

Evaluación de recursos naturales mediante la teledetección

Autor:

Marlenko, Natalia

Tutor:

1988

Tesis presentada con el fin de cumplimentar con los requisitos finales para la obtención del título Doctor de la Universidad de Buenos Aires en Geografía.

Posgrado

TESIS | 268-140

043
M 343

M-4-5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

UBA

TESIS DE DOCTORADO

EVALUACION DE RECURSOS NATURALES MEDIANTE
LA TELEDETECCION



NATALIA MARLENKO

BUENOS AIRES

1988

<u>INDICE GENERAL</u>	<u>Pág.</u>
I.- Índice de Tablas	2
II.- Índice de Figuras	3
1.- Prefacio	5
2.- Introducción	
2.1.- Objetivos	6
2.2.- Aportes	6
3.- Evaluación de los recursos naturales	7
4.- La teledetección	10
5.- Perspectiva de la teledetección en los problemas emergentes del manejo de recursos naturales	31
6.- Uso actual y potencial de la teledetección en América Latina	38
7.- Situación argentina	41
8.- Interpretación de un area modal	44
8.1.- Interpretación temática: geología-minería	52
8.2.- Interpretación temática: suelos	59
8.3.- Interpretación temática: hidrología	67
8.4.- Interpretación temática: forestación	76
8.5.- Interpretación temática: agricultura	94
8.6.- Interpretación de la organización del espacio Subsistemas funcionales	101
9.- Conclusiones	110
10.- Bibliografía	112
11.- Anexo	122

INDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla N° 1.- Sensores a bordo de satélites	19
2.- Resolución espectral de los sistemas	20
3.- Resolución espacial de los sistemas	21
4.- Resolución temporal de los sistemas	22
5.- Interpretación: resolución espacial	28
6.- Interpretación: resolución temporal	29
7.- Interpretación: resolución espectral	30
8.- Estaciones de recepción de satélites	35,
9.- Satélites con sistemas térmicos	37
10.- Valores medios y matriz de covariancia	
Clase B1	82
11.- Valores medios y matriz de covariancia	
Clase B2	83
12.- Valores medios y matriz de covariancia	
Clase B3	84
13.- Valores medios y matriz de covariancia	
Clase B4	85
14.- Cámara Kate 200	123
15.- Cámara MKF 6	124
16.- Sensores del MOS 1	126
17.- Bandas espectrales y aplicaciones del IRS	129
18.- Principales parámetros ópticos del IRS	131
19.- Sensores y aplicaciones del ERS 1	135
20.- Radar del Radarsat	142
21.- Dispersómetro del Radarsat	142

	<u>Pág.</u>
22.- Barredores multiespectrales del Radarsat	142
23.- Radiómetro Avanzado	149
24.- Barredos Color de Zonas Costeras	152

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.- Estaciones de recepción de satélites	36
2.- Ubicación del área modal	46
3.- Carta temática: geología-minería	58
4.- Reflectancia de 3 tipos de suelos	65
5.- Carta temática: suelos	66
6.- Respuesta espectral del agua en el lago San Roque	73
7.- Cuenca del rio Primero	74
8.- Lago San Roque	75
9.- Clase B1	86
10.- Clase B2	87
11.- Clase B3	88
12.- Clase B4	89
13.- Análisis digital	90
14.- Carta temática: forestación	93
15.- Mediciones de reflectancia de trigo	98
16.- Mediciones de reflectancia de maíz	99
17.- Carta temática: agricultura	100
18.- Carta de subsistemas funcionales	109
19.- Radiómetro de microondas del MOS 1	125
20.- Satélite IRS	130
21.- Cobertura de la antena de la India	130
22.- Funcionamiento de cámaras del IRS	130

	<u>Pág.</u>
23.- Satélite ERS 1 (Japón)	137
24.- Satélite ERS 1 (ESA)	137
25.- Radarsat	141
26.- Satélite GOES	145
27.- Transmisión de datos del GOES	146

1.- PREFACIO

El tema de la presente tesis ha sido elegido por dos motivos fundamentalmente. Primero, porque el objetivo del geógrafo es el conocimiento integral de la superficie terrestre y una de las visiones más completas que se puede tener de la misma es desde alturas espaciales.

Segundo, porque es esta contribución la autora pudo volcar 30 años de experiencia en la utilización de esta tecnología, dedicados a la interpretación de fotografías aéreas en los primeros años de trabajo y al análisis de imágenes satelitarias en las últimas 2 décadas. Dicha experiencia fue enriquecida, además, por igual tiempo destinado a la docencia universitaria en la materia.

Se desea expresar un profundo agradecimiento al Dr. Alfredo Siragusa, Consejero de esta tesis, por su constante apoyo y valiosos consejos.

También se deja constancia del agradecimiento a las autoridades del Centro de Teleobservación de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales por haber permitido el acceso al material satelitario y al sistema de computación.

2.- INTRODUCCION

2.1.- Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son:

- Desarrollar una metodología de análisis comparativo de sistemas satelitarios y de evaluación de la información teledetectada en relación con el estudio de recursos naturales.

- Desarrollar una metodología de interpretación de recursos naturales con imágenes satelitarias en un area modal, utilizando distintas tecnologías.

- Elaborar cartas temáticas de recursos en un area modal para culminar con una integración de las variables analizadas en una conclusión sobre la organización del espacio.

2.2.- Aportes

- Contribución al conocimiento de los últimos adelantos en materia satelital.

- Contribución al conocimiento de interpretación de imágenes a escalas grandes.

- Desarrollo de una metodología para cartografiar unidades temáticas con imágenes satelitarias.

Desarrollo de una metodología de definición de la organización del espacio a partir de datos satelitales

- Presentación de una metodología de análisis de datos temáticos para ser integrados en una síntesis sobre la organiza-

ción del espacio, metodología que se está empleando en sistemas tan de avanzada como los Sistemas de Información Geográfica.

- Desarrollo de una metodología que integra distintas tecnologías satelitarias en un área modal.

- Integración de la interpretación visual y digital en un mismo espacio geográfico.

- Elaboración de datos temáticos que pueden ser utilizados en Sistemas de Información Geográfica.

- Introducción del radiómetro como herramienta en el trabajo de campo para la realización de registros de firmas espectrales locales.

3.- Evaluación de los recursos naturales

La integración política, económica y social de un país depende de un buen sistema de información. Se ha hablado que la humanidad se ha visto involucrada en varias revoluciones. La revolución agrícola primero, la revolución industrial después y la revolución de la información actualmente.-

Dentro de la revolución de la información podemos situar a la teledetección como generadora de datos, los cuales son un factor primordial en el conocimiento sobre la

existencia, cantidad y distribución de los recursos naturales.-

Las últimas dos décadas son testigos de una nueva etapa en el manejo de los recursos. Los adelantos tecnológicos, la crisis energética y la ecológica-ambiental dieron una señal de alerta sobre el uso irracional del medio ambiente. La pérdida de equilibrio de los sistemas naturales interve
nidos, como consecuencia de la explotación inadecuada, ponen en peligro las mayores reservas que tiene el hombre en térmi
nos de producción de alimentos.-

Si hacemos una revisión retrospectiva, veremos que en una primera etapa el hombre utilizó los recursos pero no destruyó el equilibrio natural, tomando de la naturaleza únicamente los elementos necesarios para su subsistencia.-

Con el crecimiento demográfico, mayores necesidades de alimentos y la incipiente tecnología, la humanidad comenzó a transformar el medio natural naciendo así la agricultura.-

Cuando la población se concentró en las ciudades y tuvo lugar el gran desarrollo tecnológico, el aumento de la población y de consumo incentivaron la búsqueda de nuevas fuentes de producción de recursos naturales, presionando y modificando el medio ambiente. Este proceso se in
tensificó con la revolución industrial.-

El pensamiento que los recursos naturales son una fuente inagotable que puede satisfacer hasta el in
finito las demandas de la humanidad ya ha sido negado por

la realidad de los hechos. El agotamiento de algunos recursos y la degradación de otros, llevan al planteo de una utilización en forma racional, con un adecuado manejo y administración, preservándolos de la acción destructiva de la sociedad.-

En general la relación del hombre con la naturaleza no ha sido precisamente la historia de un uso racional. Extensas regiones fueron explotadas y sus recursos degradados. Las consecuencias fueron la erosión de suelos, descenso de la napa freática, ascenso de la misma en zonas de riego, salinización de suelos, desertificación, etc., todos fenómenos resultantes de un fenómeno dinámico ayudado y provocado en muchos casos por la desacertada acción del hombre.-

Se insiste más en buscar una mayor productividad que en comprender mejor los ciclos de la naturaleza y optimizar el uso de los recursos. El estudio de los ecosistemas sería una buena base para encontrar la mejor manera de controlar los problemas que la ruptura del equilibrio ecológico trae aparejada.-

El uso indiscriminado de fertilizantes, de herbicidas e insecticidas llevan aparejados daños por contaminación y la desaparición de muchas especies de flora y fauna necesarias como integrantes de los ecosistemas.-

Esto significa que como primera medida es necesario proceder a inventariar los recursos, su estado de deterioro y el grado de contaminación alcanzado. Estos inventarios permitirán planear un uso racional de acuerdo a las características geográficas bajo las que se encuentran y su estado

actual.-

En resumen, el aprovechamiento racional y planificado de los recursos naturales existentes, su preservación de un uso inadecuado y el conocimiento cabal sobre su potencial productivo son problemas que preocupan a los países tanto a nivel nacional como internacional.-

La necesidad de soluciones apropiadas conducen a buscar fuentes de información confiables, precisas y rápidas.- La teledetección cumple con estos requisitos y realiza valiosos aportes para un mejor conocimiento y aprovechamiento de los recursos naturales.-

2.4.- La teledetección

La teledetección es uno de los adelantos más importantes de este siglo en la interacción del hombre y la naturaleza.-

La economía de un país basada en su agricultura, forestación, recursos minerales, etc., requiere un exacto conocimiento, actualizado en la forma continuada, sobre la existencia y extensión de estos recursos. Para ello se debe dar una significativa prioridad a los sistemas de información, inventarios y mapas.-

Los métodos tradicionales para inventariar los recursos son lentos y costosos y en muchos casos producen datos regionales obsoletos o incompletos sobre todo en países extensos como la Argentina.-

Los planes de manejo de recursos mediante la teleobservación permiten:

- tener información disponible mientras todavía es válida
- tener información actualizada a intervalos regulares o según las necesidades
- tener información de bajo costo para su obtención y uso, en relación con los beneficios que brinda

A pesar de la gran difusión de la teledetección o sensores remotos, todavía su incidencia en el campo de los estudios geográficos no está totalmente afirmada, pese a ser una herramienta de gran valor e interés para el geógrafo.-

La visión desde el espacio de la superficie terrestre y de los hechos y fenómenos de carácter natural y humano ofrece un punto de vista diferente a la observación directa en el campo aunque ésta última sea necesaria en todos los casos y se complementa con la visión satelitaria.-

Dado el avance tecnológico de las últimas décadas, es casi imprescindible la utilización de los sensores remotos para la observación, detección e interpretación de las complejas interrelaciones del hombre con el medio.-

A pesar de que la teledetección comprende también a la tan difundida fotografía aérea, en este trabajo el propósito es utilizar únicamente información satelitaria por varios motivos:

- 1) Ser tecnología de punta
- 2) Presentar nuevos avances en la materia
- 3) Ser una herramienta más moderna
- 4) Estar menos difundida que la fotointerpretación

- 5) Permitir la interpretación digital
- 6) Poseer una visión sinóptica de áreas más extensas y en consecuencia abarcar problemas de orden regional
- 7) Ser la tecnología del futuro

Podríamos decir que los especialistas en sensores remotos se agrupan en tres áreas cada una de las cuales tiene intereses muy disímiles. Un área está constituida predominantemente por físicos que estudian complejas interacciones de la energía electromagnética con la materia, las interferencias atmosféricas o la fase aire-agua. La segunda está conformada por ingenieros y analistas de sistemas cuya principal inquietud es realizar el registro de los datos, manejar los sistemas de comandos o confeccionar el software más adecuado para el procesamiento digital de la información.-

A ninguno de estos dos grupos les interesa conocer las características del espacio geográfico representado en las imágenes resultantes y es aquí donde se ubica el tercer grupo, el de los intérpretes (geógrafos, geólogos, ingenieros agrónomos, ingenieros forestales, etc.) a los cuales no les preocupa tanto con que elementos está formado un sensor o que circuitos electrónicos intervienen en una computadora sino que se "ve" en la información obtenida y como esta información puede ampliar nuestros conocimientos sobre la superficie terrestre, siendo una imagen la fiel representación de la realidad de un territorio que muestra a todos los fenómenos en su exacta y justa dimensión.-

La teledetección como herramienta de trabajo ha pasado a ser elemento indispensable en toda investigación sobre recursos naturales o estudios sobre organización territorial.

Para ello se cuenta con instrumentos cada vez más complejos, con plataformas a mayores alturas y con material cada vez de mayor calidad y exactitud para su interpretación.

Los sistemas existentes utilizados en recursos naturales pertenecen a 2 grupos:

1) Satélites de recursos naturales

2) Satélites ambientales o meteorológicos

1) Los satélites de recursos naturales más usados son el Landsat y el Spot, por lo cual hay una gran difusión de datos sobre los mismos y se indica solamente su evolución más reciente. Los menos conocidos y más modernos están incluidos en el Anexo.

Con el sistema Landsat se comenzó una nueva etapa en la obtención, interpretación y difusión de información sobre nuestro planeta.

Los logros de esta era satelitaria pueden resumirse de la siguiente manera:

- uniformidad de la información en cuanto a escala, sensor, altura, ángulo de toma, etc
- información multiespectral en el visible e infrarrojo
- información multitemporal que permite el seguimiento

- de fenómenos dinámicos como inundaciones, crecimiento de cultivos, cambios en el uso de la tierra
- visión sinóptica de grandes superficies
 - menor distorsión de los bordes debido a la elevación de la plataforma
 - información sobre toda la superficie terrestre excepto los polos
 - datos en forma digital por lo cual pueden ser procesados y manejados por computadoras

En 1982 los Landsat incluyeron el TM que mejoró la resolución de 80 a 30 metros y aumentó la resolución espectral a 7 bandas.

El Spot mejoró aún más la calidad resolutive llevándola a 20 y 10 metros agregando la estereoscopía.

2) Los satélites ambientales que forman el Sistema Mundial de Observación (Global Observing System-GOS), son geoestacionarios como el GOES (Estados Unidos) o Meteosat (Agencia Espacial Europea), o de órbita polar como el Nimbus y Tiros (Estados Unidos).

Aunque éstos satélites están destinados a cumplir con los objetivos meteorológicos, sus datos se usan en el campo de los recursos naturales por su amplia cobertura y disponibilidad diaria.

Una de las utilizaciones más difundidas es en la agricultura sobre todo con el AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) por su gran frecuencia de toma.

También monitorean cobertura de nieve, inundaciones, deshielo, etc.

Los datos de la banda térmica de los GOES y NOAA se

utilizan para:

- Estimación del volumen del deshielo en base a datos de temperatura
- Mapeo de hielo oceánico
- Evaluación de hielo en ríos, lagos, estuarios
- Estudio de glaciares
- Monitoreo de corrientes térmicas en cuerpos de agua y zonas costeras
- Evaluación del habitat persquero
- Interpretación de estructuras geológicas continentales
- Estimación de la evapotranspiración mediante modelos atmosféricos, mediciones relativas de biomasa, albedo superficial y mediciones de temperatura.
- Estimación de humedad superficial
- Visión regional sobre el impacto y daño por inundaciones.

Estudio comparativo de los sistemas satelitarios

Se ha comparado los distintos sistemas existentes, tanto de recursos terrestres como de los ambientales, para evaluar las características de cada uno en cuanto al sistema de sensores y la resolución espectral, espacial y temporal.

Este análisis forma parte de la metodología para la elección del material satelitario para los estudios específicos de cada disciplina y nos lleva a las siguientes conclusiones:

- los radiómetros o barredores multiespectrales son hasta ahora los sensores más utilizados en misiones espaciales.
- las cámaras fotográficas son instrumentos propios de los vuelos tripulados como Soyuz, Skylab o Transbordador Espacial.

- la tecnología CCD (Dispositivos de carga acoplada) comenzada en la nave francesa SPOT, se ha impuesto como instrumento principal en satélites de lanzamientos más recientes como el MOS japonés (1987) e IRS indio (1988).

- Es importante destacar el papel del sensor activo radar, utilizado en la misión del Seasat y del Transbordador Espacial con muy buenos resultados que han conducido a su intervención en la carga útil de los futuros satélites ERS japonés, ERS de la Agencia Espacial Europea y Radarsat, lo cual permitiría afirmar que la construcción de futuros sensores se orienta hacia el uso del radar.-

- Los radiómetros de microonda están destinados especialmente a las investigaciones oceánicas por lo cual están incluidos como instrumentos fundamentales en las naves cuya misión es la observación de los océanos (Tabla nº1) .-.

2) Con referencia a la resolución espectral vemos un predominio en todos los satélites del uso de las bandas del espectro visible y del infrarrojo cercano. Dentro del visible hay menor cantidad de sensores que incluyen la banda del azul, en cambio todos incorporan la banda verde y roja. La explicación a este hecho es que la mayor dispersión atmosférica en el azul y las características de la composición infrarroja color, la hacen menos útil y necesaria.-

Otro aspecto destacable es la utilización de microondas. Esta región espectral es usada: 1) en satélites cuya misión principal es el estudio de los océanos y 2) en futuros satélites que incorporan en forma definitiva la tecnología del

radar (IRS (ISA), Radarsat).-

El infrarrojo térmico no logra buenas resoluciones espaciales, sin embargo se ha demostrado su valor en numerosos estudios en los cuales la componente térmica determina la interpretación. Se encuentra la banda térmica principalmente en los satélites meteorológicos y en los dedicados a las investigaciones oceánicas (Tabla n° 2).-

3) Ante el análisis del tema de resolución espacial surgen las siguientes consideraciones:

- las resoluciones de 80 metros en el visible e infrarrojo cercano están en el límite de lo aceptable para los satélites de recursos naturales.-

- las resoluciones de 1 km. y más pertenecen a satélites ambientales o meteorológicos en los cuales la baja resolución se ve justificada por los objetivos de sus observaciones y por la alta frecuencia de toma de imágenes

- la resolución de 10 metros, necesaria para estudios urbanos y cartografía temática a escalas grandes, es propia de cámaras fotográficas o instrumentos CCD (Dispositivo de carga acoplada)

- los barredores multispectrales proveen una diversidad de resoluciones lo cual los hace convenientes en múltiples experimentos

- la resolución de 5 metros es provista hasta ahora únicamente por cámaras fotográficas montadas en las naves tripuladas soviéticas

- en los futuros satélites, por ejemplo en el Radarsat,

se espera lograr una resolución de 30 metros con radar. Ya existe un antecedente de buena resolución con radar en la misión Seasat que obtuvo con ese instrumento una resolución de 25 metros.- (Tabla n° 3).-

4) Con referencia a la resolución temporal o frecuencia de toma, se observa que los únicos que proveen información diaria u horaria son los satélites ambientales de órbita geostacionaria.-

La resolución temporal de los satélites de recursos naturales de órbita heliosincrónica oscila entre 5 y 26 días. Una frecuencia de toma de 16 días como la de los LANDSAT 4 y 5 es suficiente para la mayor parte de las investigaciones geográficas. Esa repetición está prevista también para los futuros satélites como el Radarsat y el FRS japonés.-

El IRS de la Agencia Espacial Europea tiene programada una frecuencia muy alta de 3 días, por lo cual será el único entre los satélites de observación de la tierra (Tabla n° 4).-

Tabla No. 1.

SENSORES A BORDO DE LOS SATÉLITES

Satélites	Cámara Fotografía.	Espectrófotómetro Multiesp.	Instr. CCD	Radar	Dispersor espectral	Radioómetro Microonda
Landsat 1, 2 y 3	X	X				
Landsat 4 y 5		X				
Skylab	X	X			X	
SPOT			X			
Seasat		X		X	X	X
RCM		X				
Soyuz	X					
Space Shuttle	X	X		X		
GOES		X				
Nimbus 7		X				
TIRCS NOAA		X				
Meteosat		X				
MOS		X	X			X
ERS-1 (Japón)		X		X		
ERS-1 (ISA)		X		X		X
IRS			X			
Radarsat		X		X	X	

INSTRUMENTOS EN EL ESPACIO

Satellite	Altitud km	Verde 0,6	Rojo 0,7	Infrarrojo o cercano	Infrarrojo o termico	Microondas
Landsat MSB		X	X	X		
Landsat TM	X	X	X	X	X	
SPOT Pancrom.		X	X	X		
SPOT Multirespec.		X	X	X		
Skylab	X	X	X	X	X	X
Seasat		X	X		X	X
HCMM	X	X	X	X	X	
Scyuz	X	X	X	X		
Space Shuttle			X	X		X
GOES	X	X	X		X	
Nimbus 7	X	X	X	X	X	
TIRCS NOAA	X	X	X	X	X	X
Meteosat	X	X	X	X	X	
MOS		X	X	X	X	X
IRS-1 (Japon)						X
ERS-1 (ESA)						X
IRS	X	X	X	X		
RadarSat	X	X	X	X	X	X

RESOLUCION ESPACIAL

Satélite -5m -10m -20m -25m -30m -40m -50m -60m -80m -100m -500m -1km -2,5km -5km -8km

Satélite	-5m	-10m	-20m	-25m	-30m	-40m	-50m	-60m	-80m	-100m	-500m	-1km	-2,5km	-5km	-8km	
Landsat MSS																
Landsat TM					X						X					
SPOT Pancr.			X													
SPOT Multies.				X												
Skylab		X	X	X												
Seasat						X										
HCOM											X					
Soyuz		X	X	X	X											
Space Shuttle				X												
GOES												X				
Nimbus 7												X				
Meteosat													X			
MCS														X		
ERS-1 (Japon)																
IRS																
Radarsat																
TIRCS NOAA																X

Requerimientos de datos para recursos naturales

Para la interpretación de los recursos naturales, cada recurso tiene sus propias necesidades en cuanto a la resolución espectral, espacial y temporal de la información satelitaria.

El análisis comparativo de estos requerimientos nos llevó a determinar con que frecuencia o con que resolución se debe contar para el máximo aprovechamiento de los datos.

Analizaremos primero la interpretación espectral:

El hecho de analizar el tema de la interpretación de esta manera no significa que se haya dejado de lado los otros elementos de interpretación como forma, tamaño, textura, patrón, sombra o asociación con objetos circundantes. Los mismos fueron utilizados en todas las interpretaciones. Pero estos elementos no determinan las virtudes de los distintos sistemas de información, por lo cual el análisis comparativo nos lleva a hacer énfasis en los aspectos espectrales, espaciales y temporales propios de cada sistema y variables de un sistema a otro.-

En los temas de agricultura y forestación, uno de los factores primordiales en su análisis es la reflectancia espectral de la vegetación. Las firmas espectrales evidencian las ventajas de la región infrarroja del espectro, lo cual da como resultado la presencia de bandas infrarrojas en toda la in

formación teledetectada.-

Los suelos reflejan en el visible más que la vegetación y en el infrarrojo cercano y medio a la inversa. En suelos de alto contenido de humedad, materia orgánica y óxido de hierro los datos en el infrarrojo son muy valiosos. El espectro visible presenta buena interpretabilidad para suelos arenosos o francos.-

En el tema hidrológico se observan 2 regiones espectrales importantes. Por un lado en el visible, y más específicamente en la banda azul, hay mayor penetración dentro del agua por lo cual esta región espectral es la más apropiada para evaluar las características del agua (por ejemplo, sedimentos en suspensión). Por otra parte el infrarrojo ofrece la mejor separación entre agua-suelo o agua-vegetación. Esta banda es la más aconsejable para el trazado de la red de drenaje, delimitación de los cuerpos de agua y delimitación de cuencas.-

En las aplicaciones oceanográficas tienen grandes ventajas las imágenes obtenidas en la región de microondas activas o pasivas, además de usarse también las bandas del visible e infrarrojo cercano de utilización más tradicional. Los satélites con propósitos de estudios oceanográficos están necesariamente equipados con radar y otros instrumentos en la región de microondas.-

En aplicaciones mineras, si el objetivo es determinar las estructuras geológicas, las bandas del visible y sobre todo la del infrarrojo cercano, son las más convenientes. Si lo que se pretende captar son las manifestaciones superficiales de

alteraciones hidrotermales, la región del infrarrojo térmico es indiscutiblemente la que proporciona mejor información.-

En la evaluación de desastres naturales, la interpretación depende del fenómeno que se esté considerando. Así para las inundaciones es óptima la región del infrarrojo cercano, en cambio para desastres de origen volcánico lo ideal son las imágenes térmicas (Tabla n° 5).-

6) En lo atinente a la interpretación desde el punto de vista de la resolución espacial hemos observado que aunque la resolución mayor es siempre más ventajosa, podemos establecer ciertas diferencias en cuanto a la practicidad de su uso, costos o las necesidades de cada disciplina.-

Así surge que en la cuantificación de áreas sembradas, sobre todo donde los lotes son grandes, no es indispensable una resolución mayor de 30 metros. En cambio en la identificación de cultivos y aún más en la detección de plagas, se necesitan resoluciones mayores.-

En estudios forestales, la localización de grandes áreas boscosas puede llevarse a cabo con una resolución de 80 metros. Para realizar la identificación de especies se requieren resoluciones de 20 ó 10 metros.-

En la interpretación edafológica, es suficiente una resolución de 80 metros, ya que las unidades de suelos tienen límites graduales y extensiones relativamente grandes.-

En hidrología las necesidades de resolución dependen de la finalidad de la interpretación. La identificación de los cuerpos de agua, si son suficientemente extensos, no

requiere tanta resolución como por ejemplo el trazado de la red de drenaje.-

En las aplicaciones mineras la resolución tiene menor incidencia que en las otras aplicaciones analizadas, ya que los aspectos estructurales o litológicos tienen una distribución areal que permite su identificación aún con resoluciones bajas (Tabla nº 6).-

7) Con respecto a la resolución temporal confirmamos las ventajas de la repetitividad de las tomas desde dos puntos de vista: 1) en fenómenos dinámicos con cambios estacionales, los datos secuenciales permiten seguir la evolución del fenómeno (etapas de crecimiento de un cultivo); 2) en fenómenos dinámicos con desarrollo a través del tiempo (ampliación de áreas sembradas) facilita la cuantificación del hecho estudiado.-

Considerando la incidencia de la frecuencia de toma en las disciplinas analizadas, encontramos que en agricultura es prácticamente el factor determinante de la interpretación, apoyado por los calendarios agrícolas. Algo similar ocurre en los estudios forestales en los cuales la secuencialidad no solamente ayuda a la identificación de especies sino que incide en la interpretación de los cambios en las masas boscosas, como talado o reforestación.-

En la exploración minera, las tomas repetidas no tienen casi mayor importancia, a no ser que los cambios estacionales faciliten la apreciación de ciertos fenómenos superficiales. Lo mismo podríamos decir para suelos.-

En hidrología, la fluctuación de las extensiones

de los cuerpos de agua o las crecientes necesitan fechas secuenciales ya que muchas regiones atraviesan períodos sucesivos de anegamientos y sequías. Indudablemente en el caso de las inundaciones es cuando se necesita la mayor frecuencia de las imágenes, insuficiente en los satélites de recursos naturales cuyos datos pueden ser completados a nivel regional por los datos de los satélites meteorológicos (Tabla n° 7).-).-

INSTRUMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE SUELOS

	UVI	verde	rojo	infrarrojo cercano	infrarrojo térmico	micro
Agricultura				x		
Forestación						
Suelos			x	x		
Hidrología (características del agua)	x	x				
Hidrología (red de drenaje)				x		
Oceanografía	x					x
Desastres naturales (inundaciones)				x		
Desastres naturales (volcanismo)					x	
Minería (estructuras geológicas)						
Minería (alteraciones hidrotermales)				x		x

REGISTRACION - REGION REGION ESPACIAL

	5m	10m	20m	30m	60m	500m	1.000 a más
Agricultura (areas sombreadas)				X			
Agricultura (identificación de cultivos)		X					
Agricultura (plagas)		X					
Forestación (masas boscosas)					X		
Forestación (identificación de especies)			X				
Suelos					X		
Flora			X	X			
Oceanografía						X	X
Desastres naturales (inundaciones)			X		X		
Minería							X

Tabla 1.

INTERPRETACIÓN DE RESECCIONES TEMPORALES

	poli- anual	anual	mensual	quincenal	semanal	diaria
Agricultura (areas sembradas)			x			
Agricultura (identificación de cultivos)				x	x	
Forestación (masas boscosas)		x				
Forestación (identificación de especies)			x			
Suelos			x			
Hidrología					x	x
Oceanografía			x			x
Desastres naturales (inundaciones)					x	x
Minería						

PERSPECTIVA DE LA TELEDETECCION EN LOS PROBLEMAS GLOBALES
EMERGENTES DEL MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES.

El manejo de recursos a nivel mundial afronta serios problemas actuales y con pronóstico de agravarse en el futuro.

Para llegar a posibles soluciones se utiliza la información satelitaria que detecta y cuantifica los procesos de deterioro.

No solamente los Estados Unidos y la Unión Soviética están en continuo plan de lanzamientos para conseguir la mayor y mejor información sobre los recursos terrestres. Otros países, hasta ahora a margen de la fabricación de sus propios satélites, han entrado en el camino de la actividad espacial.

Francia se sumó a los países mencionados con el lanzamiento del SPOT 1 en 1986 y SPOT 2 en enero de 1990. Ya tiene programados a SPOT 3 y 4 para los años 1992 y 1994.

Estados Unidos asegura la continuidad de los datos a sus usuarios mediante la aprobación de los LANDSAT 6 y 7 que los lleva a una permanencia en el mercado de aproximadamente 25 años. El LANDSAT 6 será puesto en órbita en marzo de 1991. Será de mayor tamaño que los anteriores y transportará grabadores de banda ancha y dos sensores básicos 1) ETM Mapeador Temático Mejorado y 2) SEA_WIFS- sensor oceánico de campo ancho.

Con el ETM se asegura la continuidad de la información del TM además de contar con una banda adicional de 15 metros de resolución. Posiblemente también lleve un sensor STAR de 5 metros de resolución. El LANDSAT 7 tendrá las características de su precesor más la inclusión de un sensor ALS para imágenes estereoscópicas.

La Agencia Espacial Europea (ESA) va a poner en órbita su satélite para la evaluación de los recursos naturales en 1991, el

ERS - 1, y tiene previsto el lanzamiento del ERS-2 para 1993.

Japón lanzó en 1987 su primer satélite de observación de la tierra, MOS-1 y también promete continuar con el MOS-2 y el ERS-1 para 1992 y 1994.

India también lanzó su primer satélite, el IRS-1 y tiene programado el IRS-2 para 1991.

Canadá está preparando un satélite equipado con radar para cubrir las necesidades de información de altas latitudes, RADAR-SAT, para 1991 y Brasil está trabajando en el programa de lanzamiento de un satélite propio.

La Unión Soviética además del ya conocido Soyuz, lanzó un satélite de órbita heliosincrónica denominado COSMOS PRIRODA.

Esta intensa actividad espacial está orientada al estudio de los problemas prioritarios que son:

- Desforestación del trópico húmedo. Los estudios sobre la desforestación de la Amazonia, por ejemplo, comenzaron de 1979 con teledetección incluyendo relevamientos con radar (Proyecto RADAM). Su rol ecológico en la actividad humana, como la mayor región selvática del mundo, suscita la necesidad de su preservación. Su gran extensión, la cubierta de nubes, difícil acceso y falta de buena cartografía hacen que se estén utilizando datos del espacio (SPOT, LANDSAT, AVHRR y SAR).

- Modificaciones atmosféricas.

- Destrucción del ozono. Este gas necesario como escudo protector que detiene los rayos ultravioletas de menos de 290 nanómetros de longitud de onda, tiene una gran importancia ecológica. Su destrucción produce cambios climáticos, destrucción de fitoplancton, destrucción de vegetales y microorganismos del suelo y acción negativa sobre las células de seres vivos.

El sensor de microondas pasivas, Sondeador Atmosférico de Microondas (MAS), a bordo del Space Shuttle (1991-1992) va a medir el ozono, vapor de agua, monóxido de carbono y temperatura desde 10-100 Km. de altura.

El MAS se está usando actualmente con aviones en las investigaciones sobre el agujero del ozono en la Antártida.

- Aumento del anhídrido carbónico, que mantiene el balance térmico de la tierra.

Desde 1850 la concentración del anhídrido carbónico está aumentando, habiendo subido de 265 partes por millón a 338 en 1980

Este efecto conocido como "efecto invernadero", utiliza los datos de las imágenes térmicas.

- Contaminación del aire provocada por monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidrocarburos, partículas en suspensión, etc. produce: a) smog fotoquímico, b) lluvia ácida (acidificación del agua, suelo y vegetación). Para su detección se está trabajando con sensores activos y pasivos desde avión y desde satélite.

- Contaminación del agua y suelo, que determinan el desequilibrio en flora y fauna. Se monitorea con AVHRR, SAR, LANDSAT y SPOT.

- Erosión. El proceso erosivo hídrico, eólico y antrópico en distintos grados de severidad se mapea con imágenes multitemporales LANDSAT y SPOT

Se evalúa la pérdida de horizontes, formación de cárcavas, lenguas de erosión y degradación de la vegetación natural.

- Desertificación. El desmonte, sobrepastoreo, técnicas de labranza mal manejadas, etc. llevan a los procesos de degradación progresiva del tapiz vegetal. En la mayoría de los países faltan inventarios de estos procesos que empezaron a cartografiarse desde aproximadamente 15 años con datos satelitales.

mencionaremos 2 que se están estudiando con sensores remotos: a) el avance de las áreas urbanas y obras de infraestructura sobre áreas productoras de alimentos y otras materias primas y 2) la contaminación de aire y agua que producen las grandes concentraciones urbanas.

Para los temas relacionados con la biomasa se está trabajando con los Indices de Vegetación. Los mismos se están calculando en forma rutinaria desde comienzos de 1982.

Se obtienen con sensores del AVHRR combinando matemáticamente sus dos canales logrando una buena indicación sobre la presencia de vegetación verde en términos de Indices de Vegetación (Tucker, 19

Se usan para establecer las condiciones de los cultivos y para determinar la disponibilidad de forraje.

Desde 1988 se está trabajando en el análisis de los problemas globales que afronta la humanidad y que deben plantearse a nivel internacional. Para ello en 1992, Año Internacional del Espacio, se planteará como tema principal la obtención de datos desde el espacio para el cambio global.

Se enfocan los siguientes temas:

- Interrelación clima-océano y extensión del hielo polar con la obtención de datos climáticos sobre océano y hielo, distribución de temperatura en superficie, productividad global de los océanos, cambios estacionales en la extensión del hielo ártico y antártico, incluyendo separación y fbtación de témpanos.

- Datos del espacio para medir extensiones forestales y procesos de deforestación. Primera prioridad - Amazonia.

- Agujeros de ozono en el polo.

- Consecuencias de los cambios en la cobertura de la superficie terrestre.

Tabla N° 8.-Estaciones de Recepción de satélites de recursos naturales

<u>Estación</u>	<u>Fecha de construcción</u>
Argentina	Diciembre de 1980
Australia	Noviembre de 1980
Brasil	Mayo de 1974
Canadá	Agosto de 1972
Estados Unidos	Julio de 1972
Rep. Popular de China	Diciembre de 1986
Italia (ESA)	Abril de 1975
Suecia (ESA)	Marzo de 1983
España (ESA)	Abril de 1984
India	Enero de 1980
Indonesia	Julio de 1982
Japón	Enero de 1979
Pakistán	Julio de 1987
Arabia Saudita	Enero de 1987
Sudáfrica	Diciembre de 1980
Tailandia	Noviembre de 1981
Ecuador	Se inaugurará en Junio de 1990

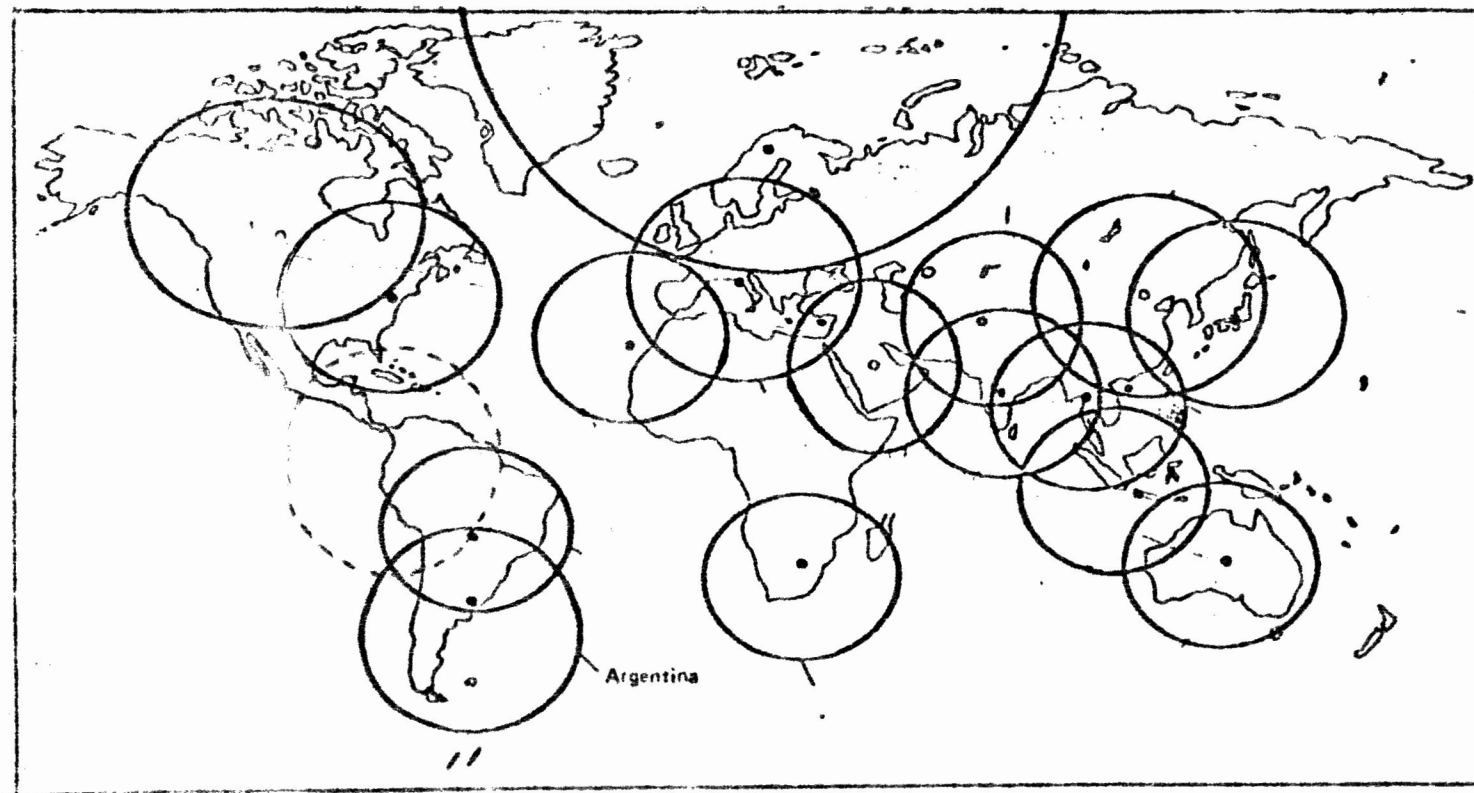


Fig. N° 1.- Estaciones de Recepción de satélites de recursos naturales

Es de destacar la importancia de disponer de datos de temperatura del agua, suelo, vegetación y atmósfera. A continuación se mencionan los satélites que obtiene termografías.

Tabla n° 9.-

Satélites con sistemas térmicos

<u>Satélite</u>	<u>Banda (longitud de onda en μ)</u>
NOAA 2-5	10,5 - 12,5
TIROS n	3,55 - 3,93
	10,5 - 11,5
NIMBUS 5-6	11,5
NIMBUS 7	10,5 - 12,5
GOLS	10,5 - 12,6
LANDSAT 3	10,4 - 12,6
LANDSAT 4 y 5	10,4 - 12,5
Skylab	10,2 - 12,5
HCMM	10,5 - 12,5
Seasat	10,5 - 12,5

USO ACTUAL Y POTENCIAL DE LOS SENSORES REMOTOS EN AMERICA LATINA

Los sensores remotos nacieron en América Latina con el uso de las fotografías aéreas en estudios cartográficos, fotogramétricos y de recursos naturales. Los países, a través de sus Institutos Geográficos, llevaban a cabo cubrimientos aerofotogramétricos basados en la red fundamental de apoyo integrada por cadenas, triangulaciones y nivelaciones de precisión para realizar la cartografía regular a escalas 1:100.000 y 1:50.000 (Adrien, P.M., 1983).-

La fotografía aérea se consolidó en casi todos los sectores de producción de los países latinoamericanos y en los últimos años se introdujo con gran aceptación otro sensor remoto, el radar.-

Con posterioridad al lanzamiento del primer LANDSAT empezó la aplicación de la tecnología moderna de los sensores remotos. La interpretación visual de las imágenes LANDSAT se utilizó en forma sistemática en la mayoría de los países de la región.-

La primera antena receptora fue puesta en funcionamiento en Brasil, en Cuiabá (Mato Grosso), en 1974 y en 1980 comenzó a operar la estación de recepción argentina. Entre esas dos estaciones cubrían casi todo el continente sudamericano con excepción del Norte de Venezuela, Norte de Colombia y parte del Ecuador.

En junio de 1990 se inaugurará la estación de Ecuador en Cotopaxi, que tomará la zona no cubierta. Se construyó con aptitud para recibir imágenes MSS, TM, Spot, MOS y de satélites ambien

La gran difusión de la tecnología en el continente llevó a la formación de organismos especializados en sensores remotos. En Brasil la actividad se centra en el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), en Bolivia comenzó con el Programa ERTS-GEOBOL, convirtiéndose posteriormente en el Centro de Investigaciones y Aplicaciones de Sensores Remotos (CIASER). En Perú trabaja activamente la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), en Ecuador el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN), en Colombia, el Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi. En Chile el organismo que más ha trabajado en el tema es la Universidad de Chile. La situación argentina se tratará en capítulo separado.-

El éxito de las aplicaciones de los sensores remotos mediante la interpretación visual de imágenes facilitó la asignación de fondos, por parte de las instituciones involucradas para adquirir la capacidad de interpretación digital. Así países como Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México, Perú y Ecuador se equiparon adecuadamente para trabajar con datos digitales.

También hubo avances en el tema de modificar las estaciones de recepción para recibir la información del Mapeador Temático del LANDSAT. Brasil desarrolló conjuntamente con la Société Européenne de Propulsion, la estación Thematic Mapper.-

Cuando la técnica se fue adoptando en América

Latina, los organismos de financiamiento internacional mostraron su interés en esa actividad. Una de las primeras operaciones que se llevó a cabo en 1972 fue el otorgamiento de una cooperación técnica por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) al Consejo Nacional de Planificación del Ecuador. El monto de 52.000 dólares subvencionó un proyecto piloto de uso actual de la tierra con mapas a escala: 1:250.000.-

Concluida esa operación, el BID proporcionó fondos a otros países miembros de América Latina. Entre 1972 (lanzamiento del primer LANDSAT) y 1984, el financiamiento alcanzó aproximadamente 17 millones de dólares.-

Además del BID, otras instituciones como el Banco Mundial, la FAO, el Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD), etc, están financiando proyectos de sensores remotos en América Latina. Estos fondos, además de los provistos por los gobiernos nacionales, subvencionaron más de 25 proyectos importantes. Los datos utilizados en estos proyectos fueron proporcionados en su mayor parte por los satélites LANDSAT, GOES y TIROS-N.-

El interés de los países de la región en la tecnología sigue creciendo. El INPE contempla el diseño de una cámara CCD con 50 metros de resolución para lanzarla a bordo de los vuelos del Space Shuttle, todos los países están adaptando sus sistemas para trabajar con el Mapeador Temático y SPOT, asimismo se están implementando los sistemas geográficos de información, es decir que está puesto en marcha el proceso de identificación y cuantificación de los recursos naturales de América Latina.-

7.- SITUACION ARGENTINA

La República Argentina, al igual que los otros países latinoamericanos, tuvo y tiene proyectos de relevamientos aerofotográficos del territorio efectuados por organismos estatales y privados.-

Con el advenimiento de los LANDSAT la interpretación y utilización de las imágenes se difundió en la mayoría de los organismos gubernamentales involucrados en investigaciones de recursos naturales.-

En 1980, la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales inauguró la estación de recepción situada en San Chiquita, Provincia de Buenos Aires.-

La ubicación de la estación fue elegida en base al máximo cubrimiento del país, incluyendo el Mar Argentino, con la recepción libre de interferencias, aún para ángulos de elevación muy bajos, logrando una cobertura de aproximadamente 2.500 km de radio.-

La antena argentina, además de tomar todo nuestro país, abarca a los países vecinos de Uruguay, Chile, Paraguay, Bolivia y Sur de Brasil. A su vez la estación de Brasil toma imágenes del territorio argentino hasta la latitud de Bahía Blanca.-

La estación recibía datos del barredor multiespectral (MSS) de los LANDSAT que transmitían en banda S. En 1982 el LANDSAT 4 y posteriormente en 1984 el LANDSAT 5 adicionaron un nuevo sensor, el Mapeador Temático (TM) con mayor cantidad de bandas (7 en lugar de las 4 del barredor multies-

petral) y mejor resolución (30 metros en vez de 80 metros). Estos datos, a las claras con ventajas sobre el barredor multi-espectral, no pudieron ser recibidos por la estación argentina por transmitir en banda X. Para recibir en banda X se requiere una modificación de la estación cuyo monto se calcula en aproximadamente 10 millones de dólares.-

Brasil realizó la modificación de su estación quedando en capacidad para recibir los datos del Mapeador Temático. Gracias al cubrimiento parcial de nuestro país por la antena brasileña, se puede disponer de las imágenes de ese sensor de toda la parte Norte y Centro del territorio argentino.-

La estación de recepción de Mar Chiquita funcionó hasta octubre de 1985. A partir de ese momento dejó de operar debido a la falta de pago del alquiler del satélite.-

En cuanto a los satélites ambientales, el Servicio Meteorológico Nacional recibe la información del GOES y de NOAA.-

Por otra parte, hay varias plataformas de transmisión de datos trabajando vía retransmisión por satélite.-

Durante los 5 años de funcionamiento de la estación, Argentina desempeñó un rol importante en el sistema informativo satelitario. En primer lugar ha abastecido de imágenes a los numerosos usuarios argentinos estatales y privados, en porcentajes aproximados de 70% de organismos gubernamentales y 30% de empresas privadas. Dichos organismos han adquirido en forma sistemática material para estudios en distintas disciplinas de aplicación.

Además del aprovisionamiento de material tele-detectado a los usuarios nacionales, la estación argentina ha mantenido una constante vía de comunicación y venta con los países vecinos cubiertos por la antena, como Uruguay, Chile, Paraguay y Bolivia.-

Su capacidad de recibir, junto con Brasil, los datos de los satélites de recursos naturales del continente sudamericano, le ha permitido avanzar a la par de los países industrializados en el camino del desarrollo de la teleobservación.-

Cabe destacar también otro hecho importante, al dejar de funcionar la estación argentina, es la única en el mundo que ha pasado a la inactividad. Resulta contradictorio que justamente en un momento en el cual los restantes países poseedores de antenas están remodelando o han remodelado las suyas, la Argentina deja de recibir información.-

Por otra parte, en estos momentos quedan solamente 2 regiones en todo el mundo sin cobertura de una antena, el centro de Africa y la Patagonia.-

Desde el punto de vista de los usuarios, los que se encuentran dentro del radio de toma de la antena brasileña, compran el material al mencionado país, pero con el obvio inconveniente de la dependencia tecnológica de un país extranjero.

8.- INTERPRETACION DE UN AREA MODAL

Como área modal para la interpretación de recursos y su valorización se ha elegido un sector de la Provincia de Córdoba.

En esta parte del trabajo los objetivos son:

- Desarrollar una metodología para la elaboración de cartografía temática de recursos a escalas grande, usando imágenes y cartas topográficas a la misma escala.

- Integrar la información de distintas tecnologías sobre el mismo espacio geográfico.

- Culminar con una integración de distintas variables analizadas en una conclusión sobre la organización del espacio.

- Mapear a escala 1:50.000, escala poco común en trabajos con imágenes satelitarias, por la escasez y costo del material y porque, hasta la aparición de imágenes de 20 o 10 metros de resolución, la ampliación hasta ésta escala no era conveniente por pérdida de información.

METODOLOGIA

Elección del área modal:

Se ha elegido el área modal en base a las siguientes consideraciones:

a) Que el área sea lo suficientemente heterogénea, tanto en su paisaje natural como en el de la organización territorial.

b) Disponer de una imagen reciente de buena resolución y a escala grande.

c) Disponer de otras imágenes sobre la misma

zona para completar la información necesaria sobre vegetación y cultivos en distintas estaciones del año.

d) Disponer de una carta topográfica del área a la misma escala.

e) Que sea de fácil acceso para la realización del trabajo de campo.

Todo lo expuesto se pudo reunir en un área de la Provincia de Córdoba, donde la heterogeneidad de los recursos, la diversidad de paisajes y la variedad de formas de ocupación del espacio producen un mosaico de actividades económicas.

En una superficie relativamente reducida encontramos grados de intensidad de uso que van desde su expresión máxima que es la ciudad, hasta grados mínimos como las zonas serranas de altura.

Nos hallamos frente a un espacio donde los recursos mineros alternan con los agrícolas, ganaderos, forestales, hídricos, etc. y donde la inversión de capital y tecnología tiene distintos niveles de intensidad.

Localización del área modal:

El área analizada está situada en el centro de la provincia de Córdoba, entre los 30° 20'S y 31° 30'S y 64° 15'W y 64° 30'W. Corresponde al área que cubre la carta topográfica del Instituto Geográfico Militar, Hoja 3163-25-1, Villa Carlos Paz, 1:50.000 que abarca 442Km².

La zona toma en forma parcial a los departamentos Capital, Santa María, Colón y Punilla (de los dos últimos una ínfima porción).

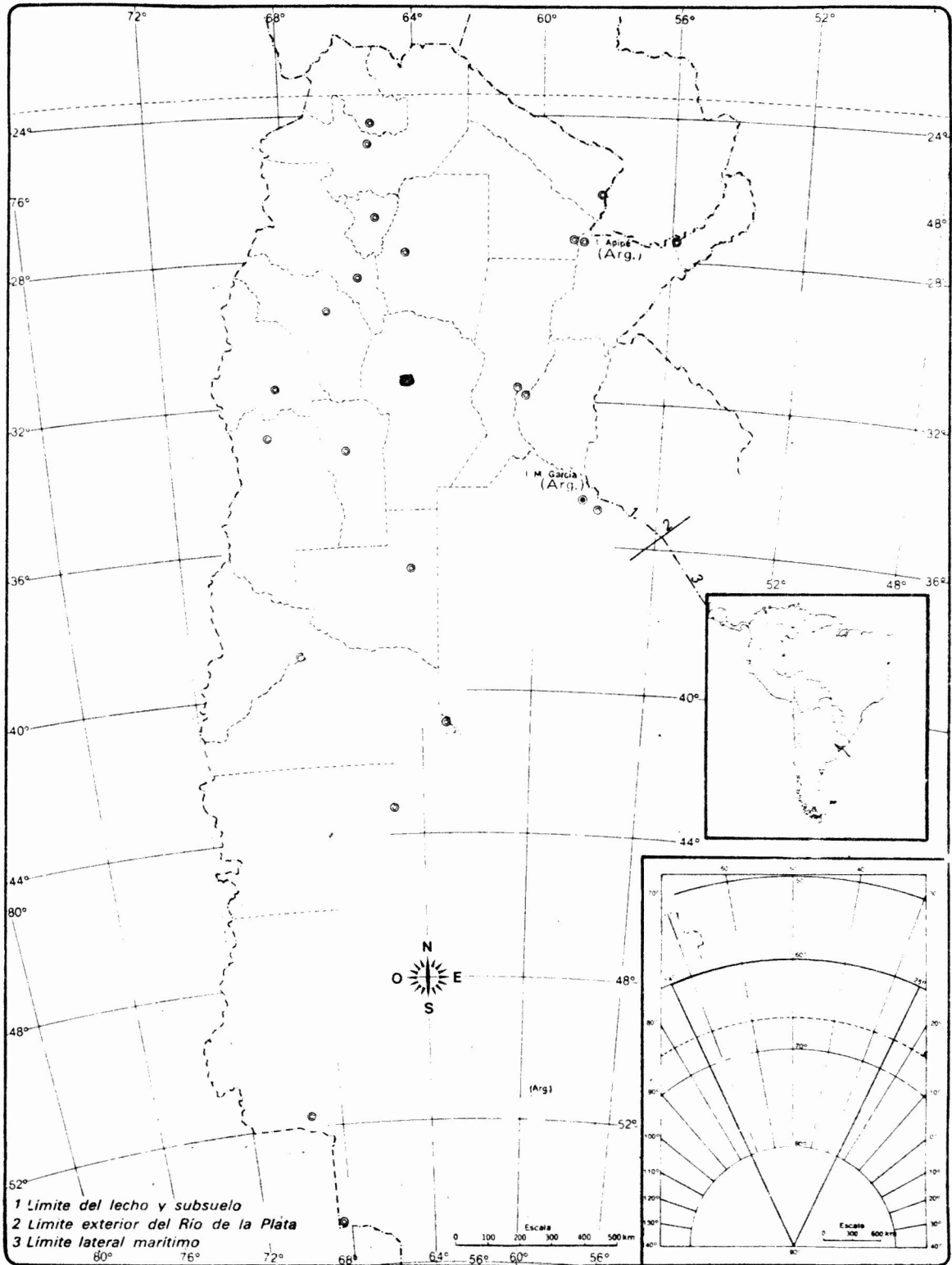


Fig. N° 2.- Ubicación del area modal.

Material satelitario utilizado:

Se trabajó con la imagen SPOT 1 del 8 de agosto de 1986 como material base.

La escala de la imagen es 1:50.000, con 20 metros de resolución, en infrarojo color.

Como material satelitario de referencia se usaron las siguientes imágenes:

1) Imagen MSS del Landsat 2 del 3/9/77 infrarojo color a escala 1:500.000.

2) Imagen MSS del Landsat 2 del 13/8/81 a escala 1:100.000 y 1:50.000.

3) Imagen TM del Landsat 4 del 20/2/86.

Material cartográfico:

La carta utilizada para volcar la interpretación fue la hoja Villa Carlos Paz del IGM 1:50.000.

Se ha consultado cartas del IGM 1:500.000, 1:250.000 y 1:100.000, mapas de Vialidad Nacional y Automovil Club Argentino.

Instrumental utilizado:

1) La interpretación digital se realizó en una computadora VAX 11/780 del Centro de Teleobservación de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales.

Dicho sistema tiene las siguientes características:

1 Mbyte de memoria central

2 unidades de discos digital RPOG de 176

Mbytes de capacidad cada uno.

2 unidades de cinta magnética de 800/1600 bpi
1 Impresora de líneas
1 Impresora graficadora
7 Terminales alfanuméricas
2 Terminales interactivas para display y procesamiento de imágenes.

Los sistemas interactivos de análisis son Comtal Visión One y Ramtek 9300. El análisis digital se llevo a cabo en el primero.

2) Las firmas espectrales fueron medidas en el campo con el radiómetro Exotech 100.

Técnicas:

La interpretación preliminar se realizó sobre la imagen SPOT 1:50.000.

Se definieron e interpretaron las unidades cartográficas para cada recurso.

Las interpretaciones se llevaron a cabo sobre acetato y posteriormente fueron volcadas sobre la carta del IGM produciéndose 5 cartas temáticas.

La interpretación forestal, de cultivos, de suelos y de organización espacial fue realizada también sobre las otras imágenes mencionadas, especialmente la TM por ser de otra estación que la SPOT.

Se llevó a cabo una interpretación digital de un sector de la Sierra Chica en el cual se ha clasificado el bosque serrano y se obtuvieron las estadísticas de los polígonos seleccionados.

Las unidades cartografiadas fueron verifica-

das con el control de campo, durante el cual se hicieron tam-
bién las mediciones espectrales con el radiómetro.

La interpretación global del area llevó a la
elaboración del mapa de los subsistemas funcionales.

EL AREA MODAL

En la imagen se observa claramente 2 zonas fi-
siográficamente diferentes que pertenecen según las distintas
clasificaciones a:

- 1) Región del monte o Pampa Occidental
- 2) Sierras Pampeanas

según las regiones naturales de Kuhn (1930)

- 1) Llanura Pampeana
- 2) Sierras Pampeanas

según A. Rampa (1956)

- 1) Pampa húmeda
- 2) Sierras y bolsones

según H. Difrieri (1958)

- 1) Pampa
- 2) Sierras Pampeanas

según F. Daus (1959)

La zona está dentro del clima mediterráneo
templado, con temperatura media anual de 18° C, máxima media
anual de 20° C y mínima media anual de 6°.

Las precipitaciones disminuyen de Este a Oes-
te oscilando entre 600 y 700 mm. en la parte de la llanura y
entre 500-600 mm. en la zona serrana.

Los vientos dominantes provienen del cuadrante

Este y Norte. Vientos débiles cargados de humedad.

Los vientos del sector Sur son menos frecuentes y tienen la característica de ser secos y fríos.

Son muy frecuentes, las heladas con un período muy amplio desde tempranas, en abril, y tardías, en septiembre, con el consiguiente daño para los cultivos. Las más comunes se producen en los meses de junio y julio.

Las actividades agrícolas y frutícolas sufren también las consecuencias del granizo de bastante frecuencia en verano. Afortunadamente atacan superficies relativamente reducidas.

En la región Serrana, durante los meses más fríos, suele haber nieve, por más que generalmente este fenómeno ocurre en la Pampa de Achala y en las altas cumbres.

La primera interpretación del espacio lleva a diferenciar unidades que conjugan la existencia de los recursos con la utilización de los mismos, creando un patrón de uso del suelo.

El grado de artificialización del medio es bastante elevado sobre todo en el área de llanura.

El área está surcada por rutas, ferrocarril, sistemas de canales de riego y presenta explotación minera, cultivos y urbanización como máxima modificación antrópica del medio natural.

Prácticamente ningún bioma presenta su fisonomía original habiendo sufrido los cambios ocasionados por la instalación humana y las actividades económicas asociadas.

La transformación gradual surge sobre todo de la comparación de la imagen con la carta que muestra como la vegetación natural ha cedido el espacio a los cultivos, cen-

tros urbanos e industria.

La radicación de la industria a partir de la década del 1950 trajo aparejada la afluencia de población y un incremento de la economía provincial.

Asimismo el turismo masivo con demanda de espacio e infraestructura ha provocado el crecimiento urbano, el desarrollo de la red vial y de comunicaciones y el aumento de la capacidad hotelera.

8.1.- INTERPRETACION TEMATICA: GEOLOGIA-MINERIA

El área modal presenta importantes rasgos geológicos que determinan la explotación minera.

- Tectónica:

Gran parte del área está ocupada por la Sierra Chica. Dicha Sierra ofrece el perfil de bloques bajos en su ladera oriental y sobreelevados en la occidental, rasgo característico de las Sierras Pampeanas.

Estos trozos del macizo cristalino fueron dislocados por la orogenia andina que ha producido también grandes fallas como el valle de Punilla.

Este valle permitió el ascenso occidental del bloque de Sierra Chica dejando en depresión el borde de Sierra Grande, con un rechazo de hasta 600 m. La faja de esta dislocación es casi rectilínea de Norte a Sur hasta Biale Massé, después forma un codo alrededor del lago San Roque.

Esta faja es la que corresponde al gneiss más esquistoso que termina al Sur del mencionado lago. El gneiss envuelve el lago del San Roque lo cual indica que la depresión terciaria más honda coincide con las líneas de debilidad de la tectónica vieja.

El flanco occidental de la Sierra Chica es de forma abrupta, verdadero labio de la fractura terciaria por donde aparecen las rocas paleozoicas. (Pastore, 1932)

Sobre estas rocas se extienden sedimentos de areniscas y conglomerados muy suceptibles a la erosión.

Otro caracter tectónico visible es la homología existente entre la quebrada del río Primero y la quebrada Honda con respecto a la depresión del lago San Roque, de la cual ambas son líneas radiales y pertenecen a la tectónica terciaria. En toda la Sierra se ve la estructura

en bloques de falla delimitados por fracturas longitudinales.

En el área de estudio apreciamos 2 unidades estructurales: Sierras Chicas y Sierras Grandes, aunque de estas últimas aparece solamente un pequeño sector.

- Litología:

Las unidades litológicas se separaron en base a las características fotogeológicas detectables claramente en la imagen.

La primera separación se realizó entre el área serrana y la llanura extraserrana.

ROCAS IGNEAS:

a) Granito:

El batolito granítico resalta por su tonalidad más clara y una textura fotográfica característica debido a los sistemas de diaclasas y a sus bordes netos que lo diferencian de las metamorfitas.

La respuesta espectral se ve aumentada también por una menor cantidad de vegetación.

El granito ocupa el área al Oeste del lago San Roque y el valle de Punilla, área muy poco significativa en superficie comparada con la gran extensión que ocupa en la Pampa de Achala y las Sierras Grandes.

Hay otro pequeño afloramiento de esta litología al Sur de La Calera.

Este granito es similar en todas las Sierras Pampeanas. Si no está muy alterado tiene casi siempre un color rosado debido a la abundancia de feldespatos ortosa.

Abunda también en cuarzo, biotita y pequeñas

cantidades de plagioclasa.

Los bloques se presentan en forma redondeada ya que se disgrega bastante fácilmente.

ROCAS METAMORFICAS:

Las rocas metamórficas están presentes en 2 unidades litológicas: 1) gneiss común y 2) gneiss muy esquisto, dislocado, cloritizado y alterado.

En el área modal las rocas metamórficas tienen una importante extensión areal y se visualizan por una tonalidad oscura, producto de su composición mineralógica y por la mayor facilidad de crecimiento que tiene la vegetación natural sobre este tipo de litología, debido a la abundante cantidad de planos que facilitan el drenaje de la humedad y la penetración de las raíces.

a) Gneiss:

Dominan en la porción montañosa de Sierra Chica. Presentan la composición normal cuarzo biotita plagioclasa. El granate se ve junto al río Primero 500 o 600 m. al N. del pueblo de La Calera. (Pastore)

Estas rocas se deben al metamorfismo regional.

En algunas áreas las formas de destrucción de la roca en bloques notablemente redondos, producen un aspecto muy semejante al de los paisajes graníticos.

Sin embargo su fisonomía es de un gneiss poco esquistoso.

Hay presencia frecuente y abundante de granate y sillimanita.

La antigüedad del proceso metamórfico es referible al Paleozoico inferior. (Pastore, F, 1932).

b) Gneiss muy esquistoso:

La vertiente occidental de Sierra Chica merece ser una unidad separada.

El gneiss tiene en esta zona un color más claro gris o verdoso y está siempre más alterado.

Se ve en la imagen con textura más fina y un patrón más fragmentado. Los colores son más azulados y la cubierta vegetal densa.

Termina delante de la quebrada Honda y al Oeste desaparece debajo de los detritos que rellenan el valle de Punilla. Al Este su límite coincide con la cresta de la Sierra Chica.

c) Calizas:

Otro tipo de roca metamórfica presente en la imagen son las calizas cristalinas con un importante número de yacimientos en la Sierra Chica (falda oriental, principalmente en Malaqueño y La Calera).

En la mayoría de los casos la caliza se intercala con la esquistosidad del gneiss, ya que juntos sufrieron las consecuencias de los procesos metamórficos.

Su extensión lineal es variable pero generalmente no supera los 200m.

En Malagueño las calizas son finas, compactas, homogéneas y de fractura concoidal. Las canteras proporcionan una piedra granular, más gruesa que un mármol ordinario. En la cantera de Yocsina se encuentran nidos forma-

dos por cristales de calcita pura perfectamente transparente.

En Malagueño y La Calera el color de la caliza es generalmente rosado o rojo claro debido a la pigmentación por óxido de hierro.

El metaforfismo que sufrieron las calizas fue intenso en general.

En algunas canteras (Malagueño) se hallan algunos filones muy delgados de rocas ígneas grises, típicamente filonianas, de grano fino.

En cuanto a la presencia de ROCAS SEDIMENTARIAS, hay una notable formación de areniscas y conglomerados triásicos que se extienden desde Dumesnil, siguiendo por La Calera, hacia el Sur.

Bodenbender consideró estos depósitos como permotriásicos admitiendo que alguno puede ser pérmico.

En la ladera oriental de Sierra Chica las areniscas triásicas se extienden formando una faja en lomas cortadas por la erosión (desde 3 Km. al SE de La Calera hasta la estancia San José al Sur de Unquillo). La mayor extensión lateral y la mayor altura corresponde a la porción entre Villa Allende y río Primero.

Son areniscas de grano fino, de color rojo ladrillo, arcillosas y micáceas.

Relleno moderno:

Se presenta principalmente en la llanura que ocupa la mitad oriental del área modal.

Es una llanura de escasa pendiente hacia el Este constituida por sedimentos loésicos de origen eólico y por sedimentos fluviales.

A ésta cubierta sedimentaria moderna se la asigna al cuartario.

También encontramos relleno moderno en el valle de Punilla y el valle de los Reartes, al Sur del lago San Roque, constituido por depósitos areno-conglomerádicos fluviales o de pie de monte, a veces con aportes eólicos.

Minería

En toda la Sierra Chica se observan sectores con alta reflectancia (blanco o celeste), pertenecientes a las explotaciones mineras.

Se observa en la carta de interpretación que la zona más extensa se encuentra al Sur de Malaqueño. En la imagen la superficie real aparece aumentada debido al manto de cal que se extiende sobre áreas adyacentes. Al Sur de la misma se ven otras explotaciones menores en un color celeste claro.

Otra zona de actividad se detecta en la Sierra Chica al Sur de las Ochoas.

Al Sur del río Primero hay varias explotaciones, una cerca de El Diquecito, otra a 3 Km. al Oeste de La Calera, próxima también al río, y algunas más reducidas cerca de Lomas de la Estancia.

Otro sector con características similares se localiza al Oeste de Yocsina.

8.2.- INTERPRETACION TEMATICA: SUELOS

En la interpretación de suelos se ha trabajado con imágenes multitemporales por las variaciones estacionales que se producen en la cubierta vegetal y en los porcentajes de humedad.

Comparando la imagen de invierno con la de verano, la primera ha demostrado ser más apropiada para medir la reflectancia del suelo por la menor incidencia de la vegetación en la reflectancia del pixel.

Resaltan en la imagen los colores verdes de los lotes trabajados o cosechados, debido a que la banda espectral más conveniente se encuentra en las siguientes longitudes de onda

0,45-0,54-0,64-0,74 μ

Para mapear los suelos del area modal se han considerado los siguientes factores:

- Relieve
 - ubicación dentro del paisaje
- Vegetación
 - tipo de vegetación natural
 - porcentaje de cobertura
 - tipo de cultivo
 - estado del cultivo
- Red de drenaje
 - escurrimiento superficial
 - diseño
 - tamaño
 - densidad
- Humedad

- porcentaje de humedad
- Material originario
- Clase textural
- Cantidad de materia orgánica
- Color de suelo
- Características de la superficie
 - lisa
 - rugosa
- Uso de la tierra
 - parcelamiento
 - tipo
 - forma
 - tamaño
- Problemas de erosión eólica o hídrica

Las firmas espectrales se ven modificadas por la presencia de la vegetación, en cuyo caso se ha analizado la relación porcentaje de suelo-porcentaje de vegetación presente en cada pixel.

De acuerdo a este criterio, se ha encontrado las siguientes relaciones:

- suelo totalmente cubierto por vegetación.

En este caso las características del suelo se inferieron de acuerdo a la interpretación de la vegetación además de la incidencia de la topografía y otros factores.

- suelo parcialmente cubierto por vegetación.

En este caso se calculó el porcentaje de cobertura vegetal.

- suelo sin vegetación (suelo descubierto o desnudo). Es la opción en la cual se obtuvo mejor información sobre las propiedades del suelo en cuanto a su composi-

ción química, contenido de materia orgánica, humedad y composición mecánica.

La reflectancia espectral de la mayoría de los materiales del suelo es menos compleja en apariencia que la de la vegetación. Las firmas espectrales muestran que en suelos secos hay un aumento del nivel de reflectancia con el aumento de la longitud de onda, particularmente en las porciones del visible y del infrarrojo cercano del espectro.

Las interacciones en materia de energía tal vez son menos complicadas para suelos dado que toda la energía incidente será absorbida o reflejada y es poca la energía transmitida a través del material.

Sin embargo el suelo por sí es una mezcla compleja de materiales que tienen varias propiedades físicas y químicas que afectan las características de absorción y reflectancia del mismo.

El contenido de humedad, la cantidad de materia orgánica, la cantidad de óxido de hierro, los porcentajes relativos de arcilla, limo y arena y las características de rugosidad superficial, son influencias significativas en la reflectancia espectral.

El área modal presenta 2 ordenes de suelos: Molisoles y Entisoles, los primeros en las zonas llanas y los segundos en áreas serranas. Las unidades fisiográficas prácticamente definen el tipo de suelo y su capacidad de uso.

Dentro del Orden de los Molisoles los suelos del área modal corresponden al Suborden de Ustoles y dentro del mismo encontramos los grandes grupos de Haplustoles y Argiustoles. (INTA, 1985)

Dentro del Orden de los Entisoles encontramos

suelos del Suborden Ortentes del cual están presentes los Ustortentes de toda la zona serrana.

Por ser suelos de zonas semiáridas, el manejo de los mismos debe ser controlado, ya que las actividades pastoril y agrícola provocan su deterioro y se requiere un buen manejo para aumentar la infiltración y almacenamiento del agua.

El mapeo se realizó a nivel de Grandes Grupos.

Con la interpretación se han identificado y delimitado los 3 Grandes Grupos: Haplustoles, Argiustoles y Ustortentes que se han mapeado como 5 unidades cartográficas: 1) Son Haplustoles que ocupan la zona oriental de la carta, area en gran parte urbanizada, perteneciente a la Pampa loésica alta, suavemente ondulada.

Son suelos de textura franco limosa. Su única limitación es el agua. Esta capacidad de uso queda demostrada por el intenso parcelamiento, por los colores que indican un uso preedominantemente agrícola y por una textura fotográfica homogénea, resultado de la calidad del suelo en cuanto a permeabilidad que no produce anegamientos. No se observa erosión hídrica.

2) También son complejos de Haplustoles pero con otro relieve, ya que esta zona incluye areas más onduladas, de pendientes medias.

También cambia la textura de los suelos que es franca.

3) Bordeando el lago San Roque, en la zona de relleno moderno, encontramos nuevamente Haplustoles franco limosos en valles, terrazas y lomas onduladas de pendientes suave y Ustortentes en pendientes más pronunciadas.

Debido a la pendiente, se observa en algunos sitios ligera erosión hídrica.

En cuanto a su capacidad de uso prácticamente no se observan diferencias con la unidad anterior.

4) Son Arguistoles que se desarrollan sobre un área suavemente deprimida. Su textura es franca y se observa una ligera erosión hídrica.

Es una zona de buenas aptitudes agrícolas que se comprueban en el parcelamiento y en los cultivos.

Las limitantes son la erosión hídrica y el clima. Este último incide sobre las posibilidades de mayor producción agrícola en cultivos que necesitan mayor cantidad de agua.

5) Son Ustortentes que ocupan la mayor superficie del área modal. Se presentan en toda la zona serrana.

Son suelos incipientes muy poco desarrollados con limitantes severas básicamente topográficas, aunque también existe el problema de sequía y pedregosidad.

El aprovechamiento de estos suelos se basa en la explotación de su vegetación natural tanto para pastoreo de ganado menor como para extracción de leña.

Estos suelos se desarrollan en laderas escarpadas o colinadas. En las partes más altas se presentan algunos afloramientos rocosos dispersos.

Se encuentran en toda la Sierra Chica y en la Sierra de Malagueño.

6) También tenemos Ustortentes en el área al oeste del lago San Roque donde las características del relieve son de pendientes más suaves.

Las limitantes son la pedregosidad, la erosión hídrica y la pendiente.

En el mapeo de suelos se ha seguido la clasificación según Soil Taxonomy del Soil Conservation Service del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, elaborada inicialmente en 1938 y actualizada en 1960 como la 7ma Aproximación.

Además de la interpretación de las imágenes y el control de campo, se han consultado Mapas de Suelos del INTA a escala 1:500.000.

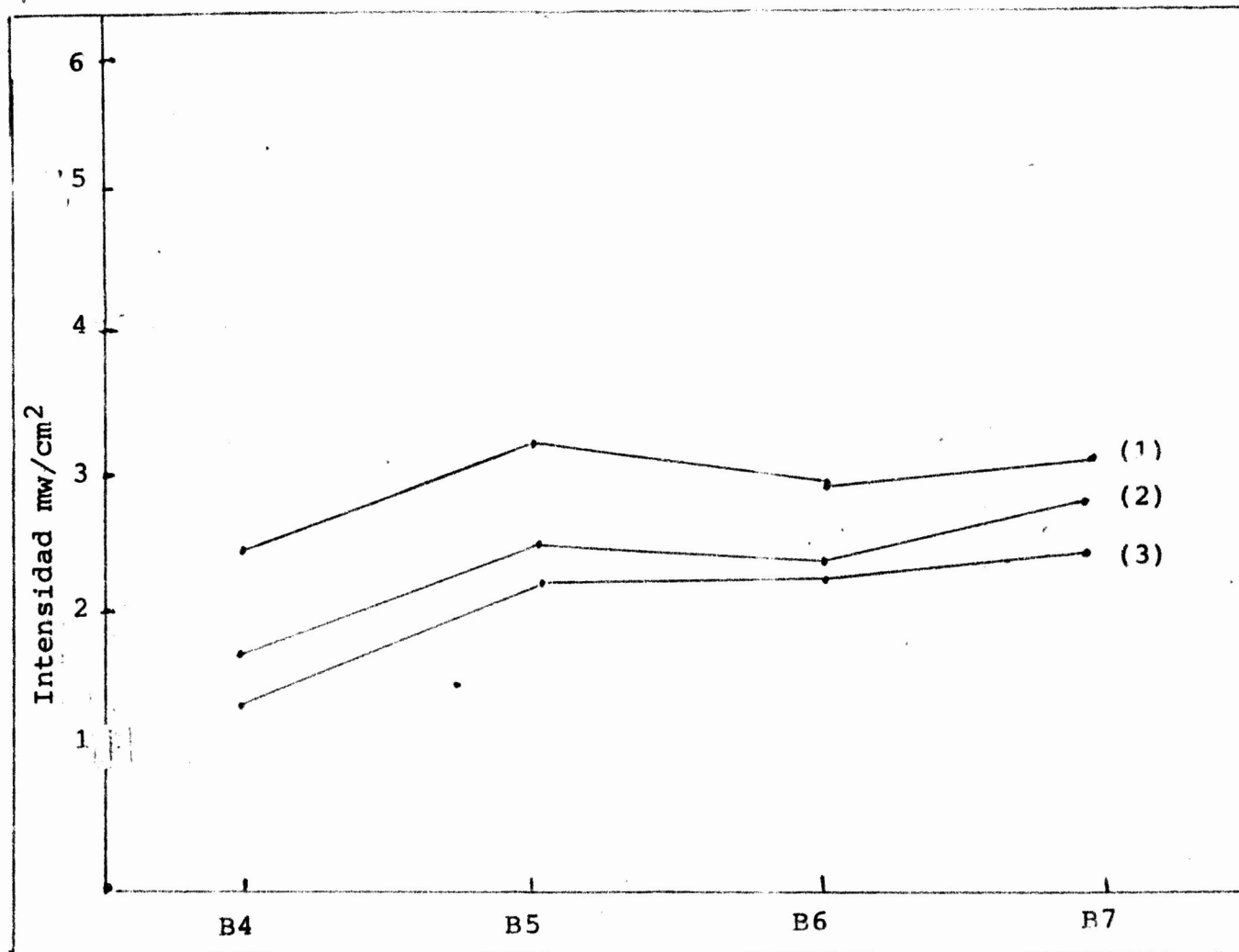
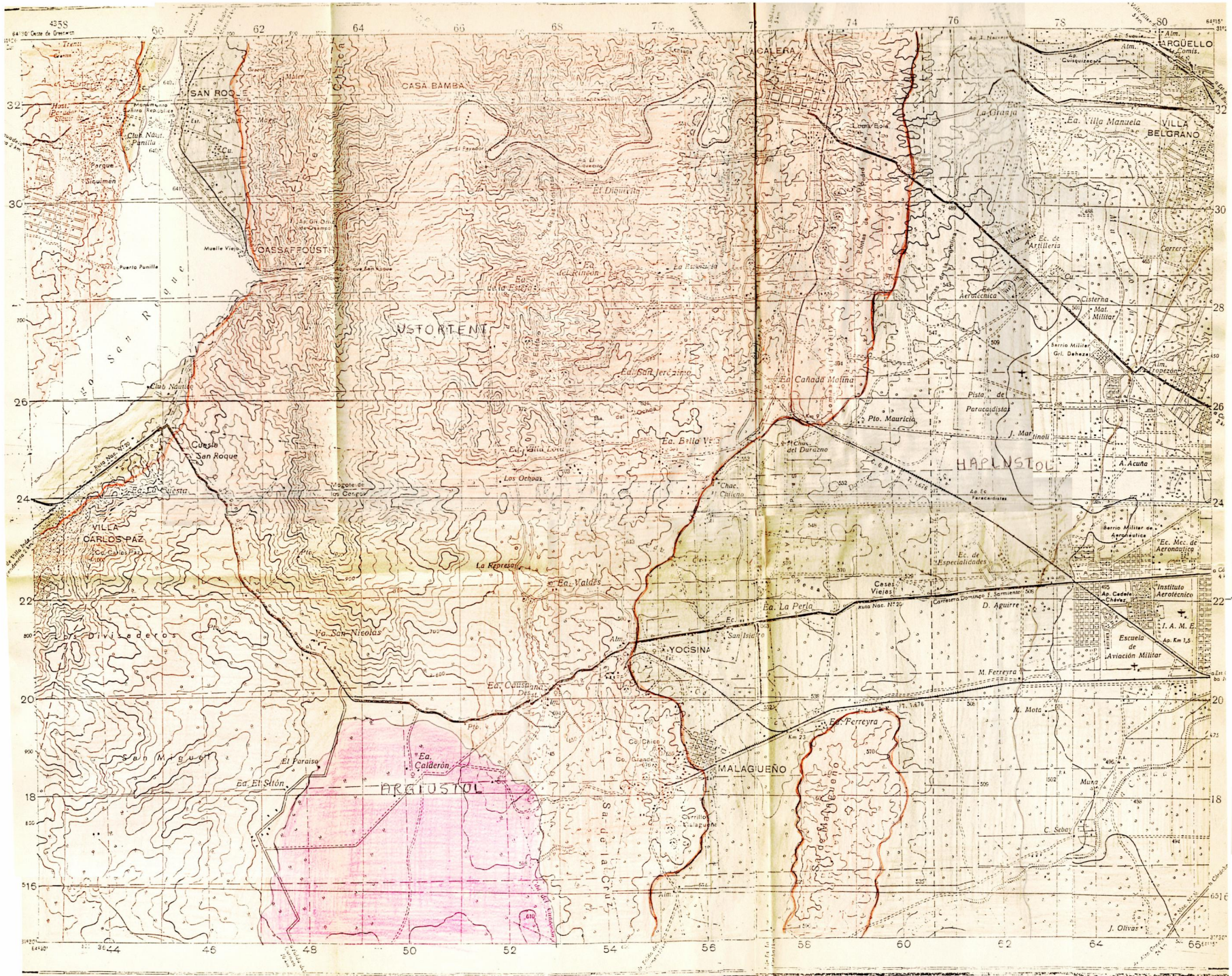


Fig. N° 4 Reflectancia de 3 tipos de suelo tomada en el terreno con Radiómetro Exitech. 1) Ustortent 2) Haplustol 3) Argiustol
Fuente: Medición y elaboración propia.



8.3.- INTERPRETACION TEMATICA: HIDROLOGIA

El análisis de la imagen ofrece dos aspectos diferentes en cuanto a la interpretación en recursos hídricos.

Primero aparece con importancia areal el cuerpo de agua representado por el lago San Roque y segundo la red hidrográfica formada por numerosos cauces que bajan de las Sierras y sobre todo por el río Primero y sus tributarios.

El lago San Roque resalta con su vasta extensión de color negro, demostración de la quietud de sus aguas.

Solamente en la desembocadura del río Cosquin hay una pluma de color más claro indicativo del arrastre de sedimentos.

Merece destacarse un hecho significativo que surgió de la comparación de la imagen con la carta: 1) La línea de orilla del lago presenta otra forma que en la carta (la carta es recopilación de los levantamientos efectuados en 1911-16-17-18 y 48)

2) el tamaño es notablemente mayor en la imagen que en la carta.

3) El sector Norte del lago se ha expandido en largo y en ancho ocupando un área que en la carta aparece como tierra firme.

Esto lleva a una conclusión importante que es la urgente necesidad de actualizar nuestra cartografía para lo cual las imágenes proporcionan un material actualizado.

El dique aparece nítidamente como un punto blanco brillante.

En cuanto a la red de drenaje, se visualiza

una clara diferencia entre la llanura y la zona serrana.

En esta última la ladera oriental muestra un mayor aporte de las precipitaciones orográficas originadas por el choque de la masa húmeda proveniente del océano Atlántico.

Este hecho sumado a las características tectónicas de los bloques con pendiente hacia el Este hacen que el escurrimiento superficial y subterráneo se oriente preferentemente en esta dirección.

El control tectónico del drenaje es ampliamente observado en la zona de afloramientos paleozoicos, siguiendo fallas, fracturas y diaclasas.

RIO PRIMERO

Es el más importante que surca la imagen, colector de aguas de una amplia cuenca de carácter endorréico.

Tiene su nivel de base en la laguna de Mar Chiquita pero no llega a ella más que en forma esporádica.

Drena 1350 Km², nace en las Sierras de Córdoba y es la principal fuente de abastecimiento de agua y energía de la ciudad de Córdoba.

Su régimen hidrológico es bastante regular con caudales máximos entre Octubre y Marzo y un módulo estimado en 10 m³/s.

La construcción del dique San Roque ha contribuido a su regulación.

Dique San Roque

La obra se inició en abril de 1890, durante la presidencia de Juárez Celman. Los campos que bordeaban a la ciudad de Córdoba (Altos del Norte y Altos del Sur) eran campos de monte hasta que la construcción del dique y el sistema de canales permitió crear en torno a la capital una gran zona de cultivo cambiando totalmente su potencial económico y el valor de la tierra.

La construcción de la presa se situó en una garganta de las sierras y significó crear del lado occidental de las sierras un lago artificial donde se embalsaron las aguas de la cuenca de Punilla con una capacidad de más de 170.000.000 m³. El muro tenía un espesor en los cimientos de 29 m y un largo de 115 m.

Nuevo San Roque

Aguas abajo de la presa anterior se construyó un nuevo dique en 1939, por iniciativa del Gobierno Provincial (Sabattini).

La cota máxima sobre el nivel del lecho fue de 43 m., el embalse de 200 millones de m³ con capacidad de regar 30.000 ha. y producir 110.000.000 de KW/hora/año y aumentar la provisión de agua potable para la ciudad de Córdoba.

Río Primero en Embalse San Roque:

Caudal medio mensual (m³/s) promedio de 11 años de observación.

E	F	M	A	M	J	
13,36	16,75	14,90	9,99	5,75	2,96	
J	A	S	O	N	D	Medio anual
2,52	2,64	4,71	9,48	13,08	17	9,44

Es colector de una amplia cuenca tributaria superior encerrada entre las Sierras Grandes y Sierras Chicas y otra inferior que drena la ladera oriental de éstas últimas.

Es calificado como antecedente (Pastore) habiendo realizado un gradual aserramiento de su valle.

En algunos tramos sus tributarios son poco visibles en la imagen por las sombras proyectadas por las sierras y por lo angosto de sus cauces, sin embargo cuando los mismos recorren valles de cierta envergadura, pudieron identificarse sin mayor dificultad.

Fuera de la imagen, desde el Norte, recibe el río Cosquín formado a su vez por las aguas de los ríos: 1) Yuspe que colecta a Olaen, Carnerillo, Arroyo del Sauce, Arroyo San José, Río Santa Rosa y río Negro, todos originados en la Pampa de Olaen y Pampa de San Luis. 2) río de la Punilla, formado por el Arroyo Grande e Higuerita que bajan de la ladera occidental de Sierra Chica y Arroyo del Tala y de los Totoritas que bajan de la Pampa de Olaen.

Desde el Sur recibe el río San Roque formado por los ríos Icho Cruz (formado por Arroyo Blanco, de la

Cuesta, Malambo y del Cajón) y San Antonio, todas con nacimiento en la Pampa de Achala.

Desde el Oeste, los arroyos de las Mojarras y los Chorrillos vuelcan sus aguas directamente al lago San Roque.

La cuenca tributaria inferior está formada por el río Ceballos o Saldán que recibe las aguas del río Unquillo, de la Reducción, Mal Paso y la Quebrada.

En la ciudad de Córdoba recibe por ser margen derecha al arroyo La Cañada que ha sido canalizado en su tramo urbano.

A la salida de la ciudad de Córdoba el río Primero tuerce su curso en dirección nordeste, se divide en brazos cubiertos de vegetación, toma la forma de un arroyo barrancoso y llega a Mar Chiquita en una zona anegadiza denominada Boca de los Algarrobos.

Entre el lago San Roque y Mar Chiquita recorre aprox. 200 Km.

En la imagen es mucho más destacado el río Cosquín que el río Primero, debido principalmente al hecho que el río Cosquín corre por un ancho valle y por el tamaño de su cauce antes del lago San Roque.

El color negro de sus aguas, al igual que las del lago, contrasta notablemente con la urbanización y las pasturas artificiales sobre la margen izquierda.

Produce una pluma sobre la orilla oriental del lago. (Fig. n° 6)

En cambio el río Primero, a la salida del lago, corre encajonado y su recorrido se identifica no por la presencia del agua sino por los rasgos geomorfológicos.

Antes de llegar a La Calera y al cambiar el paisaje a formas de menor altura, el curso aparece como una línea negra, que en algunos tramos está acompañada por pequeñas manchas rojas de la vegetación natural y reducidas superficies destinadas a cultivos de subsistencia de las instalaciones humanas a lo largo del mismo.

Al entrar a La Calera su cauce se ensancha y tuerce hacia el Norte.

En la zona de Arguello y General Belgrano el color negro del río se destaca entre dos áreas bien definidas. Sobre la margen izquierda los colores azulados de la zona urbanizada y sobre la margen derecha gran predominio de colores rojos y un tipo de parcelamiento indicativos de una zona residencial con bajo porcentaje de superficie edificada y grandes espacios verdes de parques y jardines.

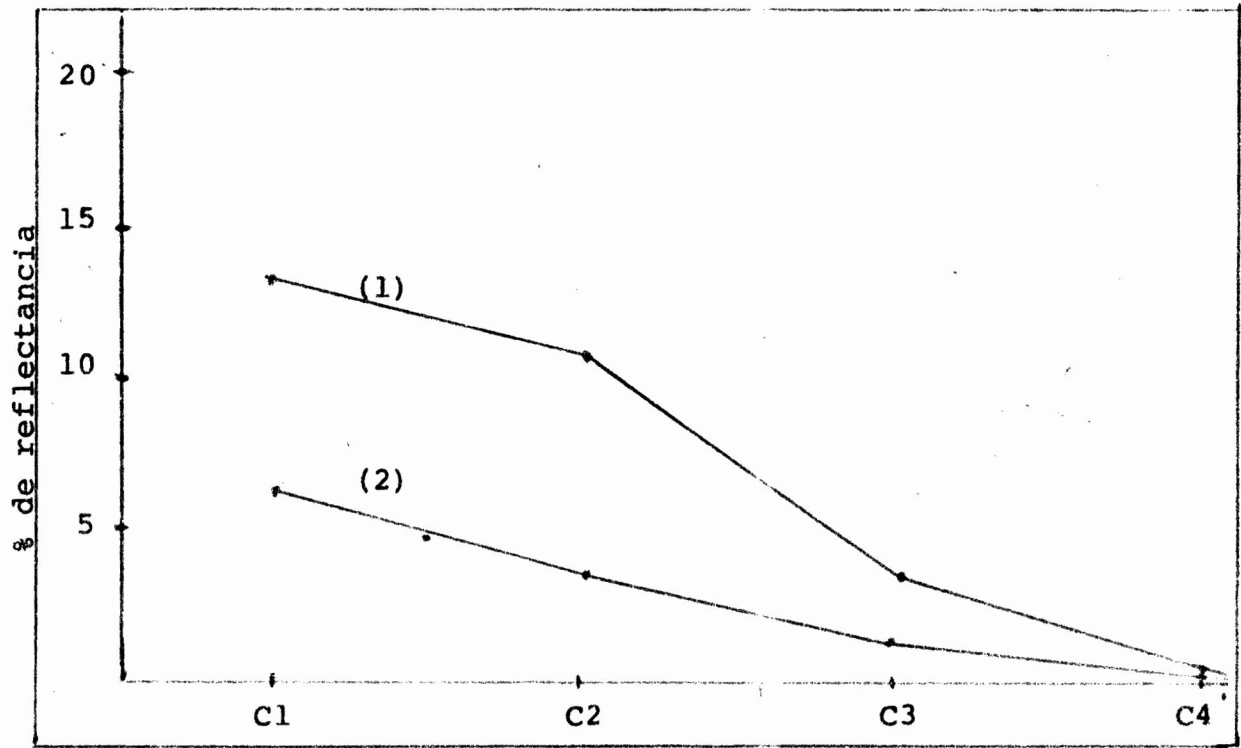


Fig. n° 6 .-Respuesta espectral del agua en el lago San Roque (Análisis digital) (1) pluma del río Cosquín (2) agua del lago.-

Fuente: elaboración propia.

medición propia

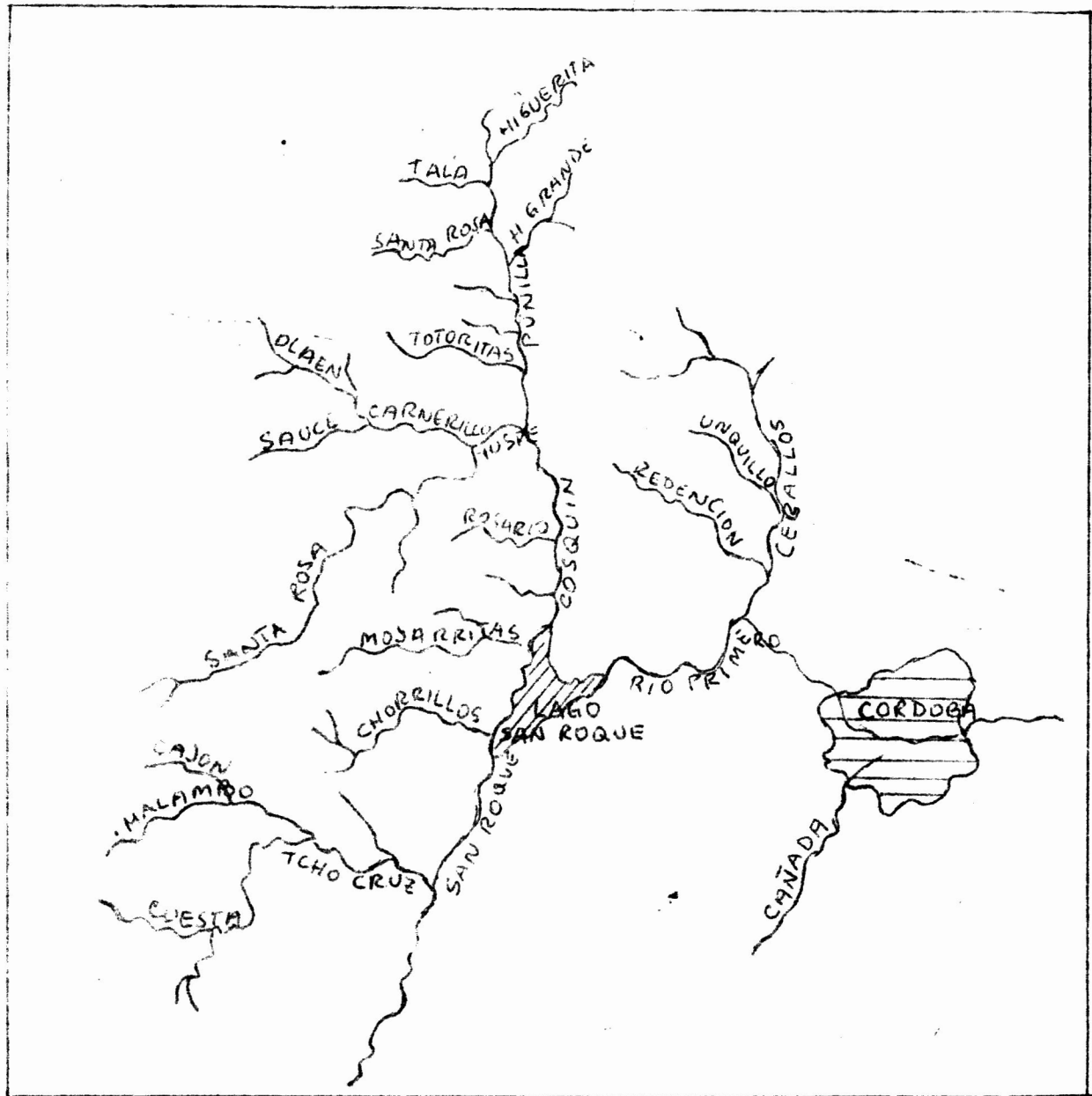


Fig. 7.- Cuenca del río Primero

Escala aprox. 1:500.000

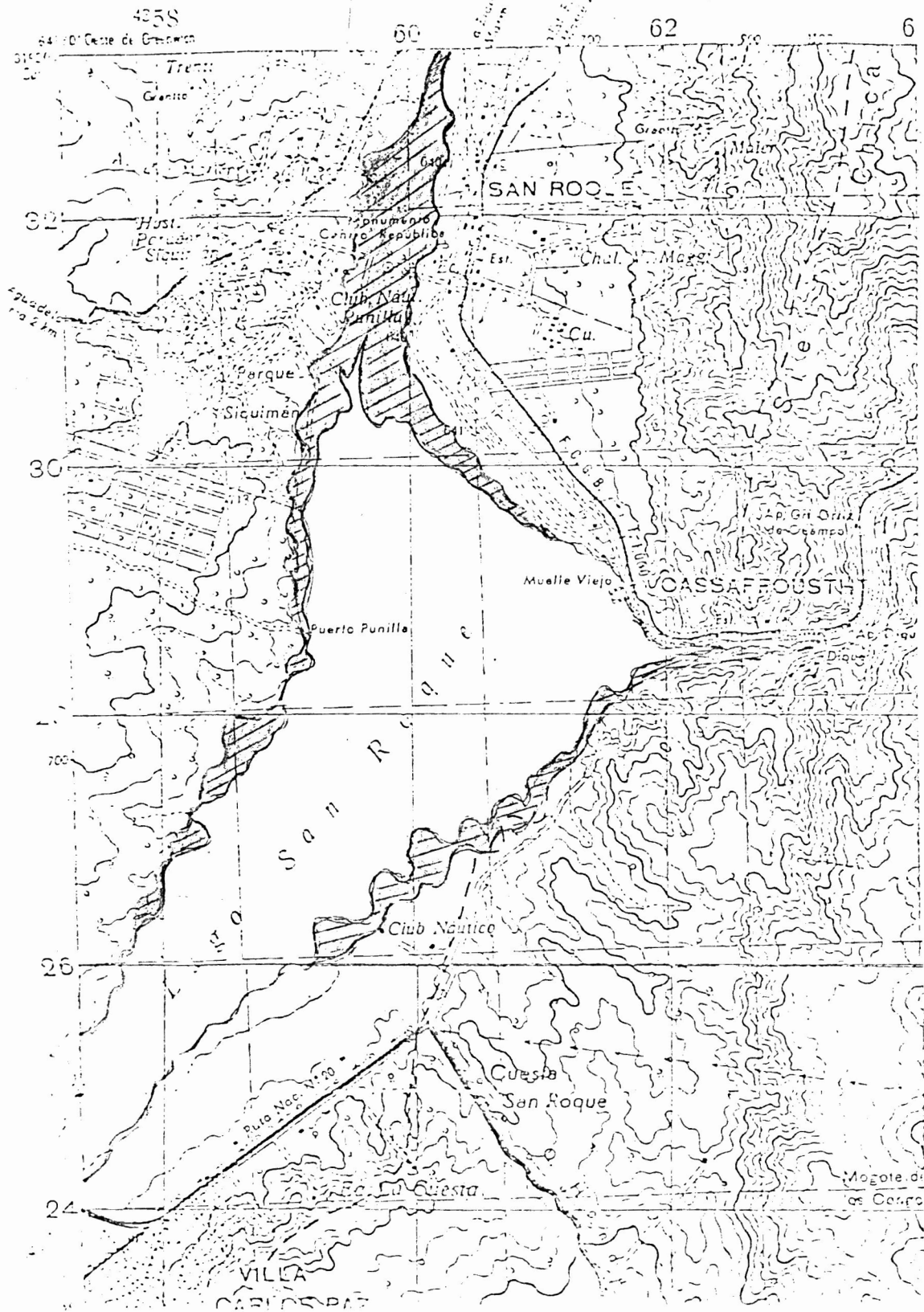


Fig. N° 8.- Lago San Roque. Diferencia imagen - carta.

8.4.- INTERPRETACION TEMATICA: FORESTACION

Aproximadamente el 50% del área modal está ocupada por vegetación boscosa.

La imagen de invierno no ofreció información suficiente para diferenciar tipos de vegetación, por lo cual se trabajó con imágenes de invierno y de verano.

Han contribuido también a mapear la vegetación boscosa factores como morfología y suelo o sustrato subyacente.

Se ha elegido un sector del bosque serrano para la interpretación digital por encontrar este tipo de cobertura más apropiada.

De acuerdo con la bibliografía consultada, el área modal pertenece a distintas provincias fitogeográficas, según la clasificación de cada autor:

Lorentz (1876) la incluye en la provincia del monte, término introducido por él mismo.

Esta idea es sostenida también por Holmbe (1898) y Hauman (1920,1931).

Según Kuhn (1930) el monte toma solamente la zona serrana del área modal y según Parodi (1945) y Morello (1958) el monte comienza al Oeste de la Provincia de Córdoba y por lo tanto no corresponde al área de estudio.

Según la clasificación de Cabrera (1951,53, 58,73) la zona está comprendida dentro del Dominio Chaqueño, provincia del Espinal.

La interpretación de la imagen ha conducido al mapeo de unidades homogéneas en las cuales se ha analizado tipo de vegetación, densidad, ubicación topográfica y grados de deterioro provocada por el hombre.

Como ya se mencionara anteriormente toda la zona ha sido modificada en mayor o menor medida por las actividades antrópicas.

F1. Se presenta en áreas de altura de las Sierras Chicas. Constituye el bosque serrano más denso, desarrollado sobre un sustrato metamórfico con escasa roca aflorante.

Está formado principalmente por especies típicas del Espinal como tala (Celtis tala), algarrobo negro (Prosopis nigra), quebracho blanco (Aspidosperma quebracho blanco), que se mezcla con el coco (Fagara coco) y molles (Schinus molle) y orco quebracho (Schinopsis haenkeana).

Con la altitud disminuye la variedad de especies y el estrato arbóreo queda formado casi exclusivamente por cocos y molles aunque se encuentra también el orco quebracho.

Por la textura y color fotográfico este bosque aparece como poco a moderadamente degradado.

El sotobosque es más rico en estratos donde la cubierta arbórea es más densa. Hay estratos herbáceos y arbustivos, piquillín (Condalia myrcophilla), espinillo (Acacia caven) poleo (Lippia turbinata).

F2. Es un bosque serrano similar al anterior pero con mayor degradación.

La reflectancia de los pixel está influida en forma parcial por la reflectancia del suelo o de la roca.

Esta clase se encuentra en las pendientes orientales de Sierra Chica y predomina en los Divisaderos de

San Miguel que por su menor altura constituyen espacios de más fácil acceso para el ganado.

F3. En las áreas de menor altitud, principalmente en los faldeos inferiores de las sierras, se presenta un bosque que puede considerarse como muy degradado. Su cobertura es discontinua y fue muy afectado por la destrucción antiópica con actividad pastoril o de extracción de leña.

Las especies arbóreas dominantes fueron reemplazadas por una sucesión secundaria con predominio de vegetación espinosa principalmente chañar (Geoffroea decorticans) acompañado por moradillos y muy esporádicamente por cocos, talas y algarrobos.

Estas unidades se encuentran en la Sierra de Malaqueño, en algunos sectores de los Divisaderos de San Miguel, en la zona del Parque Siquíman o sea en áreas muy vinculadas con la urbanización o mayor intensidad de uso del suelo.

PA. Corresponde al pastizal de altura, que se desarrolla desde los 900 m de altura hasta la divisoria de aguas.

La composición florística y estructura están asociadas con su exposición con respecto al sol, la rocosidad, la profundidad del suelo y sobre todo con el grado de explotación por parte de la población en cuanto a la intensidad de pastoreo.

Esta actividad está muy condicionada por el relieve. En las zonas difíciles para el acceso de animales los pastizales presentan muy poca degradación.

Las tonalidades más rosadas en la imagen se deben a la altura y densidad de los mismos ya sea por su propia naturaleza o por una actividad pastoril poco intensa.

Como especies predominan la stipa y la festuca.

En esta unidad las quebradas están formadas por vegetación arbórea que a veces se presenta en forma de bosquecillos con molle, orco molle, tabaquillo, etc.

P. Son pastizales incluidos dentro de la zona agropecuaria. Están asociados con factores edafológicos y geomorfológicos como en el caso de los lotes de pastura que acompañan La Cañada o con factores socioeconómicos de tenencia de la tierra como en el caso de la Guarnición Aérea.

Las áreas ocupadas actualmente por pastizal, fueron áreas de bosque o arbustal, tal como se comprueba en la carta.

Actualmente hay una importante actividad ganadera.

F/P. En algunos casos se ha fijado unidades combinadas de vegetación arborea con pastizal, donde separar cada tipo de vegetación llevaría a unidades demasiado pequeñas para los propósitos de este trabajo.

FA. Es la forestación más importante de la imagen situada al Sur de la autopista a Carlos Paz cerca de Yocsina. Es interesante destacar que esta forestación existía hace muchos años atrás ya que en la carta el área aparece como "monte artificial".

En la imagen es la única zona forestal que aparece con tonos rojos bien definidos y forma geométrica propia de áreas forestales implantadas.

Interpretación digital

Se ha seleccionado mediante la interpretación visual un sector de mayor densidad (para la obtención de firmas espectrales más ajustadas) y con distintos tipos de cobertura forestal.

Se ha utilizado el software desarrollado en el Centro de Teleobservación de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales denominado PI e implementado en la computadora VAX 11/780.

La clasificación digital dió un mayor número de clases de la vegetación natural y permitió obtener estadísticas e histogramas.

Se obtuvieron clases o cluster de acuerdo con la similitud de reflectancia de los pixel. Estas características espectrales no implican la misma especie ni el mismo complejo de bosque natural ya que las diferencias de radiación se producen no solo por el tipo de vegetación sino también por factores como pendiente, humedad del suelo, y estructura fitosociológica del bosque.

Se ha trabajado con una subimagen del TM.

Una vez seleccionada el area para el análisis, se llevó a cabo una clasificación no supervisada o clustering que ha separado 12 clases espectrales naturales.

En las zonas que presentaban una clase homogénea fueron tomados varios polígonos de los cuales se calcu

laron las estadísticas.

Los polígonos definen las firmas espectrales correspondientes a las clases establecidas, representadas numéricamente por el vector de valores medios y la matriz de covariancia.

Con los datos de los mejores polígonos se llevó a cabo una clasificación supervisada, a través del algoritmo de máxima verosimilitud, en 4 clases más una no clasificada B1 B2 B3 y B4.

El análisis de los valores medios de reflectancia muestra que las mayores variaciones se producen en el infrarrojo.

El bosque de mayor cobertura B1 presenta valores entre 82 y 88 mientras que el de menor cobertura B4 tiene entre 66 y 71.

En cambio en el visible los valores entre B1 y B4 varían entre 26 y 31 y 30 y 33 respectivamente.

Como el elemento de resolución tiene una superficie constante se puede extrapolar esta clasificación al resto del area forestal y evaluar la superficie correspondiente a cada clase mediante un conteo por computadora de los pixels asignados a cada clase.

ESTADÍSTICA DEL POLÍGONO

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	29	27	67	83

MATRIZ DE COVARIANZA

CANAL :	1	2	3	4
1	1.	0.	1.	0.
2	0.	2.	1.	1.
3	1.	1.	7.	0.
4	0.	1.	0.	11.

ESTADÍSTICA DEL POLÍGONO

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	27	24	17	87

MATRIZ DE COVARIANZA

CANAL :	1	2	3	4
1	1.	1.	-1.	0.
2	1.	2.	2.	0.
3	-1.	0.	3.	0.
4	0.	0.	0.	3.

ESTADÍSTICA DEL POLÍGONO

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	26	23	67	82

MATRIZ DE COVARIANZA

CANAL :	1	2	3	4
1	0.	0.	0.	0.
2	0.	1.	0.	0.
3	0.	0.	2.	1.
4	0.	0.	1.	4.

Tabla N° 10.-, Valores medios y matriz de covariancia de poligonos de la Clase Bl.

Fuente: eleboración propia

ESTADÍSTICA DEL POLÍGONO

VALORES MEDIOS

CASAL :	1	2	3	4
	29	27	71	60

MATRIZ DE COVARIANZA

CASAL :	1	2	3	4
1	2.	1.	1.	7.
2	1.	2.	1.	5.
3	1.	1.	6.	5.
4	0.	0.	5.	12.

ESTADÍSTICA DEL POLÍGONO

VALORES MEDIOS

CASAL :	1	2	3	4
	20	20	09	10

MATRIZ DE COVARIANZA

CASAL :	1	2	3	4
1	0.	0.	1.	0.
2	0.	2.	-1.	-1.
3	0.	-1.	0.	0.
4	0.	-1.	0.	11.

ESTADÍSTICA DEL POLÍGONO

VALORES MEDIOS

CASAL :	1	2	3	4
	20	20	09	07

MATRIZ DE COVARIANZA

CASAL :	1	2	3	4
1	1.	1.	1.	-1.
2	1.	1.	0.	-1.
3	1.	0.	7.	0.
4	-1.	-1.	0.	12.

Tabla N° 11.- Valores medios y matriz de covarianza de polígonos de la Clase B2.

Fuente: elaboración propia

ESTADISTICA DEL POLIGONO

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	29	29	60	70

MATRIZ DE COVARIANCIA

CANAL :	1	2	3	4
1	1.	0.	-1.	1.
2	0.	1.	0.	0.
3	-1.	0.	3.	0.
4	1.	0.	0.	5.

ESTADISTICA DEL POLIGONO

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	28	27	50	66

MATRIZ DE COVARIANCIA

CANAL :	1	2	3	4
1	0.	0.	1.	-1.
2	0.	1.	1.	-2.
3	1.	1.	3.	-2.
4	-1.	-2.	-2.	4.

ESTADISTICA DEL POLIGONO :

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	28	20	62	73

MATRIZ DE COVARIANCIA

CANAL :	1	2	3	4
1	1.	0.	-1.	-2.
2	0.	2.	2.	0.
3	-1.	2.	3.	1.
4	-2.	0.	1.	6.

Tabla N° 12 .- Valores medios y matriz de covariancia de poligonos de la Clase B3.

Fuente: elaboración propia

ESTADISTICA DEL POLIGONO

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	32	32	61	71

MATRIZ DE COVARIANCIA

CANAL :	1	2	3	4
1	1.	1.	1.	0.
2	1.	1.	1.	0.
3	1.	1.	13.	4.
4	0.	0.	4.	2.

ESTADISTICA DEL POLIGONO

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	30	31	59	69

MATRIZ DE COVARIANCIA

CANAL :	1	2	3	4
1	2.	2.	1.	2.
2	2.	4.	1.	3.
3	1.	1.	8.	4.
4	2.	3.	4.	10.

ESTADISTICA DEL POLIGONO :

VALORES MEDIOS

CANAL :	1	2	3	4
	33	33	60	60

MATRIZ DE COVARIANCIA

CANAL :	1	2	3	4
1	1.	1.	0.	0.
2	1.	6.	-1.	-1.
3	0.	-1.	1.	0.
4	0.	-1.	0.	1.

Tabla N° 13.- Valores medios y matriz de covariancia de poligonos de la Clase B4.

Fuente: elaboración propia

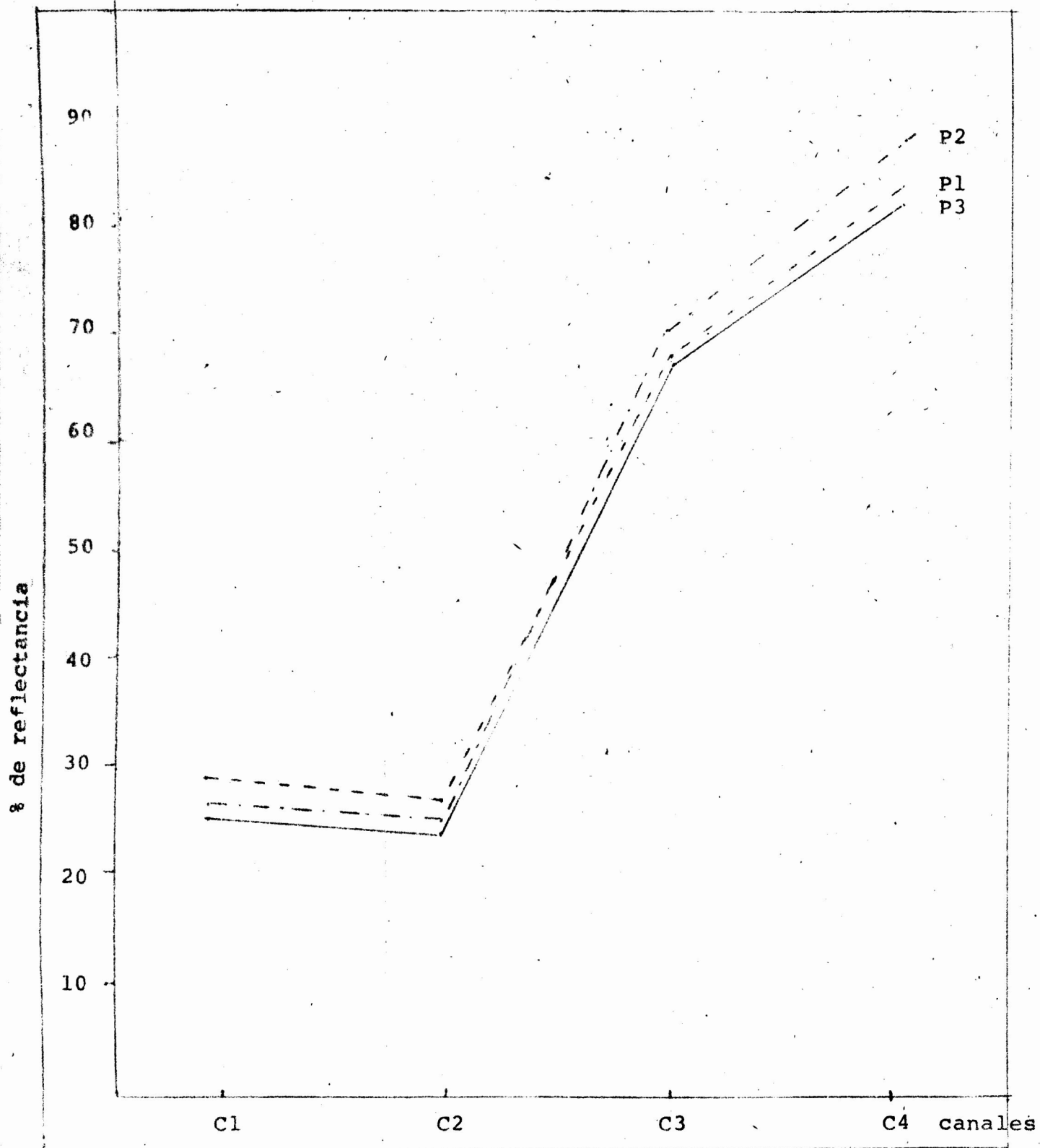


Fig. n° 9 .- Clase B1. Valores medios de los polígonos 1, 2 y 3 (P1, P2, P3) Análisis digital.

Fuente: elaboración propia.

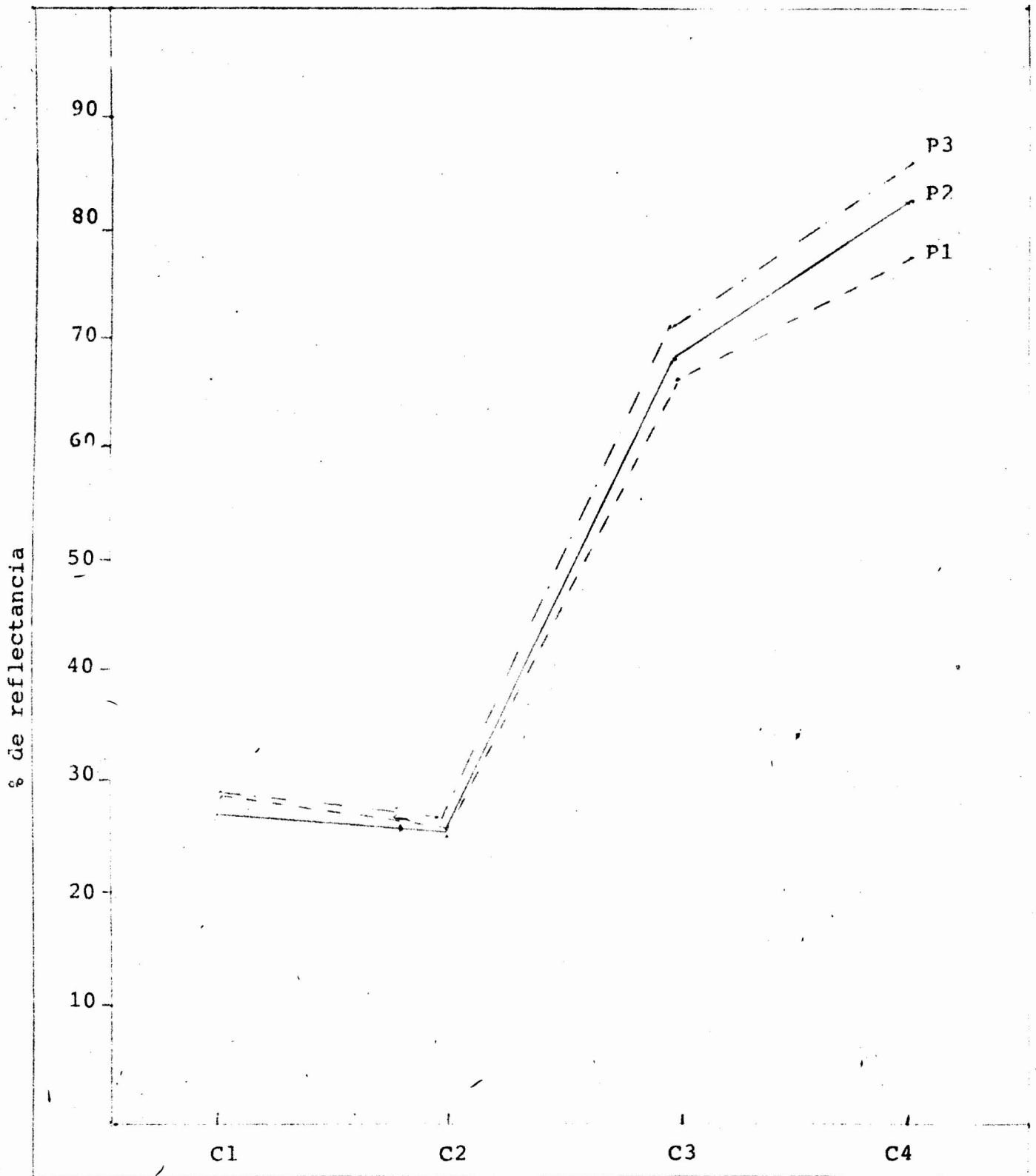


Fig. n°10 .- Clase B2. Valores medios de los polígonos 1,2 y 3 (P1, P2, P3) Análisis digital.

Fuente: elaboración propia.

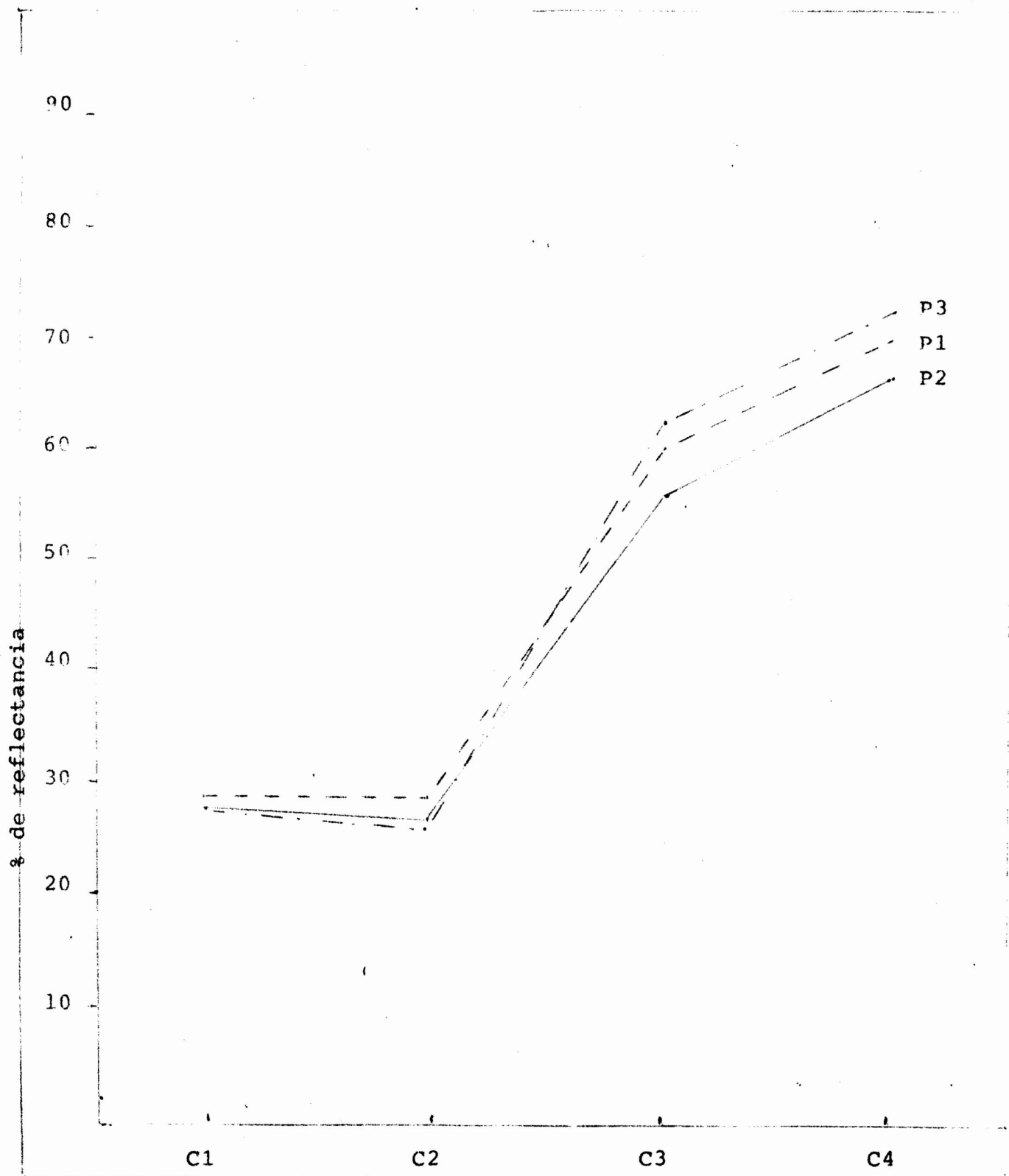


Fig. n° 11 .- Clase B3. Valores medios de los polígonos 1, 2 y 3
(P1, P2, P3) Análisis digital

Fuente: elaboracion propia.

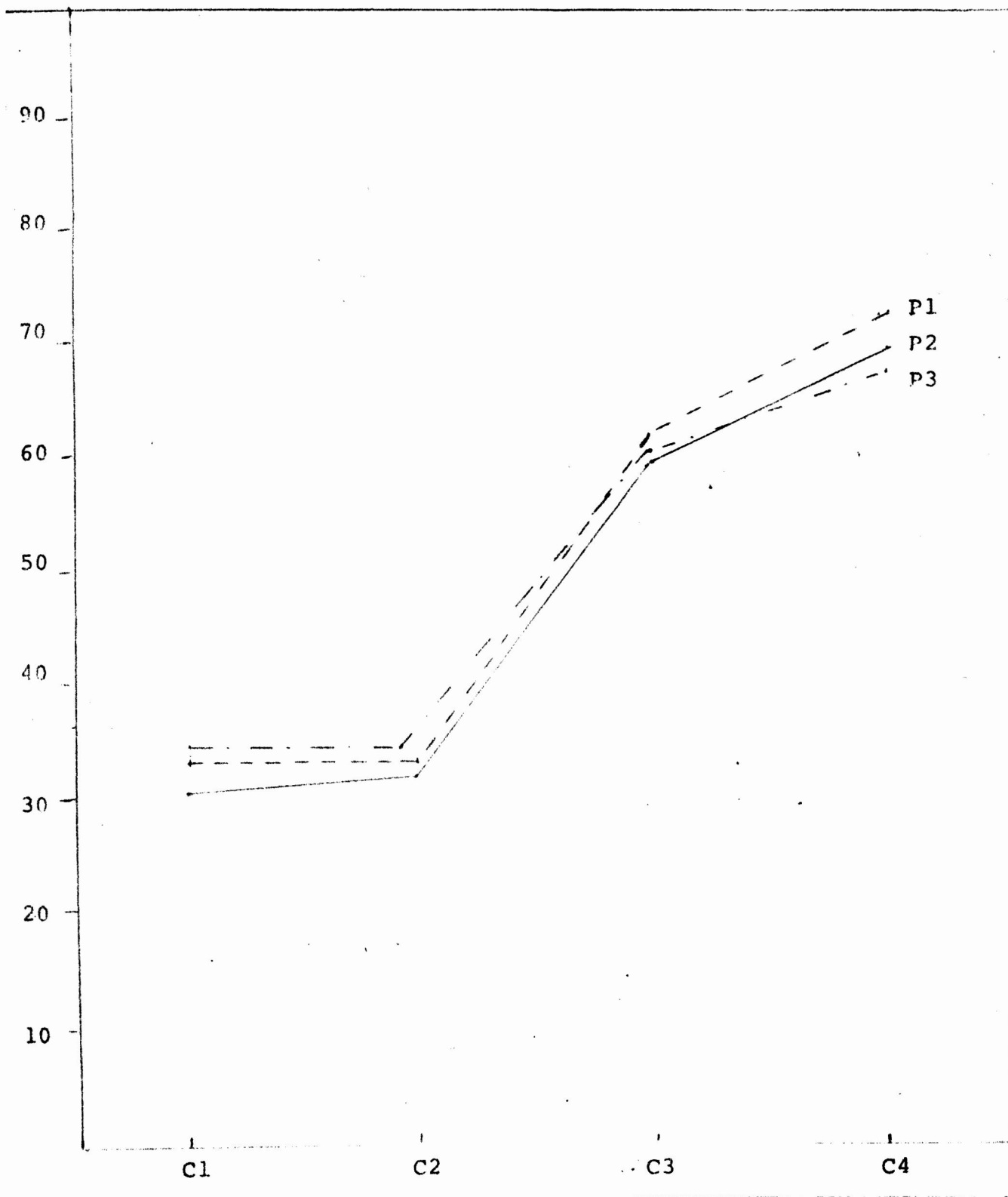


Fig. n° 12 .- Clase B4. Valores medios de los polígonos 1, 2 y 3 (P1, P2, P3) Analisis digital.

fuente: elaboracion propia.

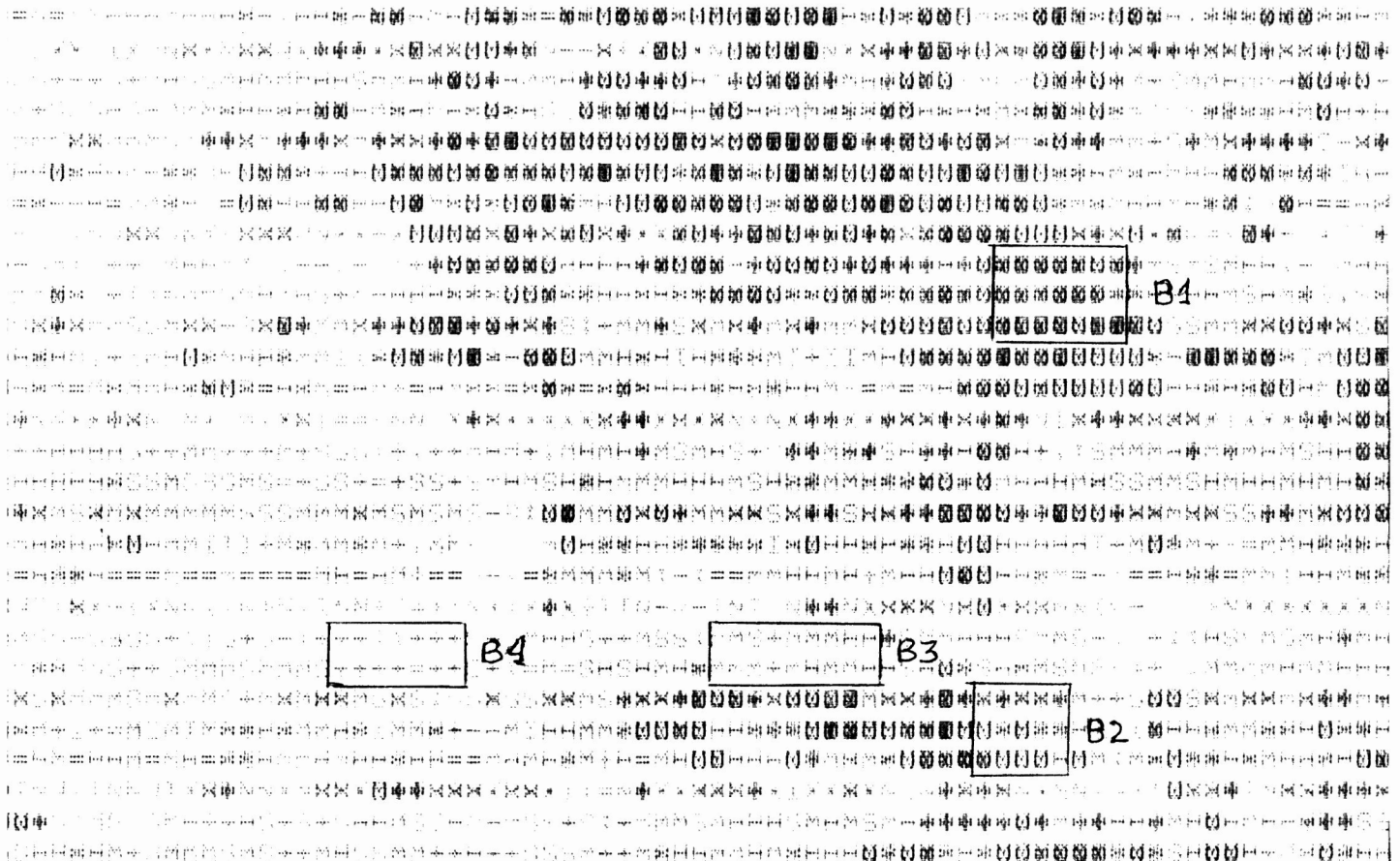


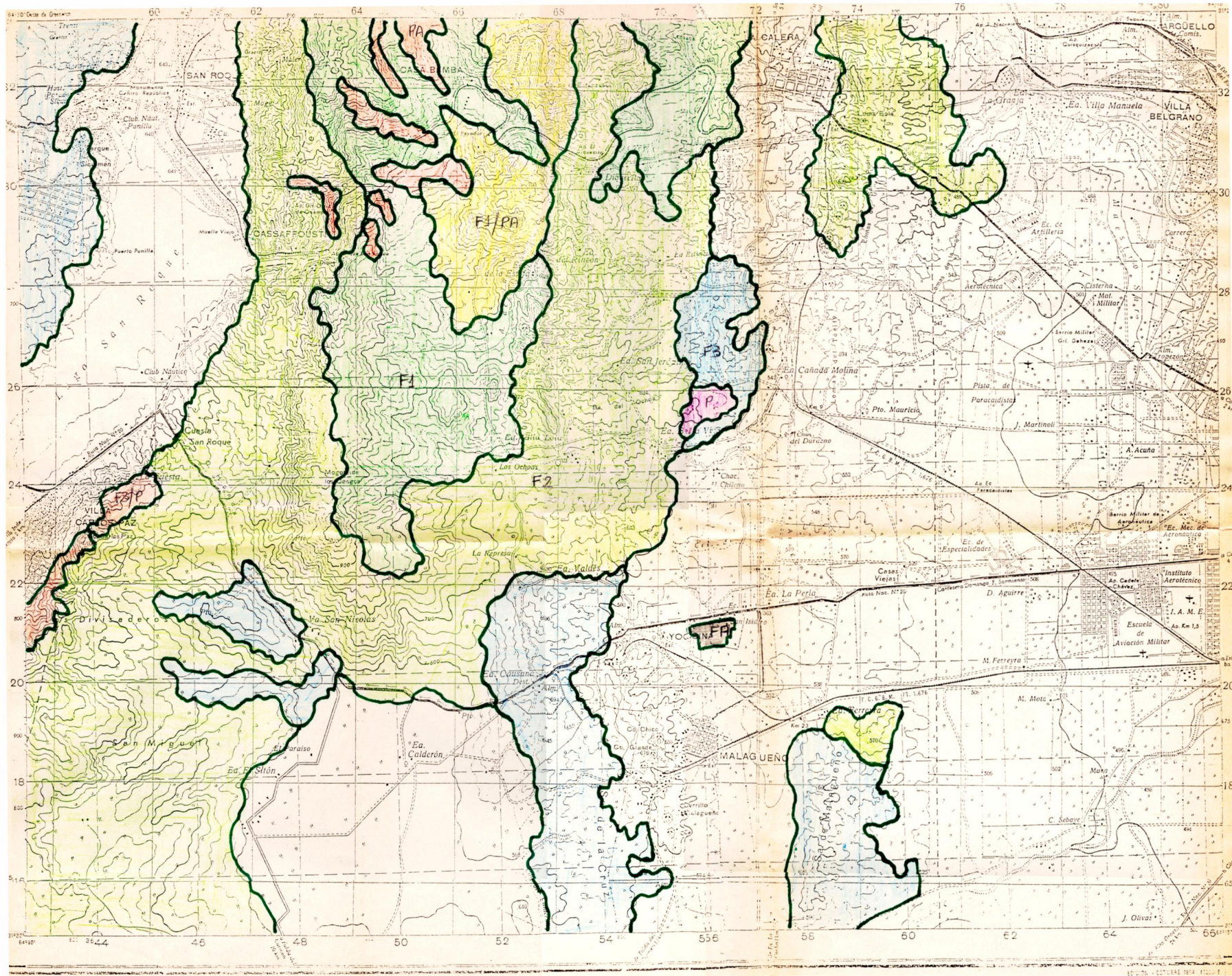
Fig. 13.- Análisis digital de un sector del bosque serrano.

Fuente: elaboración propia

Después de realizar la interpretación digital y comparándola con la interpretación visual, se concluye lo siguiente:

- la interpretación digital complementa, no reemplaza a la interpretación visual
- la resolución espectral del ojo humano es muy inferior a la de la computadora. La máquina diferencia mayor cantidad de niveles de reflectancia (256) y da mayor precisión en lo que se refiere a la cantidad de energía reflejada
- en los estudios en los cuales hay que cuantificar superficies, la computadora aventaja al intérprete en rapidez y exactitud
- como la máquina trabaja únicamente en base a los valores de reflectancia, incurre en errores de interpretación sobre elementos que tienen igual reflectancia pero distinto significado. Además no capta las relaciones entre elementos ni asocia hechos vinculados entre sí
- para llevar a cabo clasificaciones es más conveniente el uso de la computadora. Sin embargo la cantidad de clases y sus características son establecidas por el intérprete
- en fenómenos que abarcan grandes superficies, las dos interpretaciones prácticamente arrojan los mismos resultados
- a escalas chicas, cuando no se pretenden mayores detalles, como ser el análisis pixel por pixel o la cuantificación de los mismos, es más conveniente la interpretación vi-

- sual por menores costos, al no necesitar la máquina ni tener que sumar el pago de las horas de computación
- estimando costos por unidad de superficie interpretada indudablemente la interpretación digital arroja cifras más elevadas.-
 - en la interpretación digital se pueden aplicar funciones matemáticas y análisis estadístico
 - en los trabajos por computadora los pixels pueden ser analizados en forma individual, tarea imposible de realizar visualmente.
 - en la interpretación digital del sector serrano del área modal la clase visualmente interpretada como F1, fue clasificada en 4 clases (B1, B2, B3, B4)



8.5.- INTERPRETACION TEMATICA: AGRICULTURA

La interpretación del recurso agrícola ha contemplado tres aspectos:

- 1) Delimitación del área de cultivo.
- 2) Diferenciación de la actividad agrícola de la actividad ganadera.
- 3) Interpretación de los cultivos más importantes de la zona de acuerdo al análisis multitemporal y al trabajo de campo. Este último consistió en la observación directa, consultas a los productores y medición de la reflectancia de los cultivos predominantes.

Como hecho destacado la imagen muestra 2 zonas agropecuarias. La primera comprendida entre la ciudad de Córdoba y las sierras y la segunda al sur de la Autopista entre la Sierra de la Cruz y los Divisaderos de San Miguel.

La frontera agrícola está marcada por la ecuación morfología-suelo.

La primera zona mencionada se caracteriza por lotes grandes de formas irregulares dedicada principalmente a cereales y ganadería.

La segunda se diferencia de la anterior por:

- a) parcelamiento de forma más irregular.
- b) parcelamiento en lotes de menor tamaño.
- c) distinto tipo de suelo.

Hay un hecho importante que merece destacarse y es que el cinturón frutihortícola que rodea a la ciudad de Córdoba, claramente identificado en la imagen por el tamaño del parcelamiento y el color de los lotes, se extiende en dirección Norte, Este y Sudeste y no existe en el área modal que es de actividad agrícola y ganadera.

Las razones son complejas y se deben por una

parte a factores climáticos, edafológicos y topográficos y por otra parte a la ocupación (importantes sectores del área modal son de uso militar).

La actividad agrícola es básicamente cerealera.

Aunque las dimensiones de los lotes son variables se han medido sobre la imagen lotes medianos entre 70-100 ha y lotes grandes de aproximadamente 200 ha. Los lotes chicos tienen en la mayoría de los casos 25 ha.

El área cultivada se dedica principalmente a trigo, sorgo y maíz por lo cual en la imagen de invierno no encontramos parcelas de color rojo.

El trigo recién ha sido sembrado y la cosecha gruesa (maíz y sorgo) se siembra recién en noviembre-diciembre.

Consecuentemente la reflectancia de los píxel representa la reflectancia del suelo descubierto o con rastrojo.

Solamente algunos lotes presentan un color levemente rosado que indica la emergencia del trigo.

Para el caso del maíz y sorgo el suelo está arado y preparado para la siembra. Presenta distintos grados de humedad del suelo marcado por tonalidades muy oscuras casi negras.

Los únicos lotes de rojo intenso corresponden a pasturas permanentes y hortalizas.

La comparación con la imagen de verano permitió identificar el sorgo y el maíz, cuyos lotes verdosos o gris oscuro en la imagen de invierno aparecen en rojo intenso en la otra estación.

Los suelos son aptos para estos cultivos por lo tanto los rendimientos son buenos.

En cambio el trigo se cultiva con características marginales (Papadakis, 1951). En la imagen de invierno está representado en colores suavemente rosados por encontrarse en estado de emergencia, en la imagen de verano los lotes aparecen cosechados.

También se produce papa en 2 variedades:

Papà de primera con siembra en Julio-Agosto y cosecha en noviembre-diciembre y papa de segunda con siembra en enero-febrero y cosecha en mayo-junio. El rendimiento de la zona es de 9000 Kg/ha.

En el area modal no se ha detectado cultivo de maní, muy importante en la economía provincial que se cultiva al Sur de la zona de estudio.

Así mismo el area modal no es productora de cultivos industriales y no es zona de horti-fruticultura.

La comparación de las imagenes del area modal y experiencias en otras areas permitieron encontrar la siguiente relación entre el color de la imagen y el estado fenológico del cultivo.

Trigo

Plantación	verde, clemente, gris
Emergencia	rosa claro
Macollaje	rosa, rojo claro
Encañazón	rojo brillante
Espigazón	rojo oscuro
Formación de grano	rojo moteado, amarillento

Maduración	amarillo, verde grisáceo
Cosecha	amarillo, blanco, gris, verde
<u>Maíz</u>	
Plantación	verde, gris
Emergencia	rosado, rojo
Panojamiento	rojizo, castaño
Polenización	rojo
Desarrollo de semilla	castaño, marrón
Maduración lechosa	marrón
Formación de granos	marrón
Maduración	verde oscuro, marrón
Cosecha	amarillo, gris
<u>Sorgo</u>	
Plantación	verde, gris
Etapa verde-5° hoja	rosa, gris
Crecimiento completo	rojo brillante
Grano lechoso -	rojo oscuro
Madurez	marrón rojizo, marrón anaranjado
Cosecha	amarillo, gris

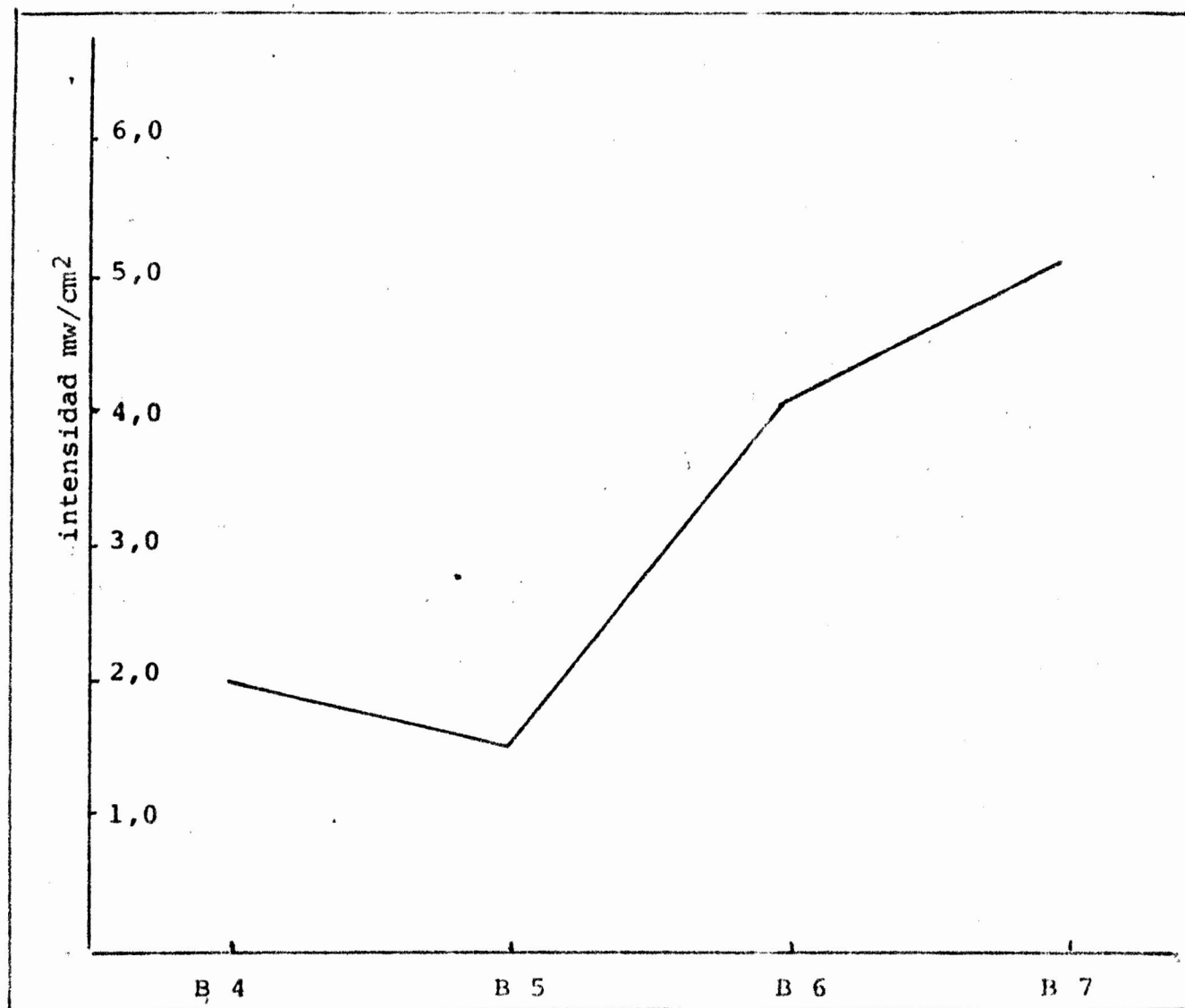


Fig. N° 15.- Mediciones de reflectancia de trigo tomadas en el terreno con Radiómetro Exotech.

Fuente: medición y elaboración propia

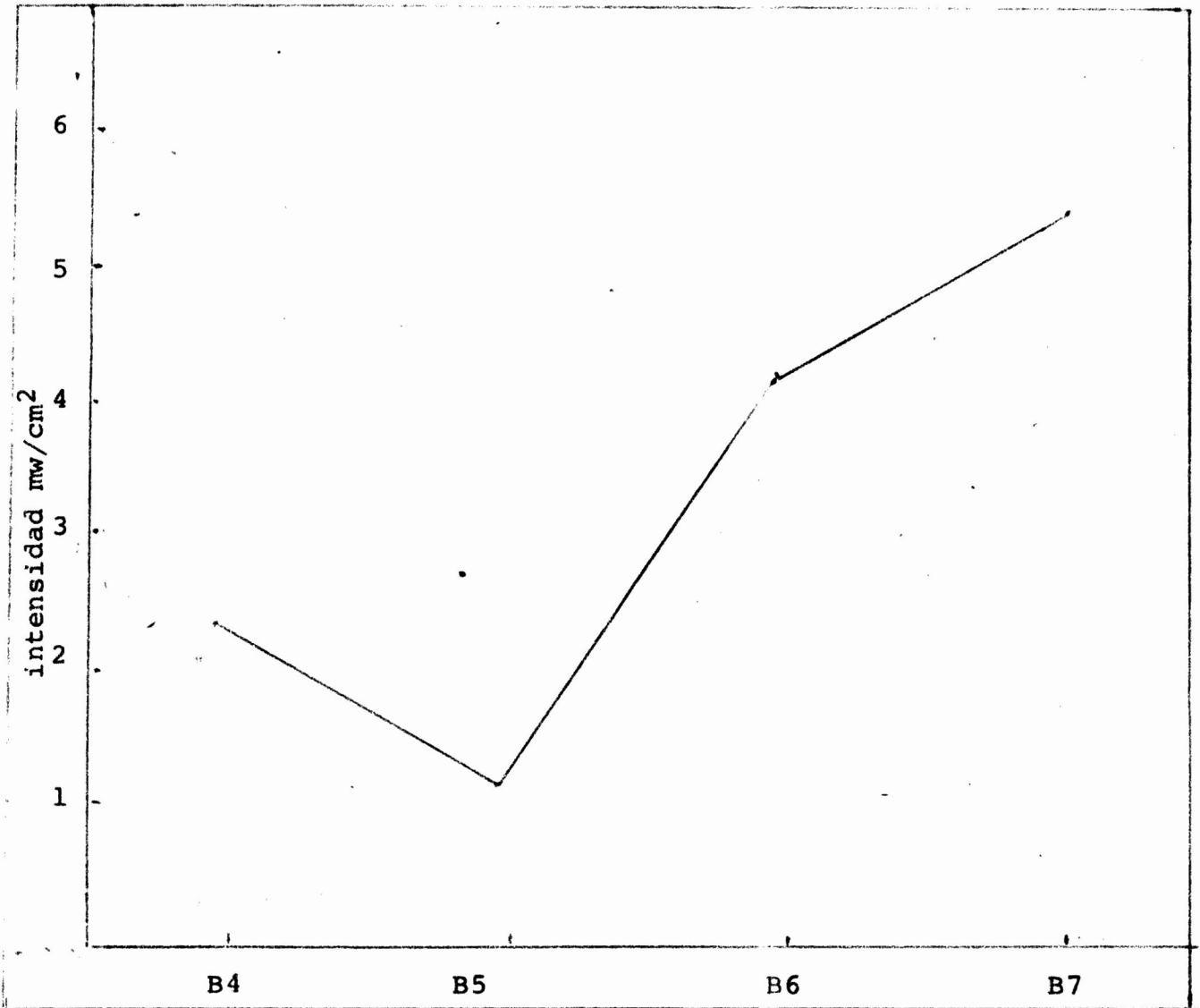
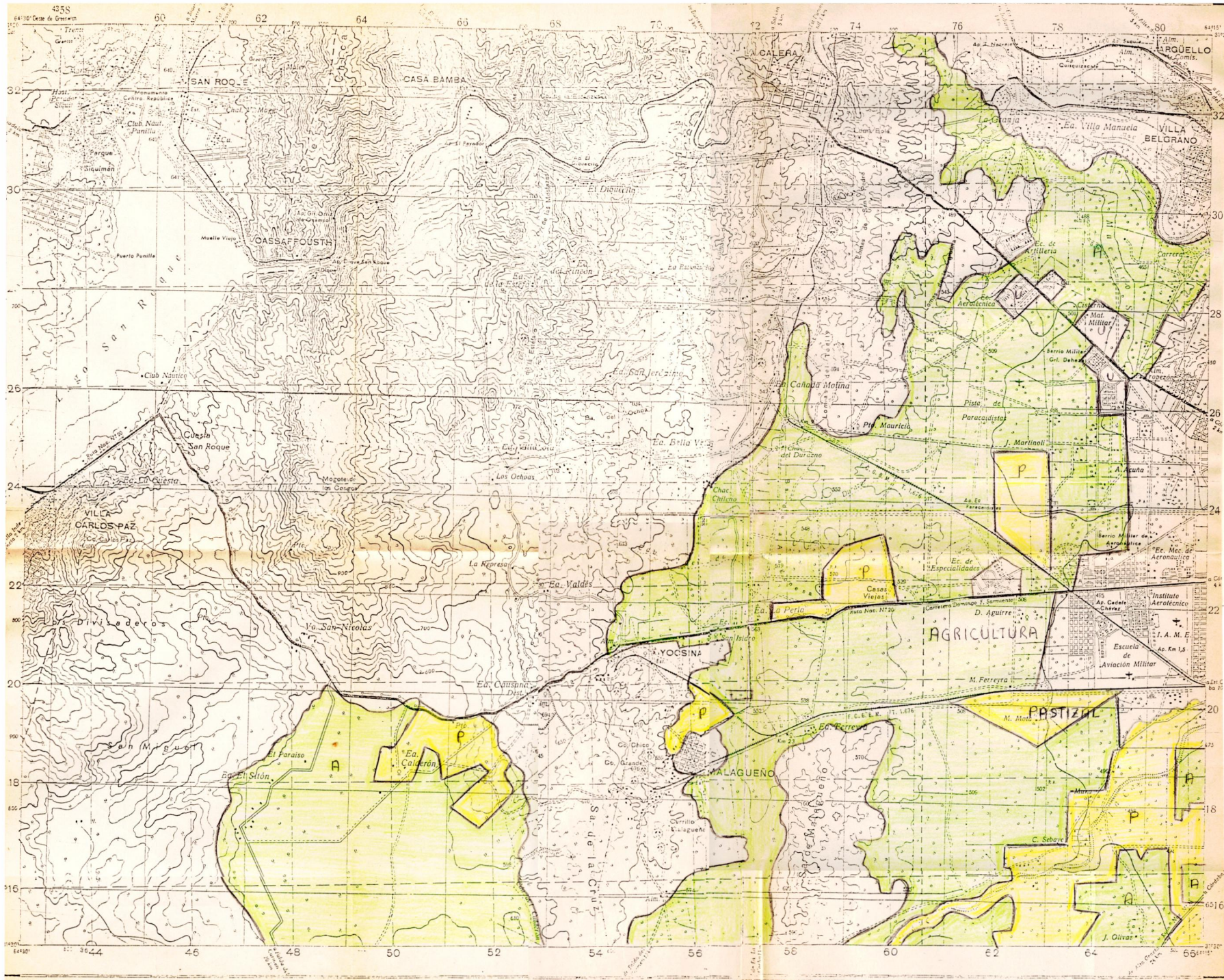


Fig. N° 16.- Mediciones de reflectancia de maíz tomadas en el terreno con Radiómetro Exotech.

Fuente: medición y elaboración propia



8.6.- INTERPRETACION DE LA ORGANIZACION DEL ESPACIO-Subsistemas funcionales

El estudio analítico de los recursos que da resultados útiles de por sí que muestran su interrelación geográfica, permite llegar fundamentadamente a determinar subsistemas funcionales.

La conjugación de sistemas físicos (morfología, clima, suelo, vegetación) con sistemas humanos (industria, turismo, factores políticos y sociales, etc.) nos llevó a definir subsistemas funcionales.

- 1) Subsistema agropecuario
con predominio agrícola
- 2) Subsistema serrano, con uso predominante de ganadería
- 3) Subsistema urbano de la ciudad de Córdoba
- 4) Subsistema urbano - La Calera, Malagueño, Yocsina
- 5) Subsistema turístico de Carlos Paz.

1) Subsistema agropecuario

La interpretación permite diferenciar 2 áreas agropecuarias con diferencias en parcelamiento, suelo y uso.

La actividad agropecuaria se desarrolla en la llanura suavemente ondulada con una leve pendiente hacia el Este.

Los suelos son muy aptos para cultivos siendo su única limitación el agua. Por esa razón, a partir de la disponibilidad de agua para riego producida por el Dique San Roque, la zona está obteniendo excelentes rendimientos.

Hay predominio de la actividad agrícola aunque se ven campos de vegetación natural dedicados a pastoreo, sobre todo asociados con áreas más bajas, como la Cañada o al pie de las sierras.

Es una zona atípica del área que rodea a Córdoba, que en el Sur, Este y Nordeste presenta el característico cinturón fruti-hortícola. En cambio en este sector la ciudad linda no con un uso de quintas o frutales sino con parcelas dedicadas a agricultura y en algunos casos a ganadería.

La actividad ganadera se realiza en la zona de varias formas:

- 1) Sobre pasturas permanentes (básicamente para para invernada)
- 2) Sobre pastos naturales en pastizal o área de desmonte (para cría)
- 3) Sobre monte en áreas aledañas a las sierras (para cría)

También se realiza pastoreo en cultivos de avena y centeno (verdeos invernales)

La actividad tambera es muy importante. Aproximadamente un 10% se destina a consumo y el resto se industrializa contándose con fábricas, instalaciones de depósito y conservación en frío.

En la zona se practica la quema, especialmente sobre rastrojos de sorgo y sobre pasto llorón, en la imagen Landsat MSS del 23/9/80 se han detectado algunas áreas quemadas en cambio es notorio la cantidad de parcelas quemadas en MSS del 23/8/81.

Las prácticas de quema, si bien facilitan la labranza y el rebrote y eliminan el renoval leñoso, disminuyen la fertilidad del suelo acelerando el escurrimiento y la erosión. En algunos lotes se han detectado un desigual crecimiento del cultivo y signos de erosión.

No se ha detectado incendios forestales en ninguna de las imágenes interpretadas.

Toda la zona se vé favorecida por el riego que, por la red de canales y acequias, modificó las limitaciones climáticas de la región convirtiéndola a los alrededores de la ciudad de Córdoba en una típica zona de regadío.

En la imagen se ha mapeado el canal maestro que baja desde Dumesnil (localidad fuera del área modal) en dirección Sur-Sudeste hasta la Escuela de Aeronáutica.

2) Subsistema serrano

Toda la zona serrana de Ustisoles no es apta para la actividad agropecuaria y por lo tanto su aprovechamiento

amiento principal consiste en la cría de ganado menor y extracción de leña.

La zona es de gran importancia areal. Abarca aproximadamente el 50% de la zona de estudio.

Es el subsistema que presenta el menor grado de artificialización del medio.

El ganado predominante es el caprino.

Se observan signos de erosión antrópica especialmente en las laderas orientales.

3) Subsistema urbano de la ciudad de Córdoba.

Esta ciudad, propuesta varias veces como capital de la Nación, ha crecido en forma considerable en los últimos 40 años. De 380.000 habitantes en 1947 pasó a 700.000 en 1970 y a 1.000.000 en 1980.

El proceso de industrialización, el éxodo rural y las ventajas de la infraestructura urbana han sido algunos de los factores que influyeron sobre su expansión.

La actividad industrial está orientada principalmente a las industrias alimenticias, textil, automotriz y química.

El proceso se inició en los talleres de aeronáutica militar y se amplió después de 1950 con la instalación de grandes plantas de origen estadounidense y europeo, destinada a la fabricación de automóviles, tractores, equipos ferroviarios, etc.

El área modal toma el sector occidental de la ciudad distinguiéndose diferentes tipos de urbanización, densidad edilicia, amanzanamiento y porcentajes de edificación versus vegetación.

De acuerdo al análisis de estos factores se han separado distintas unidades:

U1- amanzanamiento urbano sin vegetación y con elevada densidad edilicia.

U2- Areas urbanas con características especiales destinadas a usos militares.

U3- Areas urbanas con gran porcentaje de vegetación correspondiente a parques, jardines o quintas.

U4- Parcelamiento urbano no edificado.

U5- Viviendas aisladas, cascos de estancias, apeaderos, etc.

4) Areas urbanas de La Calera, Malaqueño y Yocsina - explotación minera

La actividad primordial de estos centros urbanos es la minería asociada con la fabricación de cal y cemento. Las plantas de trituración y molienda ocupan una importante cantidad de mano de obra, aunque la población desarrolla también otro tipo de actividades.

Por su cercanía con la ciudad de Córdoba, con excelentes vías de acceso, los productos tienen una rápida comercialización.

Malaqueño se presenta como una mancha celeste en la cual pueden identificarse 2 sectores. Al Este el amanzanamiento no tiene vegetación y la edificación es la componente fundamental en la reflectancia de las manzanas, al Oeste se observa vegetación en el centro de las mismas.

Para Malaqueño se ha calculado sobre la imagen 70 manzanas. En la carta del IGM figuran solamente 30.

Según el censo de 1980 tiene 5069 habitantes.

La Calera

En esta localidad se ha comprobado el mayor crecimiento con respecto a lo que figura en las cartas. En éstas últimas figuran 25 manzanas y en la imagen se ha calculado 10 veces más o sea 250 manzanas, habiendo una gran urbanización al Sur del núcleo inicial.

Según el censo de 1980 tiene 9189 habitantes.

Yocsina

La población de Yocsina asciende a 1.300 habitantes según el Censo de 1980.

La planta urbana no presenta límites muy nítidos, y se entremezcla con vegetación. A 2 Km. al Este el rectángulo de alta reflectancia corresponde al cementerio.

Es destacable la explotación de calizas, calcáreas y mármoles por su gravitación en la economía minera e industrial de la provincia.

La alta reflectancia de las áreas de explotación asociada a infraestructura permite su fácil identificación en todas las imágenes, aún en las de baja resolución.

5) Subsistema turístico de Carlos Paz

En los últimos 40 años el turismo cordobés ha sufrido un incremento muy importante debido a la atracción de las Sierras como turismo, la climoterapia y la buena infraestructura hotelera y de comunicaciones.

El valle de Punilla y Carlos Paz son centros tradicionales que atraen numerosos contingentes de turistas.

Esta actividad ha hecho crecer la industria y el comercio y ha ampliado los servicios hospitalarios, eléctricos, telefónicos, etc.

En la imagen se observa la amplia zona urbanizada en la cual se pueden hacer diferenciaciones por el tipo de amanzamiento, cantidad de vegetación y porcentaje de superficies edificadas.

La red de caminos es muy densa y la urbanización se extiende a lo largo del lago y el valle de Punilla y el de Reartes (este último fuera de la imagen).

Se observan manchones de vegetación implantada herbácea y arbórea en toda la unidad.

Vías de circulación

No pueden dejar de mencionarse las vías de circulación presentes en todos los núcleos interpretados.

Tanto las rutas como el ferrocarril actúan sobre el desenvolvimiento económico de los subsistemas, impulsando el desarrollo de las actividades de la población y facilitando la comercialización de los productos.

La ciudad de Córdoba cumple el papel de organizador del espacio y punto central para marcar la disposición radial de la red vial y ferroviaria.

Debido a la resolución de 10 metros de imagen y la escala, se identifican tanto las rutas pavimentadas como los caminos consolidados y hasta los caminos de tierra y algunos senderos o huellas.

El rasgo más destacable es la autopista que une la ciudad de Córdoba con Carlos Paz. (Ruta Nac. N° 38)

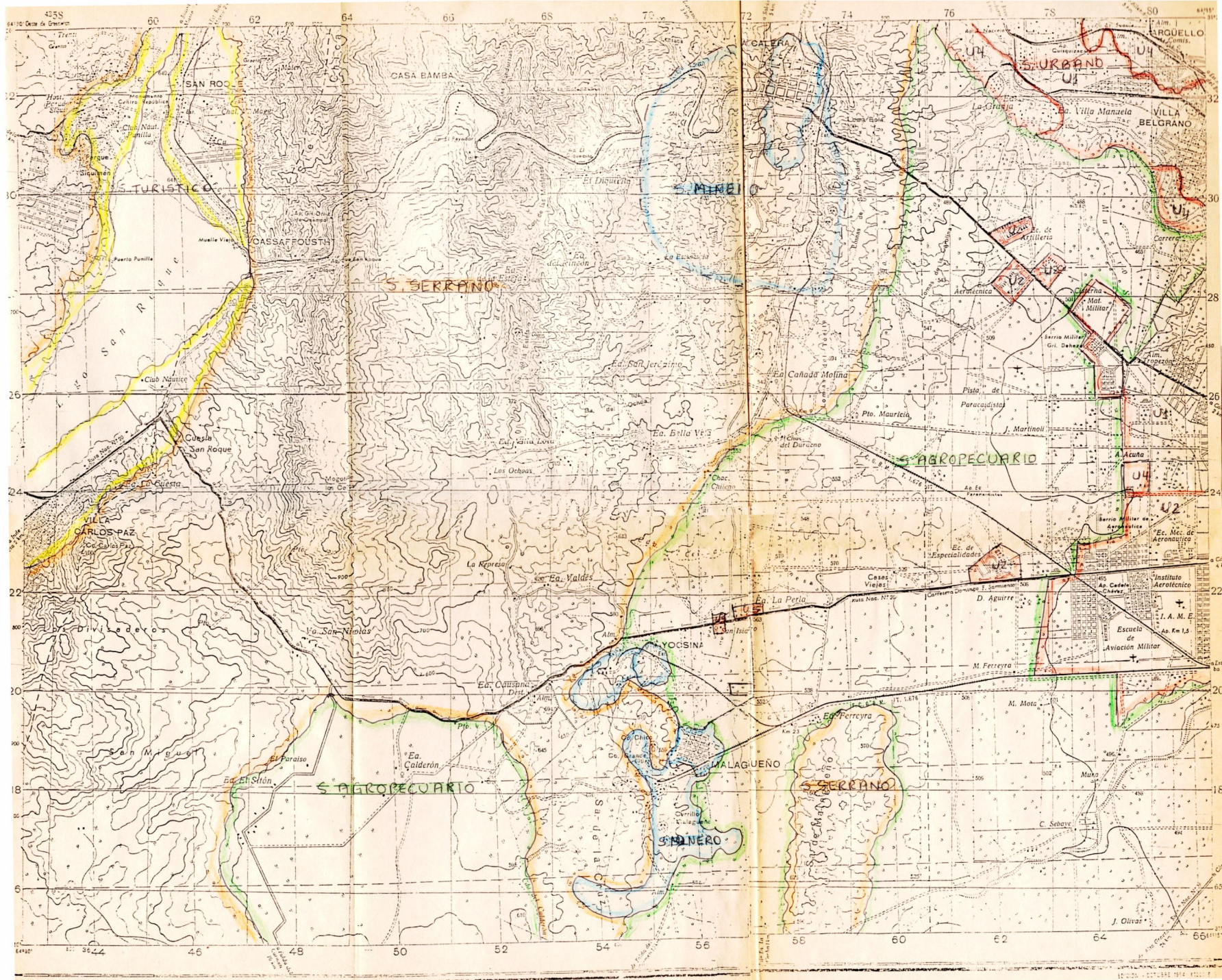
Como es usual en la interpretación de imágenes, las rutas son más visibles en áreas llanas que en montaña. Esto se comprueba con la ruta que va de Córdoba al Dique pasando por La Calera. El tramo de Córdoba a La Calera es perfectamente nítido, el tramo entre La Calera y el Dique, que sigue el curso del río Primero, es perceptible solo en algunos puntos y se deduce más que nada por algunos caseríos y el cambio en la vegetación.

La ruta N° 38 desde el Dique hacia el Norte sigue por un área llana al borde del lago por lo cual resulta perfectamente, lo mismo que las rutas pavimentadas de Malaqueño y la que une la Autopista con Alta Gracia.

En cuanto a los caminos consolidados han sido identificados el que va en dirección Norte Sur de La Calera a la autopista y otros que van a la Ochava y a Malaqueño.

Los caminos de tierra que van a los cascos de estancias y los que atraviesan la zona de cultivo aparecen generalmente más claros que el suelo.

En lo que respecta al ferrocarril resultó muy difícil identificar las líneas férreas. En zona llana es visible el ferrocarril que va de Córdoba a Malaqueño (FOGBM) y el que va de Córdoba a La Calera, en cambio el tramo de La Calera al Dique no se puede identificar.



- La interpretación temática llevó a definir subsistemas funcionales.
- El trabajo de campo ha corregido, en unos casos, y completado, en otros, la interpretación de gabinete.
- La interpretación digital realizada sobre el recurso forestal, elegido como ejemplo de análisis automático, ha permitido una mayor separación de clases.
- Las mediciones radiométricas tomadas en el terreno han sido utilizadas en la elaboración de firmas espectrales locales para mejorar la precisión de la interpretación.
- Esta metodología de análisis temático puede alimentar un Sistema de Información Geográfica, además de lograr de por sí, una síntesis sobre un área modal.

10..BIBLIOGRAFIA

- ADRIEN, P., 1983, III Reunión Plenaria SELPER, Universidad de Chila, Santiago, Chile
- ALDRICH, R. C. 1968, Remote sensing and the forest survey. 5° Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor Michigan, pp. 357-372
- ALEXANDER, R.H. et al., 1976, Applications of Skylab data to land use and climatological analysis, U.S. Geological Survey Final Report
- ALLEN, C.R. et al., 1972, Displacements on the Imperial and San Andreas faoultts. U.S. Geological Survey Professional Paper 787. pp. 87-104
- ALLEN, C.R., 1975, Geological criteria for evaluating seismicity Geological Society American Bulletin, Vol 86, pp 1041-1057
- ANDERSON, D.G., 1979, Roles of satellites in hydrology. Proceedings of the 5°Annual W. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing, Sioux Falls, South Dakota
- ANDERSON, J.R. et al., 1976, A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964, Washington, D.C. p. 28
- ANUTA, P.E., 1977, Computer assisted analysis techniques for remote sensing data interpretation. Geophysics, Vol 42, n°3
- BARKER, J.L., 1985, Landsat 4 science characterization. Early Results Symposium, Vol III, NASA Conference Publication 2355 Greenbelt, Maryland
- BARZEGAR, F., 1979, Rock type discrimination using enhanced Landsat imagery. Photogrammetric Engineering and Remote

Sensing n°45

- BROWN, R. et al., 1982, NOAA AVHRR crop condition monitoring. Canada Journal of Remote Sensing, Vol 8, n°2, pp.107-117
- BROWN, R. et al., 1985, Renewable land of resource applications of Radarsat imagery. Radarsat Project, CCRS, Ottawa
- BRYANT, N.L. y Zobrist, A.L., 1977, An image based information system. Proceedings of the Advanced Study Symposium on Topological Data Structures for Geographic Information Systems, Harvard Univ., Cambridge, Ma.
- CABRERA, A.L., 1976, Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Acme, Buenos Aires, 2ª edición, Tomo 2, p.85
- CAMPANA, J. et al., 1982, Metodología para la evaluación forestal por procesamiento digital de información Landsat. Consejo Federal de Inversiones - Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Buenos Aires, p. 86
- CICONE, R.C. y Mezles, M.D., 1984, Comparison of Landsat MSS, Nimbus CZCS and NOAA AVHRR features for land use analysis. Remote Sensing of Environment, n°14
- CNES, 1986, SPOT Sistema de teledetección por satélite. CNES, Toulouse
- COLWELL, J.E., 1979, Possible future directions in crop yield forecasting. Proceedings of the 13ª International Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan

Vol III

- COLWELL J.E. y Hicks, D.R., 1983, NOAA satellite data: a useful tool for macro inventory. Environmental Research Institute of Michigan
- COLWELL, R.N., 1971, Applications of remote sensing in agriculture and forestry. Proceedings of International Workshop on earth resources survey system. NASA, pp. 67-90
- CORBELL, K.R., 1980, Analysis of surface moisture variations within large field sites. NASA Tech. Memo 80264
- CHARLAMUDI, D., Schubert, J. y Mach, A., 1980, Mapping growing conditions of crops from Landsat. Symposium West Lafayette, Indiana.
- DAVIS, S. y De Wiest, R., 1976, Hydrogeology. John Wiley and Sons, New York
- DEUTSCH, M. et al., 1979, Flood applications of satellite imagery. Proceedings of the 5^o Annual W. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing, Sioux Falls, South Dakota, pp.292-302
- DUNTLEY, S.Q., 1972, Detection of ocean chlorophy from earth orbits. 4^o Annual Earth Resources Programm Review, Vol 4, Section 102, New York
- ESTES, J.E. y Senger, L.W., 1974, Remote Sensing techniques for environmental analysis. Hamilton Publishing Company, Santa Barbara, California
- FAO, 1981, La agricultura hacia el año 2000: Problemas y opciones de América Latina. FAO, Roma
- FERNANDEZ, S. y Campi, M., 1982, El sistema de procesamiento de

- imágenes de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (Sistema PI) , Centro de Teleobservación, CNIE, Bs.As.
- FRASER. R. S., 1975, Interaction mechanism within the atmosphere. Manual of Remote Sensing, American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, Cap. 5, pp. 181-233
- GONZALEZ BONORINO, C. 1950, Descripción geológica de la Hoja 12D (Capillitas) y 13D (Andalgalá), Provincia de Catamarca, D.N.G.M.
- GRAY, T. y McCrary, D.G., 1981, Characteristics of TIROS, GOES, DSMP and Landsat systems. Agristars EW-N1_04075, JSC 17131, Houston
- GRAY, T. y McCrary, D.G., 1981 The environmental vegetation index: a tool potentiallity useful for arid land management. Agristars EW-N1-04076, Houston
- GREGORY, A.F. y Moore, H.D., 1986, Thematic mapping from Landsat and collateral data: a review of one company's experience and a forecast of future potential. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 12, n°1
- HEILMAN, L. y Moore, D.G., 1979, Soil moisture applications of the HCMM. Proceedings of the 5°Annual W. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing, Sioux Falls, South Dakota,, pp. 371-377
- HOFFER, R.M. y Bauer, M.E., 1983, Spectral interrelationships between vegetation and the soil background. Purdue University, West Lafayette, Indiana
- HUTTON, C. y Brown, R., 1986, Comparison of space and airborne L-HH radar imagery in an agricultural environment. Procee-

- dings of the 10^o Canadian Symposium on Remote Sensing, Edmonton, Alberta, 11. 171-182
- INTA, 1974, Carta de Suelos de la República Argentina, Buenos Aires
- JANZA, F.J., 1975, Interaction mechanisms. Manual of Remote Sensing, American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, Cap. 4, pp. 75-179
- KEMMER, A.J., 1978, Marine applications of the Nimbus Coastal Zone Color Scanner. Proceedings of the 12^o International Symposium on Remote Sensing of Environment, pp. 621-637
- KLEMAS, V. y Bartlett, D., 1980, Remote Sensing of coastal environment and resources. Proceedings of 14^o International Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan, pp.543-562
- KRASNOZHOV, G. y Sololov, Y., 1985, Study of Volga river delta using space image data. Sov. J. Remote Sensing, Academic Publishers, United Kingdom, Vol. 4, pp.394-401
- LILLESAND, T.M. y Kiefer, R.W., 1979, Remote sensing and image interpretation. John Wiley and Sons, New York, 612 p.
- LINTZ, J. y Simonett, D.S., 1976, Remote sensing of environment Addison Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.
- LYON, R. y Patterson, J., 1970, Infrared spectral signatures - a field geological tool. 4^o International Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan
- MACPHAIL, D.D. y Campbell, L.F. 1970, The Paso study area. East Tennessee State University, Commission on Geographic Applications on remote sensing.

- MARLENKO, N., 1979, Study of the Argentine Pampa's lowland by means of interpretation of Landsat satellite information. Proceedings of the 13^o International Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan, Vol. III, pp.1455-146
- MARLENKO, N., Piatti, L. y Redondo, F., 1983, Problemas de drenaje e inundaciones en los Bajos Submeridionales Santafecinos. UNESCO, Hidrología de las grandes llanuras, Vol II, pp. 611-640
- MERCHANT, J., 1981 Employing geographic reasoning in landscape mapping. University of Kansas, Space Technology Center
- METZLER, M.D., Malila, W.A., 1985, Characterization and comparison of Landsat 4 and Landsat 5 Thematic Mapper data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol 51
- MOORE, G.K. et al., 1968, Radar scatterometer data analysis techniques. Proceedings of the 5^o International Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan, pp. 765-777
- MOORE, G.K., 1979, An introduction to satellite hydrology. Proceedings of the 5^o Annual W. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing, Sioux Falls, South Dakota
- MYERS, V.I. et al., 1975, Crops and soils. Manual of Remote Sensing, American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, Cap. 22, pp. 1715-1813
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE, National research council, 1967, Spacecraft in geographic research, Washington, D.C.
- NELSON, M.L., 1979, The GOES data collection system. Proceedings of the 5^o Annual W. Pecora Memorial Symposium on Remote Sensing, Sioux Falls, South Dakota, pp. 45-48

- PALA, S., 1981, Radar sensing: promising new tool for exploration. *The Northern Miner*, Vol. 67, n°6, Toronto
- PERALTA, E., 1980, Informe geológico minero de Cerro Atajo, Provincia de Catamarca. Publicación interna de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, Buenos Aires, p. 38
- PRATT, W.K., 1978, *Digital image processing*. John Wiley and Sons, New York, 750 p.
- PREGO, A., 1977, Agricultura de secano para la República Argentina y el Mundo. Conferencia Internacional de las Naciones Unidas sobre el Agua, 14-25 de marzo de 1977, Mar del Plata
- QUARMBY, N. y Townsend, J., 1986, Preliminary analysis of SPOT HVR multispectral products of an arid environment. *Int. Remote Sensing*, Vol. 7, n°12, pp. 1869-1877
- QUATTROCHI, D.A. et al., 1982, An initial analysis of Landsat 4 Thematic Mapper data for the classification of agricultural forested wetland and urban land covers. NASA, National Space Technology Laboratories, Mississippi, Report n°215
- ROWAN, L. et al., 1976, Discrimination of rock types and detection of hydrothermally altered areas by the use of computer-enhanced ERTS images. USGS Professional Paper n°883
- RYERSON, R. y Gierman, D., 1975, A remote sensing compatible land use activity classification. Technical Note 75-1, Canada Centre for Remote Sensing, Ottawa
- SABINS, F., 1978, *Remote sensing, principles and interpretation*. Freeman and Co. San Francisco, p. 426
- SAYN-WITTEGENSTEIN, L. et al., 1978, Identification of tropical

- trees with remote sensing. Canadian Forest Service, Information Report FMR-X-11, p. 33
- SCHMOLL, H.R., Krushensky, D.R. y Dobrovolny, E. 1975, Geologic consideration for redevelopment planning of Managua. U.S. Geological Survey Professional Paper N°914
- SCHMUGGE, R.J., 1979, Remote sensing of soil moisture. Journal of App. Meteorology, n°17
- SCHNEIDER, S. 1980, Interpretation of satellite imagery for determination of land use data. International Journal of Remote Sensing, vol. 1, n°1.
- SHIMODA, H. Furcue, K. Hosomura, T. y Sakata, T., 1986, Global vegetation monitoring using NOAA GAC data. Proceedings of the 7° International Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environment Management. Balkema E. Enschede, Vol 1, pp. 505-508
- SIEGRIST, A.W., 1980 Optimum spectral bands for rock discrimination. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 46, n°9
- SWAIN, P.H. y Davis, S.M., 1978, Remote sensing - The quantitative approach, McGraw Hill, New York
- SWAIN, P.H., 1972, Pattern recognition: a basis for remote sensing data analysis. Lars Inform Note 111572, Purdue University West Lafayette,, Indiana, p. 40
- TARANIK, J. y Trautwein, C., 1977, Integration of geological remote sensing techniques in subsurface analysis. Subsurface Geology, Colorado School of Mines, Golden, Colorado pp.767-787
- TARANIK, J., 1978, Principles of computer processing of Landsat

- data for geologic applications. Geological Survey, Open File report 78-117, Sioux Falls, South Dakota
- THOMSON, K. y Anern, R., 1980, Spectral measurements of rangeland Proceedings of the 6° Canadian Symposium on Remote Sensing Halifax, N.S. pp. 377-386
- THORLEY, G.S. et al., 1975, Forest lands: Inventory and adssessment. Manual of Remote Sensing, American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, Cap. 17, pp. 1353-1426
- TUCKER, C. et al., 1984, Monitoring vegetation in the Nile delta with NOAA-6 and NOAA-7 imagery. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol 50 n° 1
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, 1979, Landsat data users handbook, Arlington, Virginia
- WARD, P.L. y Eaton, J.P., 1976, New method for monitoring global volcanic activity. U.S. Geological paper 929, pp. 106-108
- WELCH, R., 1974, Skylab-2 photo evaluation. Photogrammetric Engineering and remote sensing, vol 40, pp. 1221-1224
- WELCH, R., 1985, Cartographic potential of SPOT image data. Photogrammetric Engineering Vol 51 n° 8, pp. 1085-1091
- WILLIAMS, D.L., 1977, Ecosystems mapping by interpretation of lands capes from satellites imagery. Ph. D. Dissertation, Dept. of Geography, University of Kansas
- YATES, H, Tarpley, J., Schneider, S., McGinnins, D. y Scofield, R., 1984, The role of meteorological satellites in agricultural remotes sensing. Remote sensing of the Environment, n° 14

- CAPITANELLI, R, 1979. Climatología. En Geografía Física de la Provincia de Córdoba. Ediciones Boldt. Buenos Aires.
- CENSO de Población 1980
- DAUS, F, 1959. Fisionomía Regional de la República Argentina Ed. Nova. Buenos Aires.
- GARRIDO Rojas y Sepúlveda Bidegain N, 1976. Consideraciones sobre Agroindustria. Agroindustria y Desarrollo. Tomo I. Universidad de Chile, Santiago. Chile.
- GOBIERNO de la Provincia de Córdoba Subsecretaría de Minería 1985. La actividad minera en la Provincia de Córdoba durante 40 años (1945-1984)
- KUHN, F, 1930. Geografía de la Argentina. Ed. Labor. Barcelona.
- LUTI, E. M.A. Beltrán de Soles, F.M. Galera, M. Ferreira, M. Berzal, M. Herrera, Y.C. Barrera, 1979. Vegetación en Geografía Física de la Provincia de Córdoba. Ed. Boldt. Buenos Aires.
- MORELLO, J. 1958. La Provincia Fitogeográfica del Monte. Universidad Nacional de Tucumán
- MORELLO, J, 1963. Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco. Argentina INTA.
- PAPADAKIS, Y, 1956. Informe ecológico sobre la Provincia de Córdoba. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación. Buenos Aires.
- PARODI, F, 1945. Las regiones fitogeográficas Argentinas y sus relaciones con la industria forestal.
- TERZAGA, A, 1963. Geografía de Córdoba. Editorial Assandri Córdoba.
- ZAMORA, Ely B. Yarsun, 1985. Mapa de erosión de la Provincia de Córdoba. Convenio INTA/MAG.

A N E X O

1.- Satélites de recursos naturales (más recientes y menos
conocidos)

Soyuz

MOS 1

IRS 1

2.- Futuros satélites de recursos naturales

ERS 1 (Japón)

ERS 1 (ESA)

Radarsat (Canadá)

3.- Satélites ambientales

GOES

Meteosat

TIROS

Nimbus

- SATELITES DE RECURSOS NATURALES

- SOYUZ (Unión Soviética)

Las cámaras fotográficas instaladas en las naves tripuladas soviéticas proporcionaron fotografías desde aproximadamente 250 km de altura con muy buena resolución y alta precisión geométrica, además de la posibilidad de tener estereoscopia.-

Son una importante fuente de información para las investigaciones de los recursos naturales y especialmente para la confección de mapas topográficos y temáticos. Se aplican en estudios del medio ambiente, exploración de combustibles. agricultura, geología, hidrología, etc.-

Estas fotografías cubren a casi todos los países del mundo y se distribuyen bajo el nombre de Soyuzkarta. Están tomadas con distintas cámaras, con resoluciones entre 5 metros y 60 metros de acuerdo al tipo de cámara.-

Se detallarán a continuación las características de los levantamientos:

- Cámara KATE 200, es multizonal con una escala de levantamiento de 1:1000000. Trabaja en tres zonas espectrales:

Tabla n° 14.-

Cámara KATE 200

0,5 - 0,6 μ	visible
0,6 - 0,7 μ	visible
0,7 - 0,9 μ	infrarrojo

El área fotografiada es de 180 x 180 km con un cubrimiento longitudinal del 60%. La resolución es entre 15 y 30 metros.-

- Cámara MKF - 6, es también multizonal con una escala de levantamiento de 1:2.500.000. Tiene 6 canales:

Tabla nº 15.-

Cámara MKF - 6

0,46 - 0,52 μ	visible
0,52 - 0,56 μ	visible
0,58 - 0,62 μ	visible
0,64 - 0,68 μ	visible
0,70 - 0,74 μ	infrarrojo
0,79 - 0,90 μ	infrarrojo

El area fotografiada es de 140 x 200 km con un cubrimiento longitudinal del 20 al 80%. La resolución es de 20 metros.-

- Cámara KATE 140, toma una sola zona visual a escala 1:1.500.000 en una banda espectral entre 0,5 y 0,7 μ (visible). El area fotografiada es mucho mayor que la de las cámaras anteriores - 270 x 270 km. El cubrimiento longitudinal es entre 20 y 80% y la resolución es de 60 metros.-

- Cámara KFA 1000. Esta cámara toma la menor superficie pero con la mayor resolución, que es entre 5 y 10 metros. La superficie fotografiada es de 60 x 60 km a escala 1:200.000. Trabaja en dos zonas espectrales:

0,57 - 0,67 μ	visible
0,67 - 0,800 μ	visible - infrarrojo

El cubrimiento longitudinal es del 60%

- MOS - 1 (JAPON)

El satélite MOS-1 (Marine Observation Satellite 1) está diseñado para medir esencialmente los fenómenos oceánicos tales como color y temperatura de las superficies oceánicas pero a mismo tiempo sirve también como plataforma experimental para el desarrollo de la tecnología para la observación de la tierra.-

Su órbita es sincrónica solar a 900 km de altura. Orbita 14 veces por día alrededor de la tierra y su ciclo es de 17 días (237 órbitas).-

El MOS-1 está equipado con: 1) un radiómetro que toma el visible y el infrarrojo térmico denominado VTIR (Visible and Thermal Infrared Radiometer); 2) un radiómetro multiespectral MESSR (Multispectral Electronic Self Scanning Radiometer) y 3) un radiómetro de microonda MSR (Microwave Scanning Radiometer

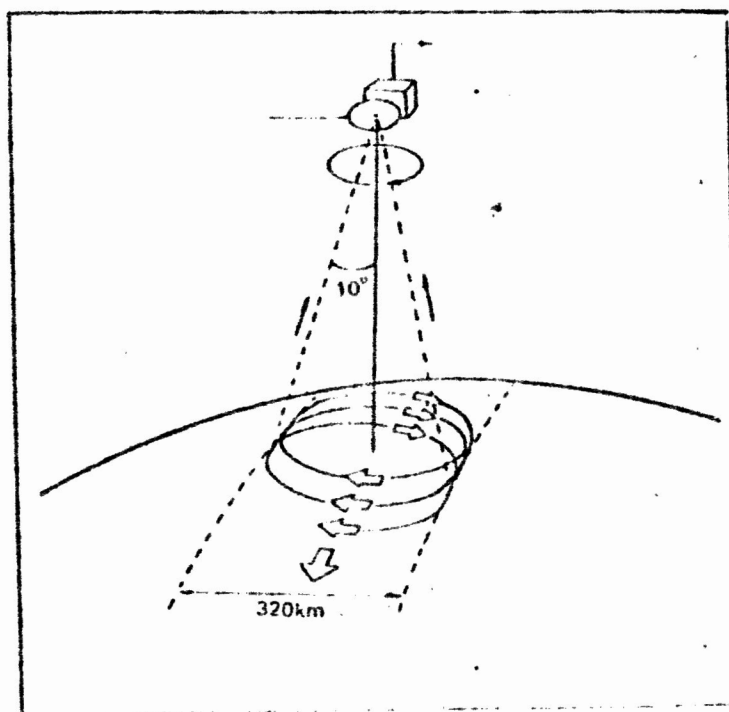


Fig. Nº 19.- Radiómetro de microondas del MOS-1.-

El MESSR utiliza un sensor CCD para realizar un barrido electrónico sin espejo. Barre fajas de 100 km de ancho en las 4 bandas que toma el MSS del LANDSAT. Tiene una resolución de 50 metros.-

El sistema VTIR usa un espejo de barrido para medir la radiación de la superficie terrestre en 4 bandas en el visible y en el infrarrojo abarcando fajas de 1500 kms de ancho. La resolución es de 0,9 km en el visible y 2,7 km en el infrarrojo. Comparando este sensor con el MESSR la resolución está muy disminuida pero el ancho de la faja barrida es muy superior lo cual es conveniente para algunos aspectos oceanográficos que necesitan la visión de grandes superficies:-

El sistema MSR mide las micrrondas provenientes de la superficie terrestre y de la atmósfera en dos frecuencias de 24 GHz y 31 GHz. Este sistema está diseñado básicamente para medir el contenido de agua en la atmósfera, el contenido de humedad y la distribución de la nieve y el hielo oceánico. El ancho de la faja grabada es de 320 km.-

Las características del equipamiento son las siguientes:

Tabla n 16.-

Sensores del MOS - 1

<u>Sensores</u>	<u>Rango espectral</u>	<u>Resolución</u>
MESSR	Banda 1 0,51-0,59 verde	50 m.

<u>Sensor</u>	<u>Rango espectral</u>	<u>Resolución</u>
MESSR	Banda 2 0,61-0,69 μ rojo	50 m
	Banda 3 0,72-0,80 μ IR cercano	50 m
	Banda 4 0,80-1,10 μ IR cercano	50 m
	Banda 1 0,5-0,7 μ verde, rojo	0,9km
	Banda 2 6-7 μ infrarrojo	2,7 km
VTIR	Banda 3 10,5-11,5 μ IR térmico	2,7 km
	Banda 4 11,5-12,5 μ IR térmico	2,7 km
	<u>Frecuencia</u>	
MSR	24 GHz	31 km
	31 GHz	21 km

Además posee un Sistema de Colección de Datos.

El tiempo local del pasaje del satélite es entre 10 y 11 horas en nodo descendente. El peso del satélite es de 740 kilos y la altura, largo y ancho de 2,80 m, 1,50 m y 1,50 m respectivamente.

Se espera una vida útil de 2 años.-

- IRS (INDIA)

El sistema IRS (Indian Remote Sensing Satellite) consiste en una nave espacial estabilizada sobre tres ejes, diseñado para una vida útil de tres años en órbita polar sincrónica con el sol a una altura de 904 kilómetros.-

La nave está equipada con dos paneles que captan la energía solar y generan una potencia de 709 watts. Asimismo tiene TTC (Telemetry Tracking and Command) y un sistema de manejo de datos en bandas X y S.-

La carga útil consiste en dos cámaras "pushbroom"

(LISS II) de 36,25 metros de resolución y una cámara (LISS I) de 72,5 metros de resolución que emplean dispositivos de carga acoplada (CCD) como detectores.-

Cada sistema de cámaras obtiene imágenes en 4 bandas espectrales en la región del espectro visible y en el infrarrojo. La faja en el terreno que abarcan es de 148,48 km por la cámara LISS I mientras que las cámaras LISS II toman fajas adyacentes de 74,24 km cada una con una superposición de 3 km. La energía sensada por cada pixel por el detector es cuantificada en 128 niveles de gris.-

El segmento terrestre consiste en una red de telemetría seguimiento y comando. Ello permite proveer el apoyo máximo para las operaciones, para el control de la nave y para programar las operaciones de la carga útil de acuerdo con las necesidades de los usuarios. También sirve para recibir los datos de los sensores y posee un sistema de procesamiento para la adquisición, generación y distribución de los datos de IRS.-

Sensores

Los sensores del IRS 1A consisten en sensores de autobarrido lineal (LISS = Linear Imaging Self Scanning Sensors).- (Fig. 38)

- Una cámara operando en 4 bandas entre $0,45 - 0,86\mu$ con una resolución de 72,5 m y una faja de barrido de 148,48 km (LISS I)
- Dos cámaras operando en cuatro bandas entre $0,45 - 0,86\mu$ igual que la cámara LISS I, con una resolución de 36,25 m cada una y un ancho de faja de barrido de 74,24 km. Las fajas adyacentes de las

2 cámaras, con una superposición de 3 km., abarcan 145,48 km.-

Las cámaras operan en el modo de barrido "push broom" usando dispositivos lineales CCD de 2048 elementos.-

Tabla 17.-

Bandas espectrales y aplicaciones de IRS.

<u>Banda</u>	<u>Región espectral</u>	<u>Principales aplicaciones</u>
1	0,45-0,52 μ	Sensible a la sedimentación, discriminación de bosques de coníferas/caducifolios
2	0,52-0,59 μ	Reflectancia de la vegetación
3	0,62-0,68 μ	Sensibilidad a la absorción de clorofila en la vegetación. Diferenciación de suelos y límites geológicos
4	0,77-0,86 μ	Sensibilidad a la biomasa y humedad en la vegetación

Técnica de barrido "pushbroom"

Es la técnica de usar el movimiento hacia adelante del satélite para recorrer un arreglo lineal de detectores orientados en forma perpendicular al de las líneas del barrido. Cada arreglo es usado para una banda espectral. El arreglo de los detectores es muestreado con una apropiada velocidad para producir líneas contiguas. Hay dos ventajas para usar el mecanismo de barrido pushbroom. Primero se eliminan las partes móviles del complejo mecánico de los barredores óptico-mecánicos. Segundo este sistema permite que el flujo de fotones provenientes de una escena terrestre sean integrados durante el tiempo requerido

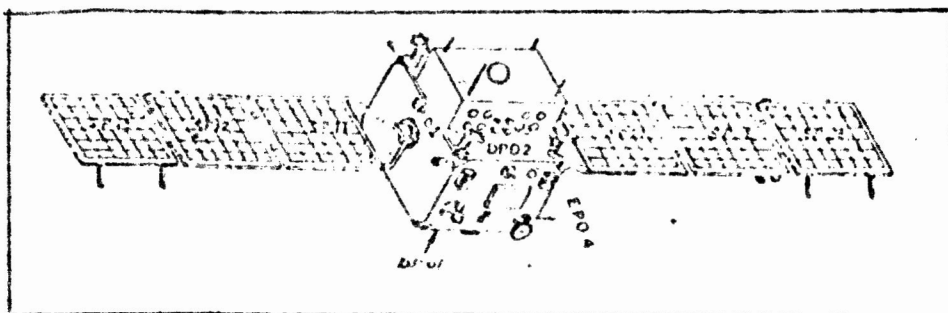


Fig. N°20.- Satélite IRS.-

Fuente: IRS Data Users, 1987.-

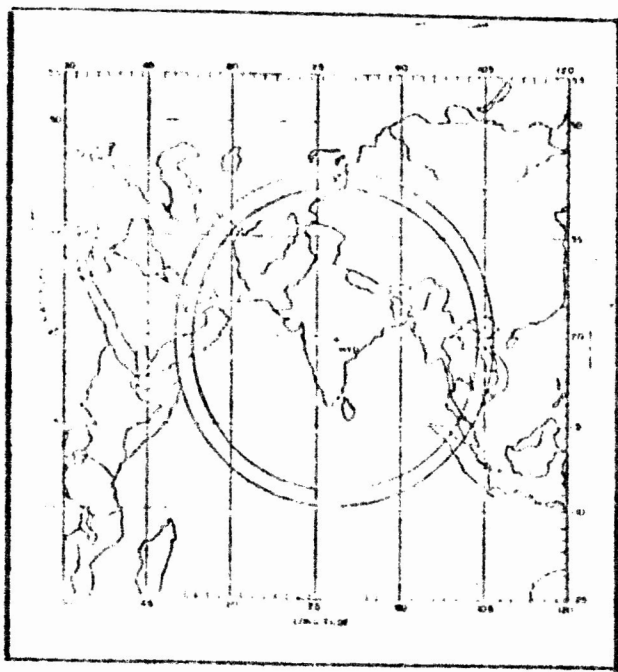


Fig. N°21.- Superficie cubierta por la antena de la India.-

Fuente: IRS Data Users, 1987.-

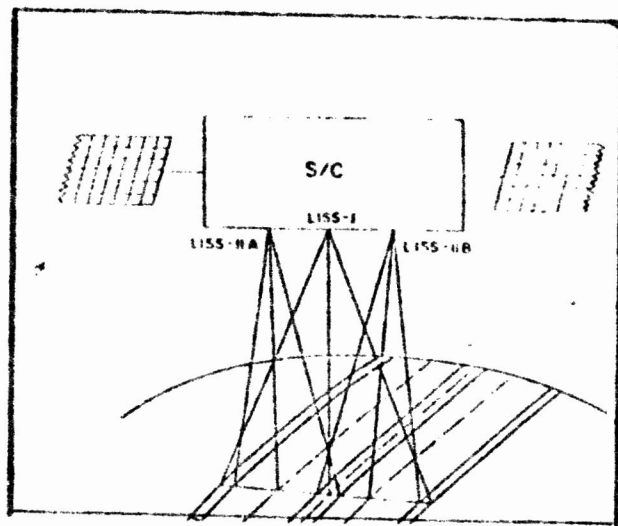


Fig. N°22.- Funcionamiento de las cámaras del IRS.-

Fuente: IRS Data Users, 1987

por el IFOV (Instantaneous Field of View) para avanzar un pixel sobre el terreno. Para entender la implicancia de lo dicho, se puede explicar que en el MSS del LANDSAT el tiempo requerido era alrededor de 14 milisegundos para la misma resolución. Esto aumenta la señal generada y almacenada en cada posición del detector resultando una mejor relación señal - ruido.-

La electrónica de las tres cámaras es idéntica. Cada cámara LISS consiste básicamente en una óptica, detectores, sistema de calibración en vuelo y sistema electrónico de procesamiento.-

Tabla n° 18.-

Principales parámetros ópticos de IRS

<u>Especificaciones</u>	<u>LISS I</u>	<u>LISS II</u>
Configuración	Refractivo	Refractivo
Distancia focal (mm)	162,2	324,4
IFOV (rad)	80,2	40,1
Angulo en el terreno (°)	9,4	4,7
Rango espectral (μ)	0,45-0,86	0,45-0,86

Tabla n° 18

Principales especificaciones de la carga útil del IRS- 1A

<u>Parámetros</u>	<u>LISS I</u>	<u>LISS II</u>
1.- Resolución espacial (m)	72,5	26,25
2.- número de bandas	4 (visible e IR)	4 (visible e IR)
3.- Rango espectral (μ)	0,45-0,86	0,45-0,86
4.- Tiempo de integración (mseg)	11,2	5,6

5.- Campo de visión instantáneo (rad)	80,2	40,1
6.- Ancho de faja (km)	148,48	148,48 (LISS I LISS I)
7.- Número de niveles radiométricos	128	128
8.- Velocidad de datos (Mbps)	5,2	2 x 10,4

Transmisión de datos

Los datos finales del sistema son enviados al sistema RF para su transmisión. Para facilitar la transmisión de datos de las cámaras LISS I y LISS II en forma simultánea, los datos de LISS I son transmitidos en banda S y los datos de las 2 cámaras LISS II son transmitidos en banda X.-

Órbita y cobertura

El satélite opera en una órbita sincrónica solar con una inclinación de $99,02^\circ$, a una altura aproximada de 904 km en nodo descendente. Hace una órbita en 103,2 minutos completando 14 órbitas por día. Toda la superficie terrestre es cubierta por 307 órbitas durante un ciclo de 22 días.-

El tiempo local en nodo descendente es alrededor de las 10 horas. En el ecuador la superposición es del 12%, a los 40° N o S es del 32%.-

El principal objetivo del satélite IRS es adquirir imágenes sobre la India, dentro del radio de visibilidad de la estación receptora Hyderabad. Esta estación toma imágenes sobre la India aproximadamente durante 30 minutos por día.-

.- ERS - 1 (JAPON)

El ERS - 1 (Earth Resources Satellite 1) es el segundo satélite japonés para la observación de la superficie terrestre que le sigue al MOS 1. Se calcula que será lanzado en 1991 para ser utilizado en investigación de recursos naturales.-

El objetivo principal es establecer la tecnología de la teleobservación desde el espacio con radar de apertura sintética (SAR) y sensores ópticos (OPS) para explorar los recursos no renovables y monitorear el uso de la tierra, agricultura, forestación, protección ambiental, desastres naturales, etc.-

El ERS - 1 tendrá una órbita sincrónica solar, estará a 750 km de altura con una inclinación de 98° y su vida útil se calcula en dos años.-

Provee un cubrimiento global en 44 días tomando fajas de 75 km de ancho. El peso del satélite es de 1,4 ton. aproximadamente.-

Llevará a bordo los siguientes sensores:

1) Radar de apertura sintética - SAR (Synthetic Aperture Radar) que es un sensor activo de microonda que transmite pulsos hacia la superficie terrestre y detecta ondas provenientes de ella. Usa la banda L (24 cm) que no se ve afectada ni por las nubes ni por la falta de luz, por lo cual puede tomar imágenes en cualquier condición meteorológica de día y de noche. Es el sensor de microonda que más promete para su aprovechamiento en el futuro.-

2) Los sensores ópticos - OPS (Optical Sensor) consisten en 2 instrumentos que operan simultáneamente con el radar:

- a) un radiómetro en el visible e infrarrojo cercano VNR (Visible and Near Infrared Radiometer) que es un sensor multibanda que provee no solo vistas verticales sino también oblicuas lo que permite generar imágenes estereoscópicas. La resolución es de 20 m
- b) un radiómetro infrarrojo onda corta SWIR (Short Wave Infrared Radiometer) que tendrá también una resolución de 20 m. Su rango espectral se encuentra entre 1-3 que es muy útil para la teledetección de recursos naturales

- ERS 1 (ESA)

El satélite para teleobservación ERS 1 será puesto en órbita por la Agencia Espacial Europea (ESA) en 1991.- (Fig.

Los objetivos son: aumentar el conocimiento científico sobre los procesos globales de los océanos y sobre zonas costeras para que junto con el control de las zonas polares, poder contribuir al Programa de Investigación Mundial de Climatología y participar en experimentos internacionales tales como el Experimento de Océanos Tropicales y Circulación Océánica Mundial.-

Asimismo se espera una utilización importante de los datos en el campo de la Geofísica, Oceanografía Física, Glaciología, Climatología y en estudios relacionados con plataformas petrolíferas, rutas de navegación y pesca.-

Es importante hacer notar que en el ERS 1 se

ha dado preferencia a los sensores de microondas que proveen información en todo tipo de condiciones atmosféricas.-

Los sensores a bordo serán los siguientes:

- Radar de apertura sintética SAR con dos modos de operación:

Modo de imagen completa: modo SAR

Modo de imagen muestreada: modo de ondas

- Dispersómetro de viento
- Radar altímetro de Banda Ku
- Radiómetro Barredor
- Sondeador de microonda

Estos instrumentos se han diseñado fundamentalmente para observar el viento en la superficie del mar y la estructura de las olas oceánicas. El radiómetro tomará la temperatura superficial del mar y los sensores de microonda están para determinar las correcciones atmosféricas.-

Tabla n° 19.-

Sensores y aplicaciones del ERS-1

<u>Sensor</u>	<u>Aplicación</u>	<u>Rango</u>
Dispersómetro de viento	Velocidad del viento	4-24 m/s
	Dirección del viento	0-360°
Radar SAR modo de imagen	Imágenes de	
	- océanos	80 km (ancho de faja)
	- zonas costeras	
	- hielo	
	- superficies continentales	

<u>Sensor</u>	<u>Aplicación</u>	<u>Rango</u>
Radar SAR modo de ondas	Dirección de las olas	0-360°
	Longitud de las olas	50-1000 m
Radar altímetro	Campo de olas	
	- altura significativa de las olas	745-825 km
Sondeador de microonda	Vapor de agua	
Radiómetro de barrido	Temperatura superficial oceánica	500 km (ancho de faja)

La transmisión de los datos a tierra se llevará a cabo en dos frecuencias en Banda X. Un grabador a bordo tendrá capacidad para conservar todos los datos de interés geofísico de una órbita completa (o sea 100 minutos).-

Los datos tomados con el radar SAR de la superficie terrestre podrán obtenerse solamente en tiempo real cuando el satélite esté dentro del radio de una antena receptora y no se registrarán a bordo. El radar podrá operar solo por un tiempo limitado con un máximo de 10 minutos por órbita.-

Para el lanzamiento del ERS 1 se utilizará la misma plataforma que la usada para los satélites SPOT. La órbita será heliosincrónica a una altura de 780 km. El satélite cruzará el ecuador en órbita descendente a las 10,30 hora local y tendrá un ciclo de repetición de 3 días.-

Se espera una vida útil de 3 años y la puesta en órbita de otros de la misma serie para dar continuidad a la

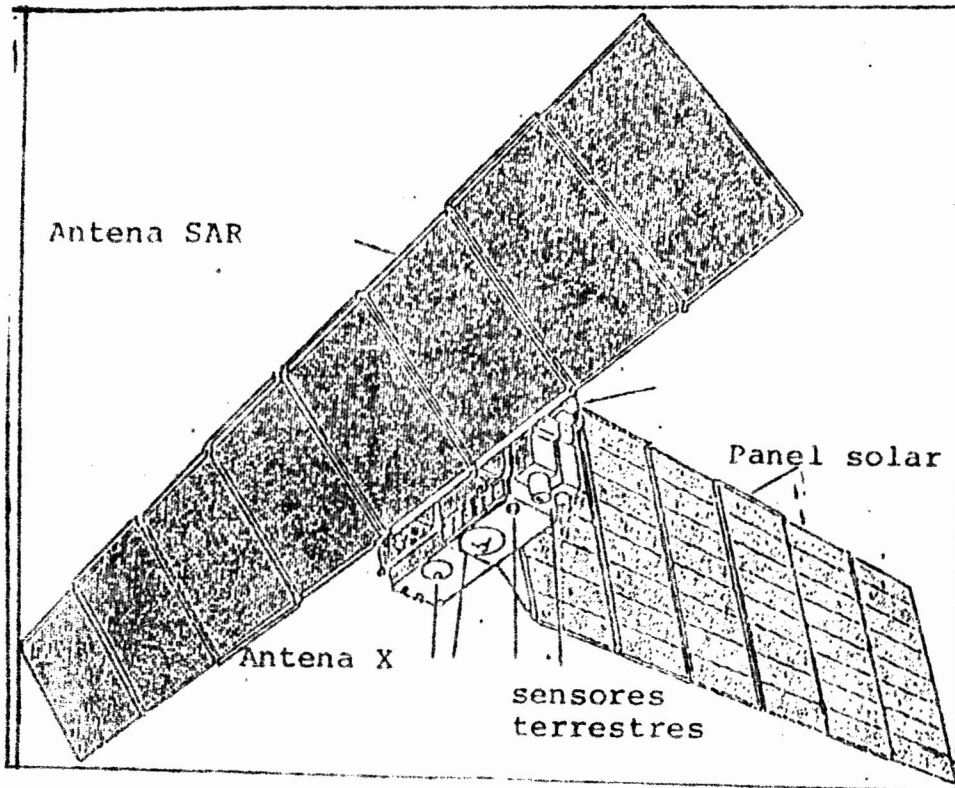


Fig. N° 23.- Satélite ERS-1 (Japón)

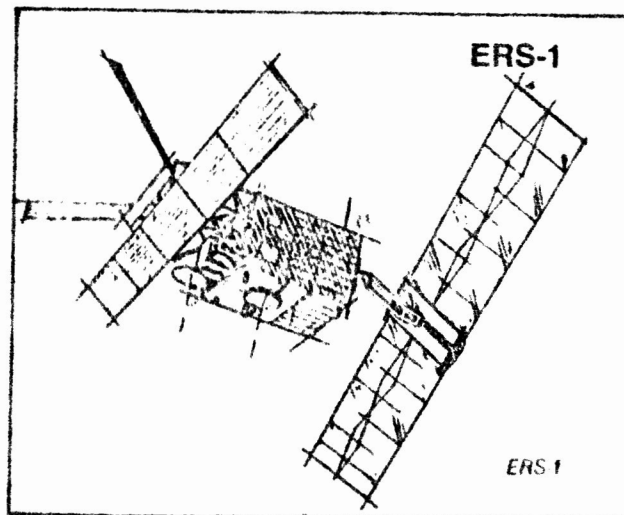


Fig. N° 24.- Satélite ERS-1 (ESA-Agencia Espacial Europea)

Fuente: ESA Activities, 1987.-

información que los satélites europeos ofrecerán a los usuarios en la década de 1990.-

- RADARSAT

Radarsat es el primer satélite canadiense que será lanzado a principios de la década de 1990.- (Fig.

El programa se inició en 1981 en el Centro Canadiense de Sensores Remotos (CCRS). Fue concebido para cumplir con el servicio a los usuarios interesados en agricultura, pesca, energía, hidrología, áreas cubiertas por hielo, movimientos de icebergs, información sobre superficies oceánicas y producción de recursos no renovables.-

El Radarsat fue planeado inicialmente para una vida útil de 5 años, pero con la posibilidad de repararlo en el espacio por los astronautas de la NASA, su vida útil puede extenderse hasta 10 años con los consiguientes beneficios para los usuarios.-

La órbita es sincrónica solar a una altura de 1000 km, con período orbital de 105 minutos, inclinación de 99,5°, nodo ascendente 21,44 hs hora local y ciclo de repetición de las pasadas cada 16 días.-

SENSORES

El sensor principal es el radar de apertura sintética - SAR - que produce imágenes de alta resolución usando una técnica que hace que una antena chica actúe como una grande.-

El radar de apertura sintética es un sensor activo que envía y recibe una señal que penetra nubes y oscuridad

hecho muy importante para Canadá, ya que gran parte del país se encuentra en latitudes muy altas y consecuentemente gran parte del año sin luz.-

El SAR va a barrer la superficie a la izquierda del satélite tomando una faja de 130 km de ancho en cada pasada. El haz de la antena puede variar entre 20° y 45° de ángulo de incidencia abarcando un ancho de 500 km.-

La sensibilidad del radar al contenido de humedad de la vegetación y del suelo proveerá asesoramiento sobre cultivos a Canadá y al resto del mundo. También proveerá una valiosa información geológica para la explotación minera y para petróleo y sus datos servirán para confeccionar el primer mapa estereogeológico del mundo.-

Este sensor podrá discriminar el hielo reciente del hielo de varios años para identificar rutas navegables en el Mar Artico y dará información a los barcos sobre el movimiento y velocidad de los icebergs.-

Asimismo el Radarsat transmitirá datos de pronósticos sobre hielo oceánico via satélite de comunicaciones.-

La delimitación de la cubierta de hielo y su extensión es también de interés para determinar el flujo calórico de los océanos a la atmósfera, que es una variable en los modelos climáticos mundiales. El SAR ya demostró la calidad de sus imágenes y su utilidad cuando fue transportado por el Seasat en 1978.-

Otro sensor a bordo es el dispersómetro que es también un radar, es decir un instrumento activo. Es un sen

sor de microonda que mide la velocidad y dirección del viento sobre superficies oceánicas. Va a tener dos haces cubriendo cada uno 600 km a cada lado del satélite.-

La faja ancha del dispersómetro (1200 km) proveerá información meteorológica vital sobre el 90% de los océanos del mundo por lo menos una vez cada dos días. El instrumento tendrá su propio sistema de almacenamiento de datos desde el cual los mismos podrán ser transmitidos dentro de las dos horas de ser tomadas sobre cualquier océano.-

Los instrumentos ópticos son sensores multiespectrales pasivos que toman de la superficie la energía reflejada. Uno de estos instrumentos es el sensor de arreglo multilínea que genera imágenes en 4 bandas espectrales cubriendo una faja de 400 km de ancho.-

El otro instrumento pasivo propuesto es el radiómetro avanzado de muy alta resolución - AVHRR - usado principalmente en la detección de la humedad del suelo y las condiciones de los cultivos.-

Es un barredor multiespectral que opera en 5 bandas, 2 en el visible y 3 en el infrarrojo. Toma una faja de 3000 km con una resolución de 1300 m.-

Estos instrumentos y el SAR pueden usarse en conjunto para producir datos combinados sobre los recursos agrícolas e hidrológicos.-

Los grabadores a bordo del Radarsat permitirán obtener información sobre cualquier lugar del mundo sin necesidad de estaciones de recepción.-

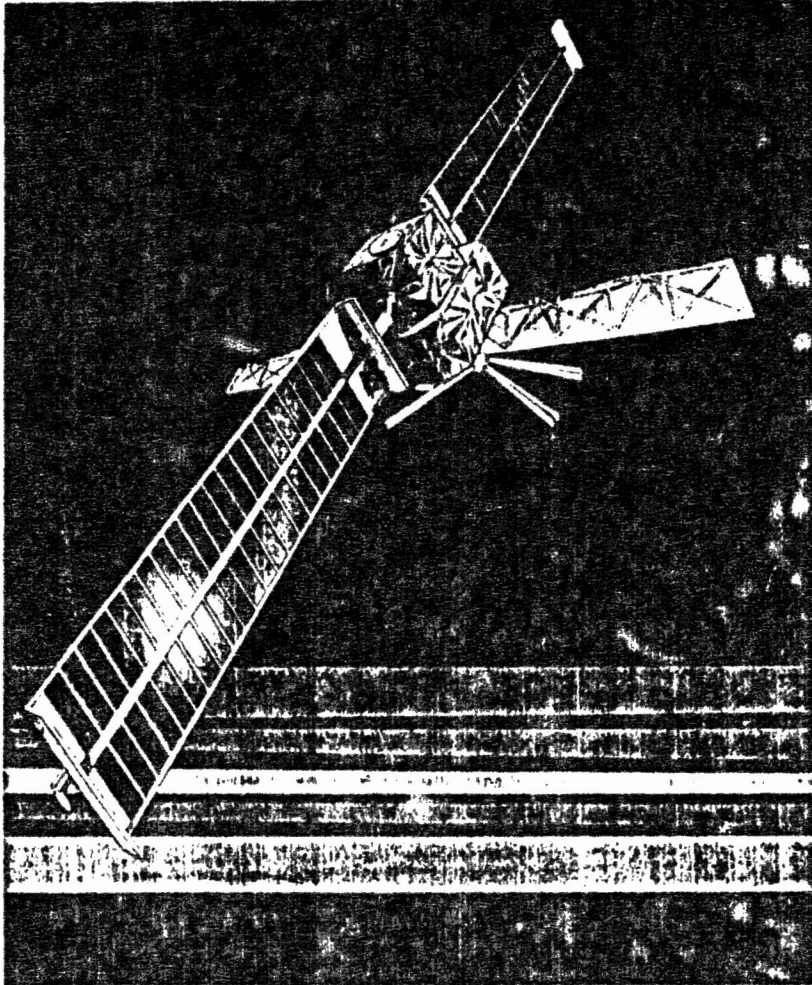


Fig. N° 25.- El satélite canadiense Radarsat.-

Fuente: Radar Project, CCRS, 1987.-

Tabla n° 20.-Radars de apertura sintética SAR del Radarsat

Cobertura	Norte de Canadá cada 24 horas. Canadá al Sur de los 71° N cada 72 horas
Frecuencia	5,3 GHz
Ancho de faja	130 km nominal
Faja de accesibilidad	500 km
Angulo de incidencia	20° - 45°
Resolución espacial	28 m

Tabla n° 21.-Dispersómetro del Radarsat

Ancho de faja	600 km
Exactitud de velocidad del viento	vientos de 3-20 m/seg: \pm 2 m/seg vientos de 20-30 m/seg: \pm 10% de la velocidad del viento
Resolución espacial	25 km

Tabla n° 22.--Barredores multiespectrales del Radarsat

1) Sensor de arreglo multilíneal

Ancho de faja	417 km
Angulo extremo de <u>in</u> cidencia	\pm 30°
Resolución	30 m
Bandas espectrales	1 0,45 - 0,50 μ 2 0,52 - 0,59 μ 3 0,62 - 0,68 μ 4 0,84 - 0,88 μ

2) Radiómetro avanzado de muy alta resolución - AVHRR

Ancho de faja	3000 km
Resolución	1300 km
Bandas espectrales	1 0,58 - 0,68 μ
	2 0,72 - 1,10 μ
	3 3,55 - 3,93 μ
	4 10,30 - 11,30 μ
	5 11,50 - 12,50 μ

Cuando el satélite está fuera del rango de las estaciones receptoras, puede grabar los datos recolectados en una cinta y transmitirlos a las estaciones en su paso por ellas. Las condiciones de los hielos oceánicos y icebergs detectados por el SAR serán transmitidos desde el satélite al Control de Misión en Ottawa. Allí el Centro de Información de Hull procesará los datos y los enviarán a través de los satélites de comunicaciones a los barcos en las aguas del Artico y a otros usuarios.

SATELITES AMBIENTALES

Satélites de órbita geoestacionaria

Sistema GOES - Geostationary Operational Environmental Satellite

El sistema GOES, en funcionamiento desde 1971, consiste en 3 satélites estabilizados sobre el Ecuador a 75° W 135° W y 60° E a 35.500 km de altura en órbita geoestacionaria, con una velocidad de 11.000 km por hora.-

Son operados y controlados por NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) y fueron desarrollados por el NES (National Environment Satellite Service) juntamente con el programa SMS (Synchronous Meteorological Service) de la NASA (National Aeronautics and Space Administration).-

El sensor más importante del GOES es el radiómetro barrido rotativo visible e infrarrojo VISSR (Visible and infrared spin scan radiometer). El VISSR es básicamente un telescopio de gran precisión que efectúa un barrido Oeste - Este en cada giro del satélite.-

La resolución en la banda visible ($0,55\mu - 0,70\mu$) es de aproximadamente 1 km y en el infrarrojo térmico ($10,5\mu - 12,5\mu$) alrededor de 8 km. La principal función del sistema es proporcionar imágenes frecuentes para ayudar a confeccionar los pronósticos de tiempo de los servicios meteorológicos.-

Otros productos a partir de los datos GOES son mapas de nieve, temperaturas de la superficie del mar, movimiento de las nubes y las masas de aire.-

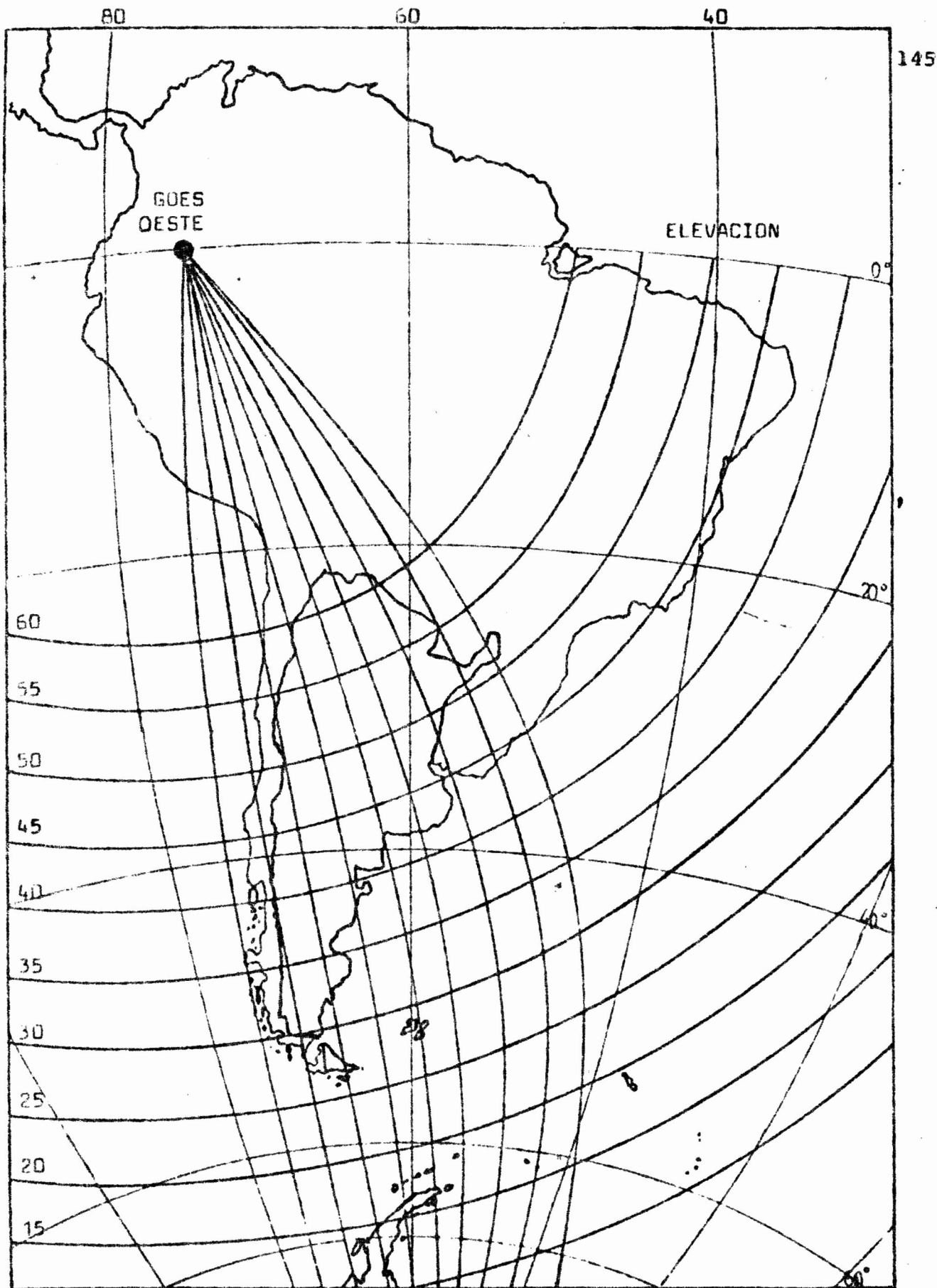


Fig. N°26.- Satélite GOES Oeste.-

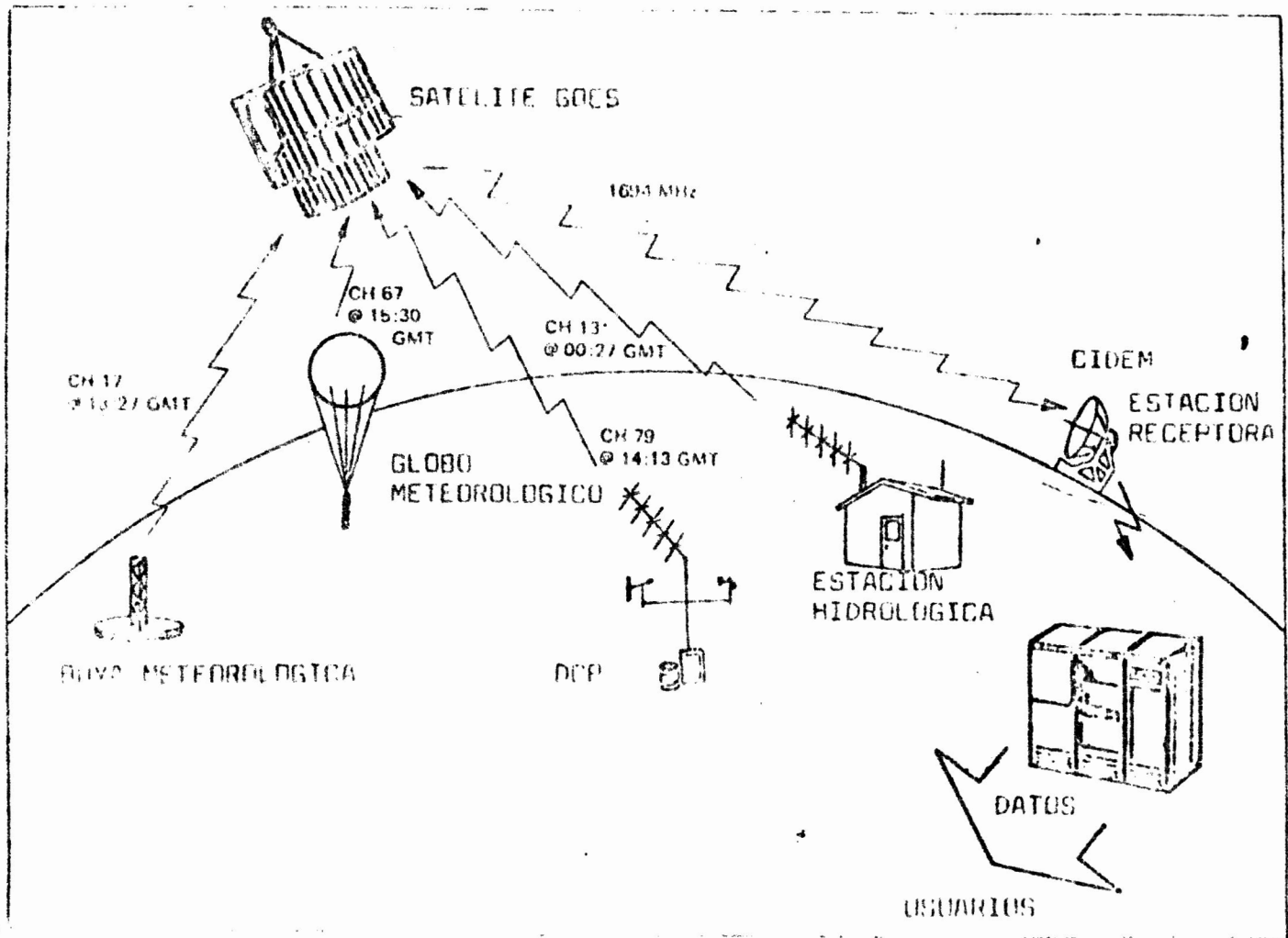


Fig. N° 27.- Transmisión de datos del satélite GOES.-

Otra misión del satélite es la retransmisión de los datos en forma diaria a usuarios como barcos, aeronaves y estaciones de pronóstico meteorológico, que se hallan dentro del radio de visión del satélite. También posee un equipo SEM (Space Environment Monitoring) que mide partículas de alta energía, campos magnéticos y rayos X solares.-

Tiene comando y telemetría para mantener la posición correcta del satélite y un sistema de recolección de datos (Data Collection System) que es un sistema de comunicación automática diseñado para obtener datos ambientales por intermedio de plataformas recolectoras de datos instaladas en tierra - DCP (Data Collection Platform).-

Proporciona una imagen de la tierra cada 30 minutos.-

- METEOSAT

El METEOSAT es un satélite de órbita geoestacionaria en funcionamiento desde 1977 puesto en órbita por la Agencia Espacial Europea - ESA - sobre el meridiano de 0°.-

Después del primer satélite (1977) se lanzó otro en 1981, los dos orbitando a 36000 metros de altura.-

Los METEOSAT proveen información cada 30 minutos. Toman imágenes en el visible e infrarrojo entre 0,4 y 1,1 μ con una resolución de 2,5 km y en el infrarrojo térmico entre 10,5 y 12,5 μ con una resolución de 5 km.-

Satélites de Órbita polar

A la fecha hay varios sistemas de satélites de órbita polar funcionando, El primer satélite de la serie denomi

nada TIROS fue lanzado en 1960 y fue pionero en enviar imágenes de la cobertura de nubes desde el espacio con una multicámara vidicon.-

- TIROS - NOAA

De la serie TIROS (Television and Infrared Observation Satellite) se han lanzado 3 generaciones comenzando en 1960.-

Transmiten información sobre toda la superficie del globo dos veces por día.-

Los NOAA 7 y NOAA 8 comparadas con los primeros tienen mejor resolución, observan perfiles de temperatura y vapor de agua y tienen una alta capacidad de recolección de datos de plataformas instaladas en tierra.-

Los dos sensores más importantes son el Sondaador Vertical Operativo TOVS y el Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución - AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) que proporciona imágenes y datos sobre la temperatura del mar.-

El TOVS consta de 3 instrumentos: 1) un sondaador infrarrojo de alta resolución - HIRS/2 - que mide la radiación en 20 bandas espectrales que van desde el visible hasta el infrarrojo; 2) una unidad de sondeo de microondas - MSU - que realiza mediciones en las cuatro longitudes de onda próximas a la banda del oxígeno de 5,5 mm y 3) una unidad de sondeo estratosférico - SSU - utilizada para obtener temperaturas en la estratósfera.-

El sistema de recolección de datos - DCS - pro

vee información tomada por las plataformas instaladas en tierra.-

El Monitor Espacial Ambiental - SEM - mide el flujo de protones solares, partículas alfa, densidad de flujo de electrones, espectro de energía y distribución total de energía en forma de partículas.-

Tabla n° 23.--

Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución

0,55 - 0,75 μ	visible
0,77 - 1,2 μ	infrarrojo cercano
3,7 - 3,9 μ	infrarrojo medio
10 - 11 μ	infrarrojo térmico
11 - 12 μ	infrarrojo térmico

Tiene una resolución de 1 km.-

Los grabadores del satélite NOAA no pueden acumular todos los datos con esta resolución, entonces la reducen a borde a 4 km de resolución y esta información de menor resolución es denominada "datos globales" - GAC - Global Area Coverage. Los datos con resolución de 1 km son grabados a bordo para áreas especiales y se denominan LAC - Local Area Coverage. Son transmitidos continuamente y en tiempo real a los usuarios de todo el mundo equipados para recibir la información.-

La transmisión de datos se realiza de cuatro modos:

- Modo de transmisión automática - APT - que proporciona información en forma instantánea al pasar el satélite sobre una estación de recepción. La resolución es de 1 km en los canales visible e infrarrojo con un formato especial para eliminar

la distorsión panorámica y convertir la resolución de 1 km a 4 km.-

- Modo de transmisión de imágenes de alta resolución
- HRPT - proporciona imágenes en tiempo real a las estaciones receptoras con una resolución de 1 km en todos los canales

- Cobertura Areal Global - GAC - graba a bordo la información y la transmite diferida. La resolución es convertida de 1 km a 4 km.-

- Cobertura Areal local - IAC - se graba a bordo la información de áreas seleccionadas a priori para cada órbita y luego se transmite en diferido a las estaciones receptoras. La resolución es de 1 km en todos los canales.-

La órbita polar permite observar el globo terraqueo en latitudes medias y bajas aproximadamente a las 2,30 horas, 7,30 horas y 19,30 hora local.-

Los satélites ambientales de órbita polar se encuentran a 1.500 km de altura y realizan el barrido por franjas de 2800 km cada una.-

Nimbus 1-b

Fueron lanzados entre 1964 y 1975, con órbita sincrónica polar, a una altura de 1100 km. Proporcionaron una cobertura global 2 veces por día. El período orbital era de 107 minutos.-

Llevaban a bordo distintos instrumentos para estudios meteorológicos y geofísicos. Los mismos proporcionaron información sobre nubes, superficies marinas, troposfera, estratosfera, distribución vertical de temperatura, ozono y

vapor de agua, etc. La resolución variaba entre 8 y 22 km.-

- NIMBUS 7

El Nimbus 7 fue lanzado en 1978 con órbita polar heliosincrónica, a una altura de 955 km con una inclinación de $99,3^\circ$ en un período orbital de 104 minutos y un ciclo de repetición de las pasadas cada 6 días.-

El objetivo fue monitorear la polución atmosférica y oceánica, realizar mapas de efluentes costeros, estudiar la distribución de sedimentos, realizar pronósticos meteorológicos, determinar el contenido de vapor de agua en la atmósfera, evaluar la absorción de la clorofila, mapear la temperatura superficial y otros propósitos secundarios.-

Contaba a bordo con tres sistemas de sensores:

1) Radiómetro infrarrojo de temperatura y humedad (THIR) cuyos datos tenían una resolución de 8,3 km en la longitud de onda de 11,5 m. Proporcionaba imágenes de nubes y temperatura de las superficies oceánicas y terrestres.-

2) Radiómetro de microondas (ESMR) que medía la radiación térmica en microondas proveniente de la superficie terrestre y de la atmósfera y daba datos sobre el contenido de agua en las nubes.-

3) Barredor Color de Zonas Costeras - CZCS (Costal Zones Color Sanner) era un barredor de 6 bandas, 4 bandas en el visible, 1 banda en el infrarrojo cercano y 1 banda en el infrarrojo térmico. La resolución era de 800 m. Las bandas de este instrumento fueron diseñadas para estudios de océanos y zonas costeras con capacidad de producir mapas térmicos.-

Barredor Color de Zonas Costeras

El Barredor Color de Zonas Costeras (CZSC) es el primer instrumento dedicado a la medición del color oceánico volado sobre una nave espacial. Aunque otros instrumentos en distintos satélites sensaron el color oceánico, sus bandas espectrales, resolución espacial y rango dinámico estaban diseñados para estudios meteorológicos o terrestres. En el Barredor Color de Zonas Costeras cada parámetro fue optimizado para ser usado sobre superficies de agua. Las relaciones señal-ruido, en las bandas de reflectancia solar, son más altas que las requeridas en otros estudios porque el océano es una superficie poco reflectiva y la mayor cantidad de energía captada por el sensor es proveniente de la retrodispersión por la atmósfera y no de la reflectancia del océano.-

Las técnicas de procesamiento de datos son también exclusivas, realizan los contrastes sobre los océanos y atenúan en gran parte la dispersión atmosférica.-

Tabla n° 24.-

Barredor Color de Zonas Costeras

<u>Banda</u>	<u>Longitud de onda</u>	<u>Objetivo de la observación</u>
1	0,43-0,53 μ	Absorción de la clorofila
2	0,51-0,53 μ	Correlación de la clorofila
3	0,54-0,56 μ	Sustancia amarilla
4	0,66-0,68 μ	Absorción de la clorofila
5	0,70-0,80 μ	Vegetación superficial
6	10,5-12,5 μ	Temperatura superficial

Campo de visión instantánea = 0,825 x 0,825 km