado en los párrafos anteriores, se tienen varios proyectos de investigación entre los cuales destacan el de establecimiento de un -- proceso metodológico, para la identificación de especies de - cultivos anuales, contemplando de este procedimiento, la creación de nuevos algoritmos para la clasificación de cultivos - existentes en las áreas agrícolas de riego y temporal del --- país.

* Nota: Informes técnico presentados como reportes internos de la CPNH.

III. MATERIALES Y METODOS

1. Descripción del área de estudio

a) Localización

El estado de Sinaloa cuenta con una extensión territorial de 58,092 km². Geográficamente se encuentra localizado al norte de la República Mexicana, entre los paralelos 22°30' y 27° - 00' de latitud norte y los meridianos 105°27' y 109°27' de longitud oeste. (Fig. 4). Limita al norte con el estado de Sonora, al sureste con el estado de Nayarit, al noroeste con los estados de Chihuahua y Durango y al suroeste con el Océano Pacífico. La altitud del Estado varía desde cero metros hasta los 2,000 msnm, que van desde la costa del Golfo de California hasta las partes más altas de la Sierra Madre Occidental. (3).

b) Climatología

Los diferentes climas existentes en el estado de Sinaloa, difieren exclusivamente en las variaciones registradas en cuanto a lluvias y temperaturas; por lo tanto, es posible encontrar desde los climas muy secos-desérticos en la región costera del noroeste, hasta los templados y subhúmedos de las zonas montañosas del sureste.

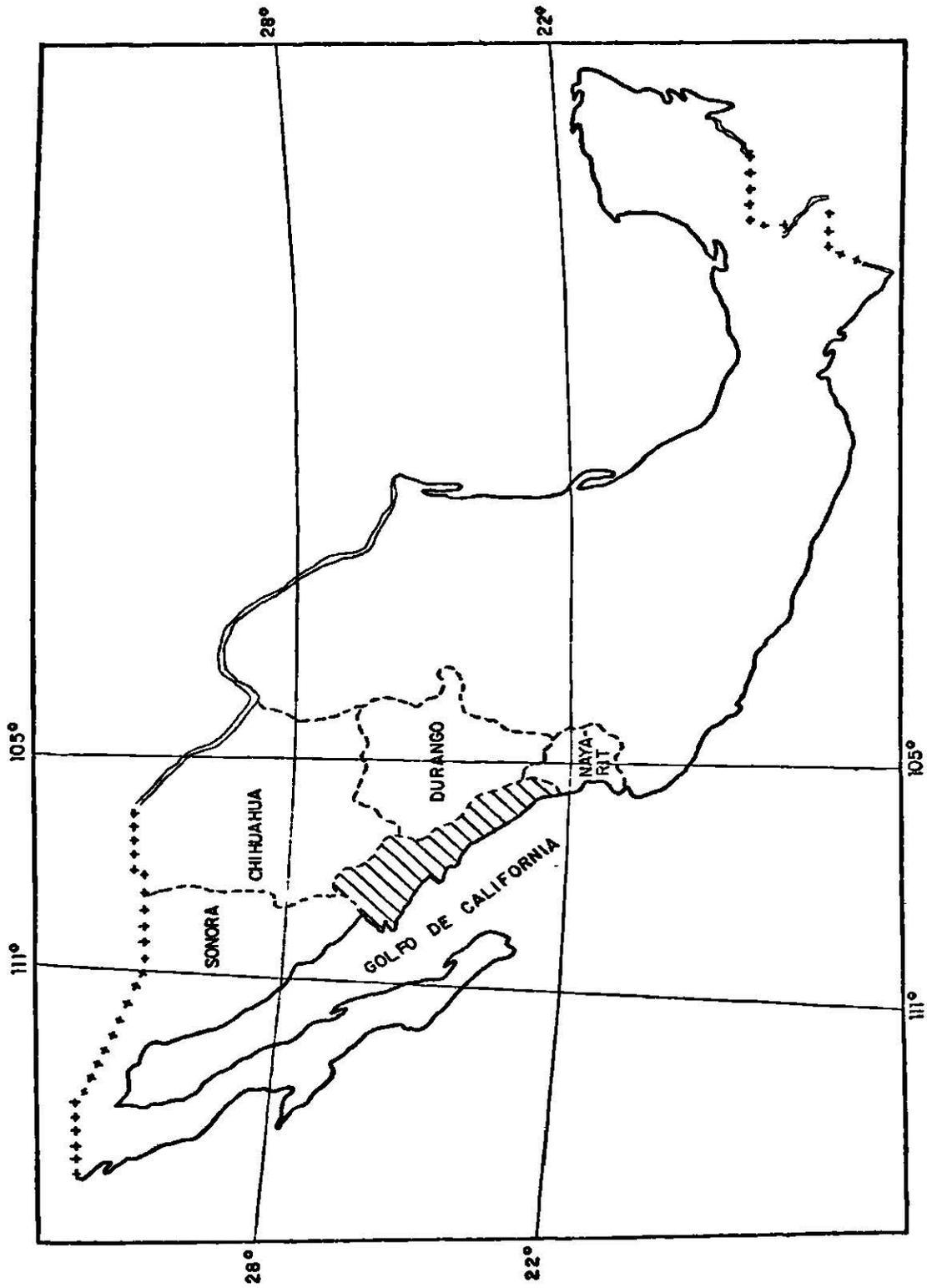


FIG. 4 LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL ESTADO DE SINALOA

El régimen de lluvia dentro del estado sigue un orden -- ascendente de norte a sur, e incrementándose desde las partes más bajas, hasta las partes más altas de la sierra. Alcanzán dose valores promedios de precipitación de 350 mm anuales en las zonas bajas del noroeste, mientras que en la parte sur, -- cerca de los límites con Nayarit, es de 700 mm anuales. En las partes altas de la sierra la lámina de lluvia aumenta hasta -- los 1,500 mm anuales. (Fig. 5). (3).

Las temperaturas promedio del estado de Sinaloa, se deter minaron en base a una serie de registros tomados en un lapso -- de 29 años (1941-1970), por el Departamento de Hidrometeoro-- logía de la SARH, la cuál establece los siguientes valores -- promedios de temperatura para todo el Estado; temperatura mí nima promedio 4.05°C , temperatura media promedio 24.54°C y -- temperatura máxima promedio 40.67°C . (Fig. 6). (3).

c) Suelos

Los suelos del Estado se han desarrollado principalmente a partir de materiales orgánicos procedentes de riolitas, an desítas, basaltos, granito y calizas. De acuerdo a su modo de formación, los suelos de las porciones altas proceden de mate riales desarrollados insitu; los de las partes intermedias, de materiales aluviales y coluviales; y los de las partes bajas -- de materiales aluviales. En las partes altas, los suelos son

CURVAS DE ISOYETAS
Precipitación media anual

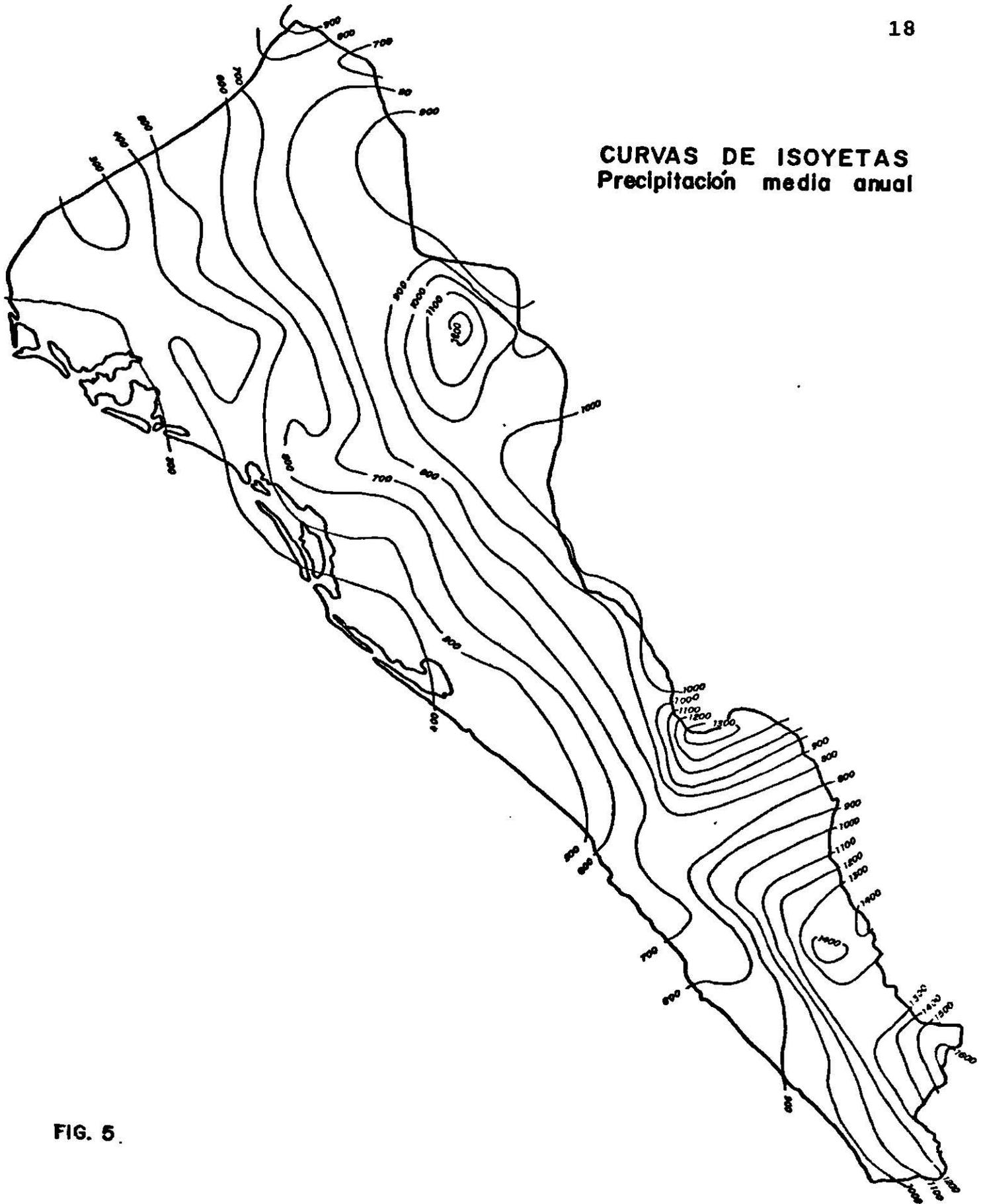


FIG. 5.

CURVAS DE ISOTERMAS
Temperatura media anual

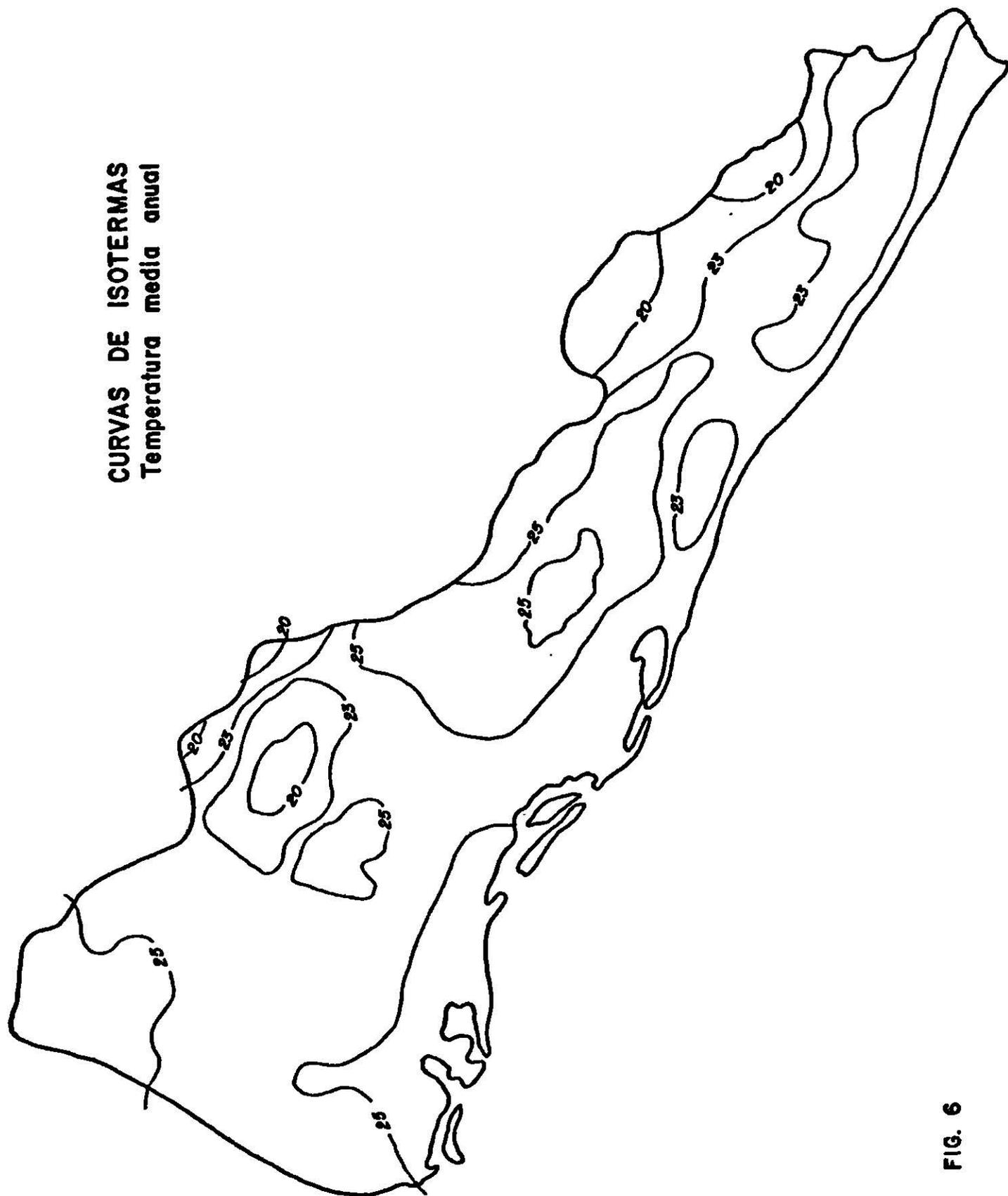


FIG. 6

poco profundos y en las porciones bajas, son profundos. Algunos suelos están afectados por sales y/o sodio, éstos se localizan en la planicie costera (en áreas bajo riego y en áreas próximas a las costas). (16).

d) Características del estado de Sinaloa

De acuerdo a las condiciones ecológicas que presentan la vegetación el suelo y el clima, el estado de Sinaloa se encuentra dividido por tres regiones fisiográficas: (Fig. 7).

Zona Baja

Zona Media

Zona Alta

Zona Baja

Se localiza entre las elevaciones de 5 a 50 msnm considerando toda la planicie costera con pendientes suaves y propias para la agricultura. En esta zona se han establecido 5 distritos de riego, considerados entre los más importantes del país.

Las características más relevantes de estos distritos en orden de importancia, de acuerdo a su superficie, son:

REGIONES FISIOGRAFICAS DEL
ESTADO DE SINALOA

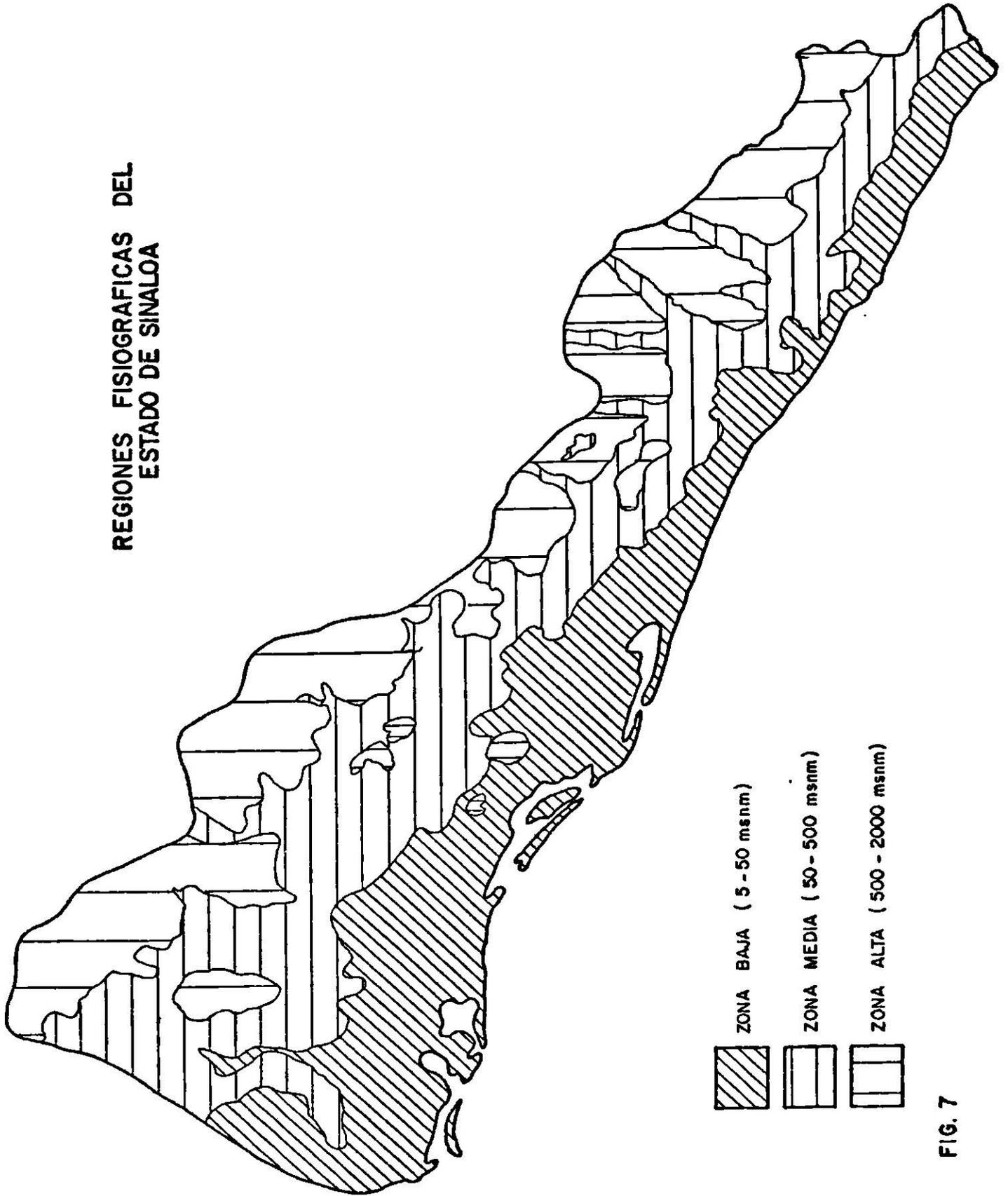


FIG. 7

Distrito de riego No. 10. Este distrito incluye los --- sistemas de "Culiacán, Humaya y San Lorenzo". La superficie física es de 291,623 ha., los principales cultivos que se --- siembran son: cártamo, tomate, trigo, arroz, caña de azúcar, garbanzo, soya y hortalizas.

Distrito de riego No. 75 ó "Valle del Fuerte". Ocupa el - segundo lugar en cuanto a superficie física de 252,590 ha., - los principales cultivos sembrados son: cártamo, frijol, trigo, sorgo, algodón, arroz, tomate, soya y caña de azúcar.

Distrito de riego No. 63, "Guasave". Su superficie físi- ca es de 58,687 ha., los principales cultivos sembrados son:- algodón, cártamo, arroz, soya, trigo, tomate, frijol y hortali- zas.

Distrito de riego No. 75, "Valle del Carrizo". La super-- ficie física es de 37,617 ha, los principales cultivos sembra- dos son: soya, trigo, garbanzo, sorgo y maíz.

Distrito de riego No. 74, "Mocorito". Es el más pequeño- de los distritos, cuenta con una superficie física de 12,212 ha., los principales cultivos sembrados son: cártamo, soya, - trigo, sorgo y maíz. (Fig. 8).



FIG. 8

Zona Media

Comprendida entre las elevaciones de 50 y 500 msnm. Es la zona de transición entre la planicie costera y la ladera de la sierra; su relieve es ondulado y en ella se localizan las cuencas de los ríos y los vasos artificiales de almacenamiento. La agricultura de temporal es la que más se practica, quedando dividida esta región en cuatro distritos de temporal, enumerados de norte a sur de la siguiente manera:

Distrito No. 1. Se inicia en los límites con el estado de Sonora, cubre un área de 21,450 km² y abarca los municipios de Choix, el Fuerte, Ahome, Sinaloa de Leyva y Guasave. Los principales cultivos que se siembran son: maíz, sorgo, ajonjolí y frijol.

Distrito No. 2. Ocupa los municipios de Badiraguato, Morcorito, Salvador Alvarado, Angostura y Culiacán. Cubre una superficie de 18,865 km², los cultivos que predominan son: sorgo, maíz, cacahuete, ajonjolí y cártamo.

Distrito No. 3. Se encuentra ubicado en la parte central del Estado, ocupando los municipios de Cosalá, Elota y San Ignacio; cuenta con una superficie total de 8,832.4 km². Los principales cultivos son: maíz, ajonjolí, frijol y sorgo.

Distrito No. 4. Se localiza en la región sur del Estado hasta los límites con el estado de Nayarit, los municipios -- comprendidos son: Mazatlán, Concordia, Rosario y Escuinapa. - Su extensión es 8,944.6 km². Los cultivos principales son: - maíz, frijol, sorgo y ajonjolí. (Fig. 9).

Zona Alta

Localizada arriba de los 500 msnm, en esta zona se en--- encuentran las áreas factibles de explotación forestal. Además, es donde se inician los principales afluentes con los recur-- sos hidráulicos suficientes para producir un gran desarrollo agrícola de riego. Los ríos de mayor importancia son: El --- Fuerte, Sinaloa, Mocorito, Culiacán, San Lorenzo, Elota, Piax_ tla, Quelite, Presidio y Baluarte. Del conjunto de estos ríos se tiene un escurrimiento medio anual de 15,108 millones de - m³, siendo todos de régimen torrencial. (Fig. 10). (3).

2. Proceso Metodológico Utilizado.

a) Materiales empleados.

Los materiales empleados para este trabajo fueron básii-- camente proporcionados por los satélites LANDSAT, en forma - de cintas magnéticas e imágenes fotográficas, las cuales se - emplearon durante el desarrollo de este estudio. En total --

DISTRITOS DE TEMPORAL

I

- 1 Ahome
- 2 El Fuerte
- 3 Choix
- 4 Guasave
- 5 Sinaloa

II

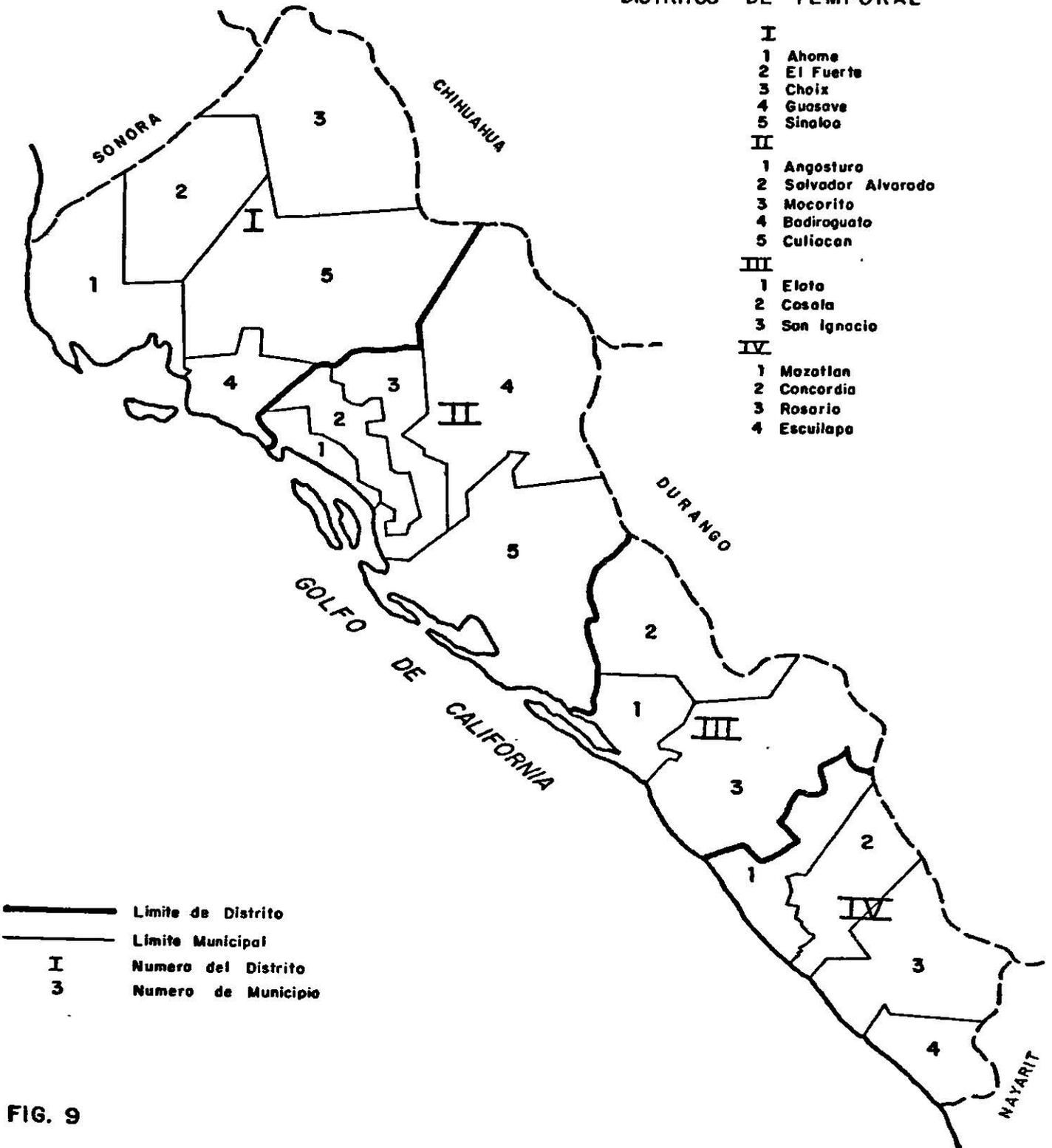
- 1 Angostura
- 2 Salvador Alvarado
- 3 Mocorito
- 4 Badiraguato
- 5 Culiacan

III

- 1 Eloto
- 2 Cosala
- 3 Son Ignacio

IV

- 1 Mozatlan
- 2 Concordia
- 3 Rosario
- 4 Escuilapa



— Limite de Distrito
- - - Limite Municipal
I Numero del Distrito
3 Numero de Municipio

FIG. 9

RIOS DE MAYOR IMPORTANCIA EN EL ESTADO DE SINALOA



FIG. 10

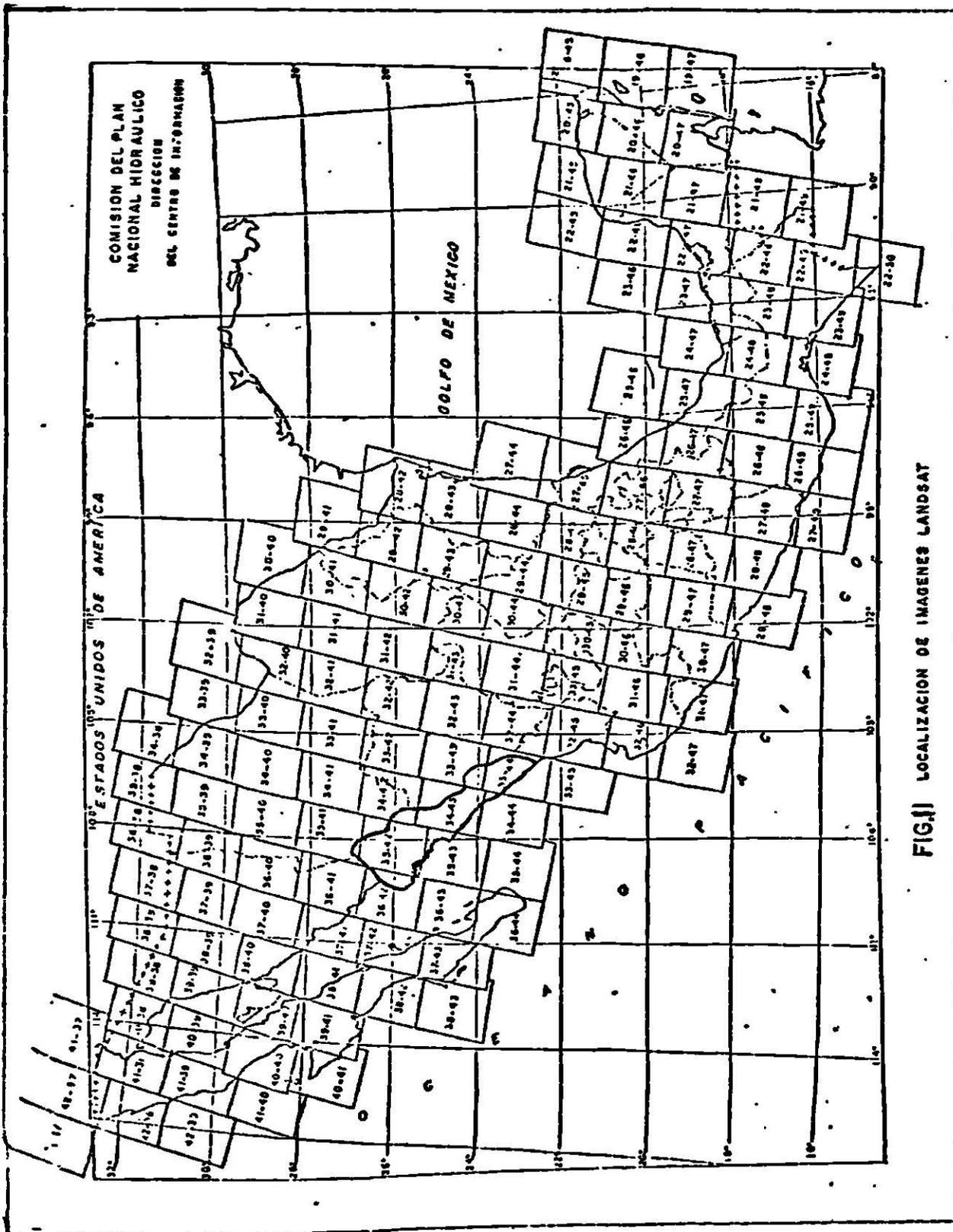
se analizaron nueve imágenes para el año de 1979, considerando fechas diferentes para cada una de las tomas, las cuáles fueron: 12 de febrero, 5 de diciembre, 10 de diciembre, 25 de junio, 11 de febrero, 28 de febrero, 8 de marzo, 5 de junio y 24 de marzo respectivamente. Las fechas anteriores obedecen a la información LANDSAT disponible en la CPNH. (Fig. 11 y 12).

Para cada una de las imágenes se dispuso del siguiente material:

- Negativos en película fotográfica en blanco y negro en escala 1:1'000 000 para las cuatro bandas LANDSAT.
- Impresiones fotográficas de contacto en papel blanco y negro a escala 1:1'000 000 para las cuatro bandas.
- Compuestos de infrarrojo falso color en película positiva translúcida y en papel a escala 1'000 000.
- Ampliaciones fotográficas en papel de los compuestos de infrarrojo falso color en escalas convenientes.

Estas imágenes fueron procesadas para la clasificación y evaluación del uso actual del suelo, de acuerdo al objetivo planteado, en un computador PDP 11/70, el cual consta de:

- Procesador 11/70 con módulo de puntos flotantes.
128 K palabras de memoria MOS MK11.
- Cuatro unidades de disco RP06 con capacidad de 170 megabytes cada uno, y un controlador RH70.



DISTRIBUCION DE LAS IMAGENES LANDSAT- EN EL EDO. DE SINALOA

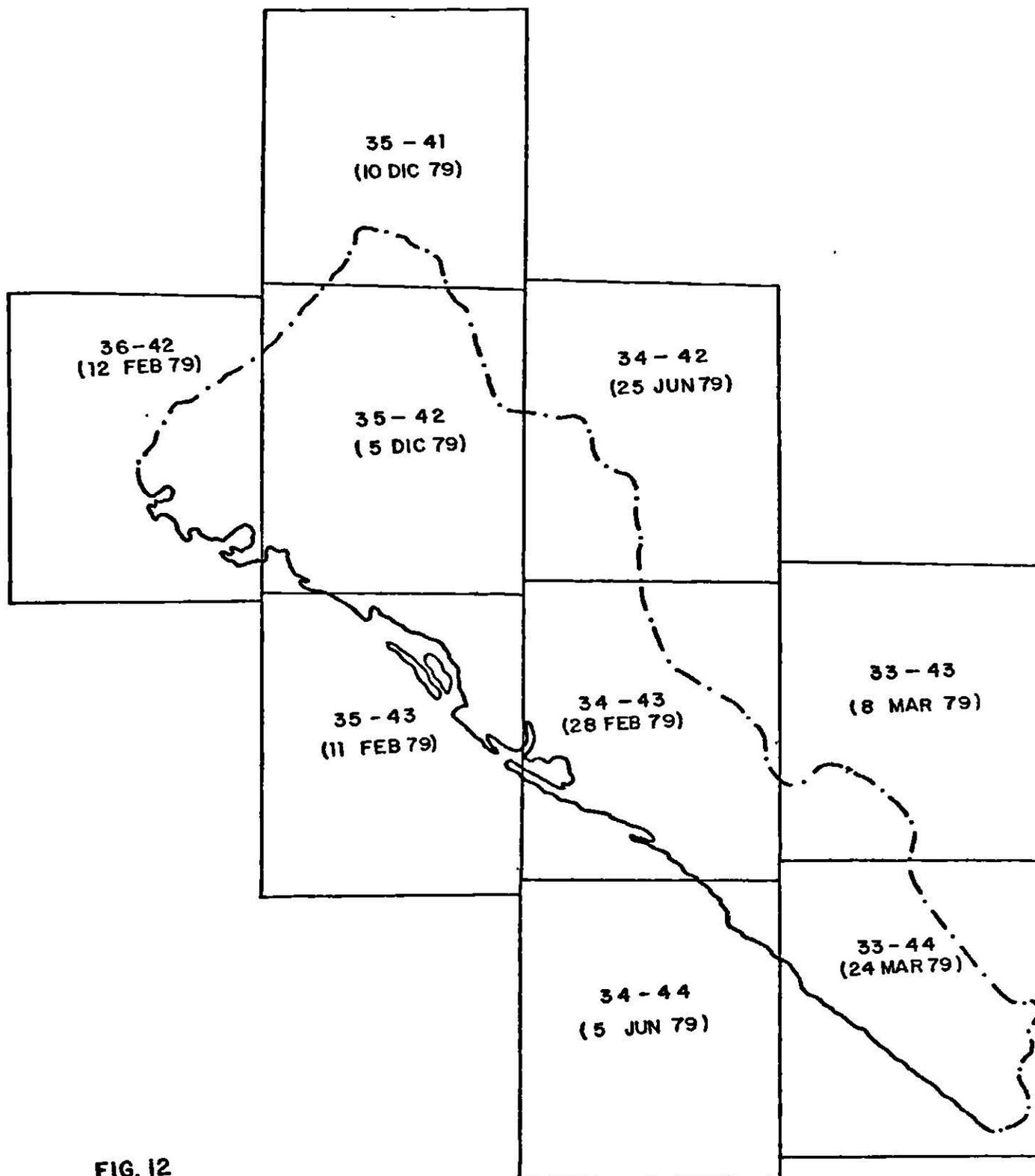


FIG. 12

- Dos unidades de cinta TB16 de 9 canales, para densidades de 800 y 1,600 BPI y un controlador PH70.
- Lectora de tarjetas CPS, con velocidad de 300 TPM.
- Una impresora LP0 5 de 300 LPM.
- Dos terminales de video VT100.
- Un controlador Multiplexor asíncrono serial DZ11 para terminales de video.
- Un controlador de acceso directo a memoria en paralelo DP-11-B.

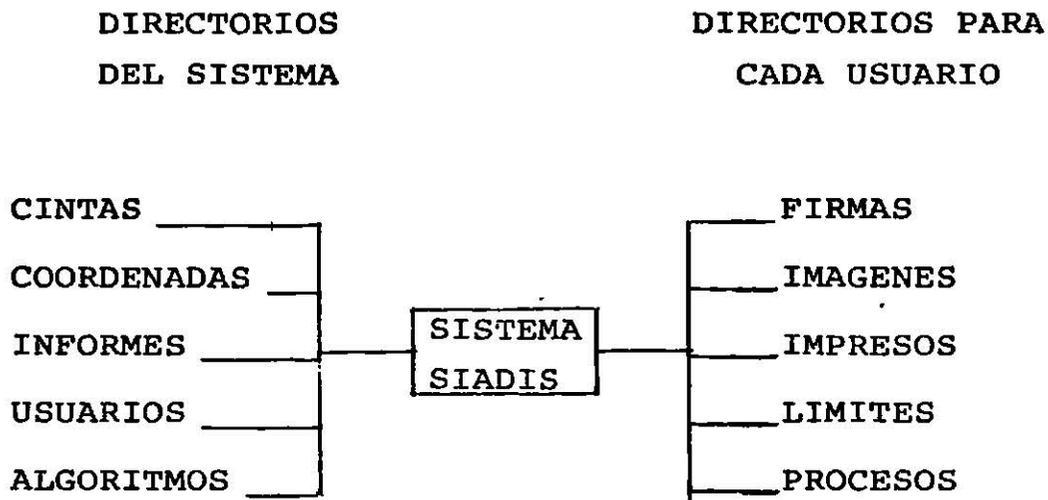
Como información complementaria de apoyo se consultaron los siguientes estudios.

- Carta uso del suelo escala 1:500 000 CPNH
- Carta uso del suelo escala 1:1'000 000 DGGTN
- Carta de carreteras escala 1:800 000 SAHOP
- Cartografía sinóptica escala 1:500 000 SARH
- Estudio sobre el Edo. de Sinaloa IEPES-GOBIERNO -
DEL PDTE. JOSE -
LOPEZ P.
- Estudio de uso potencial del suelo en
en Edo. de Sinaloa SUBSECRETARIA DE
PLANEACION. CPNH-
SARH.

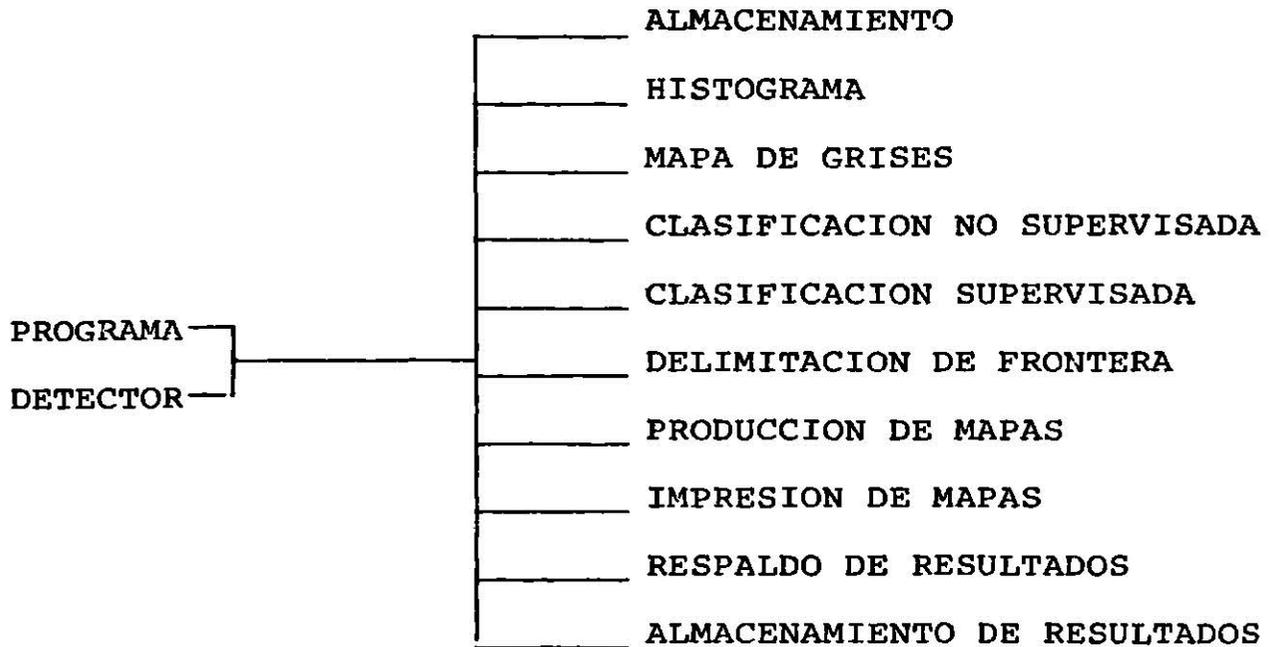
Este proceso se realiza con la ayuda de un computador PDP --- 11/70, utilizando el lenguaje "FORTRAN IV PLUS". (6).

En particular, el sistema SIADIS se emplea principalmente en estudios de uso actual del suelo, pero también, puede adaptarse a cualquier otro estudio de recursos naturales, ya que su constitución es suficientemente flexible para su programación.

El funcionamiento del SIADIS opera sobre un conjunto de directorios divididos en dos clases:



El cuerpo principal del SIADIS lo constituye un programa detector junto con las tareas que se controlan desde él. (5).



Consultar el Apéndice donde se describe el funcionamiento del sistema SIADIS (diagrama de flujo). (Fig. 17).

Sistema OPTRONICS.

Sistema utilizado para procesar la información contenida en una cinta magnética, considerando por ejemplo, los resultados obtenidos de una clasificación automática, para posteriormente transcribirlos sobre una película fotográfica mediante la integración de colores y así conocer la distribución espacial de las unidades de uso de suelo identificadas. La integración de los colores obtenidos se logran mediante la conjugación de tres filtros (ázul, verde y rojo), de acuerdo a esta conjugación se obtienen los diferentes colores que se le asignan a cada uno de los usos del suelo encontrados en la clasificación automática. El proceso de filtrado queda de la siguiente manera:

BANDA 4	CON FILTRO AZUL
BANDA 5	CON FILTRO VERDE
BANDA 7	CON FILTRO ROJO

Después del proceso de filtrado sobre la película fotográfica, se pasa dicha película al laboratorio fotográfico para ser revelada y otorgarle el caracter de presentación a diferentes escalas. (15).

C) Desarrollo de la metodología.

La metodología que se empleó para el desarrollo de este trabajo, es la que se usa en el Departamento de Percepción -- Remota de la CPNH, la cual ha tenido resultados óptimos para la evaluación del uso actual del suelo en diferentes regiones del país. Dicha metodología consta de las siguientes actividades:

Revisión de la Información. Mediante esta actividad, se verificó, que tanto las cintas, como las fotografías de cada imagen, se encontrarán en buenas condiciones, considerando -- además; que se contará con el apoyo previo para la interpretación automática de las tomas LANDSAT.

Apoyo a la Interpretación. Aquí se analizaron las imágenes fotográficas utilizadas, empleando como conocimiento previo de campo la información proporcionada por los mapas de cartografía sinóptica; así como el apoyo de otros mapas de uso del suelo. Este análisis sirvió para la definición de las llamadas subimágenes o áreas patrón, las cuales constituyen la base para el inicio de la interpretación automática de cada imagen. Las subimágenes consideradas se determinaron tomando en cuenta dos criterios: representatividad y verificabilidad.

Definición de Parámetros. En esta etapa se determinaron los datos que se emplearían en la interpretación automática. Las operaciones ejecutadas en la computadora fueron:

- Realización de clasificaciones no supervisadas.
- Comparación de los resultados de las clasificaciones no supervisadas con la subimagen respectiva.
- Definición de los centros C_i y los radios R_i .
- Realización de clasificaciones supervisadas.

Proceso de las Zonas Patrón. Mediante esta actividad se clasificaron las diferentes áreas patrón seleccionadas para cada imagen, empleando los datos obtenidos en la definición de parámetros.

Revisión. Aquí se revisaron los resultados obtenidos del computador para cada área patrón, con el objeto de calificar - la exactitud y eficiencia de los parámetros escogidos para --- ajustarse a la realidad.

Delimitación de Fronteras. En este proceso se utiliza - un programa ya establecido en el sistema SIADIS, el cual se -- basa en puntos de coordenadas geográficas, para delimitar áreas de estudios, comprendidas dentro de cada una de las imágenes - clasificadas. Por ejemplo, para el caso del estado de Sinaloa, - cada imagen clasificada se sometió al proceso de delimitación de frontera correspondiente en base a un archivo de coordenadas geográficas disponibles con el límite del Estado.

Integración de Parámetros. En esta actividad, se hizo una conjunción de todos los valores espectrales encontrados, en las áreas patrón seleccionadas, para extrapolar estos a toda la -- imagen considerada. Mediante la aplicación de un criterio de semejanza, se unieron grupos de firmas "parecidas" manejando - así sólo valores independientes.

Proceso de la Imagen. Mediante esta etapa de proceso, se corrió una clasificación supervisada de toda una imagen, obteniéndose así una clasificación completa, la cual fué analizada mediante una verificación detallada.

Elaboración de Rutas. Durante esta tarea, se plantearon los recorridos de campo que se llevaron a cabo para cada imagen. El objetivo de estos recorridos consiste en obtener información necesaria sobre las condiciones fisiográficas pre--valecientes para cada una de las llamadas subimágenes de análisis o zonas patrón (zonas representativas seleccionadas -- dentro de una imagen), las cuáles servirán de base para compa--rar los resultados de la clasificación automática obtenida. (Fig. 13).

Obtención de Muestras. Según el desarrollo de la metodología establecida, esta etapa consiste en la obtención de puntos sobre el terreno ubicables dentro de la imagen, con el objeto de verificar la calidad de la interpretación automática realizada, con los datos obtenidos directamente en el campo.

Vaciado de Datos. Esta tarea consiste en poner la información de la etapa anterior en planos, debidamente localizados, con el objeto de realizar la siguiente etapa de análisis.

Análisis de la Información. Aquí se comparan los resultados obtenidos en el campo con el resultado del computador -- para determinar el margen de precisión logrado en la interpretación automática realizada. Este margen de precisión es de aproximadamente de un 85% de acierto, ya que, los resultados obtenidos en el campo con los resultados del computador, fueron de fechas diferentes.

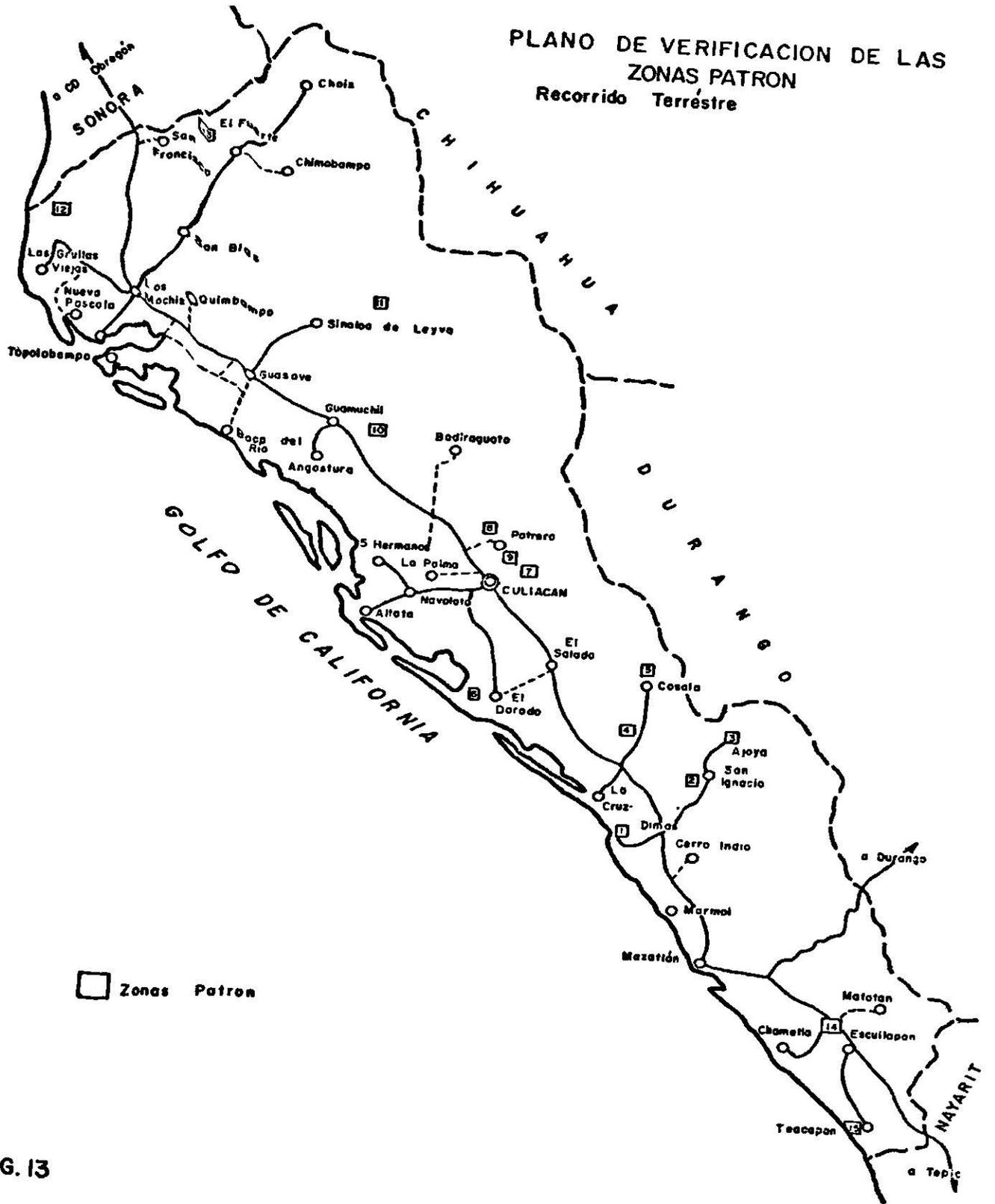


FIG. 13

Almacenamiento de Resultados. Mediante esta actividad, se almacenaron en cintas magnéticas las clasificaciones consideradas como definitivas.

Presentación de resultados. Los resultados obtenidos se presentan en un mapa formado a base de listados con caracteres alfanuméricos, en escala 1:500,000; así como también, se formó un mapa mediante impresiones fotográficas en películas polaroid, procesadas éstas en el sistema OPTRONICS. (Figs. - 14, 15 y 16).

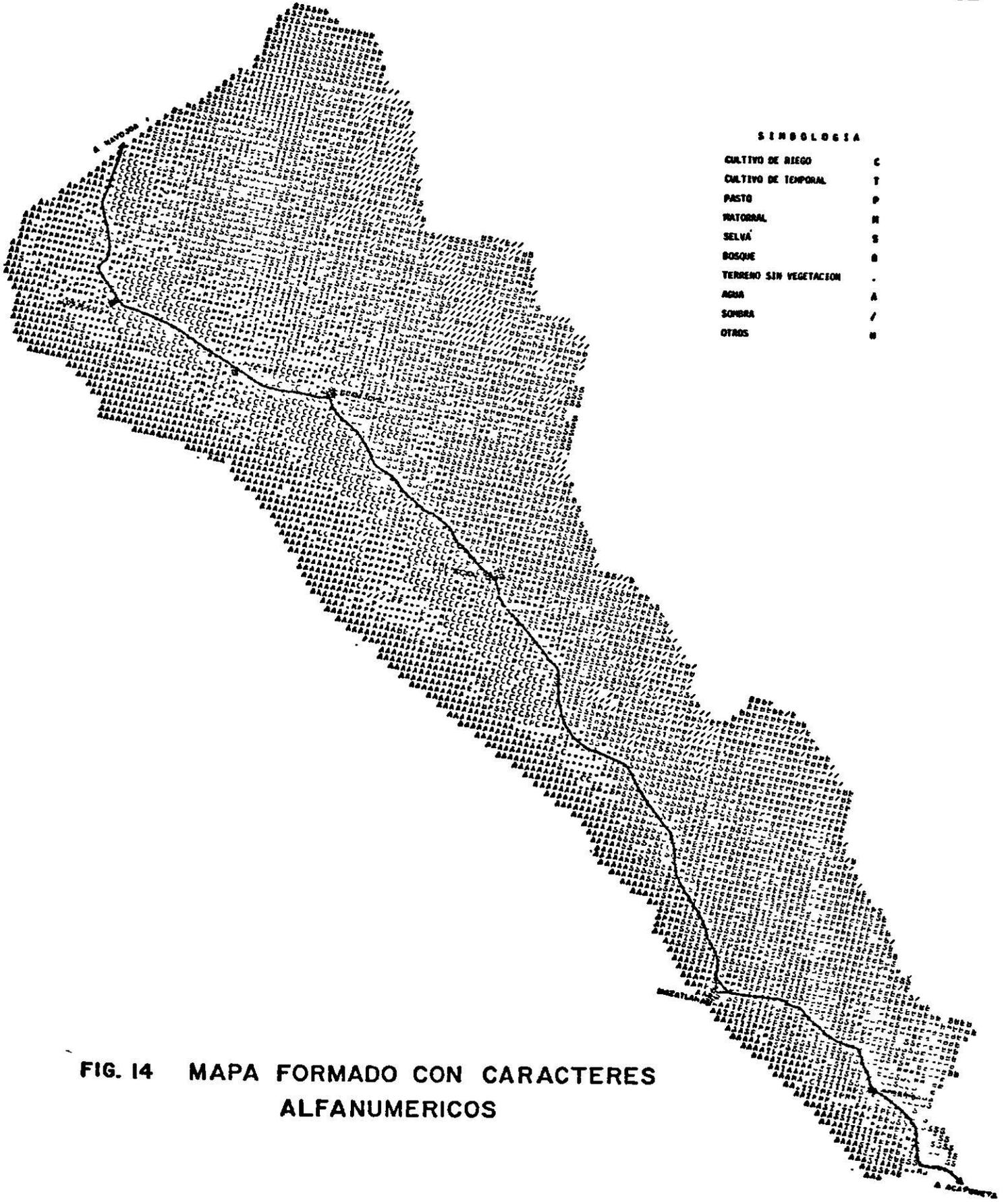


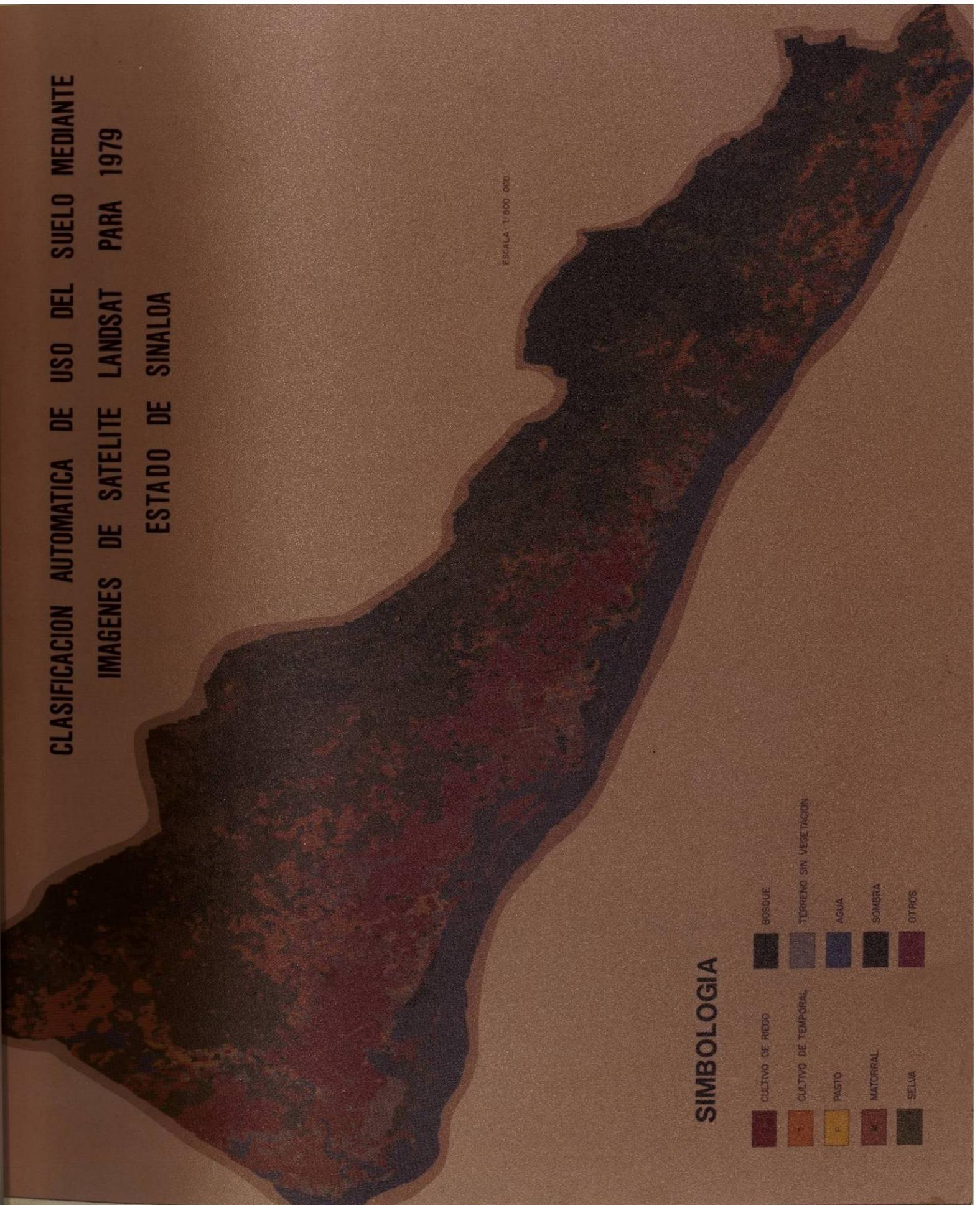
FIG. 14 MAPA FORMADO CON CARACTERES ALFANUMERICOS

CLASIFICACION AUTOMATICA DE USO DEL SUELO MEDIANTE
 IMAGENES DE SATELITE LANDSAT PARA 1979
 ESTADO DE SINALOEA

ESCALA 1:1.800.000

SIMBOLOGIA

	CULTIVO DE RIEBO		BOSQUE
	CULTIVO DE TEMPORAL		TERRENO SIN VEGETACION
	PASTO		AGUA
	MATORRAL		SOMERA
	SELVA		OTROS



RESULTADOS ESTADISTICOS TOTALES EN LA CLASIFICACION DEL USO ACTUAL DEL SUELO PARA EL ESTADO DE SINALOA

SUPERFICIE DE CUERPOS DE AGUA, FRANJA DE LA PLACA CONTINENTAL, LAGUNAS, COSTERAS, PRESAS Y RIOS. 675 667 00

SUPERFICIE DE CLASES DIVERSAS DE USO DE SUELO SIN CONSIDERAR AGUA. 5 714 267 40



USO	Hq	%
CULTIVO DE RIEGO	666 482 42	10 43
PASTO	170 053 77	2 66
CULTIVO DE TEMPORAL	459 324 59	7 20
MATORRAL	788 169 30	12 35
SELVA	1 900 303 90	29 74
BOSQUE	1 331 789 70	20 84
TERRENO SIN VEGETACION	395 927 33	6 20
AGUA	675 667 00	10 57
OTROS	2 216 88	0 03
TOTAL	6 389 934 40	100 00

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados más relevantes logrados al concluir este trabajo de identificación y evaluación de los diferentes usos del suelo encontrados dentro del estado de Sinaloa, fueron los siguientes: cultivos, pastos, matorrales, selvas, bosques, -- cuerpos de agua y áreas desprovistas de vegetación.

En base a este orden de importancia, cada clase agrupa -- las siguientes características:

Cultivos. En esta clase se cuantificaron las áreas agrícolas de riego y de temporal. Es necesario considerar que la superficie total lograda para - esta clase, no es completamente indicativa del área total sujeta al hábito agrícola en el --- Estado. Lo anterior es debido a que varias -- de las imágenes LANDSAT no corresponden a las - fechas de máximo desarrollo agrícola. Por lo tanto sólo se identificaron los cultivos que se encontraban en pleno período de desarrollo para las fechas disponibles LANDSAT; además, ciertas zonas dentro de los distritos de riego que re-- gistraban solamente alta humedad, debido al tono del suelo, se incluyeron también dentro de esta

clase.

- Pastos.** Para este rubro se identificaron las áreas -- de pastizales tanto naturales como inducidos.- Además, las clases determinadas como pasto-cultivo y pasto matorral se incluyeron dentro de los pastos.
- Matorrales.** Dentro de esta clase se encuentran considera-- dos el matorral subinerme y espinoso, el cha-- parral, etc.
- Selvas.** Esta clase comprende la existencia de selvas - (baja y media), consideradas como caducifólias y subperennifolias de acuerdo a la duración de sus hojas.
- Bosques.** Este tipo de clases se encontró en las partes más elevadas de la sierra Madre Occidental. -- Las especies predominantes son pino y encino, registrándose asociaciones de estas especies.
- Cuerpos de agua.** Se determinaron perfectamente todos los cuer-- pos de agua existentes, como son las presas -- para el desarrollo agrícola, cuya construcción se inició en 1940 con la presa Sanalona sobre_

el río Tamasula. Además, se identificaron con detalle los cauces de los ríos: Fuerte, Sinaloa, Mocorito, Culiacán, San Lorenzo, Piaxtla, Quelite, Presidio y Baluarte. En la presa --- Adolfo López Mateos, se detectó la presencia - de lirio acuático, también dentro de esta clase de cuerpos de agua, se consideran las zonas inundables próximas al mar; así como, las lagunas litorales y una franja costera de aproximadamente 8 km de ancho que recorre todo el litoral del Estado, dentro de la plataforma continental.

Terrenos sin vegetación.

Esta clase se incluyó para agrupar todas las áreas donde no existen vegetación, como es el caso de terrenos agrícolas desnudos, áreas desmontadas, superficies erosionadas, Zonas urbanas y porciones costeras donde se registran -- altos contenidos de sales.

En las Tablas siguientes, se muestran los resultados --- estadísticos logrados en este estudio para la determinación - del uso actual del suelo. También aquí se incluye una clase o uso más, correspondiente a otros usos donde se están considerando: malezas acuáticas (lirio).

TABLA A. Resultados de la clasificación automática para las -
imágenes 36-42 y 35-42.

USO	36-42 Superficie (ha)	35-42 Superficie (ha)
CULTIVO DE RIEGO	59,814.25	334,931.38
CULTIVO DE TEMPORAL	—	259,092.46
PASTO	—	77,817.26
MATORRAL	150,252.06	224,246.09
SELVA	70,667.59	797,529.86
BOSQUE	3,191.28	463,231.21
TERRENO SIN VEGETACION	91,703.01	134,311.59
AGUA	118,186.21	139,262.90
OTROS		

TABLA B. Resultados de la clasificación automática para las -
imágenes 34-42 y 35-43.

USO	34-43 Superficie (ha)	35-43 Superficie (ha)
CULTIVO DE RIEGO	—	28,876.83
CULTIVO DE TEMPORAL	—	—
PASTO	1,171.96	—
MATORRAL	—	74,769.92
SELVA	15,532.29	16,665.03
BOSQUE	4,069.84	18,291.54
TERRENO SIN VEGETACION	—	37,572.10
AGUA	—	145,993.76
OTROS	9.43	—

TABLA C. Resultados de la clasificación automática para las --
imágenes 34-43 y 33-43 .

USO	34-43 Superficie (ha)	33-43 Superficie (ha)
CULTIVO DE RIEGO	229,562.31	—
CULTIVO DE TEMPORAL	74,582.45	8,535.43
PASTO	36,817.01	—
MATORRAL	155,759.34	—
SELVA	397,770.57	59,936.41
BOSQUE	335,564.01	188,789.15
TERRENO SIN VEGETACION	100,603.94	2,359.18
AGUA	184,844.77	—
OTROS	2,207.45	—

TABLA D. Resultados de la clasificación automática para las -
imágenes 33-44, 35-41 y 34-44.

USO	33-44 Superficie (ha)	35-41 y 34-44 Superficie (ha)
CULTIVO DE RIEGO	13,297.65	—
CULTIVO DE TEMPORAL	89,054.98	28,059.27
PASTO	54,247.54	—
MATORRAL	173,165.17	9,976.45
SELVA	478,602.36	63,599.87
BOSQUE	248,609.24	70,043.60
TERRENO SIN VEGETACION	29,377.51	—
AGUA	68,880.90	18,498.51
OTROS	—	—

TABLA E. Resultados de la clasificación del uso actual del --
suelo para el Edo. de Sinaloa.

USO	SUPERFICIE (ha)	%
CULTIVO DE RIEGO	666,482.42	10.43
CULTIVO DE TEMPORAL	459,324.59	7.20
PASTO	170,053.77	2.66
MATORRAL	788,169.30	12.33
SELVA	1'900,303.90	29.74
BOSQUE	1'331,789.70	20.84
TERRENO SIN VEGETACION	395,927.33	6.20
AGUA	675,667.00	10.57
OTROS	2,216.88	0.03
TOTAL	6'389,934.40	100.00

Nota: Esta tabla se obtuvo a partir de la suma de cada uno
de los usos encontrados en las imágenes de estudio.

Los resultados obtenidos en la clasificación automática, para la evaluación del uso actual del suelo en el estado de Sinaloa, fueron bastantes satisfactorios, ya que, además de proporcionar un conocimiento real sobre las condiciones de uso del suelo existentes para una fecha relativamente reciente (1979), indican las alteraciones que registran ciertas porciones del Estado, como: desmontes, posibles efectos erosivos, efectos de salinidad y sodicidad e inundaciones semipermanentes y permanentes.

Al analizar con detalle los resultados mostrados en la tabla E. se puede apreciar lo siguiente:

La cobertura vegetal con mayor predominancia dentro del Estado es la selva (baja y media), cuya influencia se localiza desde la parte media del Estado., hasta el piamonte de la Sierra Madre Occidental. Su predominancia sobre la planicie costera es prácticamente nula (exceptuando la porción sur del Estado), debido a la práctica de agricultura de riego intensiva. Con este tipo de uso se encuentra cubierto el 29.74% de la superficie total del Estado.

En segundo orden de importancia se tienen las zonas de bosque cuya superficie cubre el 20.84% de la superficie total del Estado, considerando que este tipo de recurso, carece de

un programa de aprovechamiento integral para satisfacer así -- las demandas maderables registradas en este Estado. Llevando a cabo una suma de selvas y bosques bajo la nominación de áreas arboladas obtenemos una superficie de 3'232,093.60 ha. Si el -- dato anterior, lo comparamos con los datos de otras fuentes de evaluación, por ejem.: cartografía sinóptica, la cual bajo este rubro determinó la cantidad de 3'129,994 ha., esta diferencia se debe básicamente a las diferentes fechas de evaluación y los diferentes procesos metodológicos utilizados.

En tercer lugar, con respecto a la superficie ocupada, las zonas de agricultura de riego y temporal cubren el 17.63% del área total del estado. Desde el punto de vista económico este tipo de uso es el más importante; ya que, esta constituido como la principal fuente de divisas para la región. Si bien la -- agricultura de temporal tiene ciertas restricciones para su -- desarrollo, las áreas de riego tienden a incrementarse paulatinamente , puesto que se continúa con la construcción de la -- infraestructura hidráulica necesaria para lograr este objetivo. Es necesario volver a considerar aquí, que no fue posible clasificar el área total agrícola existente a la fecha, ya que, -- algunas de las tomas LANDSAT empleadas no corresponden a las -- épocas de máxima cobertura agrícola. No obstante lo anterior, las áreas con alto contenido de humedad localizadas dentro de los distritos de riego se clasificaron como cultivos. El área total agrícola clasificada arrojó una superficie de 1'125,807 ha.

El cuarto lugar corresponde a los matorrales, los cuales cubren una superficie de 788,169.30 ha. (12.33%). Este tipo de uso se encuentra distribuido en todo el Estado, registrando una mayor predominancia hacia la porción noreste del estado.

A los cuerpos de agua clasificados les corresponde el quinto lugar con una superficie de 675,667 ha. (10.57%). Como se mencionó anteriormente dentro de esta clase se esta considerando para fines de presentación de resultados, una franja de aproximadamente 8 km., de ancho, la cual cubre todo el litoral del Estado. Debido a la inclusión de esta franja, se tiene una superficie total de cuerpos de agua considerable. Lo anterior se detecta al comparar la superficie evaluada por otras fuentes (cartografía sinóptica) y los resultados de la clasificación automática.

Clasificación automática	Otras fuentes
675,667 ha.	283 554 ha.

De los datos anteriores se determinó que la superficie de la franja costera es de aproximadamente 390,000 ha.

Los terrenos sin vegetación ocupan el sexto lugar con 395,927.33 ha. (6.20%). Dentro de esta clase, quedaron agrupados además de los usos de suelo mencionados en el capítulo de

resultados, las zonas donde existían nubes.

Los pastizales registrados se catalogan en el séptimo -- lugar cubriendo una superficie de 170,053.77 ha. (2.66%). Con este dato se reafirma que el desarrollo pecuario se encuentra restringido.

V. CONCLUSION S Y SUGERENCIAS

Los diferentes usos del suelo encontrados dentro del -- estado de Sinaloa, mediante la clasificación automática rea- lizada, fueron comparados con los resultados de uso actual ~ del suelo obtenidos por varias fuentes de información, como- cartografía sinóptica entre otras. Los resultados logrados - de la comparación efectuada ponen de manifiesto, como en los últimos años, las condiciones ecológicas de la región han su- frido cambios debido a la influencia directa de factores --- tanto naturales (climáticos), como artificiales (manejo por el hombre). La situación anterior es grave, por lo que es - conveniente la búsqueda continua de tecnologías avanzadas y el uso de nuevos implementos de trabajo que permitan establecer- un control adecuado de las condiciones de uso actual del --- suelo existentes.

Como resultado sobresaliente se aprecia en la tabla E.- que la mayor superficie ocupada dentro del Estado, la deter- minan las áreas arboladas (selvas y bosques), las cuales se mantienen en primer lugar, pero no se sabe hasta que fecha se mantendrán así, ya que los factores naturales y artificiales presentes están influyendo directamente sobre estas superfi- cies a un grado tal que, el deterioro ecológico en algunas regiones se encuentra sumamente marcado, como se observan en las áreas agrícolas de temporal ubicadas en la parte central

del Estado.

Por otro lado, las áreas agrícolas cuantificadas durante la evaluación de este estudio presentan un notable incremento, pues estas han crecido constantemente en la medida en que se han incrementado las obras hidráulicas construidas en los últimos años. Anteriormente las áreas cubiertas con especies arboladas localizadas hacia la planicie costera de este Estado predominaban en un 100%, pero debido a la potencialidad -hidráulica de la región, poco a poco han aumentado las áreas cultivables existentes hasta lograr el gran desarrollo agrícola actual. Lo anterior ocurrió debido a que, desde el punto de vista beneficio costo, la explotación agrícola es más redituable que la correspondiente a la explotación de áreas arboladas.

Por lo que respecta a las áreas cuantificadas como matorrales y terrenos sin vegetación, al igual que las áreas cultivadas han ido incrementándose paulatinamente debido a la -- alteración de la vegetación original, ya que, en algunas zonas se han propiciado desmontes indiscriminados ocasionando la existencia de zonas descubiertas de vegetación, registrando con esto, problemas de erosión y problemas de sales, los cuales tienden agravarse constantemente.

Por último, las superficies de pastizales y cuerpos de agua se encuentran entre las menores superficies, aunque -- es conveniente considerar que los cuerpos de agua existentes tienden a incrementarse debido al desarrollo agrícola del Estado. Los pastizales por lo contrario presentan un desarrollo reducido debido a que el estado de Sinaloa es prácticamente agrícola.

Dentro del contexto correspondiente al manejo de nuevas tecnologías, es conveniente considerar que la cuantificación o monitoreo periódicos de áreas de interés, mediante el uso de información procedente de sensores remotos como son las - imágenes LANDSAT, la información recopilada mediante barredores electromagnéticos, o bien las fotografías aéreas tomadas a diferentes alturas, Es cada vez más necesaria, para lograr un conocimiento más detallado de los recursos naturales disponibles.

Por lo tanto para lograr una mejor identificación de las unidades de uso de suelo en el estado de Sinaloa, mediante el uso de imágenes de satélite, es necesario cuando menos dos épocas de análisis, o sea, conviene llevar a cabo una evaluación de uso de suelo para la época de secas (otoño e invierno) y otro para la época de lluvias (primavera-verano). Mediante la conjugación de estas dos épocas se llegaría a tener una información más detallada sobre las superficies físi

cas reales de uso del suelo, por ejemplo, en las áreas ---- agrícolas no tendríamos que agrupar los cultivos que se en encuentran en desarrollo durante la toma LANDSAT, con las áreas agrícolas trabajadas; ni tampoco agrupar áreas agrícolas que en ese momento no presentan ningún cultivo en pie con terreno sin vegetación; ya que la mayoría de los cultivos que se encuentran en los distritos de riego son anuales con duración de 4 a 5 meses sobre el terreno, y según la época de siembra de clasificación como cultivos de otoño e invierno o cultivos de primavera verano.

En contraste con el párrafo anterior, el análisis que se llevó a cabo para este Estado prácticamente está determinado para una sola época, y que la mayor parte de la superficie estudiada está integrada por imágenes de enero, febrero y --- marzo, correspondiendo a la época de secas (invierno), registrando así los cultivos de otoño e invierno, quedando excluídos los cultivos de primavera-verano que probablemente sean sembrados en las áreas registradas como terrenos agrícolas -- trabajados, los cuales al final de la clasificación fueron -- agrupados con los cultivos en pie logrando con esto un mejor conocimiento de las superficies cultivables.

Otro de los procesos fundamentales para lograr una buena identificación de las unidades de uso del suelo, son los recorridos de campo que deben llevarse a cabo por toda el área

de estudio, estos recorridos como ya se menciona en la -----
metodología, se hacen con la finalidad de verificar con de--
talle las características fisiográficas prevalecientes en --
las zonas patrones que son escogidas durante el proceso de -
identificación. Los recorridos de campo deben realizarse --
tanto aéreos como terrestres obteniéndose fotografías de és-
tos para su mejor información.

En el apéndice de este trabajo se muestra el recorrido -
terrestre realizado en agosto de 1981, para el estado de Si-
naloa, donde se verificaron 15 zonas patron representativas
de las unidades de uso de suelo encontradas dentro de las --
imágenes LANDSAT, con una superficie aproximada de 40,000 ha
para cada zona.

VI. BIBLIOGRAFIA

- 1.- BEDGLEY, P.C. 1966. Orbital Remote Sensing and Natural -- Resources. Photogrammetric Enggeering. USA. 32(5), p. 780-790.
- 2.- CACHEAUX, L. 1981. El Satélite LANDSAT. Información Cién-- tífica y Tecnológica. Vol. 3. Núm. 48. México, -- D.F. p. 12-13.
- 3.- COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO. 1979. Plan Agrop-- euario y Forestal del Estado de Sinaloa. Direc-- ción General de Planeación Regional. Agrogeología, S.A. Ingenieros Consultores. Cap. 6. p. 5-21.
- 4.- COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO. 1982. Sistema SIA-- DIS. Manual de Administración y Supervisión del - Sistema. Departamento de Percepción Remota. Méxi-- co, D.F.
- 5.- COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO. 1982. Sistema SIA-- DIS. Manual del Programador. Versión 4.1. Departa-- mento de Percepción Remota. México, D.F.

- 6.- COMISION DEL PLAN NACIONAL HIDRAULICO. 1982. Sistema SIA-DIS. Manual del Usuario. Versión 4.1. Departamento de Percepción Remota. México, D.F.
- 7.- DOYLE, Frederick J. 1978. The Next Decade of Satellite -- Remote Sensing. Photogrammetric Engineering and -- Remote Sensing. Vol. 44. Núm. 2. U.S. Geological Survey. p. 155-164.
- 8.- FREDMAN, J.S. 1969. History of Color Photography. Focal - Library Classics. Focal Press. London. p. 565.
- 9.- HALLIDAY, James. 1969. Applications of Color Aerial Photographs in Topographic Mapping. American Society - Photogrammetry Procnew Horizons in Color Aerial - Photography. p. 131-144.
- 10.- HART, W.G. and V.I. Myers. 1968. Infrared Aerial Color - Photography for Detection of Population of Brawn Soft Scale on Citrus Graves. J. Econ. Entomol. -- 61 (3). p. 617-624.
- 11.- LANDEN, Darid. 1952. History of Photogrammetry in the -- United State. Photogram Emg. Vol. 18. p. 854-898.

- 12.- LARIOS, Hildelisa y Rocio del Carmen Coria. 1980. Determinación de Comunidades Vegetales Mediante el Uso - de Percepción Remota en la Región Noreste del Estado de Veracruz. Tesis Profesional. México, D.F. p. 96.
- 13.- MYERS, V.I. 1970. Soil Water and Plant Relations. Chapter 6. Remote Sensing. National Academy of Sciences. p. 253-297.
- 14.- NORMAN, G.G. and N.L. Fritz. 1965. Infrared Photography - as an Indicator of Disease and Decline in Citrus. Proc. Fla. State Hort. Soc. P. 59-63.
- 15.- OPTRONICS INTERNATIONAL, INC. 1979. PMC. Photonation Con- troler. PMC. Doc. A3.
- 16.- PEGSA. 1978. Memorias del Estudio de Uso Potencial del -- Suelo para el Estado de Sinaloa. Perforaciones y Estudios Geológicos S.A. México. p.86.
- 17.- RADCHIK, Gary. 1977. LANDSAT. Una Percepción Poco Común. Ciencia y Desarrollo. Vol. 3. Núm. 15. México, D.F. p. 40-50.

- 18.- RYLAND, Dennis W. et. al. 1973. Investigation of Remote Sensing. Techniques to Delineate High Water Table Areas. Brookings. South Dakota. Remote Sensing -- Institute. P. 68.
- 19.- SHAY, J.R. et. al. 1970. Remote Sensing. With Special -- Reference to Agriculture and Forestry. National - Academy of Sciences. p. 424.
- 20.- SOTO, M. et. al. 1976. Uso de Satélites para Estudios de Vegetación Tropical. Ciencia y Desarrollo. Vol. 2. Núm. 7. México, D.F. p. 3-6.
- 21.- SUITS, G.H. 1972. Calculation of the Directional Reflec- tance of a Vegetative Canopy. Remote Sensing of - Environment. Vol. 2. Núm. 2. American Elsevier. - New York. p. 117-125.
- 22.- SWAIN, Philip H. and Davis Shirley. 1978. Remote Sensing the Quantitative Approach. West Lafayette. Ind. - USA. Mc Graw-Hill International. 1978. p. 396.
- 23.- TANGUAY, M.C. 1969. Aerial Photography and Multispectral Remote Sensing for Engineering Soil Mapping. Joint Hwy Res. Proj. Purdue Univ. and Indiana State Hwy. Commission. Report 13. p. 308.

VII. GLOSARIO

ALGORITMO. Procedimiento Matemático de Clasificación.

ATS. Satélite Climatológico (ATS Weather Satellite).

BPI. Byte por Pulgada.

BYTE. Unidad Mínima Direccionable de Memoria.

CPNH. Comisión del Plan Nacional Hidráulico.

CPS. Modelo de Lectora.

DGGTN. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional.

DZ11. Modelo de Controlador.

ERTS. Satélite de Recursos Naturales (Earth Resource Technology Satellite).

ESSA. Satélite Climatológico (ESS Weather Satellite).

EXPLORER 7. Satélite de Exploración.

FORTRAN IV PLUS. Lenguaje de Computación. Traductor de Fórmulas (Formula Translator).

ITOS. Satélite Operacional Mejorado Tiros (Improved Tiros -- Operational Satellite).

LANDSAT. Satélite de Recursos Naturales (Land-Satellite).

LPM. Líneas por Minuto.

LPO 5. Modelo y Extensión de la Impresora.

MEGA BYTES. Equivale a 10^6 Bytes.

MICRODENSITOMETRO. Aparato que Sirve para Medir la Intensidad de la Luz.

μ m. Micrones, Unidad de Medida en Longitud de Ondas de las -- Radiaciones y Equivale a 10^{-6} cm.

MOS MK11. Tipo de Memoria.

MSS. Sistema Barredor Multiespectral (Multispectral Scanner - System).

NASA. Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio -- (National Aeronautics and Space Administration).

NIMBUS. Satélite Climatológico (NIMBUS Weather Satellite).

OPTRONICS. Sistema Digitalizador/grabador de Imágenes de Satélite.

PDP 11/70. Procesador Periférico de Datos (Peripheral Data - Processor).

PIXEL. Elemento Mínimo de Resolución de una Imagen (Picture - Element).

RBV. Cámaras de Video (Return Beam Vidicom).

RH70. Modelo del Controlador.

SAHOP. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

SIADIS. Sistema de Interpretación Automática de Imágenes de Satélite.

TE16. Modelo de las Unidades de Cintas.

TPM. Tarjetas por Minuto.

VIII. APENDICE. DIAGRAMA DE FLUJO Y RECORRIDO DE CAMPO

DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SIADIS
(Diagrama de Flujo)

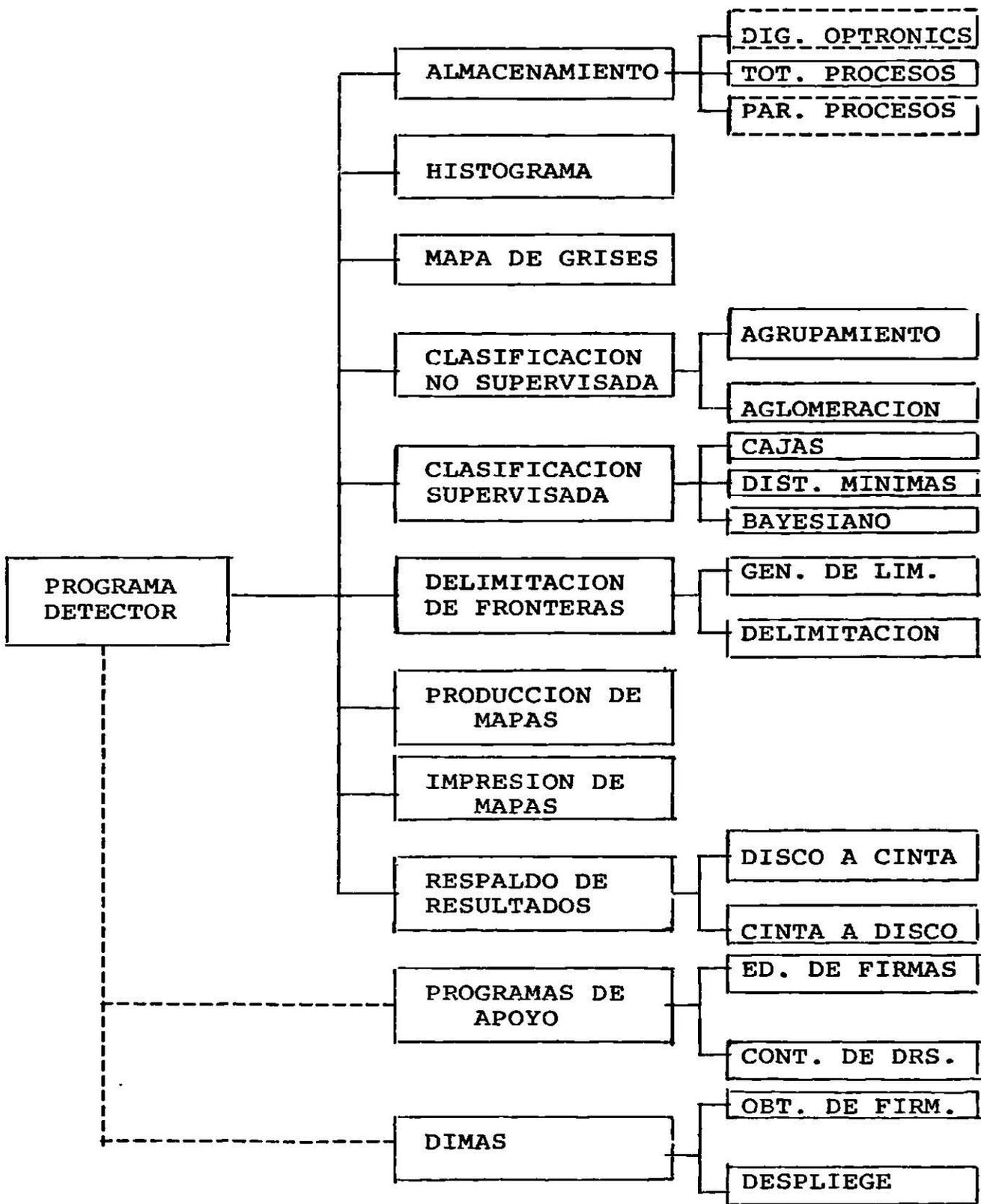


FIG. 17

RECORRIDO DE CAMPO

El recorrido de campo que se llevó a cabo para la verificación de las zonas patron seleccionadas dentro de cada una de las imágenes LANDSAT analizadas, consta de la siguiente manera:

ZONA N°1

Localidad Dimas. Las características -- fisiográficas de este lugar, es una planicie bastante extensa con selva baja - caducifolia y áreas con cultivos de temporal, intercalado con pastos naturales e inducidos.

ZONA N°2

Localidad San Ignacio. Las características fisiográficas de esta región son: - terrenos con pendientes mayores del 8% donde se encuentran cultivos de tempo--ral, también existen cerros cubiertos - de selva media caducifolia.

ZONA N°3

Localidad La Ajoja. Las características de este lugar son montañosas, donde se encuentran bosques de coníferas con pe-queñas áreas de agricultura de temporal.

- ZONA N^o4 Localidad Conitaca. En este lugar existe una pequeña porción montañosa cubierta de bosque del tipo conifera y en las partes bajas está cubierta de selva baja caducifolia, también existen áreas de cultivo de temporal.
- ZONA N^o5 Localidad Cosalá. Las características son: terrenos montañosos cubiertos de bosques en las más elevadas y en las partes bajas se encuentran selva media caducifolia, en medio de estas elevaciones se localiza un pequeño valle donde se encuentran pastizales y cultivos de temporal.
- ZONA N^o6 Localidad El Dorado. Las características fisiográficas de este lugar, es una planicie costera cubierta por arenales, muy próximo a esta zona se encuentra la superficie de cultivos de riegos.
- ZONA N^o7 Localidad El Carrizalejo. Las características existentes en este lugar son de superficies planas con cultivos de temporal y áreas cubiertas de selva baja caducifolia.

- ZONA N°8 Localidad Jesús María. Las caracterís--
ticas de este punto, es la de un valle
con selva baja caducifolia y algunas --
áreas dedicadas a la agricultura de temp
poral.
- ZONA N°9 Localidad Presa López Mateos. Las caracu
terísticas fisiográficas son: terrenos
ondulados con pequeños valles cubiertos
de selva media caducifólia y áreas des-
provistas de vegetación localizadas an-
tes de llegar a la presa.
- ZONA N°10 Localidad Mocerito. Las características
son: terrenos un poco ondulados con ---
áreas de agricultura de temporal, pas--
tizales y selva baja caducifolia.
- ZONA N°11 Localidad Ejido Agua Caliente. Las caracu
terísticas son: terreno ondulado con --
cerros a la redonda cubiertos de selva
baja a media caducifólia y pequeñas áreas
dedicadas a la agricultura de temporal.
- ZONA N°12 Localidad Higueras de Zaragoza. Las caracu
terísticas son: terrenos planos arenosos
en donde existen huertos de frutales ---

(aguacate principalmente) y superficies con cultivos anuales de riego.

ZONA N°13

Localidad cerca del poblado El Fuerte. Las características son: terrenos ondulados con pequeños cerros cubiertos de selva baja y matorrales. También se encuentran pequeñas áreas de pastizales y cultivos de temporal.

ZONA N°14

Localidad Rosario. Las características de este punto son de terrenos planos -- con cultivos de temporal y áreas de pastizales. También se localizan árboles frutales y selva media caducifolia.

ZONA N°15

Localidad Teacapan. Las características de este lugar son: terreno plano, con pastizales y cultivos de temporal.

