

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



MAPEO DE LA SALINIDAD DEL SUELO DE LA
PARTE SUROESTE DE GALEANA, N.L. USANDO LA
TECNICA DE SENSORES REMOTOS.

SEMINARIO

(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

ARTURO MORALES MORENO

040.631
FA 12
1986

T
S595
M6
c.1

MARIN, NUEVO LEON

JUNIO DE 1986.

040.631

FA 12

1000

T

S595

M6

C.1



1080063988

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



MAPEO DE LA SALINIDAD DEL SUELO DE LA
PARTE SUROESTE DE GALEANA, N.L. USANDO LA
TECNICA DE SENSORES REMOTOS.

SEMINARIO

(OPCION II-A)

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

ARTURO MORALES MORENO

MARIN, NUEVO LEON

JUNIO DE 1986.

001724 *AM*

40.63

FA12

198

se.



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

Handwritten signature



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

TITULO:

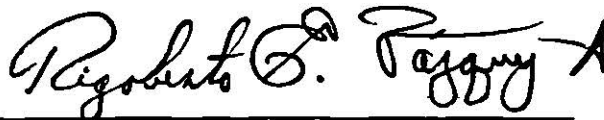
**MAPEO DE LA SALINIDAD DEL SUELO DE LA PARTE SUROESTE DE GALEANA, N.
L. USANDO LA TECNICA DE SENSORES REMOTOS.**

SEMINARIO DE TESIS OPCION (II-A)

Que presenta ARTURO MORALES MORENO como requisito parcial para obtener el titulo de:

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA.

COMISION REVISORA.



**PHd. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO
ASESOR PRINCIPAL**



**PH.d RATIKANTA MAITI
ASESOR AUXILIAR**



**ING. MARTIN ROCHA RAMIREZ .
ASESOR AUXILIAR.**

DEDICATORIA

Con cariño y respeto a mis padres el siguiente trabajo,

SR. MARCIAL MORALES SOLIS

Por haberme dado la confianza que necesitaba, y por el gran apoyo económico y moral durante el difícil trayecto de mi carrera, también por exigirme rendimiento en mis estudios, a lo cual agradezco con todo corazón y respeto pues formó parte de mi desarrollo - como futuro profesionista.

SRA. DOLORES MORENO ALVARADO

Quién me dió el ser, y quién caminó junto conmigo ayudándome y -- orientándome. Por sus constantes desvelos y que en las buenas y - en las malas siempre tuvo la paciencia necesaria para sacarme ade lante con amor y fé, a quién constituye el primer pilar de mi vida y que día con día me refuerza con su humilde y sencilla pero .. correcta sabiduría.

Gracias a Dios por conservármela.

A MIS ABUELOS (+)

JUAN DELGADO Y GUMERSINDA SOLIS

Por sus constantes consejos y rezos día con día ayudaron al desen
volvimiento de mi persona en el transcurso de mi vida.

A MIS HERMANOS

EVA

BONIFACIO

MA. DE JESUS

FEDERICO

NATALIA

ROSA

BRAULIO

CECILIA

Por su gran ayuda prestada a mi persona.

A MIS TIOS.

INES MORENO, NIEVES MORENO, CONCEPCION MORENO, REFUGIO MORENO, -
SOFIA MORENO, ANGEL MORALES, MELQUIADES MORALES, RITA E ISABEL -
MORALES, FERNANDO, JUAN y REYES MORALES.

Por su ayuda y consejos.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

Que me dió hogar para poder desarrollar mis inquietudes personales.

Al PHd. Rigoberto E. Vázquez Alvarado.

Como Asesor Principal por sus grandes consejos y ayuda para la realización del presente trabajo, por la comprensión que me dió a sentir como maestro y como amigo en la ubicación de los problemas que se presentaron.

Al Ing. Martín Rocha.

Por la colaboración en asesoramiento y aportación de material para la realización del presente trabajo.

Al Ing. Roberto Carranza

Por coadyuvar en el asesoramiento del presente trabajo.

A la Srta. Josefina Tijerina Z.

Por su colaboración y ayuda mecanográfica de éste seminario.

INDICE DE TABLAS

TABLA		Página
1	Características de la longitud de onda, con respecto a los aspectos físicos que presenta el suelo.	59
2	Relación de superficies afectadas por - salinidad en el Estado de Nuevo León .	64

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	El Espectro Electromagnético	30
2	Haz de Ondas Electromagnéticas	32
3	Transmitancia de la Atmósfera para una trayectoria horizontal al nivel del -- mar conteniendo 17 mm. de agua precipi- tada	36
4	La Cámara Aérea Convencional	39
5	La Cámara Aérea Panorámica	39
6	Cámara Aérea Multiespectral de cuatro- lentes	41
7	Configuración del barrido sobre el te- rreno	44
8	Esquema del Mapeador Térmico o Barre- dor Óptico mecánico	44
9	Configuración del barrido del radar -- aéreo de vista lateral	47
10	Diagrama mostrando la forma en que se- registra en la película fotográfica la escena terrestre de interés	47

FIGURA		Página
11	Esquema de un barredor Multiespectral-	50
12	Partes de un Satélite	53
13	Modelo típico de un sistema de percep- ción remota	54
14	Fotografía aérea, reinterpretada, con sus diferentes rangos de salinidad y- puntos de verificación	62
15	Fracción de carta definitiva de suelos afectados por diferentes grados de sa- linidad,	63

RESUMEN

Los sensores remotos como una tecnología dentro de las innovaciones del mundo representa para la agricultura, una de las mejores alternativas en la economía mundial.

Trabajos realizados por algunos investigadores, han demostrado que la acumulación de sales en el suelo, trae como consecuencia que se afecte el crecimiento de la planta en forma diferente, uno de los problemas mas comunes sería, la restricción de absorción de agua como un resultado del aumento de la presión osmótica de soluciones salinas en el suelo.

La conductividad eléctrica del suelo, la temperatura de las plantas y la humedad del suelo, son factores que están directamente relacionados con la salinidad; estas características constatadas por medio de la fotografía aérea con sus tonos de gris nos determinan diferentes rangos de variación de la salinidad, dentro de lo que es cartografía.

Los diferentes tipos de suelo y plantas (indicadoras), con características propias, pueden determinar diferentes grados de salinidad.

Las imágenes también con sus diferentes tonalidades pueden determinar los rangos de salinidad existentes en el suelo.

Mediante los sensores remotos, se puede sacar información de los cuerpos terrestres, las radiaciones emitidas por cualquier cuerpo en la tierra con diferente longitud de onda son captadas por el aparato sensor y a su vez pasan a ser grabadas en cintas de acuerdo a las características de los colores y tonos de gris en las imágenes y fotografías aéreas.

El área de estudio se ubicó en forma cartográfica en la parte suroeste de Galeana, N.L. con las siguientes coordenadas: Latitud Norte desde 24°34' hasta 24°40' y con una longitud de 100°11' hasta 100°18' contando con una superficie de 14,374.5 Has., menor a el área presentada para el municipio de Galeana, N.L. la cual presenta niveles de salinidad diferentes, salinidad leve (S) con 20,174 Has., salinidad moderada (S⁺) con 21,298 Has. , salinidad fuerte (S⁺⁺) con 34,927-Has., Salinidad muy fuerte (S⁺⁺⁺) con 22,583 Has., y que cuenta con una superficie total de 715,460 Has., de la cual, - - - 99,477 Has. están afectadas por algún nivel de sal.

De el total de municipios en Nuevo León, los que tienen más problemas de sales son Galeana, Anáhuac y China. Presentándose dicho problema en zonas de riego y/o inundación y en zonas altamente salitrosas.

SUMMARY

The remote sensing like a technology in the innovations of the world represents for the agriculture, one of the best alternatives in the economy of the world.

Jobs realized by some investigators, have demonstrated that the accumulation of salts on the ground, therefore bring as a consequence that -- can affect the growth of the plant in a different way, one of the most -- common problems would be, the restriction of absorption of water like a result of increasement of the osmotic pression of saline solutions in the -- ground.

The electric conductivity of the ground, the plant temperature and the soil water are factors that are directly related with the salinity, these characteristics are answered by the aerial photography with their tones of gray determining different ranges of variation of the salinity, within the cartography.

Different types of ground and plants can determine different grades of salinity.

Also the satellite images with their different tonelities can determine the ranges of salinity of the ground.

With the remotes sensing you can obtain information of the terrestrial water bodies. The radiations emitted by any type of body on the earth with different wave lengths are caughted by the sensory apparatus and at the same time they are recorded with the characteristics of the colors and tones of gray in the images and aerial photography.

The area of study was located in the south part of Galeana, N.L. -- with the following coordinates: North latitud from 24°34' un to 24° 40'--

and with a length of 100°18' giving a surface of 14,374.5 which is less - than the area presented by the municipality of Galeana, N.L. which presents a ground with different salinity levels; light salinity (S) with 20,174 has, moderate salinity (S⁺) with 21,298 has, strong salinity (S⁺⁺) with 34,927 has, and very strong salinity (S⁺⁺⁺) with 22,583 has, this counts with a total surface of 715,460 has, which 99,477 has, are affected by some level of salinity.

From the total municipalities of N.L. the zones that have more problems of salinity are Galeana, Anahuac and China. Irrigated areas, water-flow and zones with high salinity problems present these problems.

INDICE

	Página
INDICE DE TABLAS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vii
SUMMARY	ix
I.- INTRODUCCION	1
II.- JUSTIFICACIONES	2
III.- ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS	4
Suelos más importantes con características salinas - más palpables	18
Características de los suelos salinos	21
Plantas indicadoras de sal en el suelo	22
Espectro Electromagnético	28
Sensores	33
Ventanas Atmosféricas	34
Los sistemas fotográficos	35
Cámara convencional	38
Cámara Panorámica	38
Cámara Multibanda	40
El Barredor Óptico mecánico	42
El radar aéreo de vista lateral	46
El Satélite y sus características	51
IV.- MATERIALES Y METODOS	55
1.- Fotointerpretación	56
2.- Restitución a cartas topográficas de trabajo	57
3.- Verificación de campo	57

	Página
4.- Reinterpretación	57
5.- Carta definitiva	57
6.- Cuantificación	57
V.- RESULTADOS	60
VI.- CONCLUSIONES	65
VII.- SUGERENCIAS	67
VIII.- BIBLIOGRAFIA	69

I.- I N T R O D U C C I O N

El problema de la salinidad de los terrenos agrícolas y el estudio de las medidas para combatirlo, han sido motivo de interés, tanto por el incremento de los procesos de ensalitramiento y las pérdidas sufridas por las economías de los diferentes países afectados, como por las dificultades que se han presentado en la lucha contra éste fenómeno. Más aún ésta -- preocupación ha aumentado debido a la escasez actual de alimentos y a la mas crítica situación que se prevee para el futuro, puesto que las afectaciones salinas reducen o nulifican el rendimiento de los cultivos, sobre todo en áreas de riego que constituyen la agricultura mas segura y con mas fuertes -- inversiones de infraestructura. En el caso de México, se estima que la superficie afectada por sales es aproximadamente 3 millones de hectáreas las cuales se encuentran localizadas -- principalmente en los Distritos de Riego, a lo largo de todas las costas, en cuencas cerradas, en algunas regiones de las -- zonas áridas del país y en menor escala en las zonas húmedas. Esta superficie representa un 10% de los 30 millones de hectáreas que ocupan las superficies planas del país. Se reporta -- así mismo que en los Distritos de Riego existen 443,985 has. -- con problemas de salinidad, de un total de 2'642,758 estudiadas, que equivalen al 16%. Esto es de gran importancia ya que quedan improductivos terrenos y con un gran costo por unidad -- de superficie y de un alto rendimiento potencial.

II.-JUSTIFICACIONES

La recuperación de terrenos ensalitrados en México está supeditada a, los costos de recuperación que son altos, escasez de agua para lavado, principalmente en los distritos de riego del Norte del país; largos procesos de recuperación, lo que origina una amortización muy lenta de la inversión necesaria y durante éste período los terrenos no rinden beneficios económicos; falta de créditos refaccionarios aplicados a la recuperación de suelos, desarrollo insuficiente y desconocimiento de las técnicas de recuperación. Para planear programas de recuperación de estos terrenos es requisito contar con un plano de salinidad del suelo, y cuanto más preciso sea el plano de salinidad, mayor seguridad habrá del éxito de la planeación del programa de recuperación de suelos.

Uno de los planteamientos es utilizar métodos que nos permitan determinar inventarios de suelos a nivel Nacional con problemas de salinidad, con exactitud, así como la disposición de procedimientos rápidos y confiables que pueden ser utilizados sin contratiempos.

El método común, de campo se lleva a cabo por medio del levantamiento de inventarios periódicos de los avances de los suelos afectados por sales, y se lleva a cabo por medios directos en el campo.

El segundo método, depende fundamentalmente de medios de información de las sales en los suelos con mapas específicos, sacados de la fotografía aérea y otros medios utilizando sensores remotos.

Se escogen este tipo de métodos (segundo) porque se hacen inventarios de áreas extensas de suelos con problemas de salinidad, con una mínima cantidad de trabajo en el campo y de tiempo y costo considerablemente menores que los efectuados por el método de campo; además la disponibilidad de nuevos sistemas de recopilación, almacenamiento y procesamiento de datos que nos permite dar información clara y precisa para evaluar condiciones actuales de salinidad en el suelo en grandes áreas de terreno; sin destruir la forma Natural y Ecológica del medio ambiente.

En cambio por el método de Campo se requiere mas personal, más tiempo de trabajo, la cantidad de información que se obtiene es limitada y además implica costos altos, tiende a afectarse el medio ambiente, y es poca el área disponible a evaluar.

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es el de analizar la aplicación de los sensores remotos en aspectos de la ciencia del suelo, específicamente en zonas con problemas de sales y su cuantificación en formas claras y precisas, como son mapas de suelos con diferentes niveles de sal y sus características más importantes.

III.-ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

s. Peña (1968) desde la primera guerra mundial, se empezó a usar la interpretación de fotografías aéreas blanco y negro - con fines tácticos. Después de esta conflagración se empezó a utilizar la fotografía aérea en aspectos civiles, como en la agricultura, carreteras etc. En EE.UU. se reporta el uso de la fotografía aérea, como mapa base de estudios de suelos en 1929 en el condado Jennings, Indiana; así mismo en la URSS; - en el mismo año también en estudios de suelos relacionados -- con la utilización de la tierra. Para la segunda guerra mundial, se contaba con mejores cámaras aéreas, y debido a las - necesidades impuestas se encontró la forma de captar las ondas del "Cercano Infrarrojo" (0.7-0.9 micras) e inclusive el registro de estas ondas en emulsiones que responderían al color.

Estos desarrollos logrados durante la última guerra mundial, indicaban el gran interés y esfuerzo por lograr el mayor conocimiento posible a través de cualquier dispositivo de una gran diversidad de elementos de la superficie terrestre. La década de 1950-1960, dentro del aspecto civil, se puede señalar como la de máximo desarrollo en materia de foto interpretación aérea, en lo que va del siglo y mundialmente hablando. En esa década se empezó a hacer uso de la fotografía a color infrarrojo, blanco y negro y de color con aplicaciones en muchos campos como; levantamiento de suelos, geología, hidrología, vegetación, uso del suelo, plagas y enfermedades de --

los cultivos, vigor de los cultivos, predicción de producciones agrícolas, Urbanismo, Ingeniería Civil Arqueología, manejo de la vida silvestre y algunas otras. Por otra parte las guerras de esa década y el inicio de las investigaciones espaciales también señalan a esa época como el arranque de una -- nueva era dentro de lo que podemos llamar en forma general -- "Obtención de Información diversa de imágenes fotográficas lo gradas por diferentes dispositivos, Peña (1968).

Una definición más completa podría ser. "La sensibilidad remota es definida de acuerdo al grado de desarrollo de la -- tecnología e investigación científica actual tanto en EE.UU. -- como en la URSS., significa los efectos conjuntos al emplear -- sensores modernos; equipo de procesamiento de datos, teoría -- de información y metodología del procesamiento, teoría y dispositivos de comunicación; cosmonaves y vehículos aéreos terrestres y espaciales, así mismo, teoría y práctica de grandes sistemas con el objeto de llevar a cabo levantamientos diversos aéreos o espaciales de la superficie de la tierra.

En 1957, en EE.UU. representantes de las Industrias Químicas se entrevistaron con el consejo investigador de la Junta Nacional de Agricultura para plantearles el problema de cómo podrían obtener con precisión y en poco tiempo, información sobre detección, incidencia y pérdida en cultivos y bosques por enfermedades y plagas animales y vegetales para promover el desarrollo, procesamiento, distribución y mercadeo -- de pesticidas. Este problema es muy importante, ya que en 1954, por estos problemas se perdieron 7 mil millones de dólares, -

según datos proporcionados por el departamento de Agricultura de los EE.UU. De esta forma se constituyó un comité formado por físicos, ingenieros, estadísticos, fitopatólogos, forestales y economistas, para hacer investigaciones sobre fotografía aérea en la porción visible del espectro, sino también en el ultravioleta, infrarrojo visible, emisivo, y reflectivo microondas activa y pasiva, Peña (1968)

El comité quedó formalmente constituido en 1962. Este comité fué fundado por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) y el departamento de Agricultura. Estos miembros han actuado desde entonces como participantes y consultores para aquellas instituciones que al respecto de estos programas lleven a cabo programas de investigación como la Universidad de Purdue, las instalaciones del departamento de Agricultura de los EE.UU. en Weslaco, Texas y Berkeley California de Michigan, Peña (1968)

Esta circunstancia constituyó el punto de partida de una investigación intensa de la aplicación de la sensibilidad remota a Agricultura y Bosques, así como a otras ramas importantes para el desarrollo de la economía, percepción minera, petrolera y de aguas del subsuelo, oceanografía, glaciación, contaminación de la atmósfera y del agua.

Hernández (1980) en la primera década, la cantidad de satélites de investigación y de telecomunicaciones aumentará notablemente. Gran número de países, incluso países en desarrollo se han propuesto contar con ese medio para impulsar su progreso y mejorar el nivel de vida de sus habitantes. Des---

pués de los vehículos espaciales estadounidenses y soviéticos desde el Sputnik hasta las sondas Voyages, y del acoplamiento de las naves Soyus 19 y Apolo 18, la Industria espacial se encuentra hoy día con la demanda de un mercado "Sui generis"; a nivel nacional y regional, los satélites se están convirtiendo en artículos de primera necesidad.

"Hacia el año 2000, el producto bruto nacional de un país dependerá en gran medida de su habilidad para distribuir información de sus recursos naturales".

En el año 1962, Estados Unidos crea un organismo llamado COMSAT (Communication Satellite Corporation), para explotar la incipiente tecnología de satélites y planificar la política que el gobierno debería adoptar tanto interna como internacionalmente.

Desde luego, en la creación de este organismo, que tiene el estatuto de corporación privada, Washington siguió el trazo de las corporaciones propietarias de estas tecnologías y se repartió con ellas el poder de manejar dichos eventos. Junto con los representantes del gobierno, en el directorio de COMSAT, se encuentran básicamente cuatro grandes corporaciones; La ATT con (29% de las acciones), la ITT (10.5%), la RCA (2.5%), y la GTE-Sylvania (3.7%);

COMSAT: su función internacional, es aún más decisiva ya que es el órgano que administra desde el primer día de su fundación todo el sistema mundial de satélites de comunicaciones comerciales, como, (INTELSAT) integrado por unos 80 países de la órbita capitalista Yugoslavia y China Popular, son la --

excepción, las cuales firmaron contrato con RCA. Los miembros Latinoamericanos de la (INTELSAT) que son Argentina, Brasil, México, Chile, Perú, Panamá, Colombia, Venezuela y República Dominicana, Ecuador, Nicaragua, Guatemala a los cuales se está sumando Bolivia, Paraguay, Costa Rica, El Salvador, y Honduras; sin embargo por más que exista el nuevo estatuto EE.--UU. es el que decide y manipula las decisiones de la corporación.

Fix y López (1985) México como integrante del INTELSAT - realizó en 1981 gestiones con Estados Unidos y Canadá para poner en órbita los sistemas "Morelos" de satélites dado a conocer por el Gobierno Federal en 1983 (se llamaba "Ilhuicahua") El sistema consta de satélites contruidos por la (Hughes Communications Interations de los Angeles) y que representa una inversión aproximada de 150 millones de dólares y serán llevados al espacio en mayo y noviembre del año (1985).

En el 2ª viaje se prevee la presencia de un científico - mexicano a bordo de la nave; los satélites serán puestos en órbita "geoestacionaria" a 36000 km. de altura sobre la superficie terrestre (cada satélite tendrá una capacidad de 22 canales, que pueden radiar 32 señales de televisión o 16000 conversaciones telefónicas, cubriendo todo el territorio nacional. Uno de los satélites (el llamado redundante) estará siempre de reserva y preparado, para entrar en función si el otro falla. La vida útil de los satélites se calcula en 9 años.

Primero en Octubre de 1981 se pensó en dar facilidades a empresas privadas para explotar las señales de comunicación -

vía satélite, pero después con una nueva reforma en diciembre (1982) al artículo Constitucional, que define como función es tratégica y exclusiva del estado la "Comunicación vía satélite". Una reciente reforma a la ley de vías generales de comunicación (Diario Oficial 21/I/1985) reitera en un artículo -- "que" quedan reservados en forma exclusiva al gobierno federal el establecimiento de los sistemas de satélites, su operación y control y la prestación de servicios de conducción de señales por satélite, así como las estaciones terrenas con enlaces internacionales para comunicación vía satélite (que seguirá realizándose a través del INTELSAT).

Los usos potenciales de un sistema nacional de satélites son más evidentes; se prestaría servicio telefónico a casi -- cualquier población de la República; la Comisión Federal de -- Electricidad regularía por éste medio el envío de energía -- eléctrica; Petróleos Mexicanos tendría un control más efectivo de los sistemas de conducción de gas y petróleo, el sector salud se contaría instantáneamente con datos de historias clinicas y cuadros básicos; se abrirían nuevas posibilidades en el campo de difusión de programas, de capacitación a los maestros y enseñanza a los alumnos.

Palacios (1974) citado por Estrada menciona que "La metodología de muestreo de suelos salinos; es decir; la defini---ción de la secuencia y método de muestreo tamaño de muestra y desde luego, procesamiento ulterior de la misma, se establece básicamente en función de los objetivos de estudio y de la -- precisión requerida o recursos disponibles, según sea el gra-

o de variabilidad de las salinidades".

A.S.P. (1960) citado por Estrada argumenta que en los Estados Unidos E.U.A. se usaron por primera vez fotografías aéreas como planos base para realizar un levantamiento de suelos. En años recientes gracias al desarrollo de las técnicas fotográficas en lo concerniente a fotografías aéreas e infrarrojo, la ciencia del suelo ha recibido un gran aporte al ser usadas éstas en la cartografía de suelos.

Domínguez (1960) citado por Estrada probó en la Sierra Nevada de California que los tipos de suelos pueden localizarse y delimitarse más rápidamente y con mayor precisión al usar fotografías aéreas a color e infrarrojo que emplear fotografías aéreas blanco y negro.

Myers, Usery y Reppert (1963) citado por Estrada demostraron que en el Valle de Bajo Río Grande de Texas, se realizaron trabajos para delimitar áreas con problemas de sal y drenaje donde se utiliza la planta de algodón como indicadora de la salinidad y del drenaje del terreno. La alta concentración de sales solubles en la zona radicular afecta el crecimiento de la planta en forma diferente, la más común, es la restricción de raíces al absorber agua, como resultado del aumento de la presión osmótica de soluciones salinas. El estudio se realizó en terrenos con alto nivel freático y con sales, sembrados con algodón, se midió la reflectancia espectral en el rango de 325 a 800 micras en hojas maduras, simultáneamente se colectaron las muestras del suelo. Se usó fotografías aéreas pancrómicas e infrarrojas blanco y negro.

Se correlacionó la conductividad eléctrica del suelo con el tono de las fotografías aéreas, dando rangos de variación para la conductividad eléctrica según el tono de la fotografía. Los resultados mostraron que las plantas afectadas por salinidad tienen un nivel de reflectancia 700-800 micrones; el tono de las fotografías aéreas fué siempre el mismo para cada nivel de salinidad la película infrarroja blanco y negro con filtro 89-A (Rojo oscuro) es sensible en el rango de 750-900-micrones, y sirve para detectar la salinidad.

Myers, Carter y Reppert (1966) citado por Estrada continuaron el trabajo. Estos investigadores muestrearon hojas maduras de algodónero, midieron su temperatura, tomaron muestras de suelos a distintas profundidades y simultaneamente tomaron fotografías aéreas con película Extachrome Infrared (infrarrojo a color) y un filtro amarillo No.12, previamente realizaron análisis de suelos y tomar fotografías de las hojas con cámara de 35 m con rollo de transparencias infrarrojo a color para establecer los grupos de salinidad de referencia y de esta manera hacer predicción sobre el área total de las fotografías aéreas y correlacionado el tono de la fotografía con la conductividad eléctrica del perfil. Los resultados muestran: La profundidad de suelo crítico que afecta al color de la planta y su tamaño de 0-150 cm; las fotografías aéreas permiten diferencias cinco niveles de afectación por salinidad en las plantas y un sexto nivel que se identificó como suelo desnudo con alto grado de salinidad; la temperatura de la hoja del algodónero está altamente correlacionada a la sa-

linidad del suelo. La conclusión del trabajo es que el nivel de salinidad de un suelo puede pronosticarse usando fotografía aérea infrarroja a color.

Peña y García (1965), citados por Estrada, realizaron el estudio pedológico y agrológico de Tecomán, Colima, haciendo uso de fotografías aéreas blanco y negro a escala 1:33000 y 1:60000 de fecha 1958.

Al aplicar el procedimiento de fotointerpretación en suelos basados en deducción e inducción; encuentran que el 72% del área tiene diversos grados de salinización, en el área se encuentran suelos solonetz y solonchak.

Una de las recomendaciones del trabajo es que, para obtener una mayor eficiencia de los estudios de suelos en áreas bajo procesos salinos se tengan fotografías aéreas a escalas 1:5000 en blanco y negro para información general, y 1:10000 a 1:50000 en infrarrojo para la información detallada.

Rangel (1976). Las imágenes obtenidas mediante sensores remotos en la agricultura ofrecen las siguientes ventajas:

- 1.- Las imágenes tomadas desde vehículos aéreos ofrecen una visión sinóptica integrada de una área extensa en una sola imagen.
- 2.- Las imágenes presentan un conjunto visual de patrones de datos en lugar de un grupo de puntos de datos aislados - como en el caso de trabajo de campo.
- 3.- Las imágenes tienen una densidad de información muy alta, suministran una descripción más comprensiva del terreno que los métodos de trabajo de campo.

- 4.- Las imagenes sirven como un registro permanente de una -
área de interés en el tiempo permitiendo posteriormente-
monitorear y evaluar cambios en el área de interés.
- 5.- La razón costo/beneficio entre el trabajo de campo y las
técnicas de percepción remota favorece a ésta última.
- 6.- La posibilidad de que los datos obtenidos mediante senso
res remotos puedan analizarse automáticamente. Esto ace-
leraría la fase de reducción de datos y a su vez permiti
ría coleccionar volúmenes más grandes de datos.
- 7.- Las imagenes obtenidas desde satélite ofrecen con respec
to al trabajo de campo; una imagen tomada desde satélite
cubre, bajo el mismo ángulo solar, una extensión de te-
rreno, equivalente a varios días de vuelo.

Cuevas y González (1975) el primer satélite de Recursos-
Naturales Landsat fué lanzado al espacio por la NASA el 23 de
Julio de 1972, posteriormente y con el fin de asegurar la cap
tación fué lanzado Landsat 2 y Landsat 3 el 22 de enero de --
1975 y 5 de marzo de 1978.

Los satélites Landsat, están provistos de sensores remo+
tos de 2 tipos.

El primero RBV (Return, Beam Vidicon) que consiste funda-
mentalmente en un sistema de cámaras de televisión con un - -
gran poder de resolución. El segundo sensor instalado a bordo
de los satélites Landsat es un equipo de barrido Multiespec-
tral denominado (Multiespectral Scanner) que obtiene imágenes
de 4 bandas espectrales (Dos en la zona visible y dos en la -
zona del infrarrojo, cercano al espectro electromagnético.

Dichas Bandas son:

Banda 4.-De 0.5 a 0.6 mm corresponde a la región verde - del espectro electromagnético, tiene una buena penetración en el agua y permite la realización de estudios en áreas cubiertas por aguas profundas.

Banda 5.-De 0.6 a 0.7 mm corresponde a la región roja -- del espectro electromagnética, esta banda es ideónnea para la realización de estudios de tipo geológico.

Banda 6.-De 0.7 a 0.8 mm corresponde a la región del infrarrojo fotográfico del espectro electromagnético y es útil para la diferenciación de cuerpos de agua.

Banda 7.-De 0.8 a 1.1 mm también corresponde a la región de infrarrojo fotográfico del espectro electromagnético y permite reconocer diferencias de humedad en el suelo y en la vegetación, siendo fundamental en el reconocimiento de los diferentes tipos de cubierta vegetal.

Estrada y Cuanaló (1974) con relación a estudios de Cartografía de suelos con problemas de sales. Desarrollaron una metodología en donde se utilizaron técnicas fotointerpretativas, de muestreo y estadísticas. Los pasos -- efectuados en el estudio fueron los siguientes a) Reconoci-- miento del área b) Localización del área de estudio c) Toma de fotografías aéreas d) fotointerpretación, e) localiza--- ción de las áreas de muestreo f) Cálculo del número de mues-- tras g) Mapa de salinidad y sodicidad. Se utilizaron dos ti-- pos de fotografía (a color y blanco y negro), y dos diferen-- tes escalas (1:10,000 y 1:20,000). La evaluación de la metodog

logía se realizó estadísticamente mediante análisis de varianza como modelo jerárquico de valores de salinidad y sodacidad y descompuesto en componentes octogonales. Se concluyó que la utilización de técnicas fotointerpretativas es posible caracterizar y cartografiar suelos con problemas de sales y sodio y que la escala 1:20,000 utilizando fotografía en blanco y negro dá el detalle necesario para caracterizar los suelos a nivel parcelario. Así mismo concluye que éste tipo de metodología es más rápida que la convencional utilizando cuadrículas y mucho más precisa sobre todo en manchas salinas detectadas en áreas bajo cultivos agrícolas.

Ramírez y Sandoval Villa (1979) coincidieron que con el fin de analizar la información digital de imágenes de satélites LANDSAT-2 para determinar su grado de confiabilidad en la detección de suelos salinos, se eligieron como zonas piloto el Distrito de Riego No. 41 del Río Yaquí, Sonora y una unidad del Distrito de Riego No. 26 del Bajo Río San Juan, Tamaulipas. Aprovechando así al mismo tiempo la información con que se cuenta de estas zonas, en cuanto a inventarios de afectación salina se refiere.

El desarrollo del trabajo comprendió 4 etapas, durante las cuales se trató de determinar los métodos más convenientes para una detección eficiente.

1a. etapa: se establecen los patrones de calibración a emplear, aprovechando toda la información de imágenes fotográficas del Landsat, se agrupan los niveles de afectación salina en función de su conductividad eléctrica (mmhos/cm^2) de la siguiente manera: Clases (1) 1.0 a 2.0 mmhos/cm^2 suelos nor--

mal (2) $2.0 < 25.0$ mmhos/cm² como suelo ligero y medianamente afectado (3) >25.0 mmhos/cm² suelo fuertemente afectado. Con las características de ubicación, tonalidad y apariencia morfológica, para cada una de las clases de afectación identificadas en el campo, se seleccionaron 4 zonas de prueba con una hectárea c/una, con el objeto de analizar el comportamiento espectral en los diferentes niveles de afectación.

* 2a. etapa: comprende la clasificación de los valores espectrales; 3a. etapa: con la clasificación aceptada se procede a obtener un mapa de presentación de afectación salina a la escala más conveniente (máxima 1:22000). La 4a. etapa del proyecto se analizó en lo que sería una clasificación mas fina para identificar suelos ligeramente afectados y medianamente afectados. Ramírez y Sandoval y Villa (1979),

RESULTADOS: Para el distrito de riego del Río Yaqui, se obtuvieron dos mapas de presentación, uno en escala 1:100000 y otro en escala 1:50000 donde se muestran los 3 niveles de afectación y el porcentaje de eficiencia que se obtuvo nos indica el grado de aproximación en la cuantificación de áreas c/una de las zonas de análisis de los planos de salinidad aparente por fotointerpretación e interpretación automática.

Para el Distrito de Riego No. 26 se obtuvo un mapa de salinidad aparente en escala de 1:40000. En esta zona se cuantificaron 843 hectáreas de terreno con problemas de sales.

CONCLUSIONES: La información proporcionada por las imágenes de satélite LANDSAT en forma digital, resulta útil para la cuantificación de terrenos con problemas de sales. Las venta-

jas de esta metodología de detección son: a) La información-grabada que constituye una imagen, comprende una superficie - de 3.5×10 ha. b) dada la periodicidad de la información - (c/9 días) es posible controlar mas eficientemente los progra- mas de recuperación y rehabilitación de suelos salinos, sien- do posible, para una fecha cualquiera, detectar el avance o - retroceso del problema e) rapidez, economía y precisión en - la realización de inventarios de salinidad a nivel nacional.

Richards J.A. (1974) el término salino se aplica a sue- los cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/cm a 25°C , con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15.

Generalmente el PH es menor de 8.5. Estos suelos corres- ponden al tipo descrito por Hilgard (1906) como suelos "álca- li blanco" y a los "Solonchaks" de los autores rusos; casi - - siempre se reconocen los suelos salinos por la presencia de costras blancas de sal en la superficie.

Las características químicas de los suelos salinos que-- dan determinadas principalmente por el tipo y cantidades de - suelos presentes.

Suelos sódicos-salinos: llámese así aquellos suelos cuya conductividad del extracto de saturación es mayor de 4 mmhos/ cm. a 25°C y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor - de 15. Este tipo de suelos se forma como resultados de los -- procesos combinados de salinización y acumulación de sodio. Siempre que contengan un exceso de sales, su apariencia y pro- piedades son similares a los de los suelos salinos, con PH --

mas o menos semejante.

Suelos sódicos no salinos: Son aquellos suelos cuyo porcentaje de sodio intercambiable es mayor de 15 y la conductividad del extracto de saturación es menor de 4 mmhos/cm a 25° C. El pH generalmente varía entre 8.5 y 10. Estos suelos corresponden a los "álcali negros" por Hilgard y, en ciertos casos a los llamados "Solonetz" de los autores rusos. En los suelos altamente sódicos, la materia orgánica dispersa y disuelta puede depositarse en la superficie debido a la evaporación, causando así un ennegrecimiento y dando origen al término "álcali negro".

Suelos más importantes con características salinas más palpables: SPP y Detenal (1979).

SOLONCHAK: (Del Ruso Sol; Sal Literalmente; Suelos Salinos . Son suelos que se presentan en diversos climas, en zonas en donde se acumula el salitre, tales como lagunas costeras y lechos de lagos, o en las partes más bajas de los valles y llanos de las zonas secas del país.

Se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en alguna parte del suelo, o en todo él, Su vegetación, cuando la hay, es de pastizales con algunas plantas que toleran el exceso de sal.

El uso agrícola se haya limitado a cultivos muy resistentes a sales. En algunos casos es posible eliminar o disminuir la concentración de salitre por medio de lavado, lo cual capacita a estos suelos para la agricultura. El uso pecuario de estos suelos depende de la vegetación que sostienen. Sin

embargo los rendimientos son bajos. Algunos de estos suelos - se utilizan como salinos, Los Solonchak son suelos con poca - susceptibilidad a la erosión.

SOLONETZ.- (Del Ruso Sol: Sal. Se refiere a suelos arcillosos ricos en sodio),

Son suelos que se localizan en varios climas, en zonas-- donde se acumulan sales y en partículas, el álcali de sodio. Su vegetación natural cuando la hay es de pastizal o algunos- matorrales. Se caracterizan por tener un subsuelo arcilloso - que presenta terrones duros en forma de columnas. Este subsue- lo y, a veces otras partes del suelo, presentan un contenido- alto de álcali. Su utilización agrícola es muy limitada y su- mejoramiento difícil y costoso. Cuando presentan pastizales - se usan en ganadería de bovinos con rendimientos bajos. Son - poco susceptibles a la erosión.

XEROSOL,- (Del Griego Xeros: Seco. Literalmente; suelo-- seco).

Los suelos que se localizan en zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México. Su vegetación natural es de ma- torrales y pastizales. Se caracterizan por tener una capa su- perficial de color claro y muy pobre en húmus. Muchas veces - presentan a cierta profundidad manchas, polvo o aglomeracio-- nes de cal; cristales de yeso, o caliche de mayor o menor du- reza. A veces son salinos. Su uso se restringe a agua de rie- go, ejemplo, Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí y Sur de Durango donde existen suelos Xerosoles, debido a las pocas lluvias. Normalmente se utilizan cultivos resistentes a este-

tipo de problemas como algodón, vid y los rendimientos son -- altos.

Su uso ganadero es el bovino, caprino, ovino, se explo-- tan matorrales como la lechugilla,

YERMOSOL: (Del Español Yermo; Desértico, desolado. Lite-- ralmente: Suelo Desolado),

Son suelos que se presentan en las zonas áridas del Nor-- te del país. Su vegetación natural es de matorrales o pasti-- zal.

Se caracterizan por ser semejantes a los xerosoles pre-- sentan acumulación de cal o yeso en el subsuelo o bien cali-- che. Se diferencian de los xerosoles en que su capa superfi-- cial es aún más pobre en húmus que en éstos. A veces son sali-- nos; se utiliza en zonas de riego- utilizan cultivos toleran-- tes como algodón granos y vid, es muy común la explotación de matorral, como la candelilla y lechuguilla que son también co-- munes en estos suelos.

GLEYSOL: (Del Ruso Gley; Suelo Pantanoso).

Son suelos que se encuentran en casi todos los climas, - én zonas donde se acumula y estanca el agua, al menos en la - época de lluvias, como en lagunas costeras, o en las partes - más bajas y planas de los valles y las llanuras. Se caracteri-- zan por presentar en la parte en donde se saturan con agua, - colores grises, azulosos o verdosos que muchas veces al secar-- se y exponerse al aire se manchan de rojo. La vegetación natu-- ral que presentan estos suelos es generalmente de pastizal, - y en algunos casos en las zonas costeras de cañaverales o man--

glar. En muchos casos estos suelos presentan acumulación de salitre. Se usan en México para la ganadería de bovinos con rendimientos de moderados a altos, éstos últimos sobre todo en el sureste. En algunos casos se pueden utilizar para la agricultura con cultivos que toleran la inundación o la necesitan, tales como el arroz o la caña con buenos resultados. Son muy poco susceptibles a la erosión.

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS SALINOS:

FASES QUIMICAS:

Se refiere a la presencia de sustancias químicas en el suelo que limitan o impiden el desarrollo de los cultivos.

FASES SALINAS:

Se refiere a la presencia de salitre (sales solubles) en el suelo.

Se distinguen 3 condiciones distintas.

- a) FASE LIGERAMENTE SALINA;- El suelo tiene un contenido de sales que no es muy alto y sólo impide que se desarrollen cultivos poco resistentes a la salinidad. Los rendimientos de los demás cultivos disminuyen relativamente poco.
- b) FASE MODERADAMENTE SALINA: El suelo contiene sales en cantidad tal que no se desarrolla la mayoría de los cultivos, o bien se ve disminuido el rendimiento de manera muy importante. Sólo se desarrollan sin problemas graves aquellos cultivos resistentes a la salinidad.
- c) † FASE FUERTEMENTE SALINA:- El contenido de sales en el suelo es tal que impide, o limita muy fuertemente el de-

sarrollo de todos los cultivos.

(Esta fase no se anota en el caso del Solonchak).

FASE SODICA

Se refiere a los contenidos altos de álcali en el suelo; esto es, alta concentración de sodio (intercambiable) que impide, o limita muy fuertemente el desarrollo de todos los cultivos.

Plantas indicadoras de sal en el suelo.

Richards J.A. (1974) basado en datos de que las afirmaciones relativas al significado de varias plantas indicadoras se basa en la suposición de que la población es relativamente pura y de que las plantas se encuentran creciendo en forma normal. En el caso de Asociaciones mixtas, la evaluación debe tomar en cuentas las indicaciones para todas las especies dominantes dentro de la asociación.

MEZQUITE (Prosopis juliflora, DC). Amplitud de adaptación: del Sur de Kansas, al sureste de California y Sonora y Norte de México y al Este y Sur de Texas. Se encuentran en suelos muy variados, permeables y con buen drenaje y con capacidad (PS 25 a 50°) intermedia de retención de humedad. Los suelos generalmente no son salinos hasta 120 cm del perfil (<0.03%) - peso las sales pueden acumularse en la superficie, son suelos adecuados a la agricultura.

GOBERNADORA (Larrea tridentata, DC. y Cov). Desde sur de Colorado, Sur de Texas y Utah y Oeste y Norte de California y México. Crece en lomerios secos, se encuentra en suelos ligeros y moderadamente ligeros con permeabilidad, buen drenaje y-

(ps-15-40) de baja a intermedia. Los suelos no son salinos -- (<0.05%) sales ni sódicos a una profundidad de 120 cm. La -- planta indica, cuando la población vegetal es buena, los suelos no son salinos y tienen suficiente profundidad para sostener una agricultura especializada, siempre que se disponga de agua.

ESTAFIATE (Artemisia tridentata, Nutt). De Dakota del Sur -- de California Birtánica del Sur al Norte de Nuevo México y -- Norte de Arizona y parte Centro Norte de México. Se presenta -- en suelos como migajones permeables y con buen drenaje (ps de 15-70) baja ó alta los suelos no son salinos ni sódicos (<0.05%) sales en la zona ocupada con raíces. La planta indica -- que son suelos adecuados a cultivar de riego o temporal, siempre que se encuentren en una área con suficiente pp al ciclo -- de crecimiento en las plantas.

EUROTIA (Eurotia lanata, Pursh). Desde Saskatchewan, Canada -- dá a Washington, Sur de Texas, Arizona y California se presenta -- ta con el chamizo chico, próspera en suelo migajones, permeables -- bles y con buen drenaje (ps 20-45) hay (0.03%) de sales en -- las raíces. (Son suelos no salinos).

CHAMIZO (Atriplex polycarpa, Torr). Desde Nevada Utah, California -- lifornia Centras hasta el Noroeste de México (migajones ligero -- ro y fino) ps (25-50) (0.04-0.05%) de sales. La planta indica -- cuando la población es pura y desarrollo bueno, los suelos -- son no salinos o ligeramente salinos. Si el crecimiento es pobre -- bre, puede deberse a la presencia de una capa dura, cálcarea -- o a sales en el subsuelo.

PLUCEA (Pluchea sericea, Nutt y Coville). Texas, Sur de Utah y California y Norte de México, se presenta en suelos migajones con (ps 30-50) con suelos fuertemente salinos en los 30 cm de la superficie de (0.6-2.0%) Disminuyendo la salinidad a > profundidad (0.1-0.5% a los 120 cm) la planta indica suelos salinos o fuertemente salinos.

CHAMIZO (Atriplex confertifolia, Torr y Frém). Desde Dakota del Norte a Oregon, Sur a Nuevo México, Norte de Arizona y California. Se encuentra en llanuras y valles y en áreas montañosas. Se presenta en suelos de textura media o moderadamente fina; (ps 25-60) son suelos ligeramente salinos - - (0.2-0.1%) en los primeros 30 cm y > profundidad (0.3-1.0%) - los suelos pueden contener sodio intercambiable y el PH del suelo superficial puede exceder de 9.0. La planta indica; el chamizo es tolerante a sales y álcalis, teniendo amplia tolerancia ya que puede crecer bien en suelos no salinos o ligeramente salinos, uso agrícola después del lavado o se puede requerir drenaje.

KOCHIA (Kochia americana, Wats). Desde Wyoming hasta Noroeste de California, del Sur al Norte de Arizona y Nuevo México, se presenta en suelos con textura de media-fina. Los suelos se vuelven lodosos con facilidad, perdiendo su estructura y su permeabilidad es menor (ps 40-70%) salinidad baja en los 30 cm (0.12-0.3%) peso en > a > profundidad de 00-120 cm (0.55-1.5%) La planta indica suelos bajos en los primeros 30 cm pero son subsuelo salino; no útil para agricultura de riego.

HIERBA DE LA REUMA: (Frankenia grandifolia, var, campestris A. y Grey). Desde Centro y Sur de California y Nevada. Crece en hondonadas y llanuras de terrenos sódicos, se presenta en suelos de textura de migajón arenoso - migajón de textura fina. Salinidad es variable fluctuando de baja o alta (0.02-2.0%), - encontrándose frecuentemente sodio intercambiable. La planta indica; cuando el desarrollo de la hierba de la reuma es exuberante en una población uniforme, son suelos altamente salinos y son terrenos no aptos a la agricultura.

CHICO (Sarcobatus vermiculatus, Hook y Torr). Dakota del Norte a Alberta, Canadá - Sur de California y Arizona y Norte de México. Suelos de textura pesada (arcillosa y migajones arcillosos) (ps 45-70%) son suelos salino - sódico con amplia - variación de salinidad, existe sodio intercambiable en la mayoría de las áreas desde valores moderados a elevados. La planta indica textura fina y suelo impermeable ya que el chico es muy tolerante a salinidad y al sodio, (se requiere mejoradores),

CRESSA (Cressa truxillensis, H). Desde Texas Sur de Utah y California y Norte de México, se presenta en llanuras salinas y en suelos de textura fina. La salinidad muy alta (1.0-2.0%). La Cressa indica suelos salinos.

ZACATE SALADO (Distichlia stricta, Torr y Rydb). Saskatchewan a Washington, Sur de Texas, Arizona y California. Crece en llanuras salinas y pastizales húmedos se encuentra en suelos migajones (ps 45-90%) el contenido de sales en los primeros 120 cm es alto (0.8 - 2.0%) con la mayor concentración-

en los primeros 30 cm. La planta indica, suelos altamente salinos.

ROMERILLO (Saueda spp., G). De Adalberta a Oregon y de -- Sur a Norte de México; crece en llanuras salinas y ciénegas.- Se presenta en suelos migajones (ps 30-60) son suelos salinos o sódicos con alta concentración de sales en los primeros 30-cm (0.6-3.2%) que en < a > profundidad pero el promedio de la salinidad en los primeros 120 cm, puede exceder del 1% donde el desarrollo de esta planta es exuberante. Puede haber sodio intercambiable. En donde el crecimiento natural sea vigoroso, el romerillo será un buen indicador de que el suelo es altamente salino o salino sódico; son esenciales drenaje y lavado.

ZACATON ALCALINO (Sporobolus airoides, Torr). Dakota del-- Sur a Washington, Sur de Texas Arizona y Sur de California se presenta en suelos francos arcillosos (ps-45-75%). La salinidad del suelo puede variar (0.2 - mas de 3.0%) encontrándose en los primeros 30 cm mas elevado. Y se desarrolla mejor la planta (0.3-0.5%). Planta indicadora de suelo húmedos muy salinos, o salino-sódicos, se requiere drenaje lavado y mejoradores.

ALACRANERA (Salicornia spp., L). Saskatchewan a Columbia - Británica y Sur de Colorado y Nevada. Crece sobre planicies - salinas a lo largo de las orillas de depósitos de aguas salinas estancadas o de lagos de aguas salobres. Se presenta en - suelos arcillosos de textura fina, la salinidad es muy alta. Pero ésta planta crece donde la concentración de sales puede-

ser en promedio del 1-4% en los primeros 120 cm del perfil. La planta indica suelos generalmente húmedos y con salinidad-excesiva. (Inútiles a la Agricultura).

SALADILLA (Allenrolfa occidentalis, S. y Wats.) Oregón a California, México y hacia el Este a través de Arizona y Nuevo-México y Oeste de Texas. Crece sobre llanuras salinas y en --suelos migajones-arcillosos pero más comunmente en suelos de-textura fina. Son suelos excesivamente salinos en los primeros 30 cm (1.0-mas-2.5%) y son muy salinos en los primeros 120 cm del perfil (1.1-1.5%) aún cuando la salinidad decrece con la profun-didad. La planta indica, suelos de textura fina muy húmedos y excesiva-mente salino-inadecuado a la agricultura.

La frecuencia de manchones desnudos en muchas áreas, se pueden to-mar con un índice de la concentración de sales en el suelo. De-bido a que la mayoría de las plantas son sensibles a la sali-nidad durante la germinación, que en las últimas etapas de desarro-llo, los manchones son más bien indicadores de salinidad alrede-dor de la semilla, durante su germinación, que del estado ge-neral de salinidad del perfil del suelo. (Richards J.A. 1974)

Frecuentemente las prácticas de cultivo contribuyen a la acumulación de sales alrededor de la semilla, con la consi-guiente falla en su germinación. El vigor de las plantas adyacentes a los manchones puede dar idea de la distribución de las sales en el suelo. Las plantas desarrolladas vigorosamente en zonas adyacentes a manchones extensos de vegetación, sugieren una concentra-ción local de sales. En tanto que la presencia de plantas achaparradas en la misma posición; indica una distribución más general de la-

salinidad en el área.

Espectro Electromagnético.

Rodríguez (1979) afirma el siguiente concepto. La energía emitida por el sol se le conoce como "energía Electromagnética" y se le puede dividir en varias regiones dada la longitud de onda (λ) y la frecuencia de la radiación. Este espectro electromagnético está subdividido comunmente de la siguiente manera: Ondas de radio, de calor, luz visible, rayos ultravioletas, rayos X, rayos gamma, y rayos cósmicos (en orden ascendente de frecuencia). La luz visible solo ocupa una muy pequeña parte de ese espectro. Es esta energía la que estimula la retina del ojo y produce la sensación de luz y color en el cerebro. Figura No. 1.

Es en esta porción de luz visible, principalmente, donde la fotografía aérea y los foto interpretadores están interesados. La luz visible que la gran mayoría de las personas pueden percibir está entre los 400 y 700 nM, (nanómetros) incluye los tres colores primarios; azul (A) verde (V) y rojo (R). Otros sistemas son sensibles a la luz visible, tales como la más simple de las emulsiones fotográficas que es sensible al ultravioleta (UV) cercano y al A. Esta emulsión se puede sensibilizar a las otras ondas del espectro visible y aún al infra-rojo (IR).

Aunque no existen límites definitivos donde un color termina y el otro comienza, se ha encontrado conveniente subdividir la luz visible en los siguientes colores.

Violeta (Vi)	. . . . .	, . .	400 - 460 nm
Azúl (A)	. . . . .	, . .	461 - 500 "
Verde (V)	. . . . .	, . .	501 - 578 "
Amarillo (AM)	. . . . .	, . .	579 - 592 "
Anaranjado (An)	. . . . .	, . .	593 - 620 "
Rojo (R)	. . . . .	, . .	621 - 700 "

La radiación (calor) también se ha subdividido en 3 grandes zonas

Infrarojo cercano	. . . . .	701 - 1300
Infrarojo intermedio	. . . . .	1301- 3000
Infrarojo lejano	. . . . .	3000- 1400

Además de los colores primarios (aditivos), A V y R existen los colores substractivos secundarios o complementarios: Amarillo (Am), Magenta (M), Cyan (C). Los colores primarios - o aditivos forman la luz blanca cuando todos se adicionan en la misma proporción. Los substitutos provienen de substraer - de la luz blanca uno de los colores primarios.

$$Am = V + R \quad (\text{Substrae el A})$$

$$M = A + R \quad (\text{Substrae el V})$$

$$C = A + V \quad (\text{Substrae el R})$$

Unidades nm, nanometros; Angstroms (A) = 1×10^{-10} mts.

(NM) = 1×10^{-9} mts.

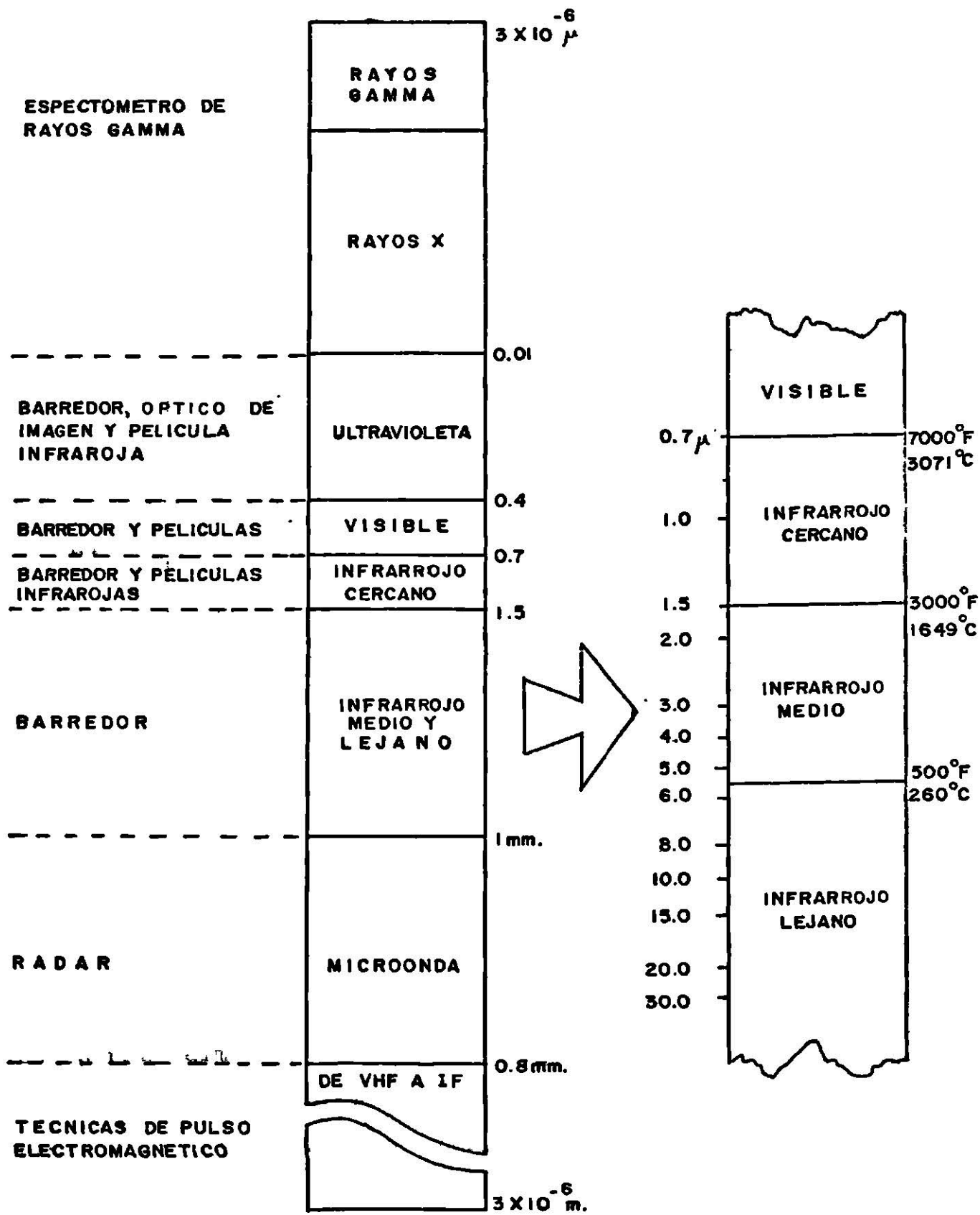


FIGURA No.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO
Rangel (1976).

Cuerpo Negro.- Es un cuerpo teórico que relaciona T°C intensidad de radiación.

Ecuación de Cuerpo Negro.

$$E = \frac{W}{W_b}$$

Donde E = Emisividad del Cuerpo

W_b = Intensidad de radiación a cierta temperatura de un cuerpo negro

W = Intensidad de radiación de un cuerpo gris a la misma temperatura.

La energía radiante emitida por una superficie por unidad de tiempo y por unidad de área depende de la naturaleza de la superficie y de su temperatura.

$$0 \leq E \leq 1 \quad (\text{Para todos los cuerpos})$$

Esto es la emisividad "es la característica espectral de la radiación térmica del cuerpo y depende de la frecuencia (λ) , de la temperatura absoluta T° del cuerpo y del material forma y estado de la superficie".

Es familiar el hecho de que los sólidos y líquidos radian luz visible cuando su temperatura excede 500-500°. Esta luz es naturalmente energía radiante sin embargo, la emisión de energía radiante no se inicia en forma súbita, a la temperatura a la cual un cuerpo se hace luminoso por si mismo, sino que se produce a todas las temperaturas inferiores hasta el cero absoluto (-273°K).

C.F.E. - Geotermia (1977) determina como se vió anteriormente la luz consiste en radiaciones y ondas electromagnéticas de diversas longitudes de onda; la expresión de radiación se refiere a la emisión continua de energía desde la superficie de todos los cuerpos, esta energía se denomina energía radiante y como vimos anteriormente es de naturaleza electromagnética que se propaga con la velocidad de la luz y se transmite a través del aire, en realidad mejor que en el aire puesto que son absorvidas por éste en cierta proporción cuando inciden sobre un cuerpo que no es transparente, como la superficie de la mano o las paredes de la habitación son absorvidos y su energía se transforma en calor. Una carga acelerada produce ondas electromagnéticas.

Es un hecho de que todos los cuerpos arriba del cero absoluto (-273°K), emitan, reflejen transmitan o absorvan energía. Figura No. 2

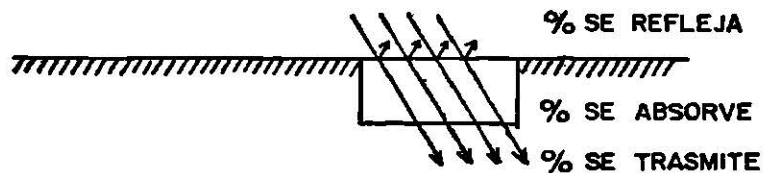


Figura No. 2 Haz de Ondas Electromagnéticas.
Geotermia (1977).

Sensores.

C.F.E., Geotermia, (1977) y Estes (1974) citado por Rangel argumentan que para sacar la información de los cuerpos terrestres, por medio de las radiaciones que emiten, reflejan, absorben o transmiten, se hace uso de los Sensores, los cuales van adaptados en los aviones, ó satélites, ó estructuras de las aéreas como medios utilizados en la percepción remota,

Los sensores pueden ser activos o pasivos formadores ó no formadores de imagen.

Sensor activo: Es el que proporciona su propia fuente de iluminación emite señales a el área de interes y recibe las señales de retorno pudiendo operar tanto de día como de noche, ejemplo radar ó el lasser.

Sensor pasivo: Es el que se limita a detectar las radiaciones de los cuerpos, no emite señal alguna a el área de interes, unicamente recibe radiación emisiva y reflectiva, ejemplo, el barredor infrarrojo.

Un sensor formador de no imagen es el que no produce imagen en su captación ejemplo, los rastreadores.

Un sensor formador de imagen es el que capta simultaneamente todas las particularidades del terreno.

Entre los diferentes sensores que se han desarrollado para su uso en percepción remota, seis de ellos son los que tienen el mayor potencial de aplicación en la detección de los recursos naturales,

Estos sensores son; la cámara aérea convencional, la cá-

mara panorámica, la cámara multibanda y el barredor óptico mecánico el radar aéreo de vista lateral y el espectro de rayos gama.

En particular los cinco primeros son útiles específicamente para la cuantificación del uso, dado a los suelos agrícola y forestal.

El empleo de la percepción remota en la detección de los recursos naturales descansa en el hecho de que cada rango del área de interés emite o refleja energía en longitud de onda específicas y características. Por consiguiente, únicamente teniendo un conocimiento cabal de la interacción de la radiación con los materiales que se encuentran en la superficie terrestre, se podrán procesar e interpretar los datos obtenidos mediante los sensores se pueden derivar nuevas aplicaciones de los mismos así como diseñar nuevos sensores con mayor capacidad de detección.

Ventanas Atmosféricas

Rangel (1976) y Herrera (1975) mencionan que debido a la interacción de la radiación electromagnética con la atmósfera y con los materiales de tierra (en el área de interés) los sensores deben de operar en aquellos rangos espectrales de observación, en los que la atenuación de la radiación electromagnética debido a la atmósfera sea mínimo; esto es que no toda la extensión del espectro electromagnético es utilizable, ya que hay absorción y pérdida total, por lo tanto diversas longitudes de onda no son utilizadas en sensores remotos. Las

partículas de la atmósfera a ozono dióxido de carbono, vapor de agua etc. originan las bandas ciegas.

Las bandas del espectro que no son absorvidas y puedan ser captadas, son las que originan las ventanas atmosféricas, donde se registra un mínimo de absorción por las partículas atmosféricas.

La Figura No.3 muestra la transmitancia espectral medida sobre una trayectoria horizontal a 6000 pies sobre el nivel del mar. La forma exacta de la curva de transmisión atmosférica varía con la composición atmosférica. En la parte inferior de la figura se muestran las bandas de absorción de vapor de agua dióxido de carbono y ozono. La curva está caracterizada por regiones de alta y baja transmitancia. A las regiones de alta transmitancia se les denomina ventanas atmosféricas.

Los Sistemas Fotográficos

Engineering Bulletin 45 citado por Rangel (1974) dice que los sistemas fotográficos fueron los primeros sensores usados en percepción remota y hoy en día siguen siendo los más importantes que se emplean. La amplia variedad de tipos de cámaras y películas hacen de los sistemas fotográficos los sensores más adaptables de percepción remota.

Heller (1970) citado por Rangel menciona que las cámaras aéreas están diseñadas para obtener o bien máxima precisión en la posición con una resolución razonablemente buena (cámara para el trazado de mapas) ó una máxima resolución de imagen con una precisión de posición moderadamente buena (cámara

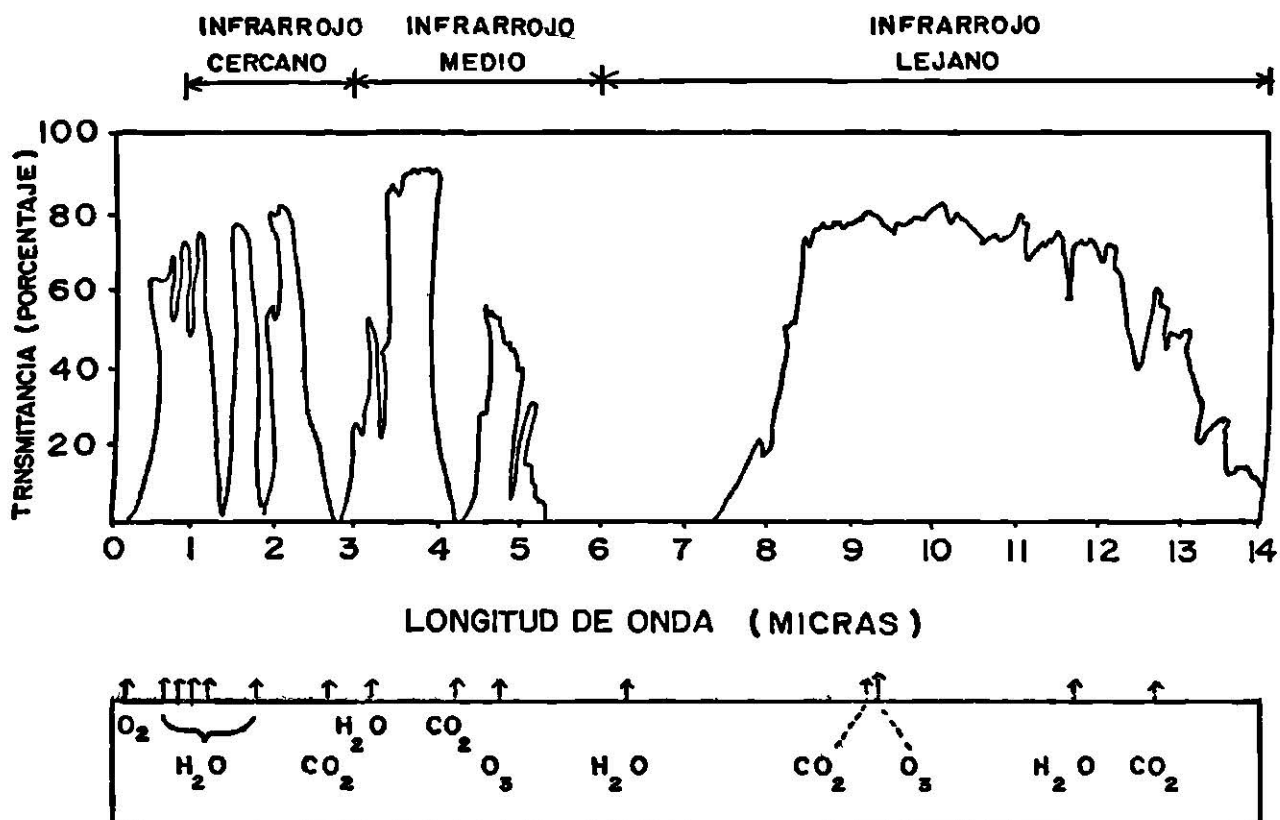


FIGURA No. 3 TRANSMITANCIA DE LA ATMOSFERA PARA UNA TRAYECTORIA HORIZONTAL AL NIVEL DEL MAR CONTENIENDO 17 mm. DE AGUA PRECIPITADA. - Rangel (1976)

de reconocimiento), Entre las segundas tenemos a la cámara -- aérea convencional, la cámara panorámica y la cámara multiban da. La tabla siguiente muestra la distancia focal que deben tener las lentes de las cámaras de acuerdo a las característi cas de algunos terrenos que sobrevuelan.

Estes (1974) citado por Rangel afirma lo siguiente

Características del terreno	Long.d focal de la lente
Llano y Ondulante	152 mm (6 pulgadas)
Montañoso	210 " (8 ")
Rugoso	305 " (12 ")

De igual importancia que la cámara, es el tipo de pelícu la empleada en la misión, ya que en esta se registran los da tos de los que se extrae la información de interés. Formato, - sensibilidad espectral y resolución son factores importantes - que han de considerarse al seleccionar la película adecuada - para una misión específica.

Junto con la película que ha de seleccionarse, se ha de considerar el filtro adecuado que ha de emplearse (combina--- ción- filtro película). Los filtros se sobreponen a las len--- tes de las cámaras actuando como un medio que selecciona por ciones del espectro electromagnético, en los que los patrones fotográficos de los objetos de interés son más evidentes o -- bien para reducir o eliminar los aspectos fotográficos degra dantes ocasionados por la dispersión atmosférica del extremo del ultravioleta, el violeta y el azul. Las lentes de las cá-

maras bloquean el paso de la radiación electromagnética con longitudes de onda menores que 0.36

Cámara Convencional

Esta cámara como se ilustra en la Figura No. 4 consiste de un cargador en el que se encuentra la película (un mecanismo-impulsor) que no se ilustra, que mueve la película a medida que ésta es expuesta y de un cono en el que se encuentran las lentes. La película forma un rollo continuo de $9\frac{1}{2}$ pulgadas de ancho por 20 pies de largo. Con ésta película pueden hacerse alrededor de 250 exposiciones en formato de 9 pulgadas de lado cada una. El intervalo de tiempo entre exposiciones individuales normalmente está regulado por la altitud y la velocidad de vuelo, la longitud focal de la cámara y el formato de la película. Todos estos factores regulan el área terrestre cubierta en cada exposición.

Cámara Panorámica

Con ésta cámara se obtienen imágenes con un alto grado de resolución de una área extensa en una sola exposición. A fin de obtener un alto grado de resolución se necesita un campo angular de visión estrecho con el objeto de minimizar cualquier aberración de las lentes. Esto se logra mediante la abertura estrecha en el extremo del portalente que se encuentra cerca del plano focal de la cámara. Como se ilustra en la Figura No. 5 durante la exposición el portalente oscila de un lado a otro (a medida que el vehículo avanza) en un plano perpendicular a la línea de vuelo. La película se expone en for-

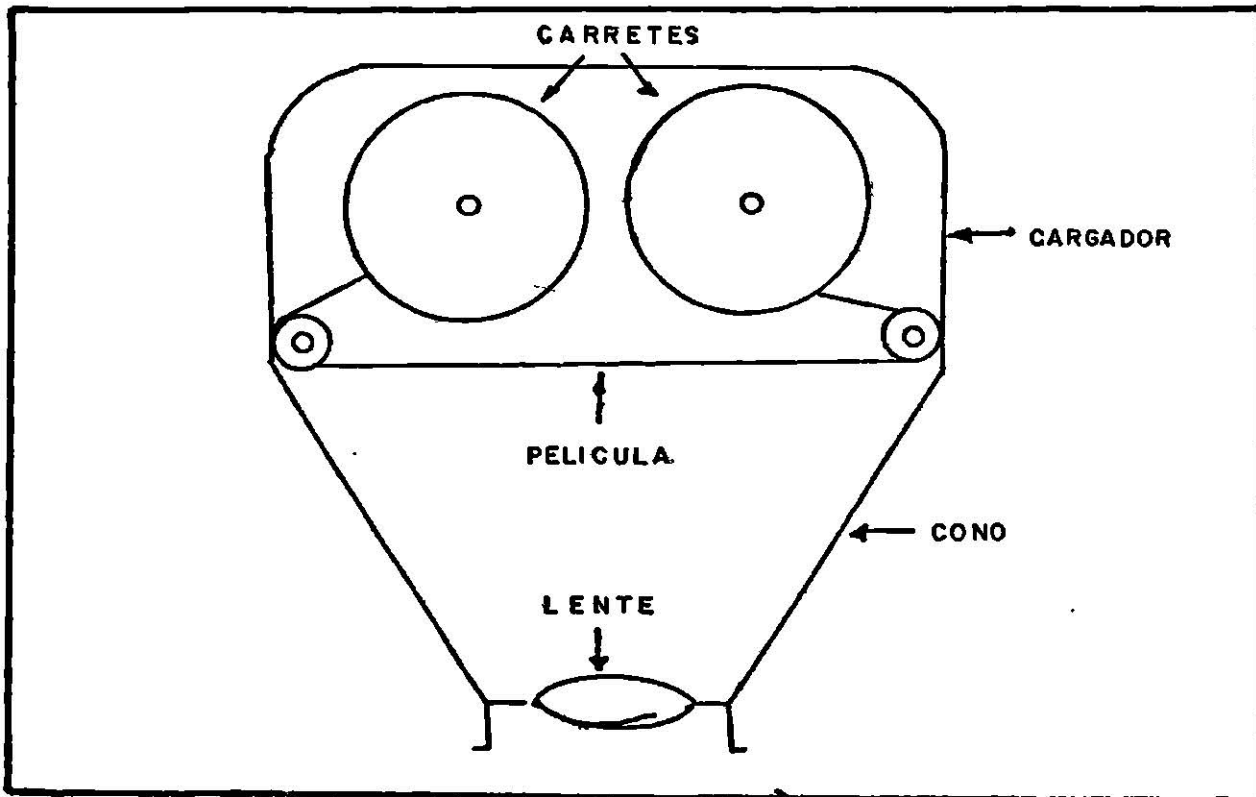


Figura No.4 La camara aerea convencional.

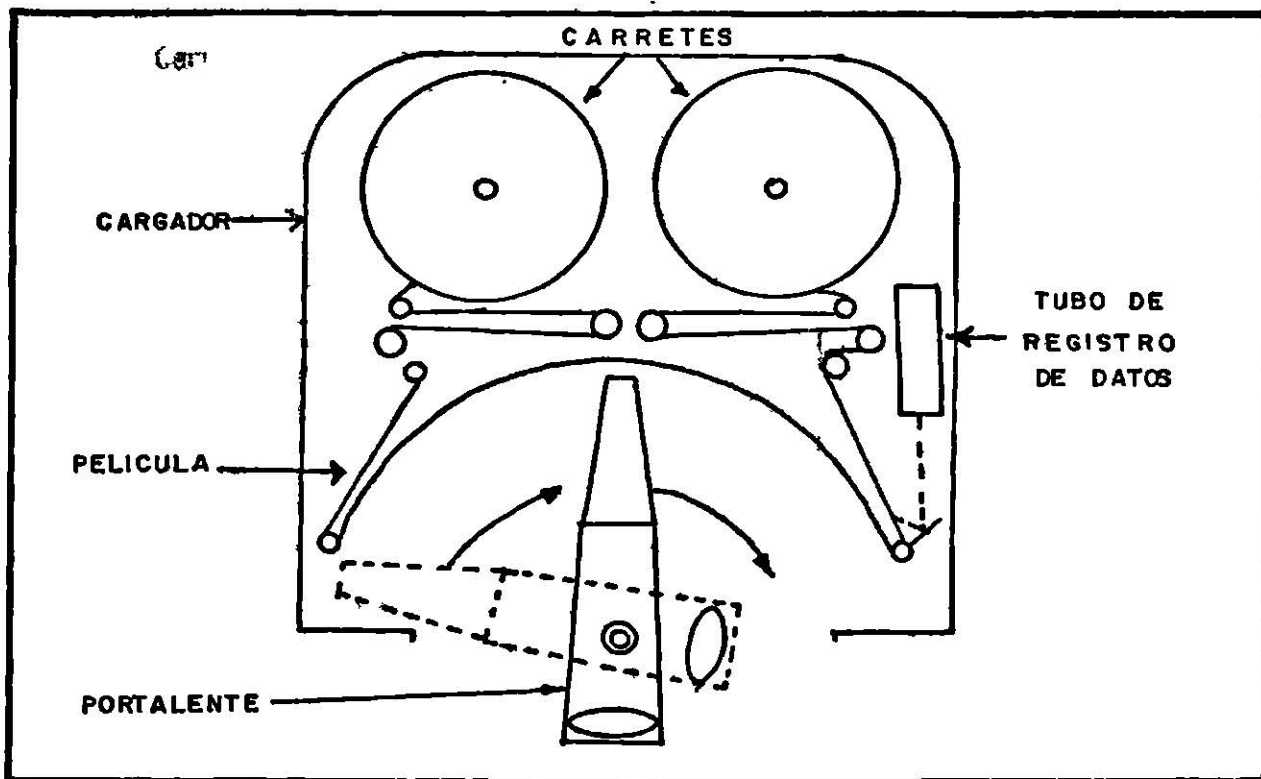


Figura No.5 La camara aerea panorámica.

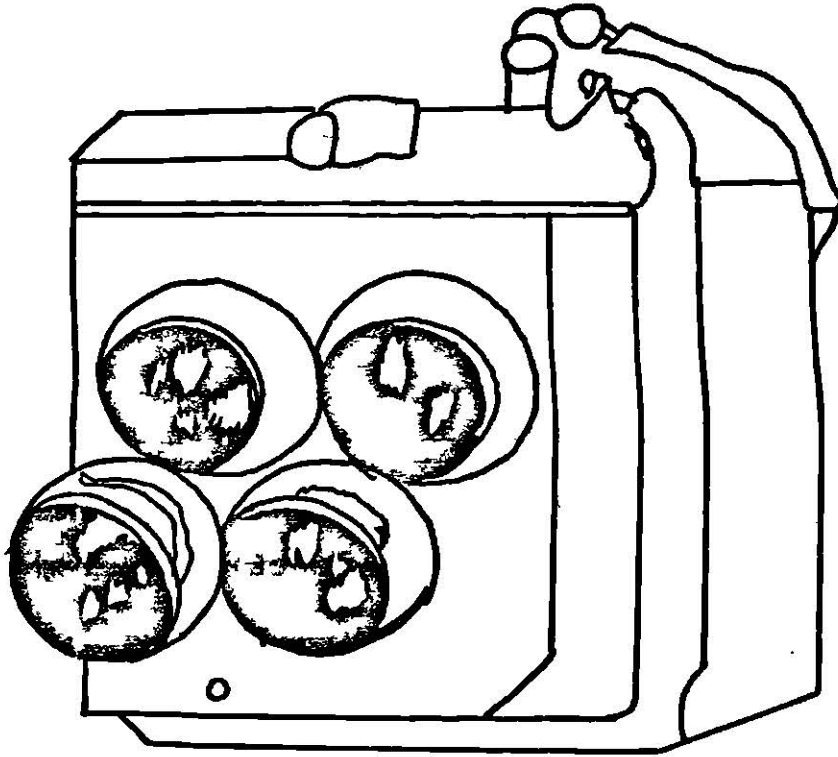
ma de arco a fin de mantener un foco uniformemente claro de toda el área registrada en la película. Como consecuencia de esto la escala fotográfica en las imágenes panorámicas llega a ser progresivamente más pequeña en la dirección perpendicular a la línea de vuelo.

Las ventajas que ofrecen las cámaras panorámicas son; -- (1) no se requiere una línea de vuelo precisa como con la cámara aérea convencional y grandes áreas son fotografiadas en una sola imagen con un alto grado de resolución. Entre las -- desventajas están; (1) El cambio de escala constante hace necesario hacer uso de procedimientos de rectificación especiales y (2) la velocidad de oscilación relativamente baja del portante restringe su uso a grandes altitudes.

Cámara Multibanda

Esta cámara consiste de varios lentes individuales e -- iguales entre sí (sistema fotográfico multilente) para fotografías simultáneamente una área de interés en diversos rangos del espectro (fotografía multiespectral). Un conjunto de cámaras sincronizadas para exposición simultánea constituyen también un sistema fotográfico multilente. La Figura No. 6 muestra una cámara con 4 lentes.

Las ventajas que ofrece la cámara multibanda son; (1) se pueden tomar simultáneamente imágenes en diversos rangos espectrales de la misma área, (2) La fidelidad geométrica y la gran potencia de resolución de estos sistemas provee al interpretador de imágenes con un tipo más familiar de información.



**Figura No.6 CAMARA AEREA MULTIESPECTRAL DE CUATRO LENTES
Rangel (1976).**

(3) las combinaciones de filtros y películas se exponen simultáneamente, por consiguiente cualesquier variación en las condiciones de la iluminación son minimizadas o no existen (que posiblemente ocurrirían cuando se hacen tomas separadamente - en cada una de las bandas en diferentes horas del día o época del año) y (4) diversas combinaciones de filtros y películas pueden explotarse con estos sistemas.

Las desventajas de esta cámara son; (1) los formatos de las imágenes son usualmente más pequeños que los de la cámara aérea convencional (35 mm ó 70 mm), por lo que es necesario - incrementar el número de exposiciones a la altitud de vuelo - a fin de tener igual cubrimiento de área, (2) el control y calibración necesarios para asegurar resultados adecuados hacen que estos sistemas sean bastante costosos y (3) la cantidad de datos adquiridos hace difícil al interpretador manejarlos.

El Barredor Óptico Mecánico

Rangel (1976) menciona lo siguiente. El barredor óptico-mecánico o mapeador térmico es un sensor pasivo que opera en la región espectral del infrarrojo térmico (8-14 μ). Con este sensor pueden obtenerse imágenes en formato de película fotográfica (termografías) y de cinta magnética.

El barredor óptico mecánico consiste de un sistema óptico que capta la radiación de el área de interés y la enfoca - en un detector sensible a la radiación térmica; un sistema -- electrónico que procesa la señal eléctrica proveniente del detector para efectuar su registro en formato de película foto-

gráfica y de cinta magnética y por último de un sistema de enfriamiento (refrigerador criogénico o un vaso dewar conteniendo helio o nitrógeno líquido) para mantener al detector a la temperatura de operación, ya que de no enfriarse y aislarse, la radiación térmica del mismo sensor afectaría las señales eléctricas del detector.

La Figura No.7 muestra la configuración del barrido sobre el terreno del espejo rotante y la Figura No.8 muestra un esquema del mapeador térmico.

Holter (1970)—citado por Rangel hace el siguiente comentario. La parte óptica del sensor consta de un espejo rotante que refleja la radiación del área de interés a un sistema de espejos que enfocan la radiación en el detector. La radiación que refleja el espejo rotante se encuentra dentro del campo de visión instantáneo del espejo (elemento de resolución). El barrido de la tira del área de interés es perpendicular a eje de rotación de este. El avance del vehículo (aéreo o espacial) que transporta al sensor es en la dirección al eje de rotación del espejo, cubriendo de éste modo el área terrestre de interés. El mapeador térmico tiene una resolución tan fina como 1 mrad^2 . Rangel (1976). Las señales eléctricas en el detector, una vez procesadas por la electrónica del sensor, se registran en cinta magnética.

Las señales eléctricas controlan también la intensidad luminosa de un tubo de centelleo que sensibiliza a una película

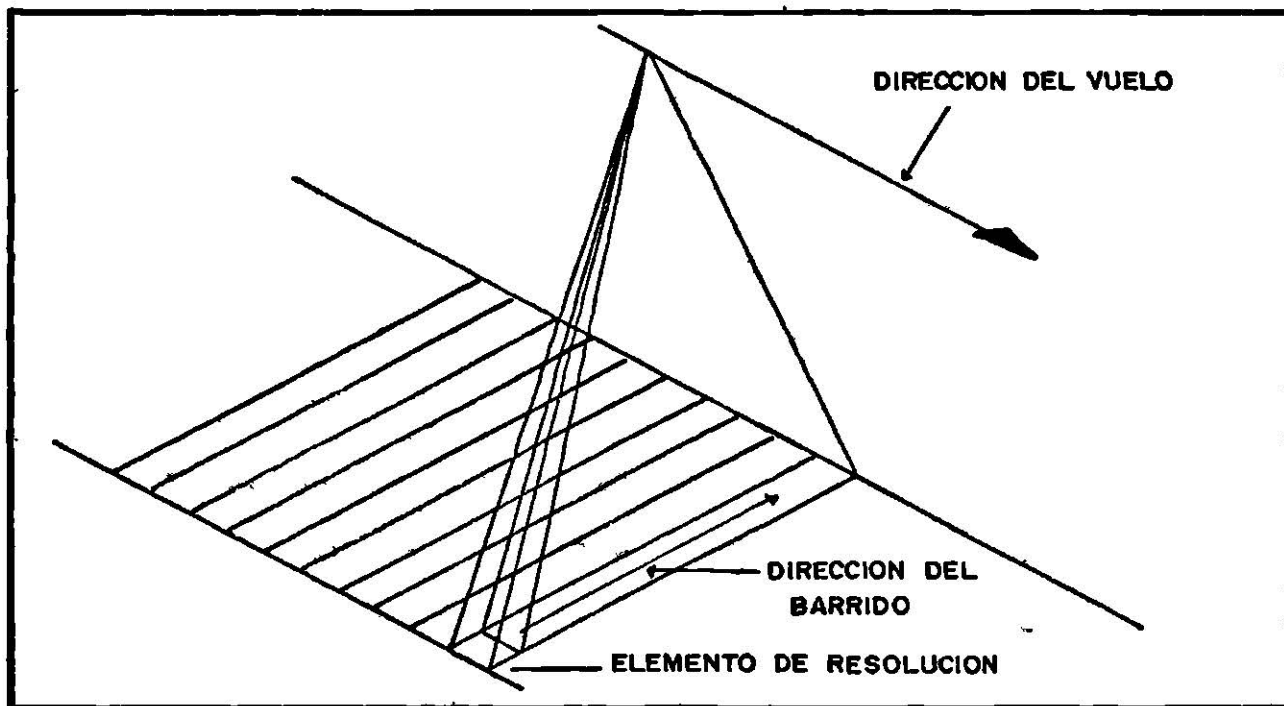


FIGURA CONFIGURACION DEL BARRIDO SOBRE EL TERRENO

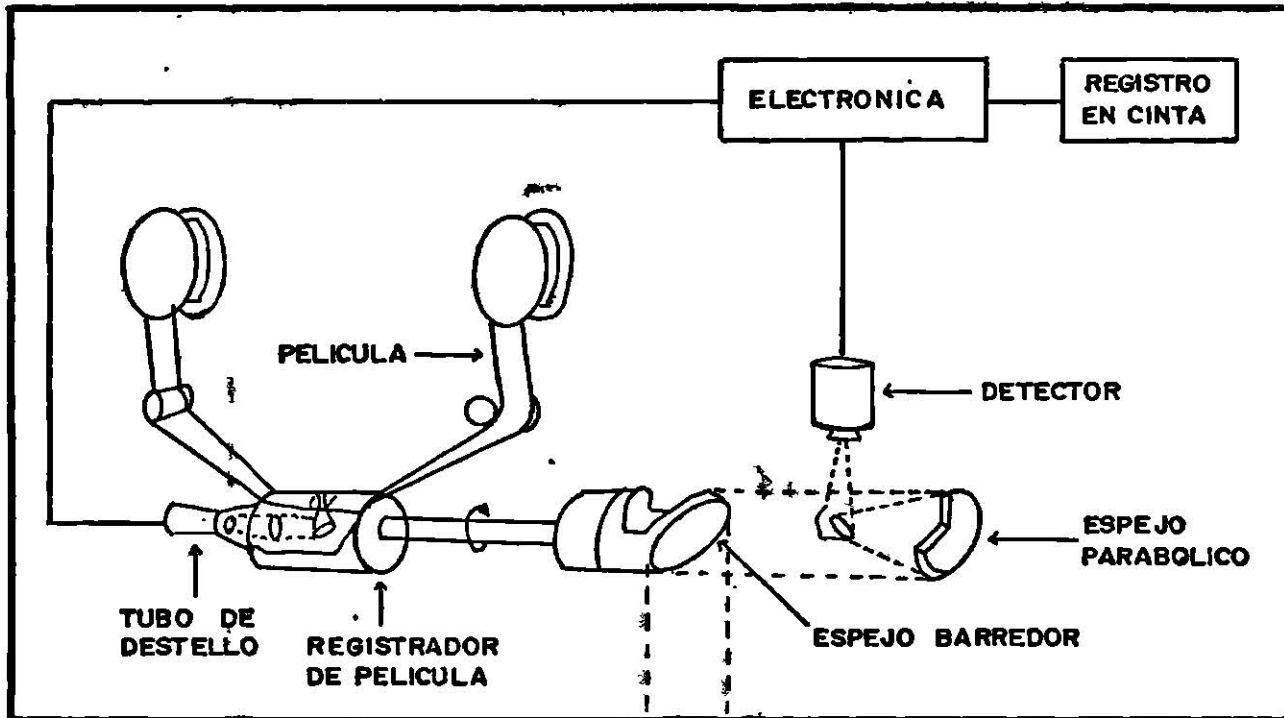


Fig. No. 8 ESQUEMA DEL MAPEADOR TERMICO O BARREDOR OPTICO MECANICO

la fotográfica a lo ancho de la misma, cada línea que se sensibiliza corresponde a la tira de terreno que en ese momento barre el espejo rotante. La velocidad de la película está controlada de modo que no haya espaciamiento entre líneas sucesivas quedando de este modo registrada el área de interés en película fotográfica.

Los diversos tonos de grises que componen a una termografía son función de la emitancia, temperatura y reflectancia de los materiales del área de interés observada.

Durante el día, la región espectral de 0.78 a 3.0 es mayormente energía reflejada y para longitudes de onda mayores que 4.5 μ es predominante autoemitida. Cantidades comparables de radiación reflejada y autoemitida están presentes en la región espectral que va de 3.0 a 4.5 μ .

Las termografías tienen aplicaciones tan diversas como:

- 1.- El trazado de mapas térmicos de terrenos y cuerpos de agua.
- 2.- Indicaciones superficiales de agua subterránea.
- 3.- Contaminaciones termales en masas de agua.
- 4.- Filtraciones de aguas negras e industriales.
- 5.- Detección de corrientes marinas y su distribución.
- 6.- Reconocimiento, a grandes rasgos, de zonas favorables para la ocurrencia de depósitos minerales y zonas de alteración hidrotérmica.
- 7.- Localización de zonas geotérmicas y de actividad volcánica.

8.-Metereología.

La Figura No.8 muestra el esquema de un barredor óptico mecánico que puede operar simultáneamente en la región del infrarrojo lejano, medio y cercano, la porción visible del espectro y en la región del ultravioleta (barredor multiespectral). Con un barredor que opere en tan amplio rango espectral se pueden obtener, al igual que con la cámara multibanda, imágenes multiespectrales simultáneamente de una área en formato de cinta magnética.

Holter (1970) citado por Rangel deduce que el diseño de un barredor multiespectral es semejante al del mapeador térmico. Los detectores que operan en la región visible y ultravioleta son tubos fotomultiplicadores mientras que los detectores que operan en la región del infrarrojo lejano, medio y cercano son detectores de estado sólido.

El Radar Aéreo de Vista Lateral.

Rangel (1976), cita lo siguiente el radar aéreo de vista lateral es un sensor activo que opera en la región de microonda y con el cual pueden obtenerse imágenes detalladas de el área de interés. Las Figuras 9 y 10 ilustran esquemáticamente su funcionamiento. Este sensor envía una señal hacia una tira de terreno y hacia un lado de la línea de vuelo. Las señales de retorno captadas por el radar modulan la intensidad de un haz de electrones que barre en una sola dirección

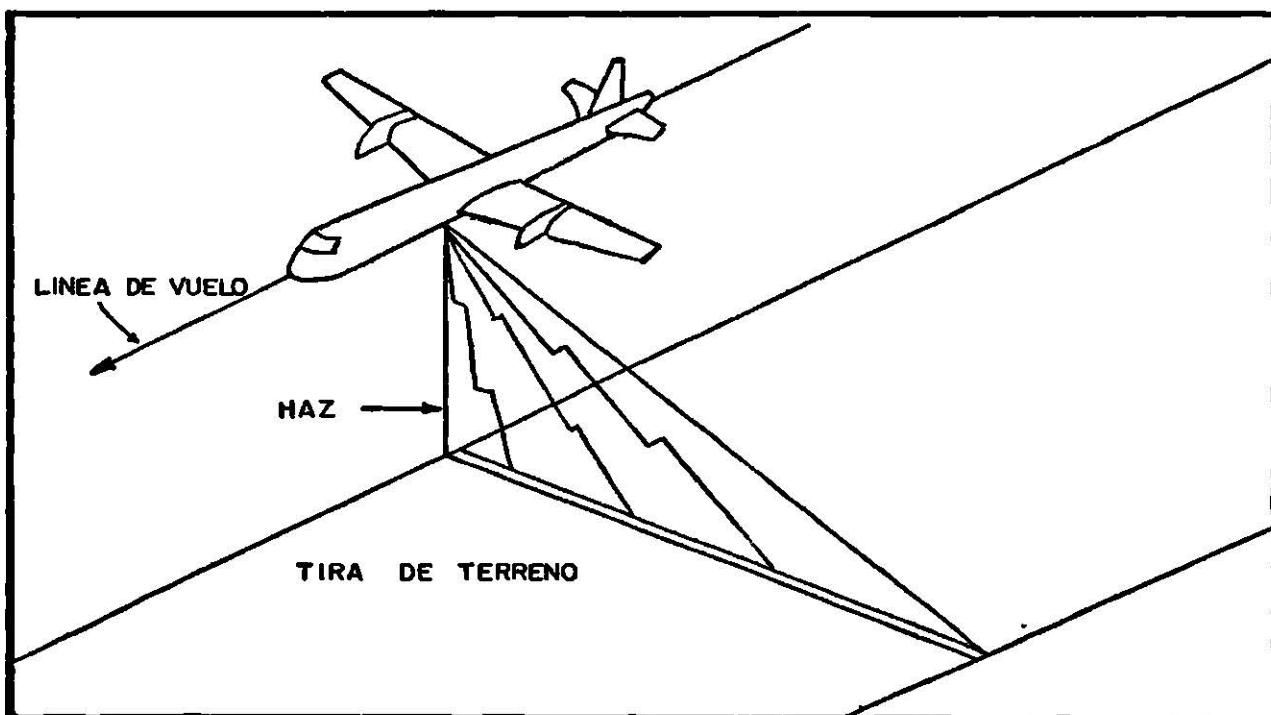


FIGURA No. 9 CONFIGURACION DEL BARRIDO DEL RADAR AEREO DE VISTA LATERAL

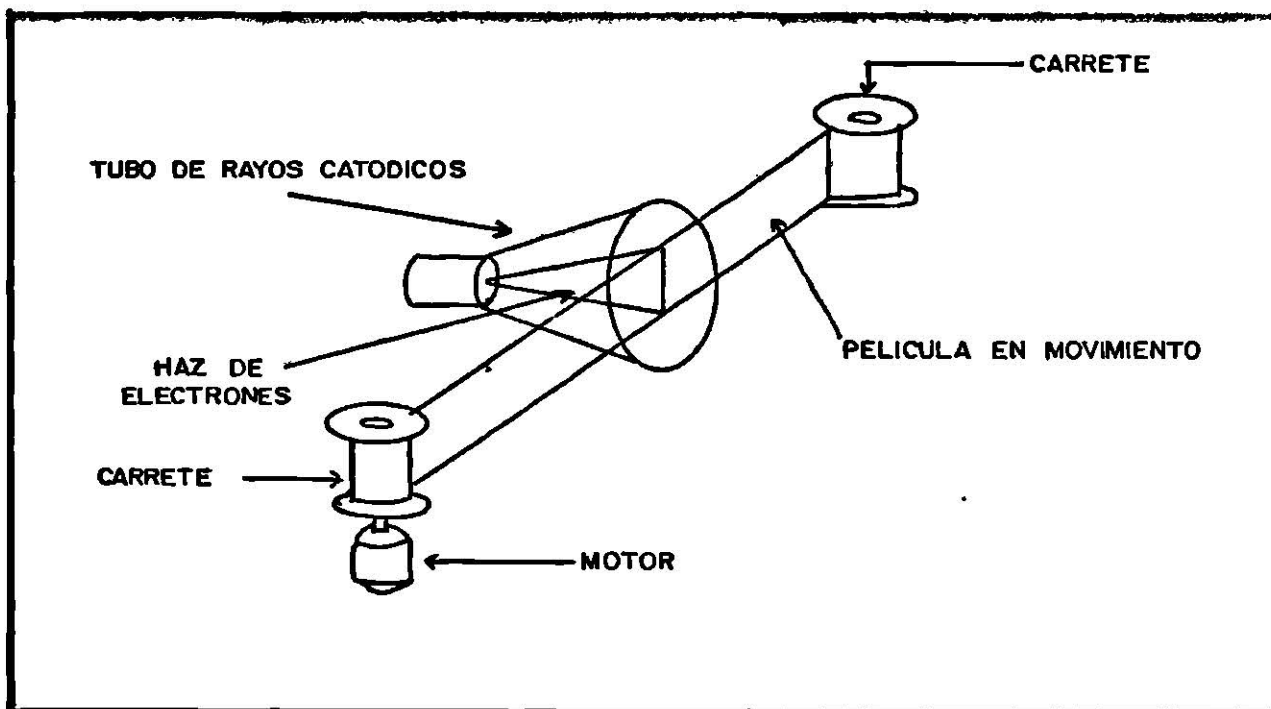


FIGURA No. 10 DIAGRAMA MOSTRANDO LA FORMA EN QUE SE REGISTRA EN PELICULA FOTOGRAFICA LA ESCENA TERRESTRE DE INTERES

la cara de un tubo de rayos catódicos. La señal luminosa que se produce en la cara del tubo sensibiliza a una película fotográfica. En el siguiente pulso que se transmite el avión se ha movido hacia adelante una pequeña distancia y la "siguiente" tira de terreno se percibe.

ESTES (1974) citado por Rangel argumenta la siguiente -- consideración la película se sensibiliza a lo ancho de la misma y la velocidad de ésta está sincronizada para que no haya espaciamiento entre líneas sucesivas, formándose así una imagen del área terrestre de interés. Los tonos de gris que forman la imagen son función de diversas características del terreno tales como las propiedades dieléctricas y conductoras del terreno, la rugosidad de la superficie en longitudes de onda, resonancias físicas, inclinación de la superficie, efectos del subsuelo y área de dispersión así como de la longitud de onda, polarización y dirección de la energía electromagnética. Las imágenes también se pueden obtener en formato de -- cinta magnética.

Holter (1970) citado por Rangel comenta lo siguiente -- debido a consideraciones técnicas y económicas, el radar aéreo de vista lateral está limitado a operar en 6 bandas espectrales. Las bandas se designan con letras. La tabla siguiente muestra las bandas espectrales con sus correspondientes rangos espectrales.

Rangel (1976) hace las siguientes consideraciones de las bandas en el espectro electromagnético.

Banda	Longitud de onda.
P	133 - 77 cm.
L	77 - 19
S	19 5.8
C	7.7 - 4.8
X	5.8 - 2.7
K	2.7 - 0.83

El radar aéreo de vista lateral tiene ciertas ventajas en aplicaciones a la agricultura Holter (1970) Estas son; (1) capacidad de operar de noche y día (2) amplias áreas pueden cubrirse con una resolución esencialmente uniforme, (3) pueden obtenerse imágenes multibanda y multipolarizada (4) capacidad de operar en casi cualesquiera condición de tiempo y (5) los árboles y cultivos pueden penetrarse para obtenerse la respuesta del suelo a las señales, para mostrar cultivos ocultos, redes de drenaje salinidad y patrones geológicos (Long. de onda más larga).

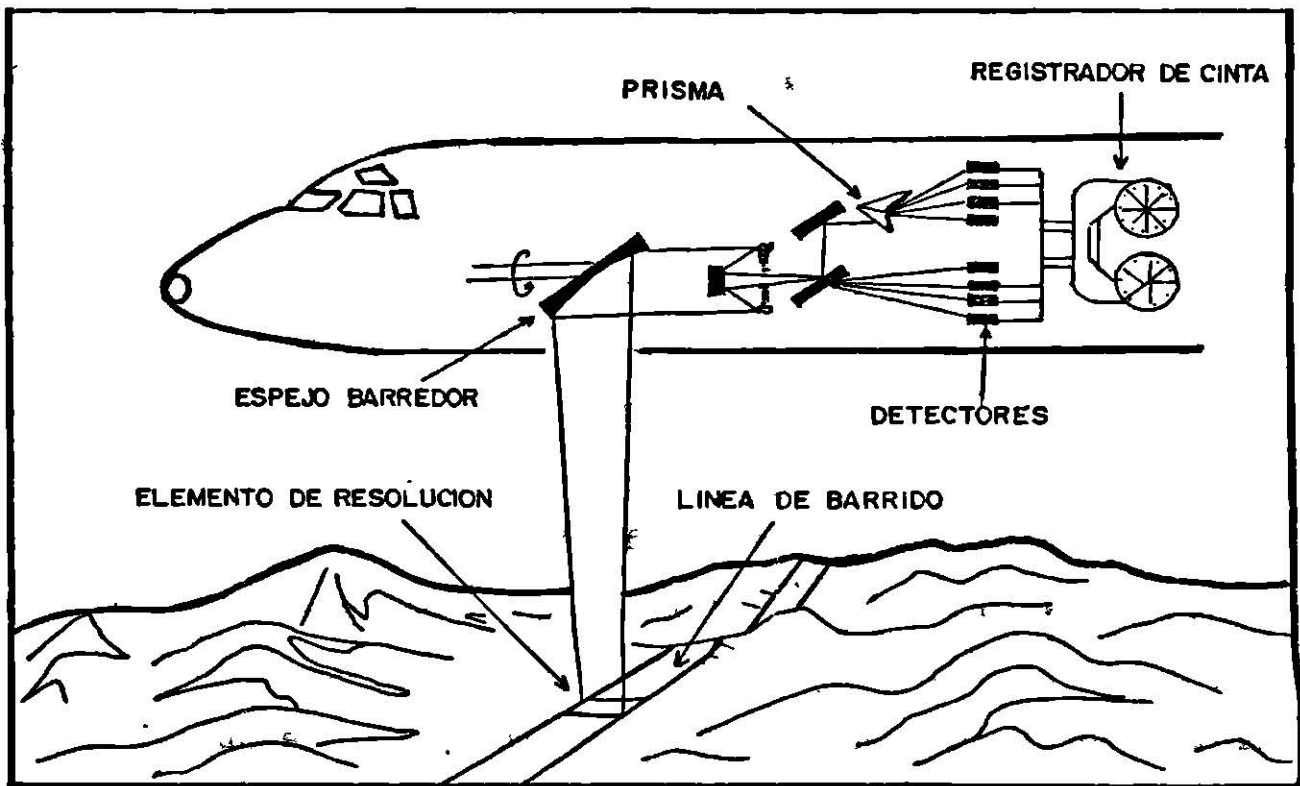


Fig. No. 11 ESQUEMA DE UN BARRADOR MULTIESPECTRAL

Holter (1970) citado por Rangel deduce que el diseño de un barredor multiespectral es semejante al del mapeador térmico. Los detectores que operan en la región visible y ultravioleta son tubos fotomultiplicadores mientras que los detectores que operan en la región del infrarrojo lejano, medio y cercano son detectores de estado sólido. (Ver Figura 11).

EL SATELITE Y SUS CARACTERISTICAS

Un satélite es un conjunto de instrumentos sostenidos -- por una armazón metálico no muy resistente. De él sobresalen antenas, pértigas y paneles lo cual le confiere un extraño as pecto, ningún avión de esa forma podría volar jamás en la atmósfera, ya que el simple rozamiento del aire bastaría para -- arrancar todos sus componentes.

Pero en el espacio no hay aire, y con el desaparece la -- necesidad de dar al satélite forma aerodinámica. Por otra par te, el peso es muy pequeño, debido a la altura de la órbita, -- y está además compensado por la fuerza centrífuga, de modo -- que basta un simple tornillo para mantener unidas dos piezas -- de un centenar de toneladas.

Cuando el satélite está en órbita apenas necesita elemen tos de sostén; su estructura principal tiene dos misiones; al principio, resistir durante unos minutos la aceleración del -- cohete portador hasta el momento de la entrada en órbita; una vez en el espacio, mantener unidos los diferentes módulos del satélite y ofrecer una estructura rígida sobre la que pueden -- actuar esporádicamente los motorcitos de maniobra o de control de posición. Salvat (1974).

Un satélite puede mantenerse en órbita más allá de los -- 180 Km., a 200 Km. de altura el satélite tiene garantizada -- una vida de varios días, quizá semanas a 500 Km. de altura, -- un satélite puede girar por años y a 1600 km. su vida ya cuena ta por siglos. Para trasladar el satélite al espacio sólo -- existe un medio, el cohete, único vehículo concebido para mo--

verse en un ambiente sin aire, y un satélite no cae porque en todo momento su peso está exactamente compensado por la fuerza centrífuga que actúa sobre él cuando gira alrededor de la tierra. Ver Figura No. 12 Salvat (1974).

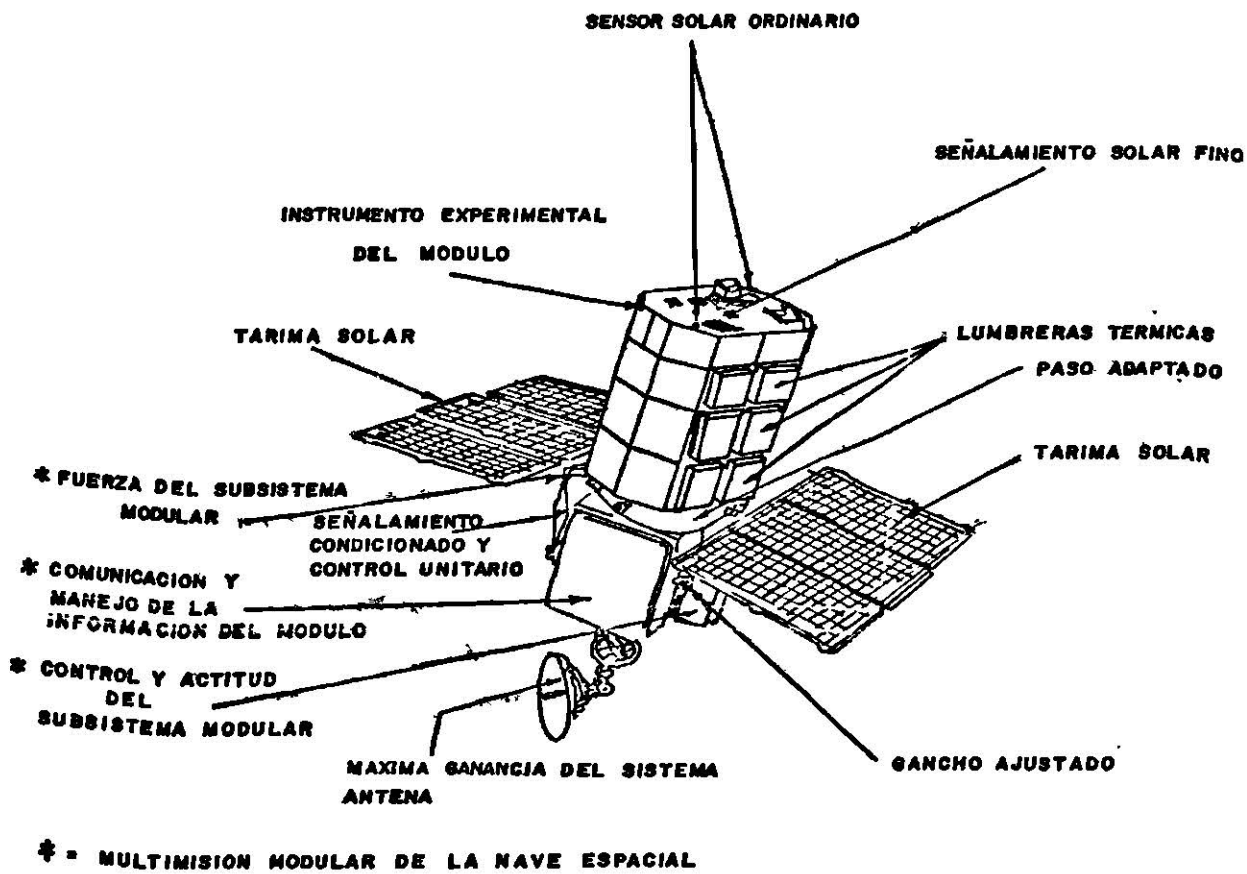


Figura No. 12 Partes de un Satélite.
 Arciniega (1980)

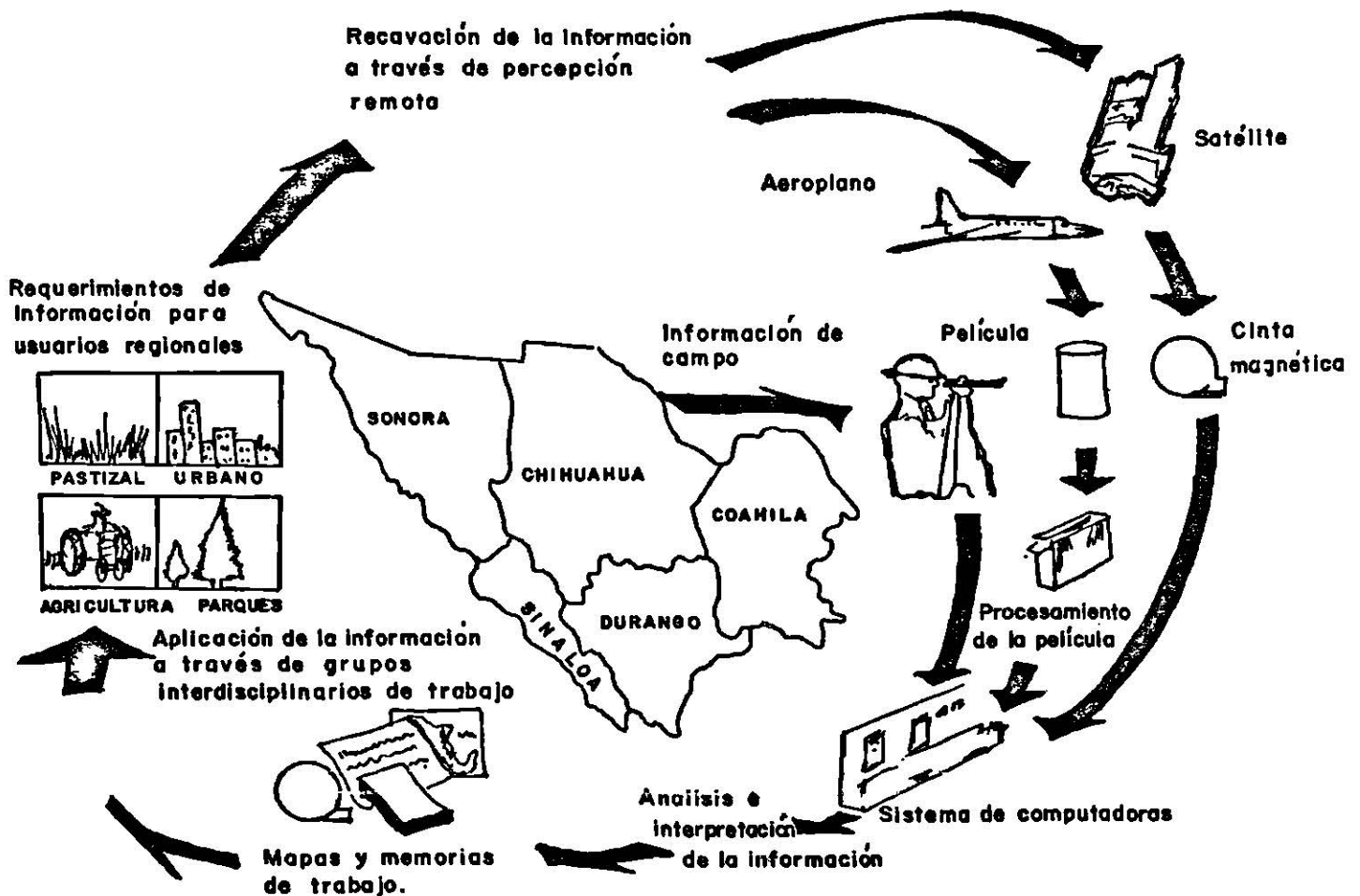


Fig. No.13 MODELO TÍPICO DE UN SISTEMA DE PERCEPCION REMOTA

Un avión y satélite toman fotografías e imágenes que se convierten en cintas y películas. Estas cintas y películas contienen los colores, punto a punto de la zona de interés, a partir de los datos tomados del campo, se introducen a la computadora y ésta aprende a diferenciar entre los distintos temas (pastizales, cultivos, ciudades, terrenos erosionados cuerpos de agua etc.) por su color, textura y forma, finalmente se obtiene una imagen clasificada Mapa del uso del suelo, ubicación de zonas que han sufrido cambios notorios, número de hectáreas cubiertas con diversos cultivos etc. Memorias 1er. Simposium (1979).

Los resultados anteriores, son asimilados a otros sistemas por medio grupo de profesionistas en el ramo, donde son de gran utilidad para propósitos de planeación agrícola y económica, cuantificación de cosechas, etc.

IV.- MATERIALES Y METODOS

La zona de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Galeana, N.L., la que se encuentra al sur del Estado con las siguientes coordenadas, latitud norte 24°34' hasta 24°--40', y con la longitud 100°11' hasta 100°18', lo cual corresponde a una superficie de (14,374.5 Has).

La información se puede localizar en la carta topográfica G14, C66 de San José de Raíces, N.L.

Se empleó un método con todo y sus materiales para planear y cuantificar sales en el suelo, de un lugar específico que implica todo el proceso de evaluación y caracterización de sales en sus diferentes grados caso de la parte Suroeste de Galeana, N.L.

Villarreal (1980) dice lo siguiente; se determinó el uso o aprovechamiento de las diferentes clases de suelo que forman parte de una región y constituye la base racional de una verdadera política agropecuaria ya que esto permite obtener de los recursos naturales su mayor productividad y su conservación.

Sin embargo es común que con el afán de incrementar la producción de alimentos se piense solamente en hacer producir el suelo sin tomar en cuenta su capacidad. Podemos determinar tipos de cultivos más tolerantes a los diferentes grados de salinidad, avance a corto y mediano plazo de la salinidad en el suelo en base a un inventario programado y con conocimiento previo al establecimiento de cultivo.

El presente trabajo fué elaborado con el objeto de dar a conocer de una manera sucinta, la metodología que se empleó para el levantamiento del inventario de suelos afectados por salinidad en el Estado de Nuevo León así como los resultados obtenidos.

MATERIALES Y METODOS

Para la elaboración del presente trabajo y futuros inventarios se sugiere la utilización de los siguientes materiales y métodos:

a) Materiales de Gabinete.

- 1.- Fotografías aéreas de tinal blanco y negro escala 1:50,000
- 2.- Estereoscopio de espejos y aumentos 8x
- 3.- Cartas topográficas de tinal escala 1:50,000
- 4.- Planímetro y equipo de dibujo.

b) Materiales de Campo.

- 1.- Vehículo de transporte
- 2.- Estereoscopio de bolsillo
- 3.- Clisímetro y cinta métrica
- 4.- Barrena de suelos,
- 5.- Cámara fotográfica

Los levantamientos se pueden realizar de acuerdo a las siguientes etapas de trabajo.

1.- FOTOINTERPRETACION.- Delimitación de superficies afectadas por sales y ubicación de sitios de verificación por medio de estereoscopio de espejos. La delimitación de los contactos en las fotografías aéreas, se hace separando las superficies con características similares en topografía, suelos, cobertura vegetal y drenaje natural, cuya definición se apoya en-

las distintas tonalidades u contrastes que presentan las fotografías.

2.- RESTITUCION A CARTAS TOPOGRAFICAS DE TRABAJO.- Vaciado de superficies afectadas por salinidad y puntos de verificación, de los fotografías - -- aéreas a cartas topográficas detenal escala 1:500,000. Esto se hará con - el objeto de facilitar la ubicación de las superficies al personal de cam po encargado de la verificación.

3.- VERIFICACION DE CAMPO.- La verificación se realizará en los sitios - previamente determinados durante la fotointerpretación, en cada sitio se tomarán muestras de suelo a diferentes profundidades, para su análisis en el laboratorio. En los casos en que fueran necesario se abrirán pozos de - insepcción a ciclo abierto, con el fin de definir la presencia de sales - en los diferentes horizontes, para el caso de suelos carentes de horizon - tes A y B, se considerará como horizonte A la profundidad 0- 30 cm. del - suelo original y como horizonte B la profundidad de 30 a 60 cm.

4.- REINTERPRETACION.- En base a los resultados de los análisis de labora torio y las observaciones realizadas en el campo, se establecerán median - te la reinterpretación de las fotografías aéreas la clasificación defini - tiva de cada superficie de acuerdo a su grado de salinidad. Figura

5.- CARTA DEFINITIVA.- La representación cartográfica definitiva del le - vantamiento se hará restituyendo los contactos obtenidos de la reinterpre - tación en cartas topográficas detenal escala 1:50,000 Figura

6.- CUANTIFICACION.- La cuantificación de las superficies obtenidas duran - te el levantamiento, se deberá hacer por medio de planímetro.

La clasificación que se puede utilizar para el levantamiento de suelos --

afectados por salinidad es:

GRADO 1.- Salinidad leve (S).- El crecimiento de las plantas sensibles es afectado, pero las plantas tolerantes pueden -- subsistir (2 - 3 mmhos).

GRADO 2.- Salinidad Moderada (S⁺).- El crecimiento de las -- plantas es afectado y pocas plantas se desarrollan bien, (al falfa, algodón, cereales, sorgo, grano, (4 - 8 mmhos).

GRADO 3.- Salinidad Fuerte (S⁺⁺).- Sólo pocas especies vegetales tolerantes pueden rendir satisfactoriamente (8 - 16 -- mmhos) .

GRADO 4.- Salinidad muy Fuerte (S⁺⁺⁺).- Sólo unos cuantos -- cultivos tolerantes a la salinidad pueden subsistir (mayor - de 16 mmhos).

Tabla No. 1 "CARACTERISTICAS DE LA LONGITUD DE ONDA, CON RESPECTO A LOS ASPECTOS FISICOS QUE PRESENTA EL SUELO.

CLASIFICACION DE LOS CARACTERES DE LA TIERRA PASADOS EN IMAGENES
FOTOGRAFICAS DEL ERTS - 1.

CLASE DE GRIS	APARIENCIA DE LA FOTOGRAFIA DE COLOR MIXTO (BANDAS 4-5-7)	CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS Y ESPECIALES	CLASE Y USO DEL TERRENO
0	Azul oscuro. Rojo brillante.	Mar, lago, río. Tierras llanas, formas geométricas.	Agua. Agricultura bien irrigada.
1	Rojo oscuro.	Montañas, altas, terreno accidentado.	Bosque de pino y abeto.
2	Rojizo-café-rosa. Rojo brillante Rojo a rosa.	Pendientes costeras. Montañas tierra adentro. Terreno plano. campos.	Bosque de encinos y ericáceas Bosque decídúo. Agricultura marginalmente irrigada.
3	Moteado (Rojo, café amarillo, púrpura).	Pendientes costeras, montañas tierra adentro.	Arbustos, encinares dispersos Arbustos, árboles de madera dura.
4	Moteado, principalmente por café rojizo y amarillo.	Terreno accidentado.	Arbustos, pinos, encinares, - suelo desnudo y rocas en tre mezcladas.
5	Bianco amarillento a naranja.	Terreno plano o ligeramente inclinado.	Sin riego, con algunos pinos y arbustos.
6	Bianco, blanco amarillento, blanco azulado.	Terreno plano o ligeramente ondulado. Terreno accidentado.	Cultivos de invierno, sin riego, suelo desnudo. Arbustos decaídos y rocas.
7	Gris verdoso amarillento. Blanco a azul.	Idem: anterior. Pendiente montañosa accidentada. Patrón residencial. Terreno plano.	Pastizal. Terreno sin cultivo, desnudo. Ciudades y poblados. Zona para riego.

Determinamos, por medio de ésta las diferentes características geográficas y especiales de la superficie terrestre que se presenta en una imagen fotográfica, así mismo la clase y uso que se dá al suelo. La cual en base a las diferentes tonalidades de gris y color representadas con determinado número de bandas (Longitud de onda) nos ayuda a verificar sus características propias, por medio de la fotogrametría y fotointerpretación, Dirección de Fomento Agropecuario del Estado de Nuevo León, S.A.R.H. (1982).

V. RESULTADOS

Como se mencionó en la parte correspondiente a materiales y métodos los resultados obtenidos se representaron por medio de la cartografía donde se usará como plano base las cartas topográficas correspondientes a la zona, editadas por la dirección de estudios del territorio nacional (Detenal), escala 1:50,000 los resultados obtenidos se presentan en la Tabla No. 2 con los municipios del Estado de Nuevo León y con superficies totales (Has.) y de éstas se saca la superficie total afectada por sales y después la superficie total para cada nivel de salinidad con sus respectivos porcentajes para cada municipio. Aquí se tomó como base los datos para nuestra área de interés que es Galeana, N.L.

Las Figuras Nos. 14 y 15 representan los diferentes rangos de salinidad y con puntos de verificación. La Figura No. 14 es una fotografía con todas sus características geomórficas, donde se puede ver en detalle las zonas montañosas, las agrícolas, las urbanas y las forestales.

De ésta fotografía se obtuvo la figura No. 15 donde ésta representa todos los datos que se sacaron a base de fotointerpretación de la Figura No. 14 la salinidad se caracterizó en 4 niveles de la zona de estudio, Leve (S), Moderado (S⁺), Fuerte (S⁺⁺), Muy Fuerte (S⁺⁺⁺).

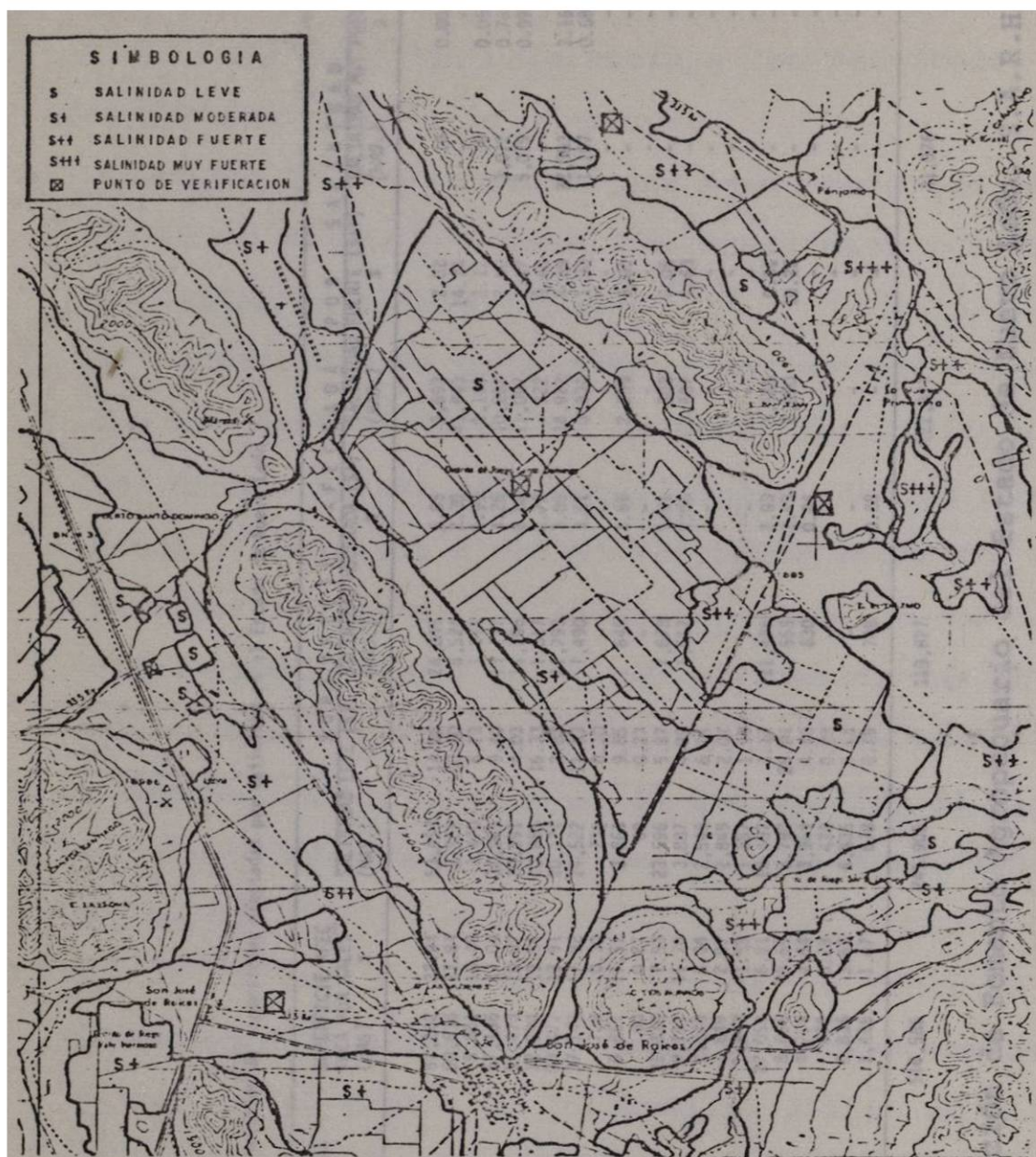
La información que se reporta en la Tabla No. 2 es para los municipios del estado de Nuevo León que tienen problemas con salinidad.

Los datos que se reportan en la Tabla No. 2 son de una -

área mucho mayor que la que se reporta en la Figura No.15 - - por lo tanto la superficie no coincidiría, sin embargo ésta zona mapeada cartográficamente muestra áreas con alto grado de salinidad y que para el caso de nuestro ejemplo práctico, da una buena idea del objetivo que se persigue. El total de superficies afectadas por sales en el municipio de Galeana es de 99,477 Has., de las cuales el 22.7% contienen salinidad muy fuerte donde la siembra de algún cultivo se torna casi imposible de acuerdo al impedimento físico-químico que representan las sales.



FIG.14. FOTOGRAFIA AEREA , RE INTERPRETADA , CON SUS DIFERENTES RANGOS DE SALINIDAD Y PUNTOS DE VERIFICACION.
Dirección de Fomento Agropecuario del Estado de Nuevo León,
S.A.R.H. (1982).



10.15 FRACCION DE CARTA DEFINITIVA DE SUELOS AFECTADOS POR DIFERENTES GRADOS DE SALINIDAD.

Dirección de Fomento Agropecuario Del Estado de Nuevo León, S.A.R.H. (1982).

TABLA 2 Relación de superficies afectadas por salinidad en el Estado de Nuevo León.

MUNICIPIO	SUPERFICIE TOTAL (HAS.)	SUPERFICIE AFEC- TADA POR SALES (HAS.)	SALINIDAD LEVE (S)		SALINIDAD MODERADA (S+)		SALINIDAD FUERTE (S++)		SALINIDAD MUY FUERTE (S+++)	
			(HAS.)	%	(HAS.)	%	(HAS.)	%	(HAS.)	%
AMAHUAC	380,170	87,202	53,454	14.06	25,045	5.85	7,693	2.02	10	0.003
ARAMBERRI	283,950	50,636	2,260	00.80	6,524	2.30	41,843	14.74	-	-
BUSTAMANTE	55,800	5,801	3,470	6.22	1,111	1.99	1,185	2.12	35	0.060
CHINA	394,060	67,136	37,025	9.40	15,777	4.26	10,262	2.60	3,072	0.780
DR. ARROYO	510,620	51,473	20,591	4.03	14,706	2.88	11,097	2.17	5,079	0.990
DR. COSS	66,460	12,994	10,855	16.33	1,817	2.73	322	0.48	-	-
GALEANA	715,460	99,477	20,174	2.82	21,798	3.05	34,922	4.88	22,583	3.16
GENERAL BRAVO	207,320	37,143	24,522	11.83	7,490	3.61	3,934	1.90	1,197	0.58
GENERAL TERÁN	246,600	738	738	0.30	-	-	-	-	-	-
GENERAL TREVIÑO	39,180	6,861	3,861	9.85	645	1.65	2,355	6.01	-	-
HIDALGO	22,070	60	60	0.27	-	-	-	-	-	-
LAMPAZOS	402,000	31,476	23,596	5.87	7,678	1.91	202	0.05	-	-
LOS ALDAMA	77,870	9,111	3,887	4.99	1,617	2.08	3,607	4.63	-	-
LOS HERRERA	42,160	2,545	2,545	6.04	-	-	-	-	-	-
LOS RAMONES	137,880	2,849	2,849	2.07	-	-	-	-	-	-
MIER Y NORIEGA	116,800	1,857	1,857	1.59	-	-	-	-	-	-
MINA	391,580	27,058	12,407	3.17	11,486	2.93	3,165	0.81	-	-
OCAMPO	22,320	8,635	5,790	25.94	555	2.49	2,290	10.26	-	-
PARAS	99,200	4,799	3,969	4.84	830	0.84	-	-	-	-
SABINAS HIDALGO	166,160	472	472	0.28	-	-	-	-	-	-
VALLECILLO	185,990	6,836	6,836	3.68	-	-	-	-	-	-
VILLA DE GARCIA	85,320	1,426	678	0.79	748	0.88	-	-	-	-
TOTAL:	516,585	516,585	241,905	113,827	122,877	31,976				

Dirección de Fomento Agropecuario del Estado de Nuevo León, S.A.R.H. (1982)

VI.- CONCLUSIONES

En base al proceso crítico sobre el cual se elaboró el presente trabajo y con referencia a los resultados obtenidos durante dicho proceso se concluye.

- 1.- Trabajos de investigación han demostrado que la temperatura de la planta y humedad del suelo está relacionada con las sales en el mismo suelo.
- 2.- Las longitudes de onda como el infrarrojo a color son las que nos determinan en las imágenes fotográficas los lugares donde existen sales en el suelo, debido a que en esta banda (Infrarrojo a color) se pueden reconocer con más claridad las sales del suelo, se correlaciona la conductividad eléctrica del suelo con el tono de las fotografías aéreas dando rangos de variación para la conductividad eléctrica según el tono de la fotografía, el rango de 750 - 900 micrones, nos sirve para detectar salinidad en el suelo.
- 3.- Es imprescindible la aplicación de los sensores remotos y la fotografía aérea en el mapeo de suelos con problemas de sales. El empleo de fotografías aéreas en color natural a escalas grandes permite realizar la cartografía de suelos afectados por sales, esto permite generar patrones de fotointerpretación en terrenos con una afectación salina en cualquier grado, y que es representativo de una zona.
- 4.- El uso de los sensores remotos en la Ciencia del suelo y en especial en aquellas zonas con problemas de sales, tan

to nacional como regional, vendría a jugar un papel importante, ya que ayudaría gradualmente a disminuir las pérdidas de productividad de los suelos, por problemas de sales en el mismo.

- 5.- En el Estado de Nuevo León el 8.01% de la superficie total (6,455,500 ha.) se encuentra afectada por diferentes grados de salinidad: 3.75% (241,905) con salinidad leve, 1.86% (119,827) con salinidad moderada, 1.90% (12,977) con salinidad fuerte y 0.50% (31,976) con salinidad muy fuerte.
- 6.- Los municipios con problemas más fuertes de salinidad son Galeana, Anáhuac y China, presentándose dicho problema principalmente en zonas de riego y/o donde existen problemas de inundación. El nivel de salinidad más acentuado es el de salinidad fuerte que ocupa una superficie de 34,922 Has. Por lo tanto de acuerdo a la clasificación de niveles de sal sólo pocas especies vegetales tolerantes pueden rendir satisfactoriamente.
- 7.- Se cumplió con los objetivos mencionados, ya que se pudo sacar en base a la información de niveles de sal en el (área de interés), por medio de fotografía la delimitación para formar los planos, y con la ayuda de la carta topográfica se procede a mapear cartográficamente el área.

VII.- SUGERENCIAS

- 1.- Eliminar la dependencia de los análisis de imágenes y fotografías que se tiene con países como Estados Unidos de Norteamérica para la información original recabada, mediante tratados dignos propios de países independientes, viene al caso esto, porque se tiene el siguiente antecedente. México mandó al espacio por medio de la N.A.S.A. - los satélites Morelos I y II, los satélites mandan la información a la tierra que es captada por estaciones terrenas ya instaladas y funcionando, pero esta información -- (íntegra) tiene que ser mandada a los Estados Unidos a -- los servicios de información de la N.A.S.A. u otras dependencias encargadas del procesamiento y análisis de la información, y después de acuerdo al interés que convenga se modifica esta información y ya modificada pasa a los centros de procesamiento, cómputo y análisis, en México para desglosar y recopilar la información del área de interés; se quiere con esto que en un futuro no lejano México cuente con toda la infraestructura propia para utilizarla y sacar la información de nuestros recursos naturales.
- 2.- Aumentar mediante la investigación por medio de la fotografía aérea la información de los niveles de sal en cada una de las zonas (áridas) que son agrícolas y ganaderas existentes en la República Mexicana, para así estudiar la forma de control a corto y mediano plazo de los lugares o terrenos con éste problema y dar a conocer este tipo de investigación para futuros trabajos, creando con esto pro

1
fesionistas capaces que coadyuven al desarrollo de las --
nuevas tecnologías (sensores remotos) en la productividad
del suelo.

- 3.- Realizar consultas apropiadas con los diferentes países y corporaciones privadas más importantes en el control del espacio aéreo por medio de sistemas de satélites, para -- coordinar mejor la transmisión y captación de información vía satélite y evitar con esto posibles interferencias.
- 4.- Que toda información de fotografía e imágen de salinidad en el suelo sea accesible al público (profesionistas, gente que desee proseguir el trabajo, estudiantes, profesores, intelectuales, y trabajadores). Ya que muchas veces las dependencias que se supone disponen de ella no la proporciona al momento, muchas veces se tiene que pedir con tiempo a los centros de información ubicados en la capital de la República, trayendo consigo el retraso en los trabajos de investigación con respecto a este tema, la solución sería encontrar canales más rápidos y eficientes para proporcionar la información.
- 5.- En base a los niveles de sales presentados, en el área de interés, se sentará el precedente para establecer plantas resistentes a la salinidad y así coadyuvar al desarrollo agrícola de la región. Además buscar el mejoramiento de suelos mediante lavados, incorporación de materia orgánica y fertilizantes químicos para bajar el pH del suelo.

VIII.- BIBLIOGRAFIA

- Arciniega, H.L. (1980) "La Ingeniería Aeroespacial como una Carrera Universitaria en la U.A.N.L.", Fac. de Ingeniería Mecánica y Eléctrica: U.A.N.L. Monterrey, N.L.
- Area de Geotermia (1977) "Generalidades sobre Percepción Remota", subgerencia de I. Básica, C.F.E., G.G. de Estudios, - E.I. Preliminar México, D.F. p. 8-9.
- A.S.P. (1960) "Manual of Photographic Interpretation" Amer. Soc. of Photogrammetry. Washington, D.C.
- Barraza, A. (1976) "Procedimiento para Elaborar Mapas Estatales de Unidades de Suelos", Guanacos y Fertilizantes México, D.F.
- Barrera, R., y A.S. Jinich (1977) "Detección y Cuantificación de Recursos Agropecuarios mediante análisis por computadora de fotografías tomadas desde avión y satélite", - - LIMAS, UNAM, México, D.F.
- Díaz, P. J.A. y A.V. Flores (1974) "Hacia una Fotointerpretación Automática" S.A.R.H. México, D.F.
- Dirección de Fomento Agropecuario de Gobierno del Estado de Nuevo León (1982) S.A.R.H. Monterrey, N.L.
- Domínguez, O. (1960) "A comparative analysis of color and black and white aerial photograph as aid in the mapping of soil in wildland areas." A.S.P. Washington, D.C.

- Engineering Bulletin No. 45 (1984) "Remote Sensing environmental geotechnical applications", Los Angeles, Cal. U.S.A.
- Estes, J.E. (1974) "Remote Sensing Techniques for environmental Analysis" Hamilton Publishing Company, Sta. Bárbara, Cal. U.S.A.
- Estrada, B.W. y H. Cuanaló (1974) "VII Congreso de la Caracterización y Cartografía del suelo con problemas de sales y sodio mediante el uso de metodologías estadísticas y fotointerpretativas" México, D.F.
- Estrada, B.W. J.W. (1978) "Cartografía y Caracterización de suelos sódicos y salinos mediante fotointerpretación" Colegio de Postgraduados de Chapingo, Chapingo Edo. de México.
- Fix, F. y S.A. López (1985) "Sistema Morelos de Satélites" Artículo de la Revista Universidad de México, U.N.A.M. México, D.F.
- Herrera, H.B. (1975) "Técnicas de Percepción Remotas" Departamento de Bosques, Area de Ingeniería Forestal, Sección de fotogrametría y fotointerpretación E.N.A. - U.A.CH. - México, D.F.
- Holter, M.R. (1970) "Imaging with Nonphotographic sensors in Remote sensing with special reference to Agriculture and Forestry" National Academy of Sciences, Washington, D.C. - U.S.A. pp. 73- 163.

Llerena, B.F.A. (1977) "Definición óptimo económico del tamaño de la muestra e intensidad de lavado para la recuperación de suelos con problemas de sales", (Tesis de Maestría) Colegio Postgraduados de Chapingo, Chapingo, Edo.-de México.

Memorias Primer Simposium (1979) "Nacional de Fotointerpretación - Evaluación de la situación actual de la interpretación de imágenes y fotografías aéreas en México", Soc. Mexicana de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia México, D.F.

Myers, V.E., D.L. Carter, and W.J. Reppert. (1966) "Photogrammetry and temperature sensing for Estimation Soil Salinity" J. Irrig. Drain Div., Amer. Soc. Civ. Eng. 92 - - - (IR 4): 59 - 65.

Myers, V.I., L.R. Ssery and W.J. Reppert. (1963) Photogrammetry for detailed Detection of Drainage and Salinity Problems; Trans. Soc. Agr. Eng. 6(4): 332 - 334.

Palacios, P.O. (1974) "Sobre el Desarrollo de una Metodología de muestreo de suelos salinos" Revista Agrociencia No.14 E.N.A. México, D.F. pp 3-20

Peña, R.F. (1968) Apuntes Técnicos "Aplicaciones de la Sensibilidad Remota en la Ciencia del Suelo" Estudios y Proyectos S.A., Aerofotogrametría México, D.F.

- Peña, R.F. F. y F. García LL. (1965) "Estudio pedológico y agrológico para la solución de los problemas de drenaje de la Planicie Costera de Tecomán, Colima;" S.R.H. Dirección General de Aprovechamientos Hidráulicos. Residencia Regional de Agrología Guadalajara, Jal. Méx.
- Pérez, G.D. y R. Vital (1978) "Evaluación del Uso del suelo -- en la Cuenca del Río Pánuco utilizando el sistema P.R." LIMAS y U.N.A.M. México, D.F.
- Ramírez, F, S., L. Sandoval y J. Villa (1979) "Detección de la Salinidad en los Distritos de Riego mediante interpretación automática;" fotogrametría, fotointerpretación y Geodesia Detenal México, D.F.
- Rangel, G.R.H. (1979) "Aplicación de los sensores remotos en la Citricultura" U.A.N.L. Fac. Ciencias Físico-matemáticas, Monterrey, N.L.
- Richards, L.A. (1953) "Diagnóstico y Rehabilitación de suelos sódicos y Salinos." USDA. Traducción por Ed. Limusa. 1973. México.
- Rodríguez, B.D. (1979) "Fotointerpretación Forestal" Departamento de Bosques. Cap. II, U.A.CH., Chapingo, Edo. de -- México.
- Salvat, S.A. (1974) "Los Satélites artificiales", Barcelona, -- España.

Solera, F.A. (1979) Fotogrametría y fotointerpretación y Geodesia Artículo No. 20 México, D.F.

Secretaría de Programación y Presupuesto (1979) "Descripción de la Leyenda de la carta Edafológica" Detenal México, D.F.

Secretaría de Programación y Presupuesto (1979) "Carta topográfica G 14 C 66, San José de Raíces, N.L." Detenal México, D.F.

Uvalle, G.R., (1983) "Evaluación del uso actual del suelo en el Estado de Sinaloa, por medio de imágenes de satélites Landsat" U.A.N.L. Facultad de Agronomía. Tesis de Licenciatura, Monterrey, N.L.

Villarreal, J.G. (1980) "Uso potencial del suelo" Departamento de Estudios Agropecuarios S.A., R.H. Edo. de Nuevo León.

001724

