



INTERPRETACION DE UNIDADES DE VEGETACION  
EN LA CORDILLERA ANDINA ENTRE LOS PARALELOS  
34° y 37° 40' LATITUD SUR.

JUAN GABRIEL JUNEMANN ROMAN

SANTIAGO, FEBRERO de 1980.

U. 1529

## I N D I C E

### AGRADECIMIENTOS

#### I. INTRODUCCION

#### II. OBJETIVOS

#### III. ANTECEDENTES GENERALES

##### A. Conceptos fundamentales.

- 1.- Percepción Remota del Ambiente.
- 2.- Sensores Remotos.
  - 2.1. Sensor Activo.
  - 2.2. Sensor Pasivo.
- 3.- Medios Transportadores.
- 4.- Algunas Características de la Percepción Remota del Ambiente.
- 5.- Sensores Opticos.
  - 5.1. Cámaras Panorámicas.
  - 5.2. Cámara Multibanda.
  - 5.3. Otro Tipo de Cámaras.
- 6.- Sensores Infrarrojo.
  - 6.1. El uso de infrarrojo en Estudios de Vegetación.
- 7.- Radar.
- 8.- Uso de Microondas.
- 9.- Satélite "Landsat".
  - 9.1. Características Generales del Satélite.
- 10.- Otros Antecedentes Relacionados con las Imágenes de Satélite.
  - 10.1. Imágenes de Satélites Artificiales.
  - 10.2. Visor Multiespectral.

#### IV. MATERIALES

#### V. METODOLOGIA

#### VI. PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

- 1.- Imágenes de Satélite y Fotografías Aéreas.
- 2.- Uso Actual.
- 3.- Leyenda de las Unidades Definitivas.
  - 3.1. Interpretación de Imágenes de Satélite.
  - 3.2. Interpretación de Fotografías Aéreas.

VII. CONCLUSIONES GENERALES

VIII. RESUMEN

IX. BIBLIOGRAFIA

X. CARTAS.

## AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo de Práctica ha sido posible a la desinteresada colaboración de numerosas personas, las cuales de una u otra forma - aportaron Datos, Informes, Ideas. Al nombrarlos a todos se correría el riesgo de omitir algunas.

Sin embargo es un deber dejar constancia de la valiosa ayuda prestada por el Señor Director del Instituto Nacional de Investigación de Recursos Naturales (IREN), Coronel (R) Don Enrique Junemann Mardones.; Ingeniero Forestal Don Jorge Silva Pais, Ingeniero Agrónomo Srta. Carmen Luz López Bravo y Secretaria Sra. Verónica León Valdés.

Finalmente a todos aquellos que anonimamente proporcionaron su ayuda de una y otra forma, vaya hacia ellos mi más sincero agradecimiento.

## I. INTRODUCCION

Este estudio surgió como una respuesta a las inquietudes del interesado, en torno a la posibilidad de realizar una práctica en el uso de sensores remotos, ya sea por métodos convencionales, como son las fotografías aéreas, y por métodos más sofisticados, como son las imágenes tomadas por satélites, en zonas donde la información es escasa.

Actualmente, el hombre cuenta con imágenes provenientes de naves espaciales y satélites artificiales, situándose ante un nuevo campo de investigación en la cual la experimentación de métodos de trabajos y la aplicación de la información obtenida debe ser preocupación fundamental.

Ya que la fotointerpretación tradicional no se adecua a estas nuevas herramientas de prospección, es necesario ahondar en este campo hasta determinar métodos útiles, eficientes y económicos.

## II. OBJETIVOS

- 1.- Interpretación de vegetación en zonas sin información.
- 2.- Comparar las diferentes interpretaciones con distintas imágenes.
- 3.- Familiarización con el uso de imágenes de satélite y el uso de fotografías aéreas convencionales.

## III. ANTECEDENTES GENERALES.

### A. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

- 1.- Percepción Remota del Ambiente:

Es la adquisición de información sobre ciertos procesos o fenómenos ambientales sin poner el objeto compilador en contacto con el sujeto de la investigación.

## 2.- Sensores Remotos.

Son todos los equipos que se pueden usar dentro del área de percepción remota, ej. Cámaras fotográficas, radares, equipos de detección electromagnética, medios de muestreo de campos magnéticos, elementos de gravimetría, rayos laser, instrumentos que operan con ondas acústicas, etc.

Es posible distinguir entre sensores "activos" y "pasivos".

2.1. Sensor Activo: Emiten impulsos que chocan contra el objetivo en estudio, son reflejados en un espacio determinado y de una manera específica. Uno de los sensores activos más eficaces parece ser el radar.

2.2. Sensor Pasivo: Solo muestrean radiaciones emitidas por los objetos que se pretende estudiar. Aquí tenemos los radiómetros.

La fotografía es una suerte de sensor remoto "mixto", que aprovecha una fuente de iluminación (el sol) pero ésta no es propia y, en consecuencia registra los reflejos de los objetos.

## 3.- Medios Transportadores.

Son aparatos móviles que se usan para la conducción del equipo de persepción remota ya sea, aviones convencionales, aviones especialmente acondicionados SR-71, helicópteros, satélites, aviones cohetes (X-15).

## 4.- Algunas Características de la Persepción Remota del Ambiente.

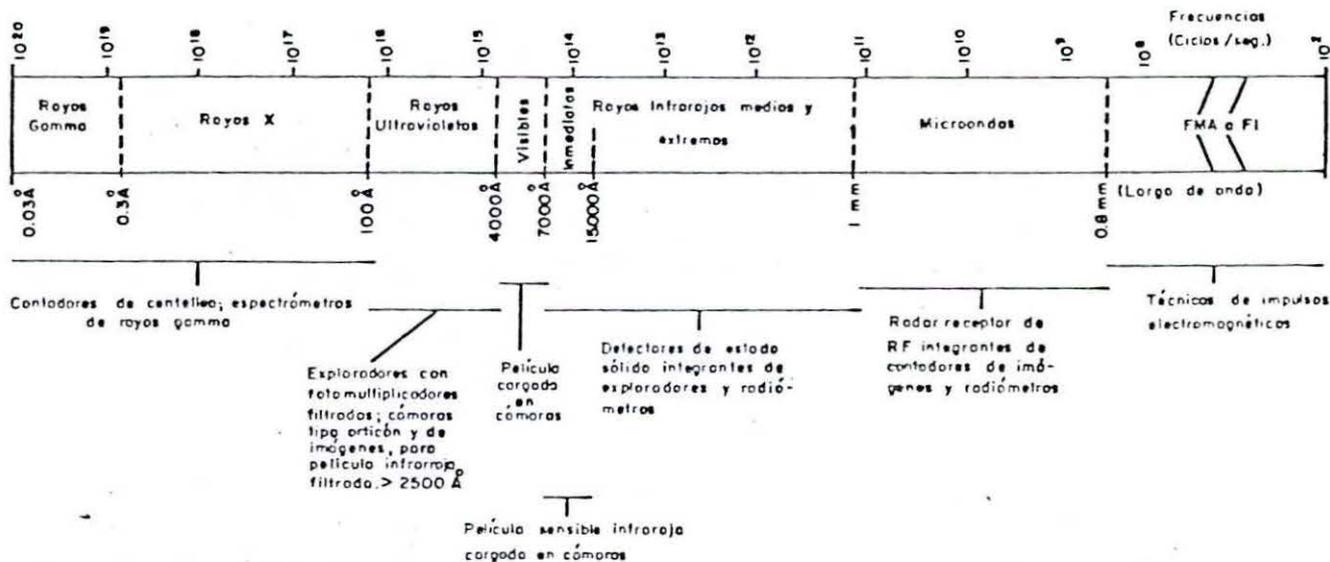
Se puede sostener que todo cuerpo con una temperatura superior a cero absoluto ( $-273^{\circ}\text{C}$ ), irradia energía electromagnética, que está en relación directa con sus acciones moleculares y atómicas. Dado que esta energía es irradiada hacia el infinito sin requerir

de un medio de propagación es posible caracterizar las propiedades electromagnéticas de un objeto cualquiera en el universo, previsto que se disponga de un detector adecuadamente sensible como para interpretar una porción de la radiación. Del mismo modo, como todo objeto posee masa, resulta posible medir el campo de fuerza, que le distingue si se cuenta con un detector adecuado. La Figura 1 muestra como los sensores se relacionan respecto de las longitudes de ondas y frecuencias del Espectro Electromagnético. Debe señalarse que en verdad, la porción visible del espectro es bastante pequeña y que las posibilidades de uso de detectores en otras longitudes de ondas abren perspectivas interesantísimas. Es necesario advertir que existen porciones del espectro en las que ciertas interferencias atmosféricas pueden dar lugar a la formación de un medio absorbente que dificulta la operación del detector. Como resultado de las interferencias atmosféricas, las zonas del espectro quedan divididas entre aquellas en que el trabajo se dificulta, y aquellas que se denominan "ventanas de observación", en las cuales pueden operar los sensores.

#### 5.- Sensores Opticos

Notables adelantos ha hecho la industria óptica en cuanto a la resolución en cámaras con lo que ha dado respuesta a las necesidades de programas espaciales y otros campos como: forestal, agropecuario, geológico, etc., pero, especialmente a los de espionaje militar. Se ha podido lograr "resoluciones" de hasta 30 cm., pero considerando el grado y monto de información que se hacia disponible, pero como para tales condiciones resultaría una acumulación excesiva de información, se esta buscando un nivel de resolución que se adecúe a cada uno de los campos.

- 5.1. Cámaras Panorámicas: Se distinguen por que permiten fotografiar un área muy amplia en una sola foto con una resolución muy grande, pero su uso requiere de un campo angular muy angosto que permita minimizar las aberraciones de los lentes. Un problema mas grave, es que a diferencia de la cámara convencional en que la película descansa sobre una superficie plana, en la cámara panorámica tiene que tomar la forma de arco para poder mantener un foco uniforme, que permita el paso directo de la luz hacia el film, lo que provoca grandes variaciones en la escala. Se considera que estas cámaras son útiles en la detección de: tipos de cultivos, areas límites de playas, dunas, hielos etc.
- 5.2. Cámara Multibanda: Cuenta con una serie de lentes equipados con filtros especiales que bloquean porciones del espectro electromagnético y que corresponden a películas de distinta sensibilidad permitiendo obtener varias fotos simultáneas en diferentes bandas del espectro visible y aun bastante cerca del infrarojo (desde 0,38 micrones) y del ultravioleta (hasta 0,9 micrones). Con el juego de imágenes que presenta distintos tonos, resulta posible para el fotointérprete determinar un tipo de "señal tonal" para cada objeto, logrando un cúmulo de información que sería imposible de obtener con fotos convencionales.
- 5.3. Otros tipos de Cámaras: Cámaras Métricas; el atributo mas significativo es su buena geometría para la confección de pares estereoscópicos, y de grandes perspectivas para la cartografía.



LOS SENSORES, TAL COMO SE RELACIONAN CON LOS LARGOS DE ONDA Y FRECUENCIAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.

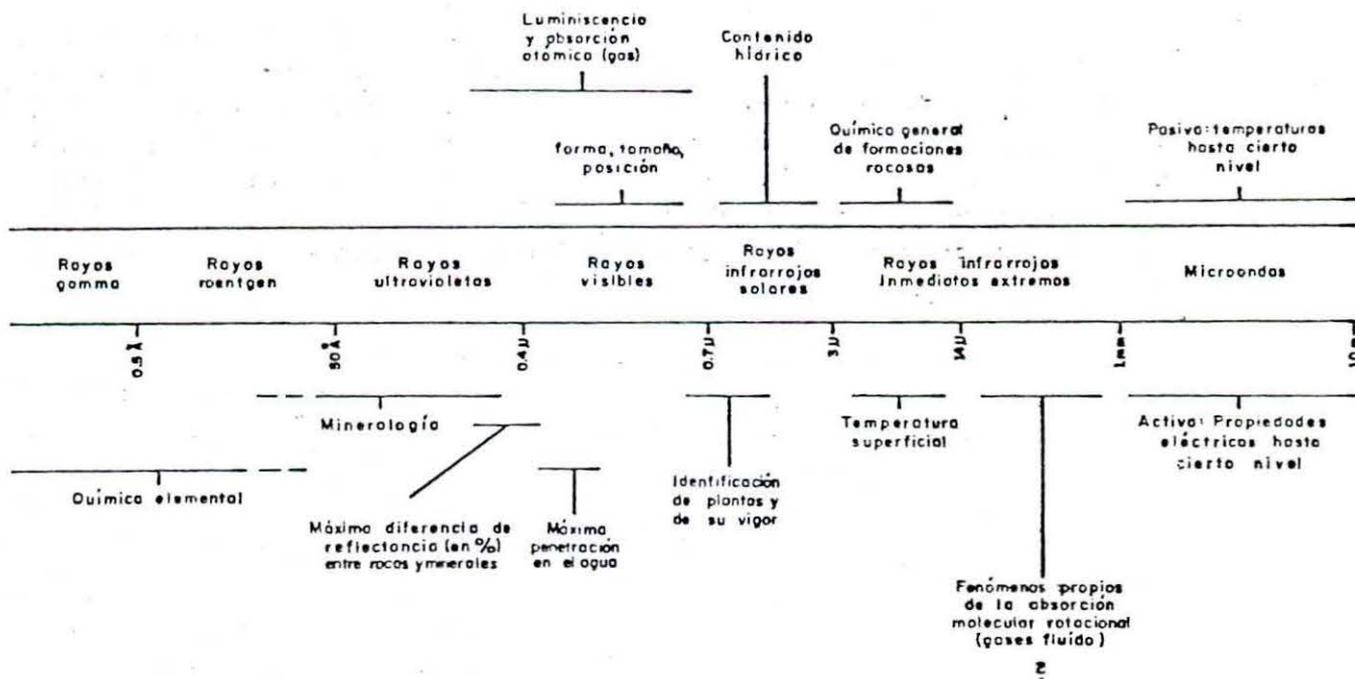


Fig. 1. Compendio de los tipos de información sobre materiales y sus propiedades, susceptibles de ser interpretados gracias a la observación de distintos sectores del espectro electromagnético.

- Fotografías de pequeña escala de imprescindible valor para la confección de mapas vegetacionales (bosques maderables, matorrales, pastizales) en áreas aun no reconocidas.
- Uso de películas y filtros adecuados, permiten distinguir con claridad bosques de maderas duras, maderas blandas y mixtos.
- Fotos de mayor escala, son de gran utilidad para determinar el tamaño de los árboles, densidad y volúmenes de madera, así como el indicio del estado sanitario de las especies y de la susceptibilidad de incendios forestales.
- Fotos especiales que permiten el levantamiento de censos de aves y animales silvestres, determinación de cultivos, su ritmo de crecimiento y rendimiento también se puede obtener salinidad del suelo, masas de agua, superficies fuertemente erosionadas, etc.

#### 6.- Sensores Infrarojos (IR).

Se refiere a aquella porción del espectro electromagnético ubicado entre las longitudes de onda visibles y el radar (entre 0,3 y 300 micrones).

Las condiciones atmosféricas son un factor importante en las potencialidades de los sistemas infrarojos, para lograr imágenes de calidad, porque la radiación debe pasar a través de una porción de aquella atmósfera.

Existen dos técnicas a emplear en la detección de objetos en IR. El primer sistema emplea película aérea de color o en blanco y negro hecha sensible a las marcas técnicas de energía semi-infrarroja reflejada por los objetos desde la tierra. Se denomina cercano infrarrojo porque se ubica en el término del espectro visible y es útil para la detección de estados sanitarios.

Los objetos terrestres emiten también calor en forma de ondas infrarojas cuya detección requiere de otro sistema, empleándose para ello un instrumento mas sensible llamado "barredor infrarojo".

6.1. El uso de I.R. en Estudios de Vegetación: En la porción del espectro electromagnético, algunos elementos importantes de la vegetación pueden interpretarse con mayor rapidez que sobre fotografías pancromáticas.

Los árboles enfermos y muertos aparecen con claridad sobre imagenes aéreas infrarojas, porque los arboles sanos poseen mas agua y estos reflejan mas el infrarojo con relación a los arboles muertos.

El sistema I.R. termal más exitoso es aquel que funciona en la banda de 1 a 1,5 M, siendo particularmente útil para el estudio de hojas y de su estructura así como para el análisis de los factores de intercambio de energía y de temperatura de las hojas.

Como generalmente son las hojas de las plantas o árboles las que estan expuestas a la vista se debe revisar las características espectrales del follaje. La hoja refleja, transmite y absorbe energía incidente de una manera que es característica de las células pigmentadas (ver figura 2). En las porciones visibles, cercano I.R. y lejano I.R. las hojas tienen el siguiente comportamiento: la reflexión y emisión desde la cutícula y epidermis de las hojas es muy pequeña y ordinariamente no se considera. La mayor parte de la luz azul y roja del espectro electromagnético es absorbida por la clorofila mientras que la luz verde se ve fuertemente reflejada por la hoja.

El mesófilo provoca una alta reflexión de energía incidente del cercano infrarojo. La hoja presenta también una fuerte absorción en el lejano infrarojo.

En la figura 3 se detalla lo que sucede con la luz incidente sobre una hoja. Una pequeñísima cantidad de energía es reflejada desde la cutícula, otra porción es transmitida hacia el mesófilo, donde los rayos sufren quiebres al chocar con las paredes celulares, siendo reflejados si el ángulo de incidencia es suficientemente grande. En hojas delgadas, la transmisión es mayor que la reflexión; pero en las hojas gruesas la reflexión es mas fuerte que la transmisión. Las hojas gruesas y oscuras de las plantas xerófitas y los troncos de cactus no transmiten radiación, reflejando fuertemente el cercano I.R.

El espectro de la hoja presenta regiones caracterizadas por una alta absorción de energía, en la banda del rojo y en el I.R. como lo muestra la figura 2.

Existen numerosos factores que provocan alteraciones en la reflexión de la luz y que son factibles de registrar e interpretar si se cuenta con registros adecuados.

Los factores más importantes que determinan cambios en la reflexión son:

- Contenido de agua de la hoja
- Edad de la hoja
- Niveles de nutrientes y toxicidad
- Suelo
- Residuos pulverizados en la superficie de la hoja
- Especie y variedad
- Tamaño relativo y estado de maduración
- Geometría del cultivo.

El sistema I.R. también es usado, en climatología, geología, hidrología, detección de fenómenos subterráneos, etc.

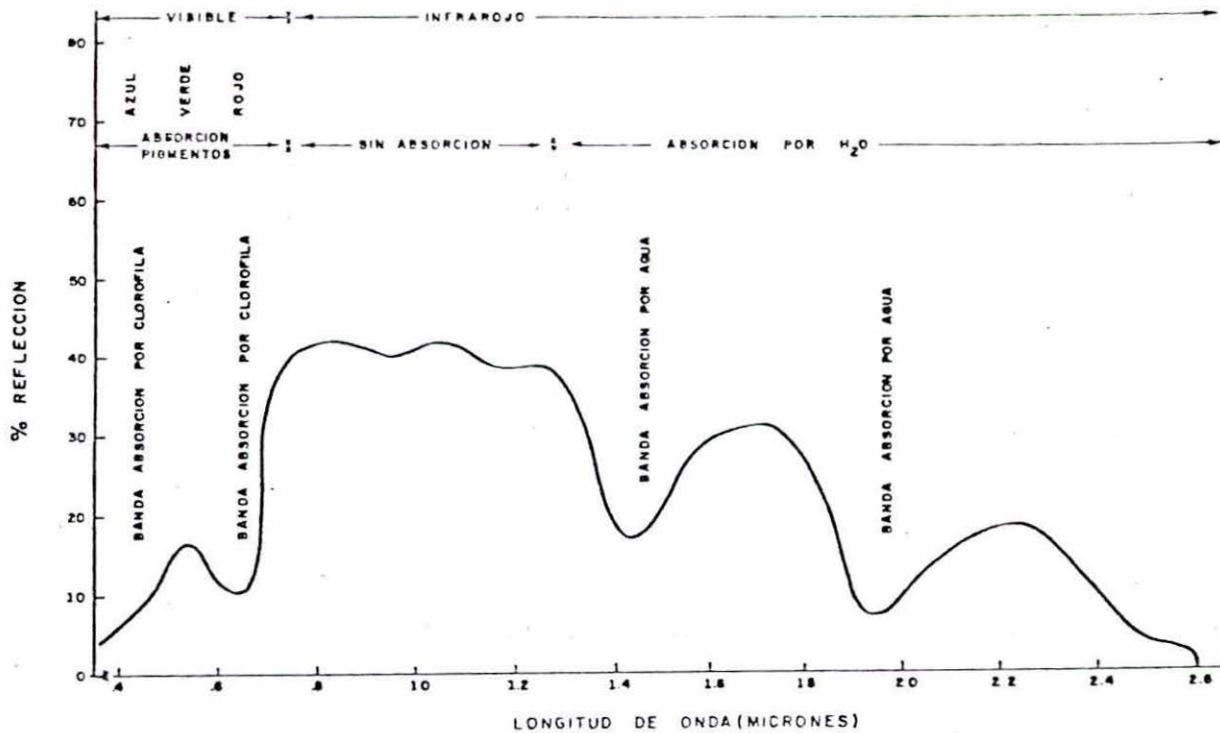


Fig. 32. Reflección espectral, característica de una hoja verde

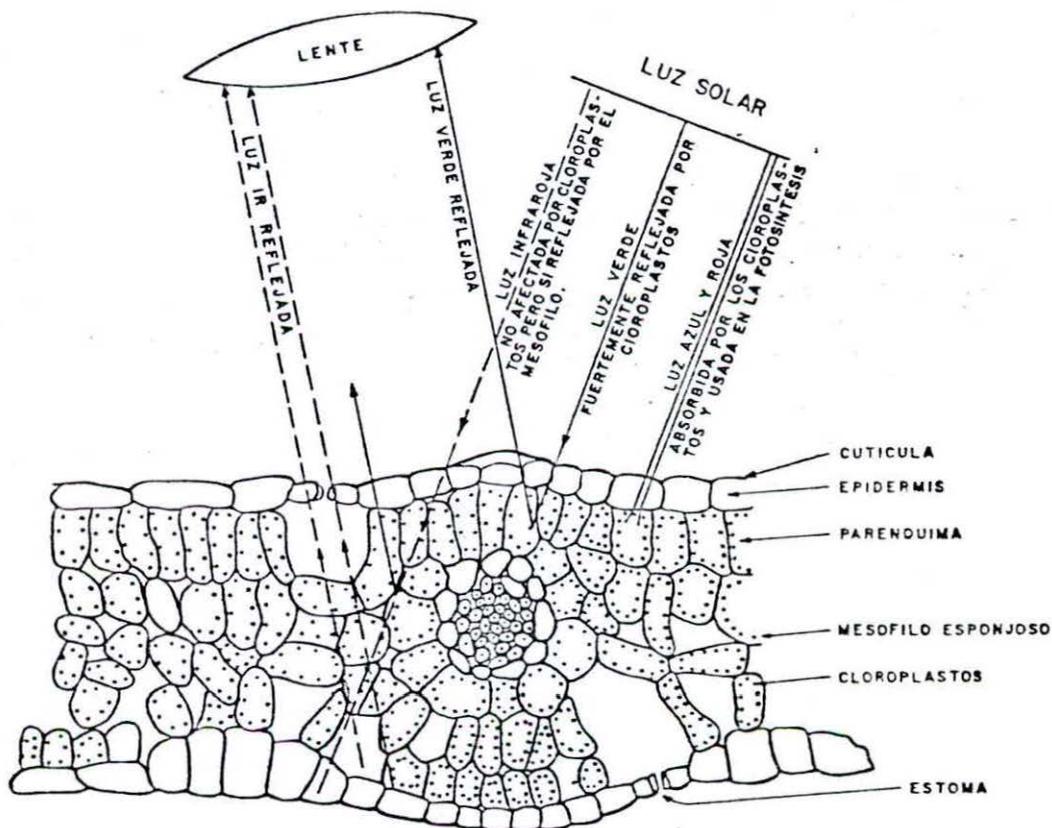


Fig. 33. Corte de una hoja mostrando lo que sucede con la luz incidente.

## 7.- Radar.

Es un equipo de microondas que envía un rayo de energía para detectar un cierto objeto.

El radar se ha experimentado en varios campos ya sea vegetacional, prospección petrolífera, detección de condiciones atmosféricas, etc.

## 8.- Uso de Microondas.

Se estima que con equipos de microondas sera posible algún día obtener estudios rápidos generales de la humedad del suelo y aún de materiales subterráneos. Fuera de esto se han detectado plantas y árboles enfermos antes de que tales afecciones pudieran apreciarse en forma visual.

## 9.- Satélite "Landsat". (Ver figura 4)

## 9.1. Características Generales del Satélite.

El satélite Landsat fue puesto en órbita por la Agencia Nacional de Administración del Espacio (NASA) del Gobierno de los Estados Unidos.

Este satélite fue colocado en órbita polar en 1972 a una altura de 911,32 Km. El Landsat es una plataforma espacial que tiene un peso aproximado de 953 Kg, con un largo de 3,04 m y un diámetro de 3,96 m, cuando sus paneles solares están extendidos. Recorre 14 órbitas diarias y en cada órbita se demora 103 minutos; fotografía un mismo punto cada 18 días a través de sus dos sistemas de registro. Estos sistemas de registro son:

a) Return Beam Vidicon (R.B.V)

Este consiste en un sistema multiespectral de televisión, compuesto por tres cámaras sensibles a las siguientes longitudes de ondas:

Camara 1	0,475	-	0,575	micrómetros.
Camara 2	0,580	-	0,680	micrómetros.
Camara 3	0,690	-	0,830	micrómetros.

Estas cámaras cubren en cada toma una superficie terrestre de 185 x 185 Km con una distorsión de alrededor de 1% con una frecuencia de toma cada 25 segundos, para obtener un 10% de recubrimiento entre imágenes, en el sentido de la dirección del satélite.

b) Multiscanner System (M.S.S)

Este sistema consiste en un barredor multiespectral que detecta dentro de las siguientes longitudes de ondas del espectro electromagnético. Banda 4 (0,5 - 0,6 micrones), en la parte visible del espectro, tiene la mayor captabilidad de las cuatro bandas para penetrar el agua y determinar la turbiedad en los cuerpos de agua, distingue la vegetación verde de otra superficie cubierta e identifica estructuras geológicas.

Banda 5 (0,6 - 0,7 micrones) (luz visible), también en la porción visible del espectro, es útil para definir las cualidades culturales y topográficas y para clasificar diferentes tipos de vegetación que cubre la tierra.

Banda 6 (0,7 - 0,8 micrones) (cercano infrarrojo), es el espacio del borde entre la región visible y el cercano infrarrojo del espectro y es particularmente útil para identificar diferencias en usos de la tierra y la cantidad de biomasa verde de vegetación.

Banda 7 (0,8 - 1,1 micrones) (infrarrojo), en la región cercano infrarrojo para contraste entre cultivos dentro de áreas de riego.

El M.S.S. colecta datos de la tierra mediante un barrido continuo en franjas de 187 km. La energía que capta el barredor multiespectral pasa a través de una serie de detectores (6 para cada banda de longitud de onda), que la fijan simultáneamente produciendo una imagen con un 10% de recubrimiento en dirección al movimiento del satélite.

SATELITE DE RECURSOS NATURALES  
LANDSAT 1

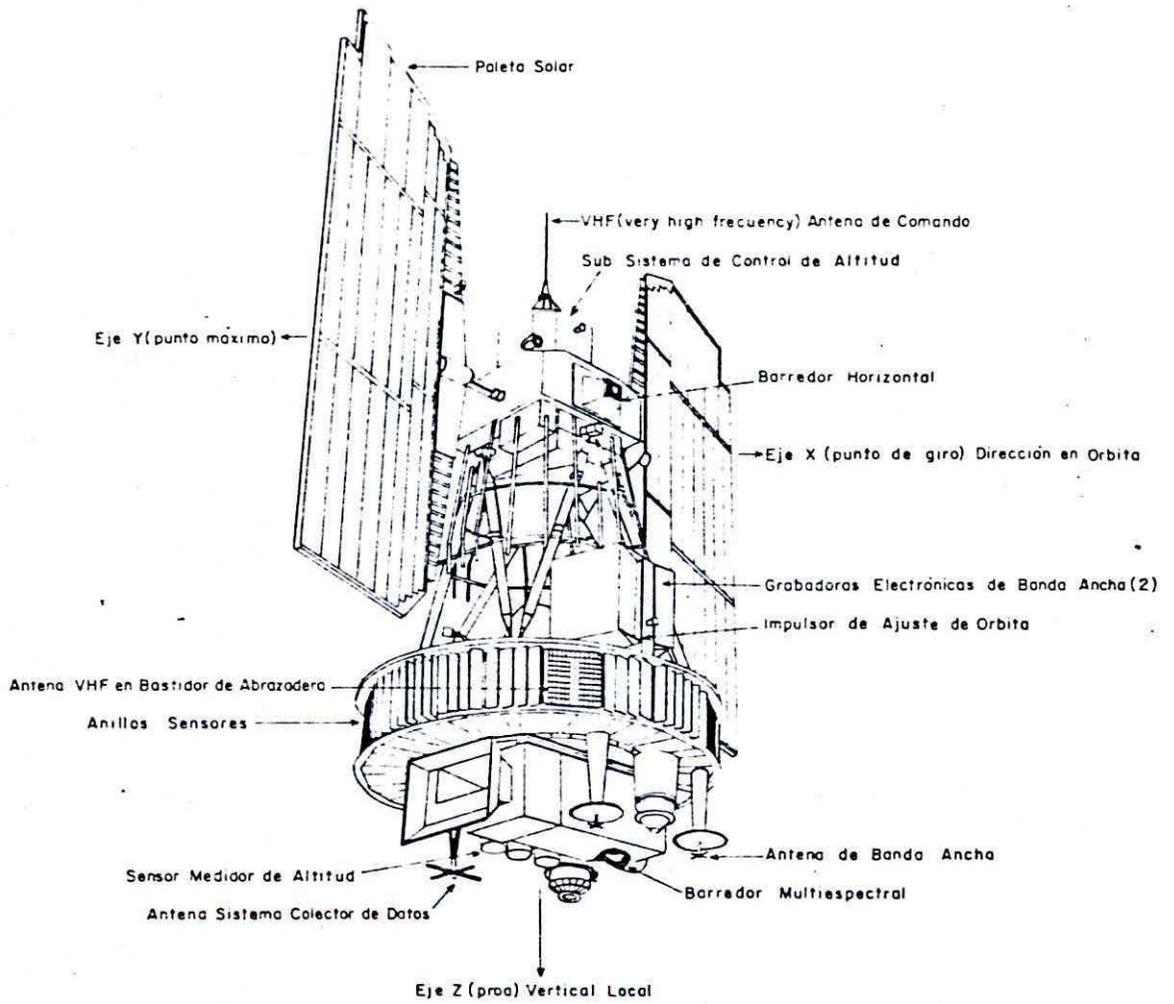


Figura: 4

Recibida la información obtenida por el satélite pasa a los centros de colección de datos y procesamiento, ésta a su vez es transferida a films que son revelados para determinar su calidad y luego ser copiados en diferentes bandas para finalmente ser puesta a disposición de los especialistas en análisis. Dado, que la gama de 4 bandas de longitud abre la posibilidad de utilizar una banda o composición de ellas más convenientes para el propósito de los diferentes estudios, siendo los mas usuales las bandas 4,5 y 7.

## 10.- Otros Antecedentes Relacionados con las Imágenes de Satélites.

### 10.1. Imágenes de Satélites Artificiales.

Desde la obtención de las primeras imágenes captadas por plataformas espaciales tripuladas o con sistemas automáticos de recopilación y transmisión de datos a la tierra, ha crecido masivamente su uso en la búsqueda incesante del hombre en conocer más fielmente el planeta en que habita. En el campo de la geología y más específicamente en fotogeología, pero también en otros campos como forestal, hidrología etc., la imagen de satélite ha venido a revolucionar los métodos tradicionales de interpretación al contarse con nuevas herramientas de insospechadas posibilidades de uso.

La Imagen posee grandes ventajas sobre sensores fotográficos aéreos comunes, por su gran área de recubrimiento (185 x 185 Km.), una distorsión casi nula, la gran posibilidad de combinaciones de diferentes bandas de longitud de onda, una integración de hecho de todos los "patterns" fotográficos que permiten tener una "visión de conjunto" muy clara.

### 10.2. Visor Multiespectral.

Es un instrumento óptico que permite analizar el área bajo estudio con imágenes en distintas bandas de longitud adicionando len

tes con filtros de diferentes colores.

Este instrumento permite ser usado como un procesador de imágenes en falso color. En efecto las imágenes en positivo - transparente son colocadas en un bastidor que posee cuatro - objetivos, en las cuales se coloca cada imagen en bandas distintas siguiendo un orden secuencial una vez colocadas se pueden superponer independientemente. Esta superposición de imágenes es proyectada en una pantalla que amplía la composición.

Agregando a ello el visor multiespectral posee un sistema de filtros en colores (azul, verde, rojo y vidrio óptico) que pueden ser sobreimpuestos a la composición según los desee el analista.

Como resultado se obtiene una imagen multiespectral en falso color, de acuerdo a las bandas y filtros que el intérprete ha seleccionado (a través de intercambiar filtros y bandas).

#### IV. MATERIALES

- Visor Multiespectral.  
I<sup>2</sup>S International Imagerying Systems
- Estereoscopio de Espejo. Marca: Wild (Heerbrucc) ST4. Aumento de 8x.
- Sketch-master. Marca: Carl Zeiss (Alemana) con sus respectivos aumentos.
- Papel Transparente Kodatrace.
- Lupa de visera. Marca: Magni-focuser
- Lapices Grafíto y Lápiz de cera.

#### Características de las imágenes.-

- Fotografías Aéreas
- Vuelo: Hycon

- Fecha toma : Entre Dic. de 1960 y Feb. de 1961.
- Escala : 1:70.000
- Tipo de Película: Pancromática , Blanco y Negro.
- Sector : Pre cordillera y cordillera Andina hasta el límite con la República Argentina. Entre los 34° y 37° de Latitud Sur, y los 70° y 72° de Longitud Oeste.

Imágenes de satélite.

- Satélite: Landsat 1
- Sensor : MSS (Multiespectral Scanner System)
- Fecha de la toma : 29 de Noviembre de 1975
- Escala : 1:250.000
- Bandas : 4((Amarilla)(Falso color))  
5((Rojo)(Falso color))  
7((Azul)(Falso color))
- Zona : Pre cordillera y cordillera Andina hasta el límite con la República Argentina entre los 34° y 37° 40' latitud Sur y; 72° 10' y 70° longitud Oeste.

Satélite : Landsat 2.

- Sensor : MSS (Multiespectral Scanner System)
- Fecha de la toma: 29 de Enero de 1979
- Escala : Diapositivos de 30mm.
- Escala que Amplió el visor : 1:500.000
- Bandas que se usaron: 5 Rojo (Falso color) (con filtro)  
7 Azul (Falso color) (con filtro)
- Zona : Pre cordillera y cordillera Andina hasta el límite con la República Argentina; entre los 35° 15' y los 37° de latitud sur; y los 71° 15' y los 71° 45' de longitud Oeste.

Cartas Preliminares del Instituto Geográfico Militar.

- Escala : 1:250.000
- Zonas : El Teniente 3470  
Descabezado Chico 3570  
Laguna del Maule 3671

## V. METODOLOGIA

La metodología usada para la planificación y desarrollo del estudio se puede resumir en los siguientes pasos:

- 1.- Revisión del material bibliográfico existente con el objeto de conocer mayores detalles sobre las imágenes de satélites, los instrumentos que se usan para tomarlas y por último, manejo de estas imágenes.
- 2.- Selección de la zona de trabajo. La Zona en que se trabajó fue la pre cordillera y cordillera Andina, hasta el límite con la República Argentina, entre los 34° y los 37° 40' de latitud Sur; y los 70° y 72° 10' de longitud Oeste.  
Con excepción de la imagen del satélite Landsat, que sólo se pudo encontrar la zona de la pre-cordillera y cordillera Andina hasta el límite con la República Argentina entre los 35° 15' y los 37° de latitud Sur; y los 71° 15' y los 71° 45' de longitud Oeste.
- 3.- Patrones de Interpretación.  
Como no se pudo obtener reconocimiento en el terreno, en las zonas de trabajo, se tomaron como patrones de interpretación los usados en otros trabajos realizados con anterioridad por IREN. Ayudado también por lo que sabemos que entregan las diferentes bandas, (ver punto 9.1. b), haciendo resaltar algunos aspectos por medio de filtros - de colores y dando así una imagen realizada de lo que interesa en falso color.

En el caso de las fotografías aéreas los patrones también se tomaron de otros trabajos realizados por IREN.

#### 4.- Interpretación.

La interpretación de las fotografías aéreas se realizó con un esteroscopio de espejo Wild (Heerbrucc) ST4 utilizando 8 aumentos, en los casos que se necesitaba para el reconocimiento de alguna unidad.

Toda la información obtenida en las fotografías se traspasó a cartas preliminares por medio de un Sketch-master, con el fin de obtener una imagen general de toda la zona, para así, posteriormente poder ser comparada con lo obtenido de las imágenes de satélite.

La interpretación de las imágenes del satélite Landsat 1, se realizó sobre papel Kodatrace a la misma escala de la imagen, ya que el papel posee una buena transparencia y así se puede detectar con exactitud las diferencias de colores con las bandas 4 (amarillo), 5 (rojo), 7 (azul), en falso color y separándolo en unidades para su posterior identificación.

Como apoyo a la interpretación, se uso un visor Multiespectral ( $I^2S$ ), el cual posee diferentes filtros de colores. La imagen obtenida por el visor, es proyectada sobre una mesa que posee un vidrio esmerilado el cual la retiene y actúa como medio difusor sobre el vidrio se fijó el papel Kodatrace, el cual posee buena transparencia. Al igual que las imágenes anteriores, se separaron unidas por color (falso color) con las bandas 5 (rojo), 7 (azul) para su posterior identificación.

##### 4.1. Leyenda de las Unidades Preliminares.

Por la época en que fueron tomadas las fotografías (época de verano, entre Diciembre de 1960 y Febrero de 1961). Hay una mayor reflectancia en algunas especies vegetales, dando así diferencias de tonos, y en algunos casos confundiendo la interpretación como es el caso de los pastos secos que es muy fácil confundirlos con zonas sin vegetación. Se determinaron las

siguientes unidades: Unidad N° 1 Pastos  
 " " 2 Matorral Pasto  
 " " 3 Matorral  
 " " 4 Renoval  
 " " 5 Bosque Nativo  
 " " 6 Bosque Artificial  
 " " 7 Cultivos.

En el caso de las imágenes de satélite: los pastos secos, potreros cosechados, rastrojos, potreros aun no cosechados; reflejan muy poca energía debido a la pérdida de agua de las células del mesófilo de las hojas. En la medida que las células pierden turgencia, la reflexión del cercano infrarojo disminuye. En los suelos ocupados con empastadas y bosques, que desarrollan un elevado índice de área foliar, reflejan - con gran intensidad la energía electromagnética, haciendo aparecer los bosques en tonos rojos (falso color), de tal manera que, a mayor densidad de la vegetación, el tono rojo es mas intenso. Verde (falso color) para empastadas que se encuentran en zonas con gran humedad y para el caso de los bosques artificiales estos se identifican por un rojo oscuro muy intenso. Sobre los antecedentes comentados anteriormente y sumados los elementos tradicionales de fotointerpretación, se logró determinar 12 unidades de vegetación que corresponden a las siguientes:

Unidad N° 1 Pastos  
 " " 2 Matorral  
 " " 3 Bosque Nativo  
 " " 4 Renoval

Unidad	N°	5	Cultivos
"	"	6	Altas cumbres o areas sin vegetación
"	"	7	Matorral - Pastos
"	"	8	Agua
"	"	9	Limite Vegetacional
"	"	10	Ciudad
"	"	11	Pastos - Cultivos
"	"	12	Bosque Artificial

## VI. PRESENTACION Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Antes de presentar y discutir los resultados obtenidos, es preciso dejar constancia que por falta de tiempo no se pudo combinar el trabajo teórico con el trabajo de terreno.

### 1.- Imagen de Satélite y fotografías aéreas.

Como se mencionó en la metodología, se usaron imágenes tomadas por el satélite Landsat, y fotografías aéreas del vuelo Hycon de los sectores más importantes para el estudio.

Ello permitió analizar los objetivos propuestos para el estudio. Los resultados se obtuvieron del examen de la totalidad de los sectores en sus diferentes escalas.

### 2.- Uso Actual.

Se realizó este análisis pensando en la factibilidad de separar unidades generales de uso del suelo, objetivo que se logró sin dificultad en las diferentes imágenes. Las unidades que se separaron fueron las que se mencionan en la metodología y que más adelante se detallan. Es interesante hacer notar que todas las imágenes analizadas, fueron usadas con los siguientes filtros para las siguientes bandas:

Banda 5 - Filtro Rojo

Banda 7 - Filtro Azul

Banda 4 - Filtro Amarillo (este sólo en imágenes  
1:250.000)

### 3.- Leyenda de las Unidades Definitivas.

#### 3.1. Interpretación de Imágenes de Satélite.

En las imágenes de satélite se separaron doce unidades de uso actual de los suelos que corresponden a las siguientes:

Unidad N° 1: Pastos. Por la fecha de las tomas estos es tán secos, por lo que da una gran reflexión de la luz, y es representado en la imagen de un color café amarillento claro.

Unidad N° 2: Matorral. Esta unidad se muestra con tonalidades roja y amarilla en forma dispareja o rojo amarillento por la poca densidad de masa foliar.

Unidad N° 3: Bosque Nativo. Esta unidad se presenta de un color rojo intenso, por su alta densidad foliar. Facilitando la marcación de límites de vegetación forestal. Este tipo de vegetación se observa perfectamente definida.

Unidad N° 4: Renoval. Esta unidad se presenta de color rojo parejo diferenciandose del Matorral y del Bosque Nativo. Se encuentra en zonas altas. Esta unidad se puede precisar con apoyo de fotografía aérea.

Unidad N° 5: Cultivos. Se aprecian en formas geométricas con distintas tonalidades por cada forma geométrica. Esto se debe a la diversidad de los cultivos. La reflexión es muy pobre en el cercano infrarojo lo que hace pensar en sue los co se ch a d o s r a s t r o j o s a juzgar por la fecha de las tomas.

Unidad N° 6: Altas Cumbre o lugares sin vegetación, suelos probablemente desnudos o con una muy escasa cubierta vegetal

y en algunos sectores con presencia de nieve, por lo que resalta claramente ya que su tonalidad es casi blanca o blanca en algunos casos.

Unidad N° 7: Matorral - Pasto. Se presentan de color café amarillento con manchones de color rojo, en algunos casos en que los pastos se encuentran en zonas húmedas el color café amarillento cambia a café verdoso, pero siempre con manchas rojas en forma dispareja.

Unidad N° 8: Agua. Esta unidad es fácil de reconocer ya que se presenta de color azul y en lugares donde existe profundidad de las aguas tiende a oscurecerse.

Unidad N° 9: Límite Vegetacional. Se presenta en tonos celestes entre las zonas sin cubierta vegetal y las zonas con vegetación. Este celeste aumenta a verdoso rojizo para el lado de la zona con cubierta vegetal y aclara para la zona sin vegetación.

Unidad N° 10: Terrenos Urbanos. Se presenta en forma casi rectangulares con colores variados desde café a blanco, es fácil de reconocer por que se pueden observar las grandes vías de acceso.

Unidad N° 11: Pastos y Cultivos. Esta unidad se reconoce por que se representa en formas geométricas tomando un color café verdoso parejo. Generalmente se encuentra en zonas bajas.

Unidad N° 12: Bosque Artificial. Se representa por un color rojo muy intenso que toma figuras geométricas y se encuentran en diferentes partes como por ejemplo en zonas de

matorral, así como en zonas con bosque natural.

El análisis de las cuatro bandas espectrales más la revisión de varias combinaciones de falso color de terminó que la combinación de la banda 5 con filtro rojo y la banda 7 con filtro azul resultaba la mejor para los fines perseguidos.

Además con los antecedentes de reflexión de la vegetación en la banda cercano infrarrojo (banda 7) es posible deducir algunos otros datos que ayudan a la identificación de los patrones de uso.

Por otro lado, los bosques reflejan fuertemente el cercano infrarrojo siendo un tono rojo más oscuro los bosques artificiales.

Es indiscutible que si se hubiera contado con el reconocimiento en el terreno habría sido más fácil y detallada la interpretación.

En resumen, la imagen Landsat, permiten distinguir grandes grupos vegetacionales, lo importante está en determinar la época precisa para la adquisición de las imágenes; lo que debe coincidir con la mayor diferenciación de las especies en cuanto a sus ciclos vegetativos de manera que permita separarlos fácilmente por las diferentes respuestas espectrales.

- 3.2. Para el caso de las fotografías aéreas pancromáticas en blanco y negro, las unidades separadas fueron las siguientes:

Unidad N° 1: Pastos. Se presentan de un color gris claro de textura pareja y en zonas donde los pastos aún no están secos se presentan de un color gris más oscuro pero siempre parejo.

Unidad N° 2: Matorral Pasto. Se presenta de un color gris variable y de textura dispárea.

Unidad N° 3: Se presenta de un color gris semi claro de pendiendo de la densidad y desarrollo de la vegetación.

Unidad N° 4: Renoval. De tono gris oscuro y de textura dispárea, por las diferencias de diámetros de copas.

Unidad N° 5: Bosque nativo. De un tono gris oscuro, de textura ondulada pero pareja.

Unidad N° 6: Bosque Artificial. Tono practicamente negro, de textura pareja y con formas geométricas.

Unidad N° 7: Cultivos. Texturas variables, dependiendo del cultivo y con formas semi rectangulares.

Este tipo de fotografía presenta una mayor resolución. Pero así y todo, se producen problemas de identificación de las unidades.

Es necesario recalcar que este tipo de clave se refiere sólo a este tipo de sensor, puesto que el "pattern" puede variar en otro tipo de fotografía ya que las diferentes técnicas fotográficas en la obtención de las copias pueden cambiar las relaciones entre los tonos de gris.

Se esta consciente sin embargo, que la clave es muy general pues en ella se presentan distintas posibilidades. Así, por ejemplo, la vegetación (bosque nativo, matorral u otro) puede presentar varios matices de gris, de la misma forma ciertos rasgos de topografía vinculados al drenaje pueden también ocurrir en diferentes tonos de gris. Es por lo tanto el conjunto de elementos con un predominio del tono el que ha permitido establecer la clave.

Cabe hacer notar la necesidad de algunos conocimientos sobre las características propias de las fotografías (tonalidad, alineamiento, textura, etc.), y si es posible, experiencia en la comparación fotografía terreno, a fin de poder establecer "patrones de interpretación".

## VII. CONCLUSIONES GENERALES

Es importante ampliar los conocimientos sobre el uso y metodologías de trabajo con las imágenes de multibanda espaciales como fotografías aéreas convencionales de manera de poder extraer toda la información posible.

El adquirir tecnología y ciencia especialmente en el campo de la reflexión espectral de los cuerpos naturales (animales, rocas, vegetales) es muy importante si se tienen imágenes a escala adecuada.

Es necesario establecer sitios de prueba de terreno con el fin de calibrar el sistema para hacer exploraciones en lugares sin reconocimientos.

Es necesario adquirir algunos conocimientos sobre las características propias de las imágenes (tonalidad, textura, etc.) y experiencias en la comparación fotografía-terreno.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE IMAGENES DE SATELITE Y FOTOGRAFIAS

### IMAGENES DE SATELITE

#### Ventajas:

- Visión de conjunto del paisaje de vegetación por la gran escala.  
(En falso color).

- Posibilidades de Procesamiento de Datos por la continuidad de la toma al haber sido tomada por medio de un barredor.
- Periodicidad de las imágenes.
- Bajo costo de las imágenes y de la toma de las imágenes.
- Posibilidad de alternativa por combinación de bandas y filtros de colores.
- Posibilidad de traspaso directo de la interpretación a las cartas convencionales.
- Bajo porcentaje de distorsión.

#### Desventajas:

- Bajo grado de detalle por problemas de escala.
- Problema de adquisición.
- Experiencia precisada para la interpretación.
- Desconocimiento de técnicas y tecnología.
- Formato de la imagen a la escala 1:250.000.

#### FOTOGRAFIAS AEREAS

##### Ventajas:

- Gran detalle para la interpretación.
- Visión estereoscópica.
- Perfecta ubicación de puntos de control.
- Conocimiento de metodología de uso.
- Conocimiento de patrones de interpretación.

##### Desventajas:

- Costo de la toma y fotografía.
- Dificultad de actualización de las cubiertas.
- Dificultad de una visión de conjunto.
- Sólo una porción visible del espectro electromagnético.
- Problemas de distorsión.

Para trabajos como este, tanto la imagen de satélite como la fotografía aérea son complementarias.

#### VIII. RESUMEN

El objetivo de esta investigación fué la de levantar cartas preliminares de vegetación en zonas no cubiertas anteriormente por este tipo de estudios, comparar diferentes materiales como son: imágenes de sa télite y fotografías aéreas. Familiarización en el uso de imágenes de satélite y fotografía aérea.

El trabajo se realizó en el Instituto Nacional de Investigación de Recursos Naturales (IREN), durante un período de un mes y medio. Desde que comenzó la elección de zonas de trabajo hasta la confección del Informe Final.

En el análisis de las fotografías y confección de transparentes de foto interpretación, se identificó zonas boscosas (Bosque Natural y Arti ficial separadamente), áreas de matorral, pastizales y zonas sin vegetación.

Zona de trabajo escogida fué el sector cordillerano entre San Fernando y Chillán, más o menos.

Los mejores resultados obtenidos para los fines propuestos fueron encontrados con las imágenes de satélite, por la rapidez y visión general en la interpretación de unidades de vegetación.

IX. BIBLIOGRAFIA

La percepción remota multibanda como un medio analítico para algunos aspectos del suelo, el agua, las plantas.

Marta Gonzalez V.  
Guillermo Dalannais G.  
Ingenieros Agrónomos.

Publicación 18

Santiago, Julio de 1974  
Instituto de Investigación de Recursos Naturales.  
Corporación de Fomento de la Producción.

Uso de Sensores Remotos en la percepción de Recursos Naturales.

Miguel Villa S.  
Geografo  
Informe N° 26  
Santiago, Diciembre de 1968  
IREN - CORFO.

Resource Sensing from Space Prospects for developing countries.

National Academy of Sciences  
Washington, D.C. 1977.

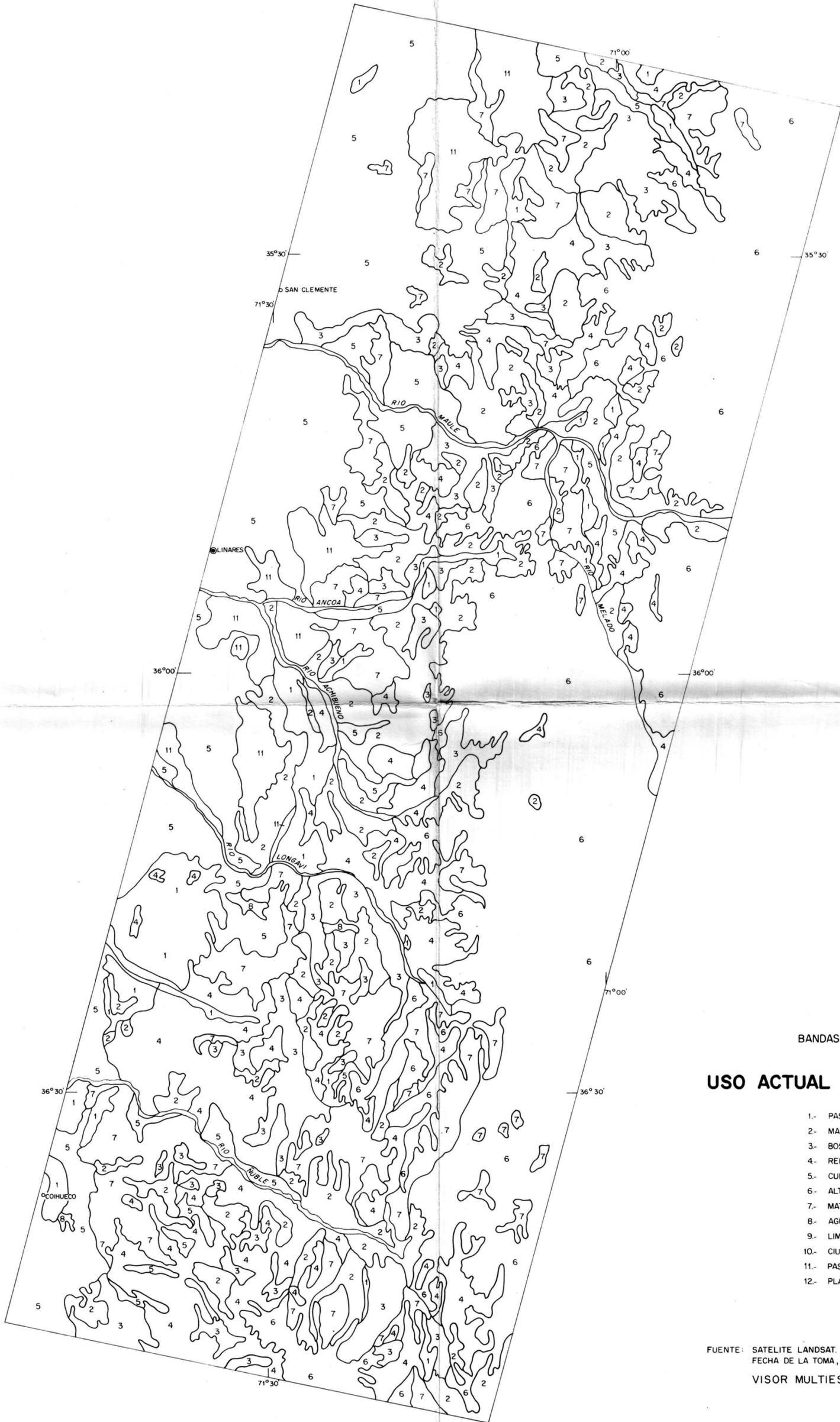
Evaluación Multidisciplinaria de Imágenes del Satélite ERTS Zona Malleco, Cautin.

IREN - CORFO  
Publicación N° 14  
Santiago, 1974

Inventario de Recursos Naturales por Método de Percepción del Satélite Landsat. II Región - Antofagasta.

IREN - CORFO  
Informe N° 38  
Santiago, 1976.





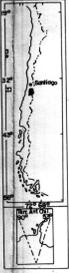
BANDAS: 5 (ROJO)  
7 (VERDE)

### USO ACTUAL DE LA TIERRA

- 1.- PASTO
- 2.- MATORRAL
- 3.- BOSQUE NATIVO
- 4.- RENOVAL
- 5.- CULTIVOS
- 6.- ALTAS CUMBRES (Nieve)
- 7.- MATORRAL - PASTO
- 8.- AGUA
- 9.- LIMITE VEGETACIONAL
- 10.- CIUDAD
- 11.- PASTOS Y CULTIVOS
- 12.- PLANTACION ARTIFICIAL



FUENTE: SATELITE LANDSAT. ESCALA 1: 500.000.  
FECHA DE LA TOMA, 24 - ENERO-1979.  
VISOR MULTIESPECTRAL I<sup>2</sup> S



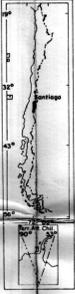
BANDAS : 4 (AMARILLO)  
5 (ROJO)  
7 (AZUL)

**USO ACTUAL DE LA TIERRA**

- 1.- PASTO
- 2.- MATORRAL
- 3.- BOSQUE NATIVO
- 4.- RENOVAL
- 5.- CULTIVOS
- 6.- ALTAS CUMBRES (Nieve)
- 7.- MATORRAL - PASTO
- 8.- AGUA
- 9.- LIMITE VEGETACIONAL
- 10.- CIUDAD
- 11.- PASTOS Y CULTIVOS
- 12.- PLANTACION ARTIFICIAL

FUENTE : SATELITE ERST (MSS) ESCALA : 1:250.000  
FECHA DE LA TOMA, 29 NOVIEMBRE 1975





BANDAS: 4 (AMARILLO)  
5 (ROJO)  
7 (AZUL)

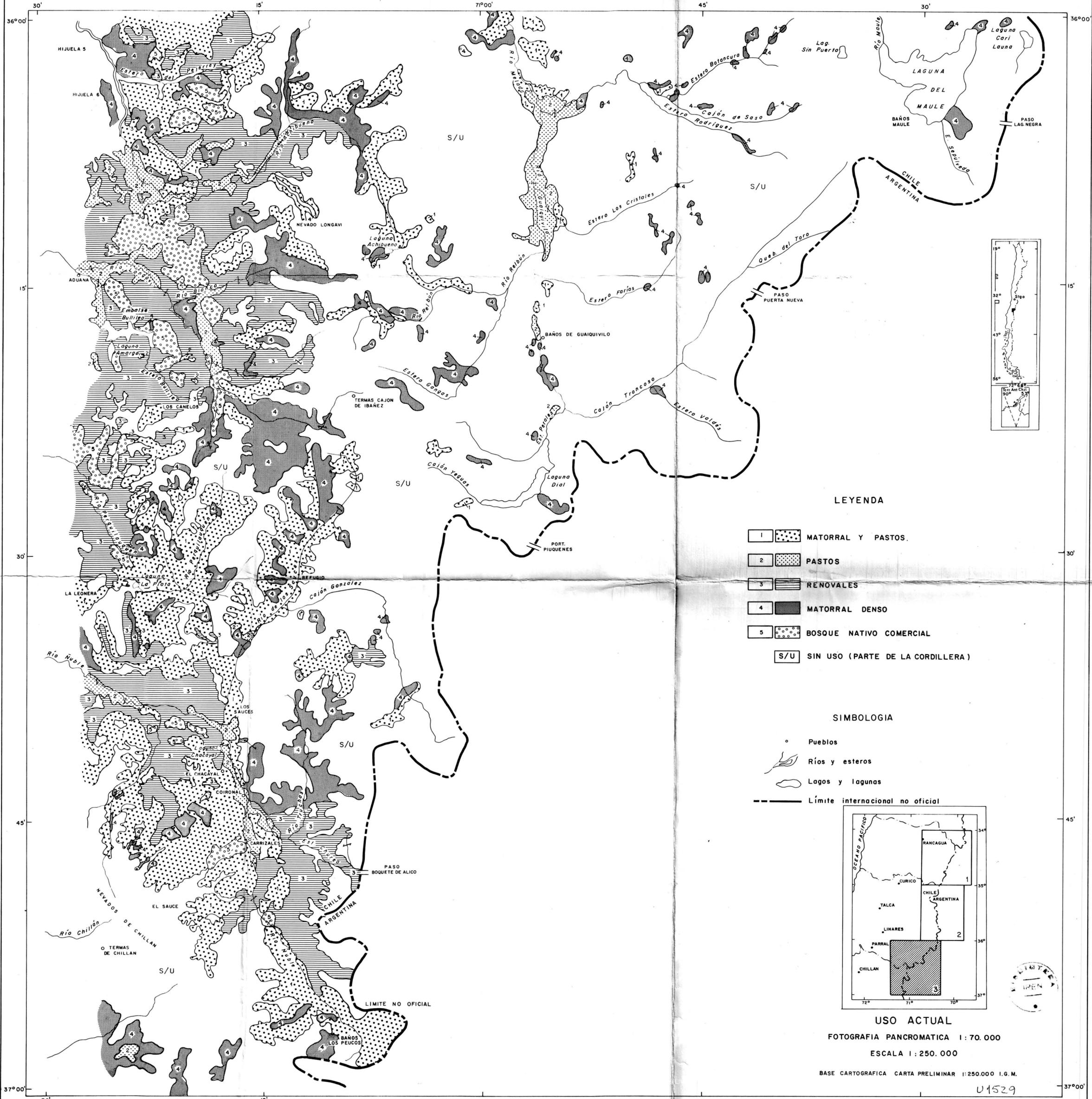
**USO ACTUAL DE LA TIERRA**

- 1- PASTO
- 2- MATORRAL
- 3- BOSQUE NATIVO
- 4- RENOVAL
- 5- CULTIVOS
- 6- ALTAS CUMBRES (Nieve)
- 7- MATORRAL - PASTO
- 8- AGUA
- 9- LIMITE VEGETACIONAL
- 10- CIUDAD
- 11- PASTOS Y CULTIVOS
- 12- PLANTACION ARTIFICIAL



FUENTE: SATELITE ERST(MSS) ESCALA 1:250.000  
FECHA DE LA TOMA, 29 NOVIEMBRE 1975.



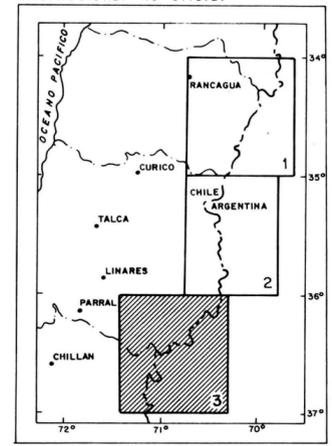


LEYENDA

- 1 MATORRAL Y PASTOS.
- 2 PASTOS
- 3 RENOVALES
- 4 MATORRAL DENSO
- 5 BOSQUE NATIVO COMERCIAL
- S/U SIN USO (PARTE DE LA CORDILLERA)

SIMBOLOGIA

- o Pueblos
- Ríos y esteros
- Lagos y lagunas
- Límite internacional no oficial



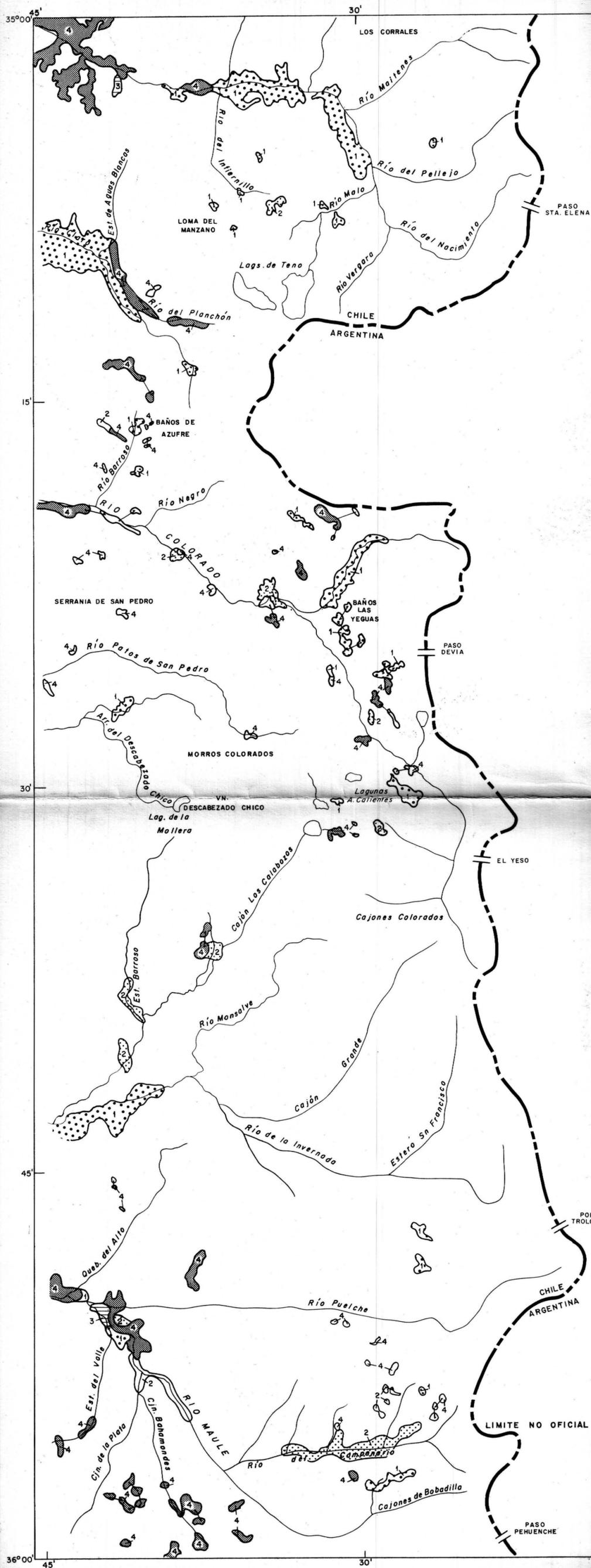
USO ACTUAL

FOTOGRAFIA PANCROMATICA 1:70.000

ESCALA 1:250.000

BASE CARTOGRAFICA CARTA PRELIMINAR 1:250.000 I.G.M.

U1529

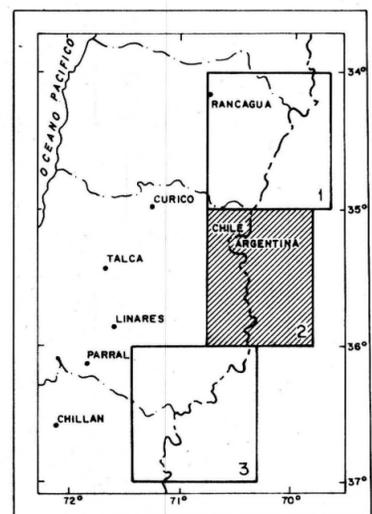
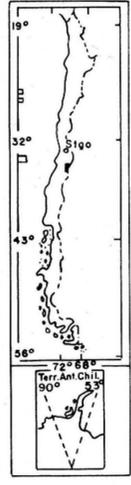


**LEYENDA**

- 1 MATORRAL Y PASTO
- 2 PASTOS
- 3 RENOVALES
- 4 MATORRAL DENSO

**SIMBOLOGIA**

- Ríos y esteros
- Lagos y lagunas
- Límite Internacional no oficial



USO ACTUAL  
 FOTOGRAFIA PANCROMATICA 1:70.000  
 ESCALA 1:250.000  
 BASE CARTOGRAFICA CARTA PRELIMINAR 1:250.000 I.G.M.

01529