

LA PERCEPCION REMOTA APLICADA A LA CARTOGRAFIA EN MEXICO

1851

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO  
EN GEOGRAFIA , PRESENTA EL ALUMNO JUAN NAJERA AYALA

COLEGIO DE GEOGRAFIA

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1976

17160



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 esta 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.

**AGRADECIMIENTOS .**

Se agradece profundamente la asesoría tan importante del Licenciado Alberto López Santoyo en la realización - del presente trabajo , así como su atinada dirección y - sus oportunas sugerencias .

Así mismo se agradecen las facilidades que el Instituto de Geografía a través de su directora Doctora María Teresa Gutiérrez de Macgregor , otorgó al autor de la presente .

## LA PERCEPCION REMOTA APLICADA A LA CARTOGRAFIA EN MEXICO

1. Las técnicas de percepción remota como un valioso auxiliar para el desarrollo de la ciencia y la tecnología moderna .
2. La teoría de percepción remota .
3. Radiación electromagnética.
4. El espectro electromagnético.
5. Propiedades de las radiaciones electromagnéticas.
6. Fuentes de energía electromagnética.
7. Radiaciones del cuerpo negro.
8. Sensores remotos.
9. Bandas espectrales.
10. Clasificación de sensores remotos.
11. Tipos de sensores remotos.
12. Los sensores remotos y sus aplicaciones.

13. Los sensores remotos en la Cartografía .

14. Método fotogramétrico.

15. La percepción remota aplicada a un estudio fotointerpretativo de las lagunas La Joya y Buenavista en el estado de - Chiapas México .

1. Las técnicas de Percepción Remota como un valioso auxiliar para el desarrollo de la ciencia y la tecnología moderna.

El ritmo de crecimiento de la población mundial, - exige la planeación de cada una de las acciones del hombre , con el objeto de aprovechar y conservar - mejor los recursos naturales de la tierra, para lo - cual se requiere de información actualizada que - proporcione una imagen clara tanto de las condiciones del área de estudio así como la magnitud del - problema que se pretende resolver. Es aquí en donde las técnicas actuales de "Percepción Remota " son - un valioso auxiliar para diversas disciplinas de la ciencia y la tecnología moderna , ya que mediante - la utilización de dichas técnicas podemos obtener - la información específica que nos interesa en tiempos más cortos y a más bajo costo.

El propósito fundamental del presente trabajo , es - despertar el interés por la aplicación de las técnicas de " Percepción Remota " . Con tal objeto se - expone un resumen de la literatura más actual y -- selecta sobre el tema , así como los resultados de las experiencias del propio autor .

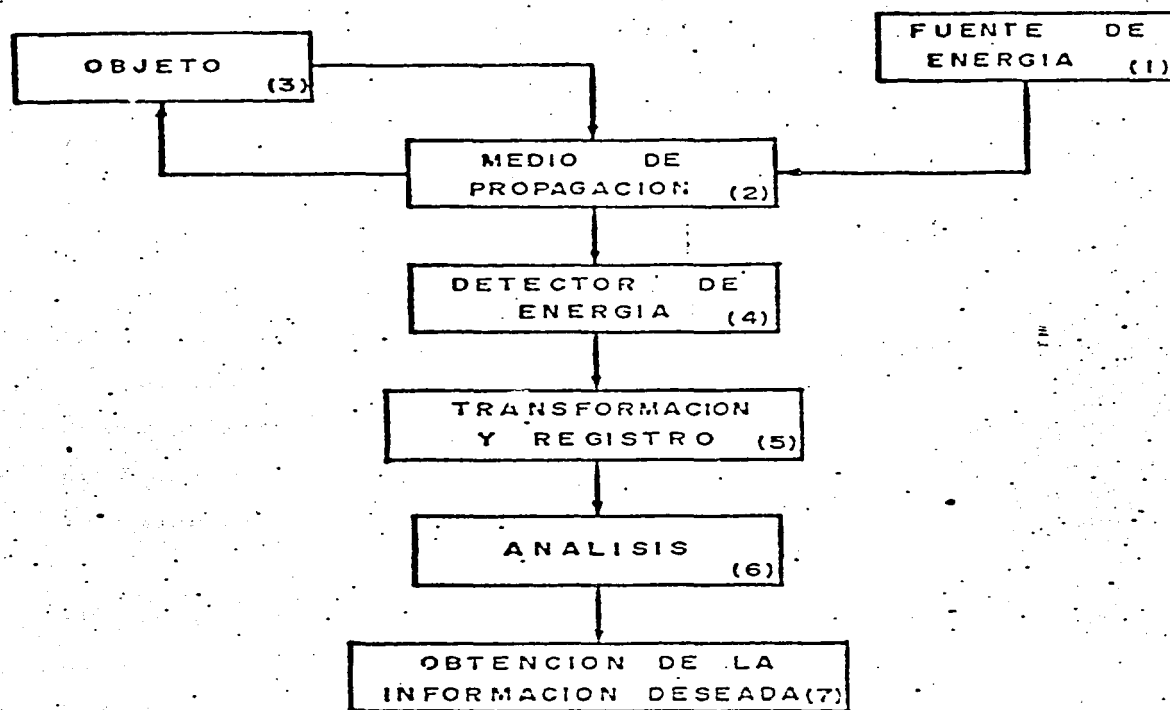


Fig. 1 Diagrama del principio de percepción remota.

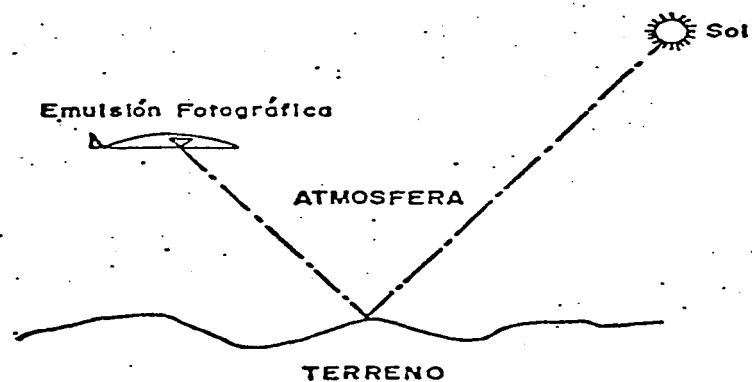


Fig. 2 Trayectoria de las radiaciones para la formación de fotografías aéreas convencionales.

## 2. La teoría de Percepción Remota.

Concepto de percepción remota :

Percepción remota es la acción de detectar información de cualquier cosa a distancia, con la que no necesariamente se tenga contacto físico; esta habilidad para obtener información a distancia , permite que situados a cualquier altura en un avión o desde un satélite se puedan coleccionar imágenes fotográficas o de otro tipo de las que posteriormente se pueda extraer una gran cantidad de información .

La Percepción Remota y los sensores remotos generalmente se supone que están fuera de nuestro alcance económico e intelectual, que son altamente complicados y que están muy lejos de proporcionar una utilidad práctica . En realidad la Percepción Remota ha tenido una aplicación práctica desde que los investigadores científicos empezaron a preocuparse por la explosión demográfica y la correspondiente demanda de alimentos y bienes de consumo , demanda que ha forzado a buscar mejores métodos de prospección para la localización , cuantificación y explotación racional de los recursos naturales .



Principios físicos en los que se basa la teoría de Percepción Remota .

La base en que descansa la teoría de Percepción Remota es muy simple :

Todo objeto con temperatura superior al cero absoluto irradia energía electromagnética , debido a las vibraciones atómicas y moleculares .

Cada cosa en la naturaleza tiene una muy particular distribución de la energía que refleja , transmite , absorbe o emite ; éstas características llamadas " Firmas Espectrales " pueden estudiarse para obtener información sobre la forma , tamaño , composición y otras propiedades físicas y químicas de los objetos .

### 3. Radiación Electromagnética .

La radiación electromagnética es energía en forma de ondas producidas por la oscilación de diversas combinaciones de partículas cargadas eléctricamente . Históricamente las propiedades de la energía electromagnética fueron explicadas basándose en una teoría Corpuscular ( Newton ) y una teoría Ondulatoria ( Huygens ) .

La ciencia moderna acepta ambas teorías y define la energía electromagnética como toda energía que se -  
desplaza en el espacio a la velocidad constante de -  
la luz y en forma armónica ( propagación armónica -  
significa que las ondas son repetitivas e igualmen -  
te espaciadas en el tiempo )

#### 4. El Espectro Electromagnético.

El espectro electromagnético es un arreglo conti --  
nuo de radiaciones , ordenado en función de la lon -  
gitud de onda y la frecuencia .

Práctica y teóricamente se ha establecido que el -  
espectro electromagnético incluye longitudes de on -  
da que se extienden de micrones (mc) a kilómetros.  
No existen instrumentos o mecanismos que puedan ---  
detectar la emisión de energía a lo largo de todo -  
el espectro , razón por la cual éste ha sido dividi -  
do en regiones espectrales. La subdivisión es arbi -  
traria y ha sido basada en los medios actualmente -  
disponibles para generación y detección de la ener -  
gía .

Por el caracter continuo del espectro , los límites  
tampoco son fijos y pueden variar para distintos --  
autores. Aún con equipos modernos resulta difícil -

# EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

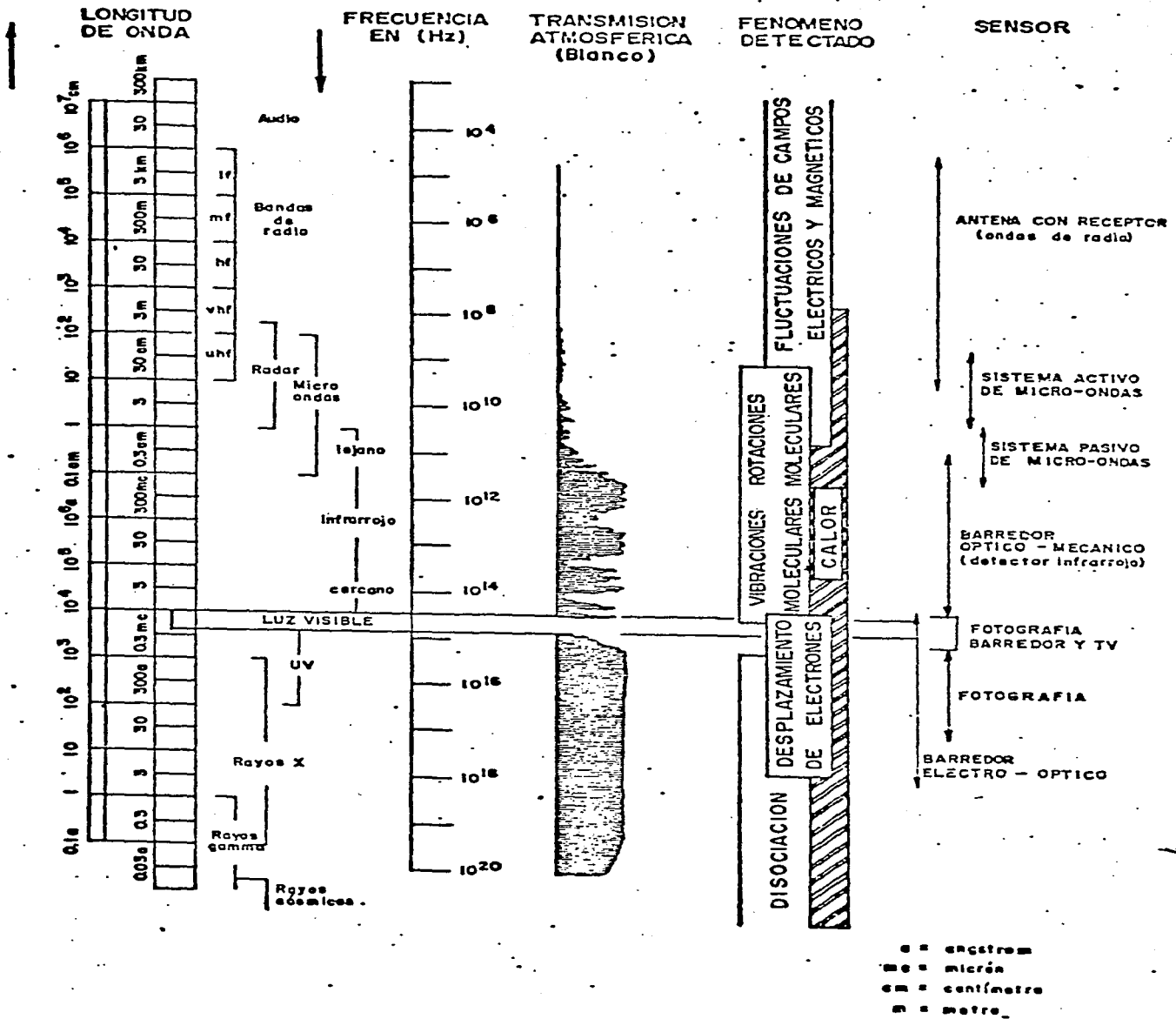


Fig. 3 División del Espectro Electromagnético.

emitir o recibir energía correspondiente a una determinada longitud de onda , en general se trabaja con una pequeña banda del espectro , pues aislar - energía de una determinada frecuencia o longitud - de onda es un proceso realmente complejo.

La figura 3 representa esquemáticamente el espectro electromagnética con :

a) La subdivisión en regiones del espectro electromagnético con indicación de longitud de onda y frecuencia .

b). La transmisión atmosférica de energía .

c). El fenómeno por el cual puede ser detectado .

d). El tipo de sensor empleado corrientemente para cada banda .

## 5. Propiedades de las radiaciones electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su intensidad o frecuencia , longitud de onda y polarización . Aparte de estas características todas - las ondas son esencialmente de la misma naturaleza. En la figura 4 una onda electromagnética se representa por dos vectores perpendiculares indisociables por su dirección y velocidad de propagación :

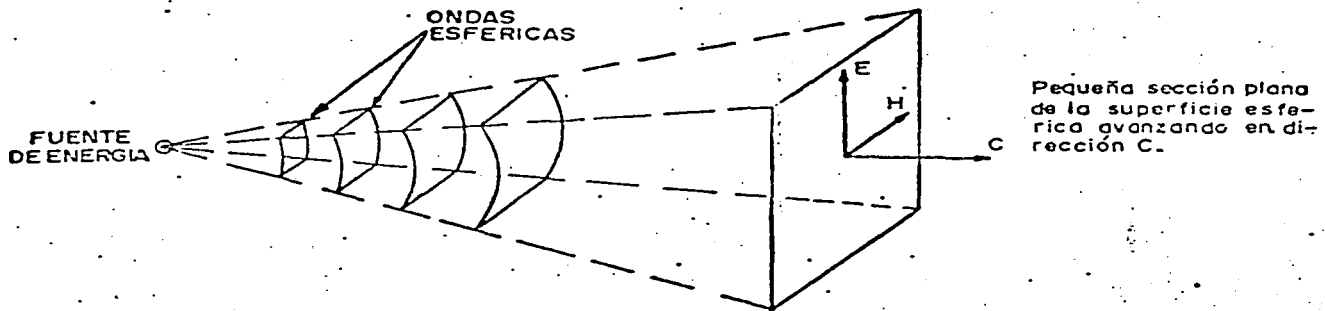


Fig. 4 Propagación de ondas.

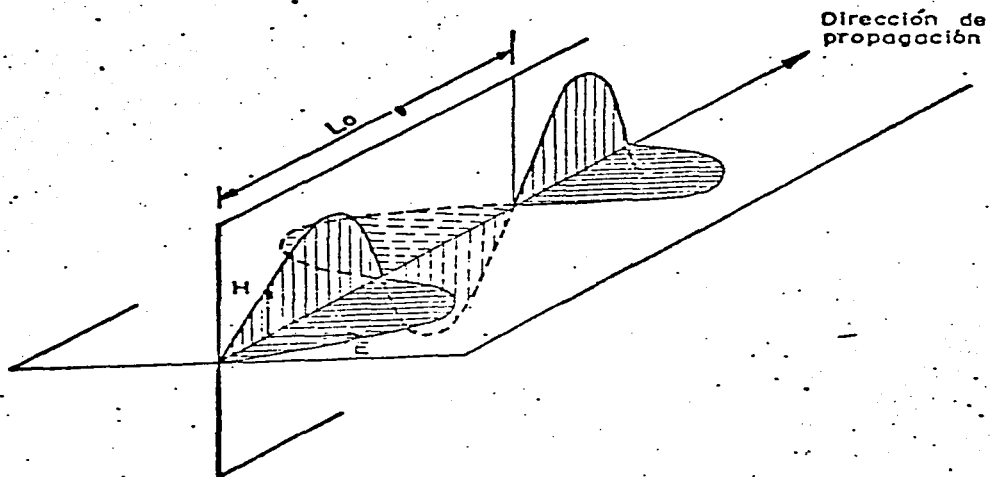


Fig. 5 Esquema de una onda electromagnética linealmente polarizada.

- a). El campo eléctrico " E "
  - b). El campo magnético " H ", cuya amplitud varía periódicamente en función del tiempo .
  - c). La onda se propaga en dirección " C " perpendicular al plano de los dos vectores .
  - d). La velocidad de propagación en el vacío es -- igual a la velocidad de propagación de la luz .
- En otro medio esta velocidad es inferior y está - determinada por la constante dieléctrica, permeabilidad y conductividad del medio en que se pro - paga la onda .

Intensidad o Frecuencia .

La frecuencia " F " es la variación periódica de E ( o H ) en el tiempo.

Longitud de onda,

La longitud de onda "Lo" es la distancia entre - dos crestas consecutivas . Se ha determinado la siguiente relación entre la longitud de onda y - la frecuencia :  $Lo \times F = C$

en donde :

C = velocidad de propagación de la luz ( 299 798.9  
Km / s )

$F$  = se mide en hertz ( Hz ) o sea en ciclos por -  
segundo ( cps ) , en kilohertz ( Kz ) =  $10^3$  cps. ,  
megahertz ( Mz ) =  $10^6$  cps. y en gigahertz ( Gz ) =  
 $10^9$  cps.

$\lambda_0$  = la longitud de onda se mide en unidades linea-  
les ( Å , mc , mm , cm , m , km ) .

Polarización.

Según la dirección del vector  $E$  ó  $H$  , durante la -  
propagación se tendrá una onda con :

Polarización rectilínea ; cuando el vector  $E$  ó  $H$  -  
conserva una dirección constante a lo largo de la-  
propagación , se dice linealmente polarizada ( fig5)

No polarizada ; cuando la dirección de ese vector-  
es aleatoria a lo largo del tiempo .

Polarización elíptica o circular : el extremo del  
vector  $E$  ( fig. 6 ) puede describir a lo largo de-  
la propagación una espiral inscrita en un cilindro  
de base elíptica o circular en cuyo caso la polari-  
zación se dice elíptica o circular.

Polarización horizontal ; es cuando el vector  $E$  de  
de la onda ( fig. 7 ) es perpendicular al plano de

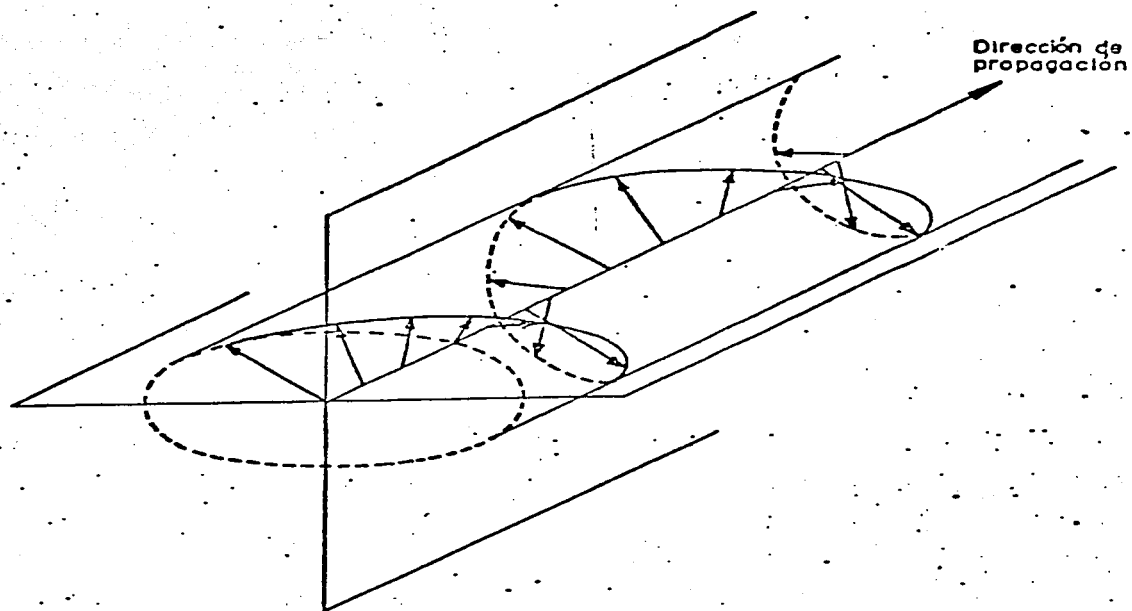


Fig. 6 Esquema de una onda electromagnética elípticamente polarizada (Solo se representa un vector E ó H).

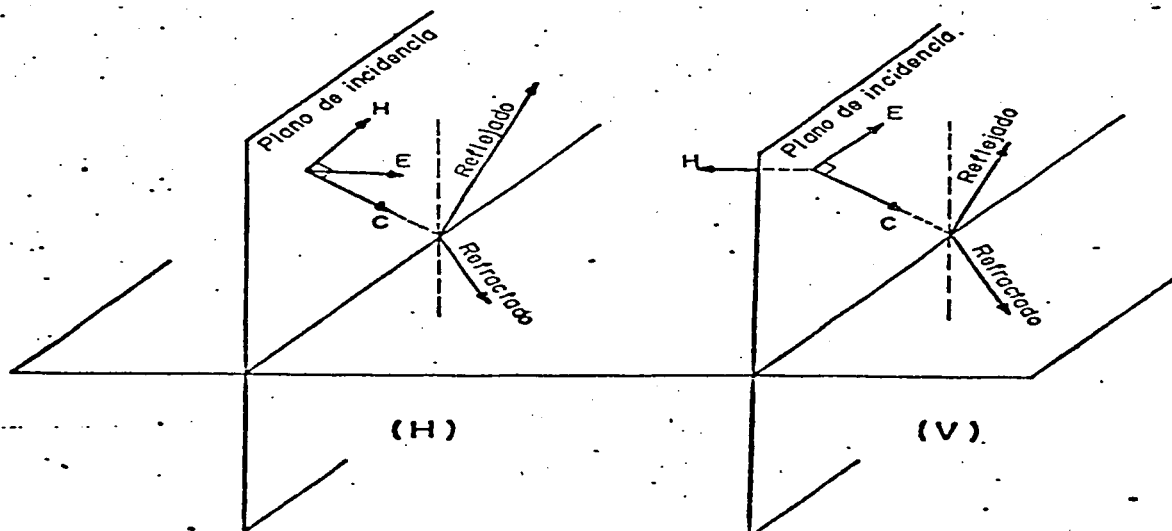


Fig. 7 Polarización horizontal (H) y vertical (V).



incidencia , formada por el rayo incidente y la perpendicular a la superficie .

Polarización vertical ; es cuando el vector E pertenece al plano de incidencia .

## 6. Fuentes de energía electromagnética.

Las fuentes de energía electromagnética utilizadas para la detección a distancia son dos :

a) Fuentes artificiales construidas con fines bien definidos.

b) Fuentes naturales como por ejemplo el sol que es indiscutiblemente la fuente de energía más importante en la Percepción Remota . Sus radiaciones corresponden aproximadamente a las de un cuerpo negro a  $6000^{\circ}$  K , pero es afectado por innumerables fenómenos , especialmente los atmosféricos .

La energía que llega a la superficie terrestre es en función de :

a) hora del día , b) época o día del año , c) latitud , d) condiciones meteorológicas e) difracción -- producida por partículas atmosféricas , f) absorción de los gases atmosféricos .

## 7. Radiaciones del cuerpo negro.

Todo cuerpo emite radiaciones en función de su temperatura y transforma en calor la energía que absorbe . La intensidad y la distribución espectral de la radiación emitida depende de la temperatura del cuerpo considerado y su naturaleza .

Se llama cuerpo negro a un cuerpo que en equilibrio térmico con el medio que lo rodea , absorbe toda la energía que recibe y la vuelve a emitir íntegramente . Se define la emisión (e ) y absorción (a) de un cuerpo cualquiera , mediante las siguientes relaciones :

$$e = \frac{\text{energía emitida por un cuerpo por unidad de sup.}}{\text{energía emitida por el cuerpo negro por u.de sup.}}$$

$$a = \frac{\text{energía absorbida por el cuerpo por unidad de sup.}}{\text{energía incidente por unidad de superficie .}}$$

Los materiales reales no se comportan como verdaderos cuerpos negros ya que la energía emitida es inferior a la de un cuerpo negro , esto se debe a dos factores:

- 1) El poder de re-emisión de los cuerpos reales , es relativamente bajo .
- 2) Los cuerpos reales transmiten parte de la energía absorbida .

En forma similar a como se definió la emisión (e) y la absorción (a) se podrán definir la reflectividad-

(r) y la transmisión (t) :

$$r = \frac{\text{energía reflejada por unidad de superficie .}}{\text{energía incidente por unidad de superficie .}}$$

$$t = \frac{\text{energía transmitida por unidad de superficie}}{\text{energía incidente por unidad de superficie}}$$

La reflectividad y transmisión de cada cuerpo es diferente para cada longitud de onda y varía en función de la constitución química y física del material.

#### 8. Sensores Remotos.

La esencia de la Percepción Remota es adquirir información de algún objeto sin tener contacto con él , ésto implica el uso de aparatos e instrumentos que no son sino detectores de la energía que contiene la información que buscamos .

La naturaleza desde luego nos ha dotado de nuestros propios Sensores Remotos que por desgracia solo nos permiten captar fragmentos de esa energía portadora de información , así por ejemplo -- nuestros ojos solo perciben energía electromagnética en longitudes de onda que van de 0.4 a 0.7 micras , nuestros oídos advierten sonidos de ---

entre 16 y 20 000 ciclos por segundo y nuestra piel es sensible a cambios de temperatura relativamente grandes .

A través de los años hemos ampliado nuestra capacidad para percibir a distancia construyendo una gran variedad de instrumentos como el telescopio , la cámara fotográfica y los radios receptores que detectan energía electromagnética , microfófonos y sismómetros para detectar energía acústica o mecánica y contadores geiger para medir la radioactividad ; medimos campos de fuerza con magnetómetros y gravímetros y podemos conocer todavía más usando instrumentos activos como el radar o el sonar .

Todos estos aparatos quedan comprendidos en el grupo de los llamados Sensores Remotos . El rápido desarrollo de estos instrumentos se debe en gran parte a la demanda de herramientas bélicas , pero en los últimos años se ha despertado un interés creciente en su uso cada vez más amplio para aumentar nuestros conocimientos acerca del mundo en que vivimos , la atmósfera que nos rodea y el espacio interplanetario .

Gracias a la diversidad de filtros y películas que existen en la actualidad , las cámaras aéreas constituyen una de las herramientas más poderosas de la

percepción a distancia .

Los sensores remotos nos permiten hacer observaciones a distancia y por lo tanto pueden montarse en aviones, satélites o naves espaciales y nos permiten registrar la energía en sus distintas formas para obtener la - información específica que nos interesa .

Los sistemas de clasificación de Sensores Remotos que se encuentran en la literatura disponible son realmente variados y en ningún caso los criterios empleados son excluyentes . Esto significa que prácticamente -- cualquiera de los sensores estudiados podrá ser incluido en todos los sistemas de clasificación .

Los criterios frecuentemente empleados para clasificar los sensores remotos son :

- a) banda del espectro electromagnético utilizada.
- b) fuente emisora.
- c) ubicación espacial de la fuente emisora y receptora.
- d) información registrada.

## 9. Bandas Espectrales.

a) Frecuencias bajas , medias y altas ( LF, MF, HF )  
( 30 khz- 30 Mhz ) (  $10^3 - 10^6$  cm )

Su uso ha sido tradicionalmente en el campo de las -  
comunicaciones y a pesar de ser muy bien conocidas sus  
propiedades de propagación , su empleo en Percepción -  
Remota de recursos naturales ha sido muy limitado .

b) Frecuencias muy altas ( V H F )  
( 30 - 300 Mhz ) (  $10^2 - 10^3$  cm )

La banda de frecuencias altas ha sido muy utilizada --  
en Percepción remota ( por ejemplo medición de espesor  
de capas de hielo ) debido a que requiere de una ante-  
na pequeña fácil de transportar en cualquier avión o -  
vehículo espacial .

c) Frecuencia ultra alta ( U H F )  
( 300 Mhz - 3 Ghz ) (  $10 - 10^2$  cm )

La lluvia y el vapor de agua de la atmósfera afectan -  
muy poco esta banda , lo cual hace que los sensores de  
este grupo ( radiómetros ) sean casi independientes de  
las condiciones atmosféricas y además pueden ser utili-  
zados tanto de día como de noche .

d) Micro ondas ( S H F )

( 3 - 30 Ghz ) ( 0.1 - 10 cm )

Los instrumentos y equipo de Percepción Remota disponibles para esta banda de frecuencia super alta , son numerosos y muy abanzados . Se incluyen en este grupo los diversos equipos de Radar para detección de objetos o formación de imágenes ( radiómetros y espectrómetros )

e) Frecuencia extremadamente alta ( E H F )

( 30 - 300 Ghz ) ( 1cm )

La banda corresponde a una transición entre micro-ondas y ondas infrarrojas . La utilidad de esta banda - está limitada por la absorción del vapor de agua y el oxígeno , sin embargo se han desarrollado algunos --- sistemas de radar y radiómetros que emplean frecuencias correspondientes a esta banda .

f) Infrarrojo (  $300 - 4 \times 10^5$  Ghz ) ( 0.7 $\mu$  - 1 cm )

Es la banda del espectro comprendida entre la región de micro-ondas y la banda visible . Su longitud de onda se extiende de 0.75 micrones hasta 1 mm. y en general se divide en tres bandas llamadas ; infrarrojo lejano o termal , infrarrojo medio e infrarrojo cercano .

Infrarrojo	{	cercano	0.750 mc	-	3 mc	
		medio	3	mc	-	8 mc
		lejano	8	mc	-	1 mm

Basándose en la propiedad de la banda infrarroja lejana ( y de micro-ondas ) de que la emisión de energía puede ser detectada en forma de calor , se han desarrollado varios radiómetros para esta banda . La presencia de --nubes , lluvia y nieve afectan la percepción , por lo --que se exigen condiciones atmosféricas muy especiales .

g) Visible (  $4 \times 10^5 - 8 \times 10^5$  Ghz ) (  $0.4 - 0.7 \mu$  )  
Corresponde a la banda del espectro más utilizada en --Percepción Remota , por ser la más conocida y estudiada. Se han desarrollado para esta banda un gran número de --sensores : cámaras fotográficas , sistemas de televisión barredores óptico-mecánicos etc .

h) Ultravioleta (  $8 \times 10^5 - 7.5 \times 10^{16}$  Ghz ) (  $10^2 \text{ \AA} - 0.3 \mu$  )  
El empleo de esta banda en Percepción Remota , especialmente en relación a recursos naturales ha sido limitado, sin embargo , se han desarrollado varios sensores fotográficos y barredores óptico-mecánicos .  
La banda del ultravioleta se divide generalmente en 4 --regiones , de las cuales solo las dos primeras son ---



empleadas en Percepción Remota , pues las longitudes de onda de las otras dos casi no atraviesan la atmósfera.

Ultravioleta	{	cercano	0.380	-	0.315	mc
		medio	0.315	-	0.280	mc
		lejano	0.280	-	0.010	mc
		vacío	0.010	-	0.004	mc

#### 10. Clasificación de Sensores Remotos.

a) En función de la fuente emisora.

El criterio se basa en establecer si la fuente emisora de energía pertenece al sistema de Percepción Remota o si es independiente ; así los sensores se clasifican en dos grupos :

Sensores pasivos son aquellos que reciben la energía -- emitida por otra fuente ( generalmente el sol ) y reflejada por los objetos ( fotografía , barredor multiespectral etc . ) .

Sensores activos son aquellos que poseen la fuente de energía , de manera que emiten la energía electromagnética en dirección al objeto y luego detectan la energía reflejada ( radar ) .

b) En función de la ubicación espacial de la fuente emisora y la fuente receptora.

La clasificación se basa en la posición relativa de la fuente de emisión de energía y la fuente de recepción de la misma.

Se distinguen dos grupos de sensores:

Sensores mono-estáticos cuando las fuentes de emisión y recepción de energía ocupan la misma posición en el espacio, es decir que emite y recibe la energía desde la misma posición ( Radar ).

Sensores bi-estáticos. La fuente de emisión tiene una posición espacial diferente de la fuente de recepción ( fotografía aérea ).

o) En base a la información registrada.

De acuerdo a la información registrada, los sensores se clasifican en:

Sensores fotográficos cuando toda la información es registrada en una o varias placas sensibles en el momento de ser recibida ( cámaras aéreas, cámaras multiespectrales, etc. ).

Sensores no fotográficos. La información recibida es proyectada sobre una pantalla de radar o es registrada

en forma gráfica ( perfiles ) o digitalmente en cinta magnética para ser procesada en computadora.

Los sensores que registran la información digitalmente presentan la ventaja de poder detectar la energía correspondiente a una banda muy angosta del espectro, ya que debido a la continuidad del mismo es prácticamente imposible trabajar con una longitud de onda pura.

Así, los sensores que registran la información pueden ser subdivididos en:

**Radiómetros:** Cuando se registra la intensidad de una determinada longitud de onda del espectro ( en la práctica es una banda muy angosta ).

**Espectrómetros:** Si registran la intensidad de una banda amplia del espectro.

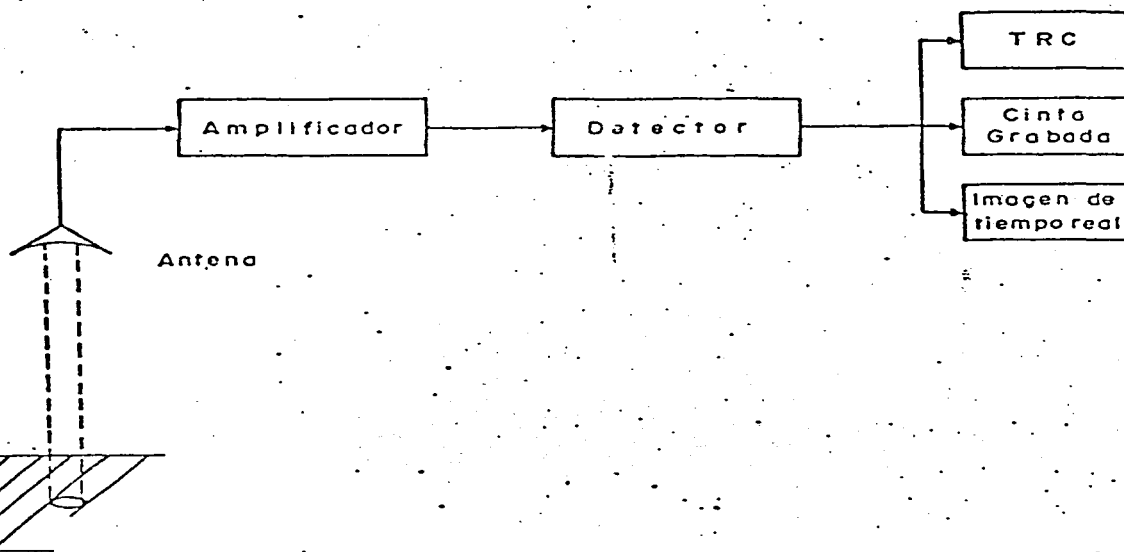


Fig. 8 Esquema de un radiómetro de micro-ondas.

## 11. Tipos de sensores remotos

SENSORES	BANDA DE OPERACION	TECNICA
<p>Cintilómetros</p> <p>Espectrómetros de rayos gamma.</p> <p>Contadores Geiger</p>	<p>&lt; .05 - 100 Å</p>	<p>Medición de radiación natural reflejada o emitida por medio de la respuesta característica de detectores .</p>
<p>Rastreadores multibanda</p> <p>Iconoscopios</p> <p>Cámaras con película infrarroja 2900 Å</p>	<p>100 Å - 0.4μ</p>	<p>Registros de radiación natural por observación de elementos en secuencia , integrando imagenes .</p>
<p>Fotografía :</p> <p>Película convencional ( B / N y color )</p> <p>Película infrarroja ( B / N y color )</p> <p>Fotografía multibanda</p>	<p>4000 - 7000 Å ( 0.4 - 0.7μ )</p> <p>6000 - 9000 Å ( 0.6 - 0.9μ )</p> <p>3000 - 9000 Å ( 0.3 - 0.9μ )</p>	<p>Registros en emulsión de una amplia gama de radiación. Conversión de pequeñas a mayores variaciones cromáticas. Registros de patrones de absorción / reflexión en película. Registro de bandas angostas en emulsión.</p>
<p>Lasers</p>	<p>4000 - 7000 Å ( 0.4 - 0.7μ )</p>	<p>Registros de retrodispersión de radiación en película o en otro medio.</p>
<p>Fotómetros</p>	<p>4000 - 7000 Å ( 0.4 - 0.7μ )</p>	<p>Registros de bandas angostas y / o anchas en película o en otros medios.</p>
<p>Espectrofotómetros</p>	<p>en cualquier región espectral</p>	<p>Registros de bandas angostas y / o anchas en película o en otros medios.</p>
<p>Detectores de estado sólido en rastreadores y radiómetros ( infrarrojo termico )</p>	<p>1 - 1 mm</p>	<p>Registro de la radiación natural mediante observación de elementos en secuencia.</p>
<p>Radares :</p>		

Radares :		
Radio frecuencia	1 mm - 0.8 mm	Registro de retrodispersión de radiación en varios medios
Receptores en rastreadores y radiómetros		
Sonar	ondas sonoras ( 0.8 - 3 x 10 mm	Medición de ondas sonoras reflejadas ( en el agua ).
Geofísicos :		
Gravímetros	campos de gravedad	Medición de la aceleración de la gravedad.
Magnetómetros	campo magnético	Medición de la inducción magnética local.
Sismógrafos	ondas sísmicas	Medición de ondas elásticas en el sub-suelo.
Electrosondas	campo eléctrico	Medición de propiedades eléctricas de las formaciones geológicas.
Geoquímicos	reacciones químicas	Medición de abundancia relativa o absoluta de elementos en la tierra.

traducido de George Rabchevsky ( 1970 )

## 12. Los sensores remotos y sus aplicaciones

Actualmente las técnicas de percepción remota son aplicables gracias al desarrollo alcanzado en materia de sensores remotos ; estos aparatos han tenido un gran desarrollo con la conquista del espacio interplanetario por el hombre .

Debido a las necesidades de información básica en todos los campos de las ciencias naturales de nuestro planeta , las técnicas actuales de percepción remota tienen una gran aplicación en los diferentes campos de la ciencia y la tecnología moderna , así tenemos :

### a) Oceanografía

Morfología de costas

Estudio de mareas

Corrientes marinas

Tsunamis

Localización y evaluación de fenómenos atmosféricos

Cartografía de hielos marinos

Temperaturas superficiales

Flora acuática superficial

Detección de bancos de peces

### b) Manejo de recursos agrícolas y forestales

Estudios de suelos

Inventarios forestales  
Densidad de vegetación  
Localización de enfermedades y plagas  
Manejo de pastizales  
Detección de incendios  
Inventarios faunísticos

c) Recursos hidráulicos e hidrología

Manejo de cuencas  
Estudios de zonas de alta montaña  
Transporte de sedimentos  
Predicción de avenidas  
Contenido de humedad del suelo  
Descargas de agua subterránea  
Estimaciones del rendimiento del agua  
Obras hidráulicas  
Cartografía de cuerpos de agua

d) Recursos minerales y Geología

Geomorfología superficial  
Estructura superficial  
Estratigrafía  
Sedimentación

Petróleo y minerales

Predicción de desastres

Glaciación

e) Geografía , Cartografía y Recursos Culturales

Elaboración de mapas

Uso del suelo

Comunicaciones y Transportes

Estudios de población

Ecología Humana

Arqueología

Climatología

Contaminación del aire .



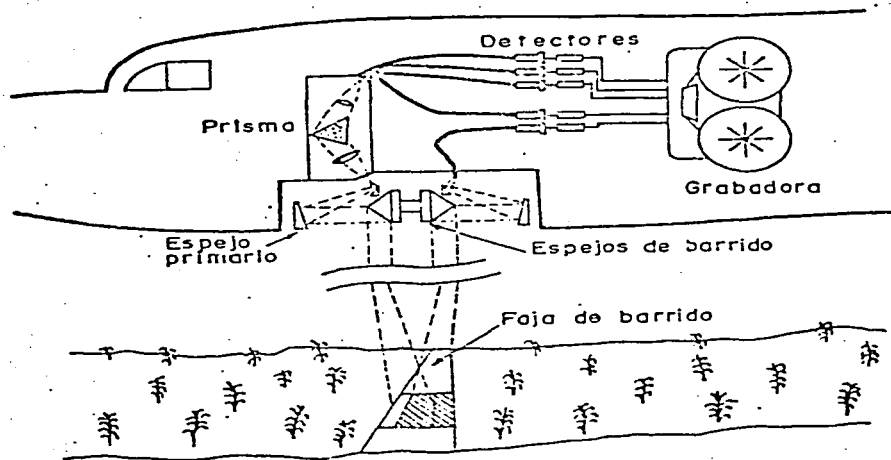


Fig. 9 Barredor óptico mecánico montado en avión.

### 13. Los Sensores Remotos en la Cartografía.

La cartografía podemos considerarla como una de las ramas de las ciencias geográficas, destinadas a expresar gráficamente el conocimiento de la superficie terrestre en sus diversos aspectos, representando la máxima cantidad de datos con claridad y exactitud, tratándose de aspectos topográficos naturales o culturales y a determinadas escalas, es decir elaborar una verdadera fotografía del terreno con sus formas, accidentes y eleva-

ciones que nos muestre la localización y forma de montañas, planicies, ríos, arroyos, etc.

En países en pleno desarrollo como el nuestro, es imprescindible el conocimiento cartográfico para lograr una adecuada planeación para explotación y desarrollo de los recursos del territorio.

Los primeros métodos empleados en México fueron los itinerarios, recorridos, derroteros y croquis sumamente interesantes y adecuados a la época, en los cuales además de la medición de distancias por jornadas y apreciación se hacía una descripción escrita del terreno, se describía la topografía, morfología, flora, fauna y el paisaje cultural.

De este método, pasamos a los primeros levantamientos con alidades y medición directa de distancias con longímetros rudimentarios.

Posteriormente se generalizó el uso del teodolito y se principió el levantamiento de cartas con poligonales en gran número con esquicios muy bien detallados completándose con levantamientos de plancheta.

Las primeras cartas fotogramétricas fueron levantadas utilizando el método denominado trimetrogón, el cual consistía en toma de fotografías aéreas con tres cámaras simultáneas, una vertical y dos oblicuas, efectuándose la restitución por medio de dibujo con cuadrículas de proporción y perspectiva, apoyándose estos le-

levantamientos en puntos astronómicos, situados con altímetro o astrolabio, y el apoyo vertical consistía en levantamientos barométricos.

Es de hacerse notar que la extensión del control se llevaba a efecto por medio de triangulaciones radiales ya sean gráficas o analíticas.

En realidad podemos considerar a este método el primero realmente fotogramétrico. Debido al avance de la tecnología respectiva y a la exigencia de métodos más precisos, en la actualidad se emplea el método fotogramétrico que a continuación se describe:

#### 14. Método Fotogramétrico

Las técnicas que se utilizan actualmente en México para el levantamiento de cartas especiales ( temáticas ), reciben el nombre de técnicas fotogramétricas y fotointerpretativas, y consisten básicamente en la utilización de fotografías aéreas verticales rectificadas, apoyadas en la red de nivelación geodésica existente.

Las actividades a desarrollar en este método son las siguientes:

##### A.- Revisión del material fotográfico

Esta revisión consiste en verificar que el material fotográfico cumpla con los siguientes requisitos de calidad establecidos:

- a) Sobreposición requerida.
- b) Nitidez absoluta.
- c) Corrección por cabeceo, ladeo y deriva.
- d) Grado de tolerancia de sombras por nubosidad.
- e) Grado de tolerancia de manchas químicas.
- f) Grado de tolerancia en defectos de procesamiento.

Es necesario efectuar esta revisión, con objeto de evitar problemas en la fotointerpretación y en la restitución.

#### B.- Preparación del material fotográfico

La preparación del material fotográfico consiste en la ubicación, en cada una de las fotografías aéreas, de los puntos que servirán para tener un control planimétrico del área en estudio.

Los puntos son de dos categorías:

Centrales.- Como su nombre lo indica, los puntos centrales se marcan en cada fotografía aérea, valiéndose de las marcas fiduciales que la fotografía tiene impresa. ( Figura No. 10 .

Auxiliares.- Son puntos que se marcan tomando en consideración algunos accidentes topográficos, generalmente en depresiones y elevaciones alternadamente, con objeto de promediar el desplazamiento natural, producto de la desigualdad del terreno.

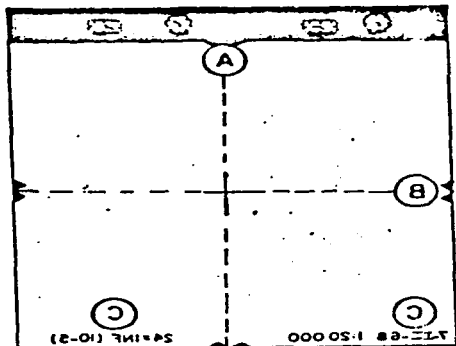
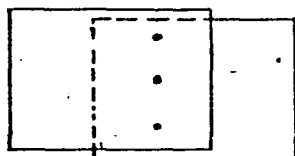


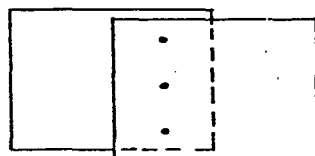
Fig. 10

Esquema de una fotografía aérea indicando sus componentes normales: A.—Instrumentos de control de toma (ver texto). B.—Marca fiduciaria. C.—Datos de toma, en la figura se indica en el orden acostumbrado, fecha de toma, escala promedio del material, estado (codificado), organismo para el que se hizo el vuelo y en el paréntesis número de línea de vuelo y de fotografía.

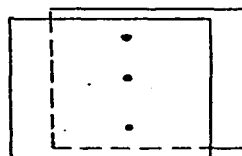
### SOBREPOSICION LONGITUDINAL



NORMAL (55-60%)

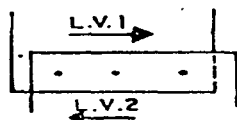


DEFICIENTE (-50%)

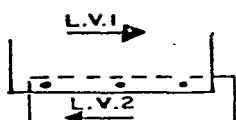


EXCESIVA (+65%)

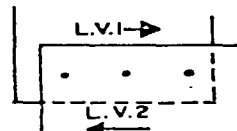
### SOBREPOSICION LATERAL



NORMAL (20-30%)



DEFICIENTE (0%)



EXCESIVA (+35%)

Fig. 11. Condiciones de sobreposición fotográfica (ver texto).

Estos puntos se marcan en los extremos de la fotografía, que traslapan con las fotografías colindantes sobre la línea que delimita el área útil. ( Figura No. 11 ).

Con objeto de tener un control efectivo, existe la necesidad de numerar progresivamente los puntos centrales y los auxiliares de cada una de las líneas de fotografías aéreas que se empleen en el proyecto.

Para efectos de fotointerpretación se requiere de la delimitación en cada una de las fotografías del área útil, que consiste en marcar sobre las fotografías, la porción central que consideramos tiene menos distorsión y se hace de la manera siguiente:

( Figura 12 )

Primeramente se marca el punto central de cada fotografía ( como se indica en la Fig. No. 10), se transfiere estereoscópicamente el punto central de la fotografía No. 2 a la fotografía No. 1 .

Una vez teniendo marcados los dos puntos en la fotografía No. 1 se mide la distancia que hay entre los dos y a la mitad de esa distancia se marca una línea transversal al sentido de la línea de vuelo.

Posteriormente dicha línea se transfiere estereoscópicamente a la fotografía No. 2 y finalmente, para delimitar el área útil sobre la fotografía No. 2, se transfiere el



Fig. 12 Par estereoscópico preparados; ligado y con marco de fotointerpretación  
(Foto I.N.F.)

punto central de la fotografía No. 3 a la fotografía No. 2; se mide la distancia que hay entre los dos puntos y se traza a la mitad una línea transversal al sentido de las líneas de vuelo ( Ver Fig. , esta misma línea se transfiere a la fotografía No. 3 y así sucesivamente se repite la misma operación en cada una de las fotografías que cubren el área por estudiar.

Para limitar el área útil en las partes norte y sur de cada fotografía, se deberá medir el traslape que existe entre línea y línea de vuelo y a la mitad de dicho traslape marcar los puntos auxiliares que determinarán el límite en cuestión ( Ver Fig. No. 11 ).

#### C.- Recopilación de información

Esta actividad es básica para cualquier tipo de estudio que requiera la utilización de fotografías aéreas, ya que proporciona al fotointérprete fundamentos en los cuales basar sus apreciaciones.

Será necesario recurrir a las diversas Secretarías de Estado así como a algunas empresas descentralizadas y particulares en busca de información de la zona que se pretende estudiar: hidrología, vegetación, suelos, geología, climatología, socioeconomía, y cartas de la zona. Es muy importante saber si se cuenta con un mapa receptor, ya que en caso de no tener cartas sobre las cuales vaciar la información obtenida de las fotografías aéreas, se tendrá que elaborar un mapa base.



#### D.- Elaboración del Mapa Base

El mapa base o receptor de la información obtenida, se podrá obtener formando un mosaico ortofotográfico de la zona con base en fotografías aéreas rectificadas.

En la actualidad existen diversas compañías aerofotogramétricas y dependencias gubernamentales que cuentan con el equipo necesario para hacer este tipo de trabajos.

También se puede obtener el mapa base mediante el método de triangulación radial, para lo cual nos sirven los puntos auxiliares y centrales marcados sobre cada una de las fotografías utilizadas.

El método de triangulación radial consiste en armar un mosaico fotográfico de la zona en estudio, apoyado en los puntos centrales de cada línea de vuelo y amarrado con los puntos auxiliares mediante la utilización de plantillas metálicas. Este sistema es rudimentario pero muy práctico, sobre todo en los casos en los que no se requiere de mediciones muy precisas.

#### E.- Ubicación del material fotográfico

Esta actividad se realiza con el apoyo de un mapa o carta general de la zona en estudio, observando los detalles fácilmente reconocibles a simple vista en las fotografías aéreas, como son: curvas de los ríos, carreteras, presas, poblaciones, etc.

#### F.- Fotelectura

Ya que está revisado y preparado el material fotográfico, se procede a un análisis estereoscópico de dicho material, con objeto de marcar sobre las fotografías aéreas los detalles o rasgos que son identificables a primera vista, tales como: poblados, ríos, vías de comunicación, presas, lagos y algunos otros detalles.

Una vez que se analizó estereoscópicamente y se marcó el material fotográfico perfectamente, estará listo para poderse elaborar los borradores de los mapas hidrológico y de infraestructura vial.

Es recomendable realizar la restitución de estos datos en forma inmediata con el objeto de borrar la información de las fotografías y poder utilizarlas posteriormente limpias, ya que de no hacerlo así, la información se empastaría y en algunos detalles se haría difícil la observación y la marcación.

#### G.- Fotointerpretación

Este proceso consiste en el análisis estereoscópico de las fotografías aéreas, realizado por especialistas: geógrafos, geólogos, biólogos, urbanistas, agrónomos, etc., los cuales obtendrán la información específica que cada uno de ellos desee, marcándola sobre las fotografías.

#### H.- Utilización de claves

Con el objeto de hacer más ágil la lectura de la información obtenida de las fotografías aéreas, además de ahorrar espacios a la hora de fotointerpretar, se hace necesaria la utilización de claves que bien pueden ser números o letras, o series de ambos, a criterio del fotointérprete o la institución que realiza el estudio.

#### I.- Reinterpretación

Esta fase del trabajo consiste en volver a hacer una observación estereoscópica de las fotografías y determinar si los contactos o rodales marcados están de acuerdo con las observaciones hechas en el campo.

#### J.- Restitución

Esta fase consiste en pasar todos y cada uno de los contactos que se obtienen de las fotografías a un mapa base, que sirva de receptor de la información obtenida.

#### K.- Materiales y equipo básico para el desarrollo de las actividades antes mencionadas

##### Equipo

Estereoscopio de espejos.	Altimetro.
Estereoscopio de bolsillo.	Clisímetro.
Punzones.	Brújula.

Plantillas metálicas ( jgo. )  
Cámara fotográfica.

Pantógrafo o equipo de  
restitución.

#### Materiales

Fotografías aéreas.

Papel albanene.

Mosaicos ortofotográficos.

Materiales para

Cartas o mapas de la zona.

dibujo.

Papel cronaflex.

15. La percepción remota aplicada a un estudio fotointerpretativo de las lagunas La Joya y Buenavista en el edo. de Chiapas, México .

#### Metodología Empleada .

A. Se establecieron los siguientes objetivos:

1.- Aplicar la tecnología de Percepción Remota a un proyecto específico, para poder evaluar la bondad de dichas técnicas, con objeto de incorporarlos en los futuros programas de desarrollo socioeconómico, que la Secretaría de Recursos Hidráulicos establezca.

2.- Proporcionar información básica para los estudios Ecológicos que la Dirección de acuacultura de la S. R. H. está desarrollando en la zona de estudio.

3.- Establecer desde el punto de vista técnico y práctico las ventajas y restricciones, en la utilización de fotografías aéreas infrarrojo color.

**B. Programación del vuelo para la toma de fotografías.**

**1.- Cálculo del área por cubrir fotográficamente.**

La determinación del área por cubrir aero-fotográficamente, fue hecha en base al contorno natural del conjunto lagunario de 13 850 has. aproximadamente.

**2.- Determinación del sentido de vuelo.**

Esta decisión se hizo tomando en consideración la forma del área por estudiar y su localización geográfica. Después de contemplar estos aspectos se decidió volar paralelamente a la costa con una dirección este - oeste, ya que de esa manera se tendría una buena referencia, lo cual implicaría un mejor control de líneas de vuelo y cobertura fotográfica.

**3.- Número de líneas de vuelo.**

Este cálculo se hizo tomando como base el ancho ( 9 Km) de la zona por estudiar ( ya que generalmente conviene hacer este tipo de cubrimientos aerofotográficos en sentido longitudinal ), y se dividió entre la distancia, entre eje y eje de línea de vuelo ( 1 125 m.), lo cual dió un total de 8 líneas de vuelo ( véase índice de línea de vuelo ).

#### 4.- Número de fotografías por línea de vuelo.

Este cálculo se hizo tomando como base la longitud del área por cubrir fotográficamente y se dividió entre la distancia útil que cubre cada fotografía en el sentido de la línea de vuelo ( véase índice de línea de vuelo, plano No. 5 ).

#### 5.- Sobreposición longitudinal.

Con el propósito fundamental de obtener el efecto estereoscópico, mediante el cual se ven en tercera dimensión las imágenes impresas en un par de fotografías aéreas, cada una de las fotografías deberá tener un traslape en el sentido de la línea de vuelo del 60 %

#### 6.- Sobreposición lateral.

La sobreposición lateral que generalmente se ha establecido es del 30 % entre línea y línea de vuelo, y tiene como finalidad asegurar un cubrimiento total del área.

#### 7.- Altura de Vuelo

El cálculo de la altura de vuelo se realizó tomando como base la escala que se quería obtener 1: 30 000 y se multiplicó por la distancia focal de la cámara que se utilizó en el proyecto ( Hasselblad 70 mm ) de donde se obtuvo una altura de vuelo promedio de 2 100 m sobre el terreno.

## 8.- Equipo necesario.

Para llevar a efecto el programa de vuelo fotográfico se utilizó el siguiente equipo experimental:

- a) Avioneta Cessna de 4 plazas, acondicionada para este tipo de vuelos, con un marco estabilizador en la parte inferior de la avioneta, en donde se montaron las cámaras fotográficas utilizadas.
  
- b) Conjunto de cámaras multibanda ( 4 ) ( Hasselblad 70 mm Modelo 500 EL ), con 2 cargadores cada uno con película infrarrojo color ( Aerochrome Infrarred 2443).
  
- c) Intervalómetro automático; este aparato opera con baterías y sirve para graduar la sobreposición que se desea obtener en las fotografías aéreas. Se conecta a las cámaras aéreas y hace automáticamente el disparador.

## C. Procesamiento del material fotográfico.

### 1.- Revelado:

Este proceso se realizó con extremo cuidado ya que la película que se utilizó es demasiado sensible y cualquier cambio en el medio ambiente podría haberla afectado.



Este proceso fue realizado por el personal del laboratorio fotográfico de la S. R. H.

## 2.- Copias de contacto.

De las negativas obtenidas se seleccionaron las mejores ya que en algunas se presentó gran número de anomalías: manchas químicas, sombras de nubes, y, como consecuencia de que la película utilizada tenfa algún tiempo almacenada, en algunos casos las variaciones de tonalidad eran falsas.

Las fotografías obtenidas directamente de las negativas seleccionadas reciben el nombre de copias de contacto; en un formato de 55 mm., por lado y a una escala de 1: 30 000 aproximadamente.

## 3.- Amplificaciones.

De las copias de contacto se obtuvieron amplificaciones a escala 1: 10 000, ya que en su tamaño original era im posible hacer un análisis estereoscópico adecuado, por lo que se tuvo que trabajar con las amplificaciones. De bido a que el papel en el cual se imprimieron las imáge nes es muy brillante y resbaloso, por lo que la tinta se resbala y los colores no pintan, hubo la necesidad de trabajar sobre plantilla transparente ( cronaflex o albanene ), lo cual hizo un poco más laborioso el traba jo fotointerpretativo.

#### D. Análisis del material fotográfico.

Para el desarrollo de esta actividad se empleó el método fotogramétrico anteriormente descrito.

##### 1.- Fotoidentificación.

En esta actividad se desarrolló la elaboración de un mapa escala 1: 20 000 de la zona de estudio. Este mapa fue producto de la calca directa de un mosaico rectificado del área sobre el cual se identificaron y se marcaron los detalles siguientes: carreteras, ferrocarriles, caminos, veredas, poblados y drenaje superficial ( Ver mapa )

##### 2.- Uso del Suelo ( Blanco y Negro ).

Se elaboró un mapa con el uso del suelo basado en fotografías aéreas, blanco y negro, de escala 1: 30 000, es te trabajo se hizo con el objeto de que sirviera de pun to de comparación con los resultados obtenidos con la fotografía infrarrojo color ( Ver mapa ).

##### 3.- Uso del Suelo ( Infrarrojo color ).

Se llevó a cabo la elaboración de un plano del Uso del Suelo, con base en fotografías aéreas infrarrojo color de escala aproximadamente de 1: 10 000, con el objeto de evaluar la bondad de estas películas en estudios es pecíficos.

Las experiencias que se obtuvieron con el empleo de estas películas fueron las siguientes:

La película infrarojo color puede ser utilizada con gran éxito en aspectos hidrológicos y en estudios de vegetación y de suelos, con una profundidad de semi-detalle, ya que para estudios de gran visión las fotografías blanco y negro son suficientes.

En aspectos hidrológicos estas películas nos proporcionan un contraste en la tonalidad bastante definido; azul intenso en los cuerpos de agua, que varía de más oscuro a más claro, dependiendo de la profundidad o de la presencia de concentraciones salinas ( o de otras ) en el agua.

En aspectos de vegetación nos proporciona un contraste en la tonalidad bastante marcado entre; vegetación sana y enferma; vigorosa y raquílica; diferentes géneros o familias.

En aspectos edáficos nos muestran contrastes en tonalidades bien marcados entre las diferentes condiciones del suelo, así tenemos:

Suelos con vegetación	-	Rojo fuerte.
Suelos con pasto	-	Rojo semi-intenso
Suelos sin vegetación	-	Blanquecino.
Suelos con humedad	-	Gris pizarra.

Estas son en términos generales las experiencias obtenidas en el empleo de este tipo de películas, cabe hacer notar que por falta de tiempo así como por no contar con un enfoque multidisciplinario, no fue posible abundar más sobre las ventajas de esta técnica en los demás campos de la ciencia y la tecnología.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS  
SUBSECRETARIA DE PLANEACION  
DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS

ESTUDIO DE FOTOINTERPRETACION EN LAS LAGUNAS  
LA JOYA Y BUENAVISTA DEL ESTADO DE CHIAPAS



SECRETARIA  
DE  
RECURSOS HIDRAULICOS

"AÑO DE JUAREZ"

DIRECCION DE ESTUDIOS  
DEPTO. DE FOTOGRAMETRIA Y  
FOTOINTERPRETACION

MEMORANDUM NUM. 4.4.1.- 1187

México, D.F., 25 de Octubre de 1972.

C. ING. AUGUSTO HERNANDEZ MALDONADO  
DIRECTOR DE ESTUDIOS  
P r e s e n t e .

Tengo el gusto de enviar a usted el "ESTUDIO DE FOTOINTERPRETACION DE LAS LAGUNAS LA JOYA Y BUENAVISTA DEL ESTADO DE CHIAPAS".

En este Estudio se presentan los resultados de la interpretación del uso del terreno, en fotografías pancromáticas e infrarrojo color que cubren las lagunas La Joya y Buenavista. Las fotografías blanco y negro a una escala de 1:30 000 y de 23 X 23 cms, se obtuvieron en un vuelo efectuado en el año de 1964 por la Cía Aerofotogrametría, S.A. y las fotografías infrarrojo color a escala 1:10 000 de 17 X 17 cms, en un vuelo efectuado en el año de 1971 por el personal de fotografía de este Departamento.

El presente Estudio tiene por objeto proporcionar los datos básicos que permitan planear las diferentes obras que se piensan implantar en las lagunas La Joya y Buenavista, para incrementar la producción pesquera y mejorar el medio acuático de los crustáceos y otras especies valiosas que en ellas se encuentran.

Como resultado de la fotointerpretación, en este Estudio se presenta fundamentalmente el Plano N°4 que contiene la interpretación del uso del terreno elaborado con fotografías pancromáticas y el Plano N°7 con la interpretación del uso del terreno, obtenido con las fotografías infrarrojo color.

Para corroborar la fotointerpretación efectuada en gabinete, se llevó a cabo una visita a la zona que permitió ampliar la información disponible. El apoyo terrestre se basó en un mosaico rectificado con fotografías blanco y negro, escala 1:20 000.

Deben señalarse aquí las facilidades otorgadas para la elaboración de este Estudio, por la Gerencia General del Estado de Chiapas; con la cual, se mantuvo estrecha comunicación y coordinación. Asimismo, con la Dirección de Acua-



DIRECCION DE ESTUDIOS  
DEPTO. DE FOTOGRAMETRIA Y  
FOTOINTERPRETACION

"AÑO DE JUAREZ"

MEMORANDUM NUM. 4.4.1.1187

H O J A N° 2

SECRETARIA  
DE

RECURSOS HIDRAULICOS

cultura para conocer las necesidades y objetivos que persiguen las obras por efectuar en el sistema de lagunas La Joya y Buenavista.

Por último, me permito recomendar que dentro de los programas de estudio que en la Dirección de Acuicultura se llevan a cabo, y en los que quedan comprendidos los aspectos del inventario de las lagunas litorales de nuestro país, se incluyan los levantamientos aerofotográficos y de fotointerpretación, como éste que estoy sometiendo a su consideración, que pueden ser desarrollados en la Dirección de Estudios en colaboración con la de Acuicultura.

A T E N T A M E N T E  
EL JEFE DEL DEPARTAMENTO

ING. ERNESTO PRYEGO PEREZ

ANEXO.-

c.c.p. C. Ing. Fernando García Simo.-Subdirector de Estudios.-  
Presente.

EPP'mcgv.

# I N D I C E

	PAGINA
I. ANTECEDENTES	1
1. Generalidades	1
2. Objetivos	3
II. LOCALIZACION GEOGRAFICA	4
III. FOTOINTERPRETACION	5
1. Vegetación Arbórea	6
2. Vegetación de Mangle	6
3. Vegetación Secundaria	8
4. Monte Bajo	8
5. Zonas Desmontadas	8
6. Pasto Inducido	9
7. Pasto Halófito Natural	9
8. D u n a s	10
9. Suelos Arenosos	10
10. Cuerpos de Agua	10
11. Erosión Hidráulica	10
IV. VERIFICACION DE CAMPO Y VISITA TECNICA A LAS LAGUNAS	11
V. RECOMENDACIONES GENERALES	11
VI. C R E D I T O S	13



## ESTUDIO DE FOTOINTERPRETACION DE LAS LAGUNAS LA JOYA Y BUENAVISTA

### ESTADO DE CHIAPAS

#### I. ANTECEDENTES

El Estado de Chiapas, con una superficie de 74 415 Km<sup>2</sup>, está situado en la parte oriental del Istmo de Tehuantepec, en el sureste del país; limita al sur con el Océano Pacífico, al oeste con el estado de Tabasco y al este con la República de Guatemala. En su morfología, Chiapas tiene varios elementos bien diferenciados, que se extienden en dirección SE-NW, de los cuales, el principal es la Sierra Madre de Chiapas, que alcanza una altura de 1 500 m en el NW y hasta 3 000 m en el SE. Inmediatamente al sur de la Sierra se encuentra la Planicie Costera, con un promedio de anchura de 30 Km, y que terminan en el Océano Pacífico.

El presente Estudio comprende la Planicie Costera, donde se encuentra una serie de lagunas con una extensión aproximada de 13 850 Has, que presentan peculiaridades de interés para su aprovechamiento y desarrollo pesquero.

1. Generalidades.- Sobre Climatología, Hidrología y Vegetación de la planicie costera de Chiapas.
  - A. Climatología.- De acuerdo con el mapa de climas de Chiapas y Tabasco, elaborado según el sistema Koeppen, se tiene en la planicie costera un clima (Amwg), tropical lluvioso, con intensas lluvias monzónicas en verano. La temperatura máxima ocurre con anterioridad al solsticio de verano.
  - B. Hidrografía.- El curso de los ríos del declive Pacífico es,

por lo general, perpendicular a la dirección de la Sierra, — con excepción del curso superior del río Huixtla que corre paralelo a la misma.

El escurrimiento de los ríos producido por la alta precipitación pluvial de la zona, y el grado de sedimentación sobre la planicie costera son en general altos, y sirven como drenaje a las aguas interiores a que dan origen.

- C. Vegetación.— Un bosque húmedo tropical y subtropical de verdor permanente cubre las faldas del declive sureste de la sierra, a una altitud que va de 150 a 1 300 m. Este bosque se caracteriza por la variedad de sus especies y formas así como por la gran magnitud, densidad y cantidad de sus componentes. Las especies más importantes son los árboles de 20 a 40 m de altura, pertenecientes muchos de ellos a la clase de las maderas preciosas y útiles, como el cedro español (*Cedrela onorata*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), la ceiba y el pochote (*Eriodendran spez*), el zapote (*Lucuma mamosa*) y el liquidambar (*Liquidambar straciflua*).

A lo largo de las corrientes de agua, desde una altitud — aproximada de 500 metros, se halla un monte bajo de helechos de 6 a 8 m de altura, aparte arbustos y árboles que forman un conjunto tupido. Hay acacias con grandes hojas y Epifitas — (orquideas). Hacia la costa, los bosques de verdor permanente se transforman en bosques secos de hojas caducas, crecen — menos los árboles, aparecen otras especies y se extiende la — yerba por el suelo. En los llanos de la costa (sobretudo en el SE) alternan tramos de verdor permanente y de llanuras herbáceas de tipo sabana, mientras que en la desembocadura de — los ríos, detrás de los médanos, se extienden pantanos con —

acacias y cactáceas compuestas de plantas acuáticas, flotantes y de yerbas. En los esteros y lagunas hay profusión de bosques de mangle.

## 2. Objetivos

En el sistema lagunario del Estado de Chiapas, se piensa desarrollar un conjunto de obras cuyas metas son lograr un incremento de la producción pesquera y una mejoría del medio acuático de los crustáceos y otras especies valiosas.

En términos muy generales, las obras de mejoramiento pesquero que se piensan implantar en las lagunas La Joya y Buenavista, -- son, entre otras las siguientes:

- A. Un canal de intercomunicación desde el Mar Muerto hasta el extremo noroeste de la laguna La Joya.
- B. Una estructura de control en el canal Mar Muerto -- Laguna La Joya.
- C. Un canal artificial entre la barra de San Marcos hasta la Laguna La Joya.
- D. Una estructura de control en el canal barra de San Marcos -- Laguna La Joya.

El presente Estudio tiene por objeto proporcionar los datos fundamentales y elementos de juicio que auxilien a la Dirección de Acuicultura en la planeación de las diferentes -- obras que dentro del manejo del habitat se piensan implantar

para el desarrollo de las lagunas La Joya y Buenavista.

## II. LOCALIZACION GEOGRAFICA

El sistema de lagunas y estuarios La Joya y Buenavista, que tiene un área utilizable aproximada de 5 350 Has, forma parte del conjunto lagunar en el Estado de Chiapas. Se encuentra localizado entre los  $15^{\circ}49'$  y  $15^{\circ}53'$  de latitud norte y los  $93^{\circ}35'$  y  $93^{\circ}46'$  de longitud oeste, véase Plano N° 1.

De las carreteras nacionales que comunican el Estado de Chiapas, las más importantes son las números 190 y 200.

La Carretera Nacional 190, que se interna al estado por el extremo oeste de la Sierra Madre de Chiapas, por donde sigue su recorrido pasando por Tuxtla Gutiérrez, San Cristobal de Las Casas y Comitán y termina en ciudad Cuauhtémoc en el extremo este del Estado, frontera con Guatemala.

La Carretera Nacional 200, que parte de la población de Arriaga y recorre toda la planicie costera del Pacífico, pasando por las poblaciones de Tonalá, Pijijiapan, Mapastepec, Huixtla, Tapachula, Talismán y ciudad Hidalgo en la frontera con Guatemala donde termina su recorrido.

La principal vía de acceso terrestre a la zona en estudio es a través de la Carretera Nacional 200, de donde parte, de Tonalá hacia el sur, un camino revestido que termina en Puerto Arista; de aquí sale otro camino de menor importancia que corre por toda la costa sur de las lagunas, pasando por las poblaciones de Santa Rosa y Buenavis-

ta en el extremo SE. A esta población llega también un camino que baja de Tres Picos.

La única zona comunicada por ferrocarril es la planicie costera - del Pacífico, la cual recorre, pasando por Arriaga, Tonalá, Tres Picos, Pijijiapan, Mapastepec, Acapetagua, Huixtla, Tapachula y ciudad Hidalgo.

### III. FOTOINTERPRETACION

La fotointerpretación del área que cubre las lagunas La Joya y Buenavista, consistió principalmente en obtener una clasificación del uso del terreno. Para ello se utilizaron dos tipos de fotografías: - blanco y negro a una escala de 1:30 000 y de 23 X 23 cms, de un vuelo efectuado en el año de 1964 y fotografías en infrarrojo color, escala 1:10 000 de 17 X 17 cms, de un vuelo efectuado en el año de 1971, véase Planos Nos. 5 y 6.

Con objeto de corroborar la fotointerpretación efectuada en gabinete, se hizo una visita a la zona que permitió obtener la verificación de campo. Para el apoyo terrestre e identificación se utilizó - un mosaico rectificado, con fotografías blanco y negro a una escala - de 1:20 000, elaborado en 1967 por la Dirección de Asuntos Agrarios y Colonización.

El resultado de la fotointerpretación realizada con los dos tipos de fotografías, aparece consignado en los Planos Nos. 2, 3, 4 y 7 respectivamente.

Por medio de la fotointerpretación, la verificación de campo, así como con el mosaico rectificado de que se dispuso, fue posible identificar los aspectos cartográficos tales como poblados, caminos, carre-

metros de altura, aunque casi siempre es más baja; ocupa generalmente las zonas inundadas. En las lagunas La Joya y Buenavista - el mangle cubre una gran extensión, en casi toda la porción sur de las mismas, véase Fotos Nos. 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

Los principales y casi únicos componentes arbóreos de los manglares son: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* y *Conocarpus erectus*, véase Fotos Nos. 6, 8, 3 y 4 respectivamente.

En las fotos pancromáticas se puede reconocer con cierta facilidad el mangle *Avicennia* por el matiz gris y su aspecto granuloso, en comparación con el color negro o gris oscuro y sin granulaciones de los tipos *Rhizophora* o *Laguncularia*. El *Laguncularia* - es, sin embargo, difícil de interpretar.

En las fotos infrarrojo color el tipo *Avicennia* da una coloración roja (Foto N° 2); el *Conocarpus*, un color intermedio entre - azul morado y gris y a veces rosado (Foto N° 2); el *Rhizophora*, - aparece rojo escarlata (Foto N° 5) y el *Laguncularia*, rojo o azul (Foto N° 7).

En la laguna La Joya, el mangle cubre aproximadamente el 60% de su superficie. En la laguna Buenavista el porcentaje de mangle es menor, aunque también es de consideración.

En conjunto, la vegetación de manglar se localiza en la parte sur de las dos lagunas y alrededor de ellas formando cordones y - pequeños grupos que rodean las zonas inundadas en las partes norte, este y oeste de las mismas.

### 3. Vegetación Secundaria

Esta vegetación es producto de los desmontes que el hombre ha he con fines agropecuarios, véase Foto N° 1.

Por medio de la fotografía aérea infrarroja se pudieron observar con mayor precisión las áreas cubiertas por pastos. Esta diferenciación no fue posible hacerla en las fotografías pancromáticas.

La vegetación secundaria que rodea a las lagunas La Joya y - Buenavista es del tipo semileñoso y de matorral, con menos de 4 - metros de altura. Es muy probable que las áreas cubiertas por esta vegetación se dedicaran, en la época previa a la toma de las - fotos, para fines agrícolas o de pastoreo y posteriormente abandonadas, dando lugar a este tipo de vegetación.

### 4. Monte Bajo

La vegetación menos desarrollada y densa, posiblemente por - las condiciones edáficas, se denomina monte bajo, véase Foto N° 9.

En el cerro de San Bernardo, localizado al noroeste de las lagunas, además de la vegetación arbórea se observa vegetación de - monte bajo, alternando con aquélla y con las zonas desmontadas.

### 5. Zonas Desmontadas

Estas zonas se identifican en las fotografías por la tonalidad blanquecina, lo que indica la falta de cobertura vegetal. Las zonas desprovistas de vegetación son aquellas que fueron desmontadas o bien se encontraban en barbecho un tiempo antes de la toma

de las fotografías infrarrojo color, véase Foto N° 9.

En el cerro de San Bernardo y partes circunvecinas aparecen grandes extensiones de terrenos desforestados y expuestos al intemperismo, ocasionado por la pérdida de la cubierta vegetal. En las zonas de marismas se observan también partes desprovistas de vegetación.

#### 6. Pasto Inducido

En este concepto se incluyen aquellas zonas que estaban cubiertas por pastizales naturales antes de la toma de las fotografías y que, posteriormente, para incrementar su desarrollo con fines de ganadería fueron desmontados para establecer en ellas praderas naturales o artificiales, véase Foto N° 10.

Con excepción de los pequeños manchones de vegetación arbórea y secundaria ya descritos, prácticamente toda el área que rodea a las lagunas está cubierta por pastizales inducidos o cultivados.

#### 7. Pasto Halófito Natural

La identificación de estos pastos se hace, en relación con la de los inducidos o cultivados, tomando en cuenta su localización geográfica ya que por el tono o textura no se nota ninguna diferencia en las fotografías. El pasto halófito es altamente resistente a la salinidad de las zonas temporalmente inundadas o marismas, véase Foto N° 11.

En la zona de las lagunas La Joya y Buenavista el pasto halófito ocupa una franja angosta que corre a todo lo largo de la costa. En las marismas localizadas al noroeste de la laguna Buena-



vista, también se observa este tipo de pasto.

#### 8. Dunas

Por medio de las fotografías aéreas, pudo observarse que en la parte norte de las lagunas La Joya y Buenavista se han formado zonas de dunas arenosas. Estas dunas se localizan también en la zona limítrofe de las lagunas con el mar.

#### 9. Suelos Arenosos

En la parte noroeste de la laguna Buenavista se observan suelos arenosos que no llegan a constituir dunas o playas. En las fotografías aéreas aparecen de un color blanquecino por estar carentes de vegetación; también aparecen en la parte sur de las dos lagunas.

#### 10. Cuerpos de Agua

Se incluyen a las lagunas, lagunetas, arroyos y canales, así como presas y pequeños estanques, véase Fotos Nos. 2, 5 y 7.

Los cuerpos de agua en las zonas de las lagunas La Joya y Buenavista son fácilmente identificables en las fotografías aéreas blanco y negro; sin embargo, en las de infrarrojo color aparecen con mayor nitidez, por su color azul intenso, todos los cuerpos de agua, así como los canales de comunicación entre las lagunas y entre éstas y el mar.

#### 11. Erosión Hidráulica

Dentro de la zona que comprende a las lagunas no hay terrenos

erosionados, a excepción de una pequeña zona próxima a un arroyo que desfoga en la laguna Buenavista; en este caso, el arrastre de material es provocado por dicho arroyo.

#### IV. VERIFICACION DE CAMPO Y VISITA TECNICA A LAS LAGUNAS

Con objeto de corroborar la fotointerpretación de la zona de las lagunas la Joya y Buenavista, y ampliar la información respecto a las mismas, se hizo una visita a la zona.

Como resultado del recorrido terrestre y de la encuesta que se llevó a cabo, se pudieron verificar y corregir algunos datos relativos a la toponimia, caminos y aspectos topográficos. Asimismo, se pudo recabar y ampliar la información sobre el desarrollo pesquero, agrícola y ganadero de la zona, además de lo referente a los cooperativistas que explotan los recursos pesqueros de las lagunas y la explotación que se dedica a los renglones de ganadería y agricultura.

Por ejemplo, se observó ganado cebú, suizo y sus cruza. Se encontraron también pastos naturales que sirven al pastoreo; así como zonas con cultivos de maíz y plátano en la ribera entre el ferrocarril que va a Tres Picos y la laguna La Joya y Buenavista. En el aspecto pesquero se recabó información sobre las especies que se pescan en las lagunas y estuarios, entre las que destacan, además del camarón que es el de mayor importancia comercial, mojarra, robalo, sabalote, bagre, lisa y otros.

#### V. RECOMENDACIONES GENERALES

Estas recomendaciones se formulan con la mira de completar el pre

sente estudio conforme a los objetivos que se persiguen.

1. Ampliar los estudios, como el que lleva a cabo actualmente el Instituto de Geofísica de la U.N.A.M., que consiste en medidas de - pH, salinidad, contenido de oxígeno y temperatura de las aguas, - haciendo localizaciones precisas de las estaciones y mediciones - que relacionen dichos parámetros con la fauna y flora de las lagunas. Además, es conveniente la obtención de otros parámetros físicos, como coloración y turbidez del agua y velocidad del agua - en la boca.
2. En las lagunas La Joya y Buenavista existe, de acuerdo con los datos obtenidos en la zona, épocas de marcado aumento y disminución en la producción, cuyas causas sería interesante investigar. Una manera sería realizando vuelos aerofotográficos en diferentes épocas del año, con el fin de detectar algunos de los parámetros físicos que en ella influyen.
3. Obtener datos de batimetría, aforos de corrientes y volumen de la cuña de marea, así como la cantidad de azolves que arrastran las corrientes de agua dulce hacia las lagunas y el que pasa a través de la boca. Los estudios técnicos antes mencionados son necesarios para tomar cualquier decisión sobre obras de ingeniería civil a realizar en las lagunas.
4. Continuar con la importante labor social que la Dirección de Acuicultura lleva a cabo entre los cooperativistas y las que impliquen elevación del nivel cultural e higiénico de la comunidad, así como las campañas de promoción entre la población para dar a conocer las obras por emprender y los fines que con estas se persiguen.

**VI. C R E D I T O S**

En el presente estudio de fotointerpretación elaborado en el Departamento de Fotogrametría y Fotointerpretación, intervinieron los siguientes elementos de su personal, a quienes aquí se reconoce y agradece su valiosa colaboración:

**Fotografía Aérea y Laboratorio****Fotográfico:**

C. José Arreguín Vera  
C. Enrique Trejo Romero  
C. Leopoldo Espinosa Domínguez  
C. H. Renán Aguayo Puerto

**Fotointerpretación y Verificación de Campo:**

C. Tte. Cornl. Humberto Ricalde Lugo  
C. Tte. J. Ricardo Guzmán Nava  
C. Lic. Juan Najera Ayala

**Visita Técnica y Encuesta en la Zona:**

C. Lic. J. Armando Díez Pérez

**ANEXO N° 1. FOTOGRAFÍAS**

## VII. A N E X O S

### 1. Fotografías

- Nº 1. Vegetación Arbórea y Vegetación Secundaria
- Nº 2. Vegetación de Mangle Tipo Avicennia y Cuerpos de Agua (Infrarrojo Color)
- Nº 3. Mangle Tipo Avicennia
- Nº 4. Mangle Tipo Conocarpus
- Nº 5. Mangle Tipo Rhizophora y Cuerpos de Agua (Infrarrojo Color).
- Nº 6. Mangle Tipo Rhizophora
- Nº 7. Mangle Tipo Laguncularia y Cuerpos de Agua - (Infrarrojo Color)
- Nº 8. Mangle Tipo Laguncularia
- Nº 9. Monte Bajo y Desmonte
- Nº 10. Pasto Inducido
- Nº 11. Pasto Malófito Natural

### 2. P l a n o s

- Nº 1. Localización Geográfica
- Nº 2. Fotogeología
- Nº 3. Fotoidentificación
- Nº 4. Interpretación del Uso del Suelo de Fotografías Blanco y Negro y Clave de la Clasificación
- Nº 5. Localización de las Líneas en Películas a color e Infrarrojo color
- Nº 6. Fotoíndice
- Nº 7. Interpretación del Uso del Terreno de Fotografías Infrarrojo color ( Siete Hojas )



FOTO N° 1. VEGETACION ARBOREA Y VEGETACION SECUNDARIA



FOTO N° 2. VEGETACION DE MANGLE AVICENNIA Y CUERPOS DE AGUA  
( INFRARROJO COLOR )



FOTO N° 3. MANGLE TIPO AVICENNIA



FOTO N° 4. MANGLE TIPO CONOCARPUS





FOTO N° 5. MANGLE TIPO RHIZOPHORA Y CUERPOS DE AGUA  
( INFRARROJO COLOR )



FOTO N° 6. MANGLE TIPO RHIZOPHORA

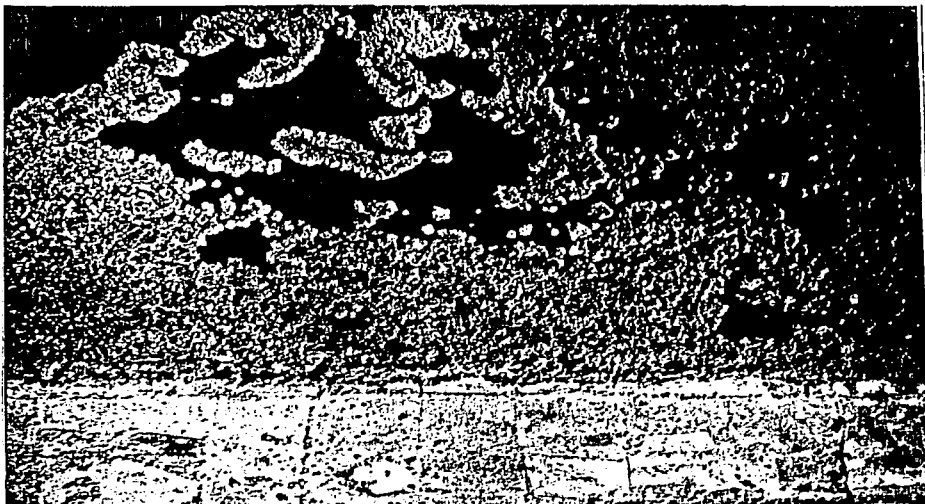


FOTO N° 7. MANGLE TIPO LAGUNCULARIA Y CUERPOS DE AGUA  
( INFRARROJO COLOR )

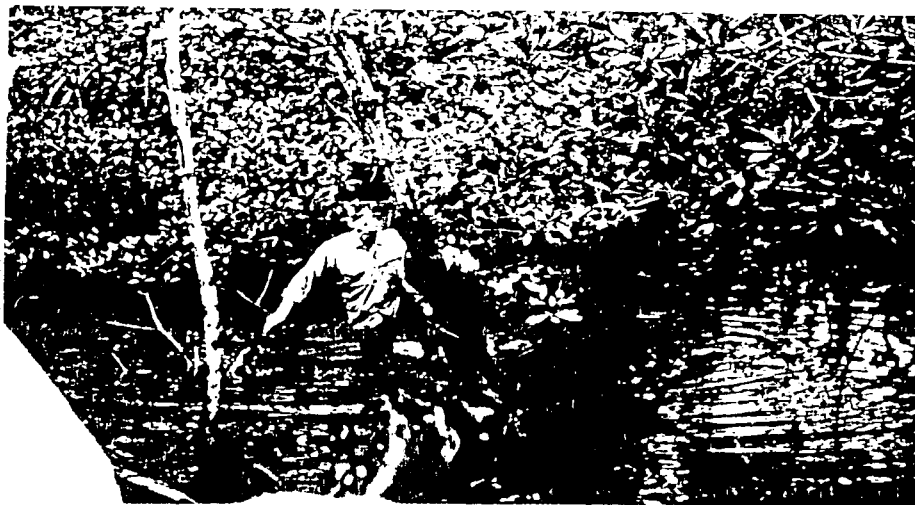


FOTO N° 8. MANGLE TIPO LAGUNCULARIA



FOTO N° 9. MONTE BAJO Y DESMONTE



FOTO N° 10. PASTO INDUCIDO



FOTO N° 11. PASTO HALOFITO NATURAL Y MANGLE

**A N E X O   N °   2 .   P L A N O S**

DIRECCION DE INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS  
DEPARTAMENTO DE PERCEPCION REMOTA

CLASIFICACION EMPLEADA EN EL TRABAJO DE LAS LAGUNAS  
LA JOYA Y BUENAVISTA

Nº DE COLORES EMPLEADO

- 1.- VEGETACION ARBOREA
- 2.- VEGETACION SECUNDARIA
- 3.- ZONA DESMONTADA
- 4.- PASTO INDUCIDO
- 5.- DUNAS
- 6.- VEGETACION DE MANGLE
- 7.- SUELOS ARENOSOS
- 8.- CUERPOS DE AGUA
- 9.- EROSION HIDRICA LEVE
- 10.- MONTE BAJO
- 11.- PASTO HALOFITO NATURAL

## BIBLIOGRAFIA

Memoria de la reunion de cartas especiales ,Ottawa Canada 1965,  
p. 29 , 36 , 57

G. Rabchevsky . 1970 , Journal of remote sensing , San Fran --  
cisco , vol. 1 num. 4 p. 5, 15 - 17

Moncayo Ruiz , Estrada Escobar . 1970 , Manual para uso de -  
fotografías aéreas en dasonomía , México,D. F. publicación -  
núm. 16 del I . N . F .

Veloze Figueroa . 1970 , La fotografía aérea y sus aplicacio-  
nes en geografía y geomorfología , Santiago de Chile, publi-  
cación núm. 17 de la Universidad Católica de Chile

Fortunato Martínez Marías . 1971, Utilización de la fotografía  
a color y en infrarojo para estudios de tierras de riego en -  
México , México D.F. , vol. XXV - 1971,p. 236-244

Avery T. Eugene . 1970 , Photointerpretation for land managers,  
Rochester N.Y. ,publicación M-76 Eastman Kodak Company

García Sino F. 1969, Boletín núm. 6 Recursos Hidráulicos,Méx.

Federico Peña . 1971, V congreso nacional de la ciencia del -  
suelo, Guadalajara , Jalisco