



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES SATELITARIAS

DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT.

INFORME FINAL

Dirección de Aplicación de Imágenes Satelitarias

Proyecto PNUD Arg. 91/017.

MEN-114

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES



PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMAGENES SATELITARIAS

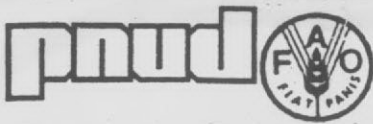
DE LA PROVINCIA DEL CHUBUT.

INFORME FINAL

Dirección de Aplicación de Imágenes Satelitarias

Proyecto PNUD Arg. 91/017.

0/x.10
 R/5
 I.Final
 B.34
 H.1225
 x 16



PROYECTO DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA EL DESARROLLO

MFN-114



CAPDIS

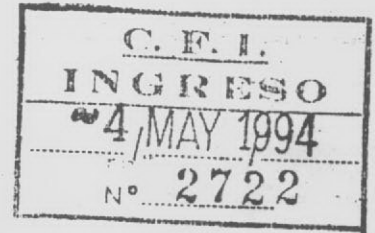
CENTRO DE ANALISIS Y PROCESAMIENTO
DIGITAL DE IMAGENES SATELITARIAS

PROYECTO PNUD ARG /91/017

"APLICACION DE LA TELEDETECCION Y LOS S.I.G. EN LA EVALUACION DE LOS
RECURSOS NATURALES RENOVABLES"

La Plata, 4 de Mayo de 1994

Señor Secretario General
del Consejo Federal de Inversiones
Ing. JUAN JOSE CIACERA
SU DESPACHO



De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, con relación al contra-
to firmado (14-09-93) para el "Procesamiento digital de imágenes satelitarias" de la Pro-
vincia de Chubut (Expte.2391 - Zonificación del área cordillerana de la Provincia de Chu-
but).

Al respecto, cumplo en entregarle 4 copias del informe final,
según lo estipulado en las cláusulas del mismo.

Sin otro particular, saludo a usted atentamente

Asesor. Asistencia de Obras Públicas

Ing. Agr. FRANCISCO V. REDONDO
COORDINADOR
PNUD ARG. 91/017

Recibido 4 ejemplares. Se retira 3 por Area tecnica

M. J. F. ONESTI

INDICE

I INTRODUCCION	1
II MATERIALES Y EQUIPAMIENTO	
II.1 MATERIALES	2
II.2 EQUIPO UTILIZADO PARA EL PROCESAMIENTO	
II.2.1. Hardware	4
II.2.2. Software	5
III METODOLOGIA	
III.1 TAREAS DE GABINETE	
III.1.1. Lectura de cintas y Backup	7
III.1.2. Reducción, visualización y control de las Imágenes	8
III.1.3. Selección de bandas óptimas	9
III.1.4. Ecuación de Histograma	12
III.1.5. Incremento del Contraste Y Definición	15
III.1.6. Transformaciones multispectrales	18
III.2. TAREAS REALIZADAS A CAMPO	25
III.3. TAREAS DE GABINETE FINALES	31
IV GENERACION DE IMAGENES	
IV.1. UBICACION Y CUADRANTES DE LAS IMAGENES	33
IV.2. GENERACION DE POSITIVOS Y AMPLIACIONES PAPEL	35
IV.3. CONTROL DEL PRODUCTO	
IV.3.1. Verificación de la escala	39
IV.3.2. Verificación de la calidad fotográfica	39
V CONCLUSIONES	41
VI ANEXO I	44
GLOSARIO	51
BIBLIOGRAFIA	53
VI ANEXO II	55

I INTRODUCCION

El procesamiento digital de imágenes satelitarias es una técnica que permite trabajar con la información almacenada en forma de datos numéricos en cintas (CCT's) compatibles con computadoras, posibilitando de esta manera una serie de tratamientos a las escenas originales. A través de las mismas se introducen transformaciones en los datos tendientes a facilitar al intérprete la extracción de información de su interés.

En el presente trabajo se desarrollaron como fases principales del procesamiento y mejoramiento de las imágenes, la ecualización, el incremento del contraste filtrado de las mismas, y la generación de las imágenes color. El objetivo fue la optimización de la información de cuatro imágenes satelitarias a escala 1:100.000 Landsat TM pertenecientes a la Provincia del Chubut y, conforme al mismo, se presenta el siguiente informe.

II MATERIALES Y EQUIPAMIENTOS

1.- MATERIALES

Se procesaron cuatro imágenes del satélite LANDSAT, sensor TM, adquiridas a EOSAT por el CFI. Estas imágenes constan de 7 bandas cada una, comprendidas en el siguiente rango del espectro electromagnético

Banda	rango (expresado en micrones)	
1	0,45 - 0,51 μm	VISIBLE
2	0,52 - 0,60 μm	VISIBLE
3	0,63 - 0,69 μm	VISIBLE
4	0,76 - 0,90 μm	INFRARROJO CERCANO
5	1,55 - 1,75 μm	INFRARROJO MEDIO
7	2,08 - 2,35 μm	INFRARROJO LEJANO
6	10,4 - 12,5 μm	INFRARROJO TERMICO

La resolución espacial de este sensor es de 30 metros para todas sus bandas, a excepción de la banda 6, que es de 120 metros.

Cada una estas cintas fue provista en una densidad de grabación de 1600 bpi. (bytes por pulgada).

De acuerdo al Sistema Mundial de Referencia (W.R.S.), las imágenes procesadas corresponden a los siguientes Path (pasaje) y Row (fila o línea

latitudinal nominal de una escena):

Path 232 Row 90 fecha de toma 07/3/85

Path 231 Row 90 fecha de toma 23/1/92

Path 231 Row 91 fecha de toma 23/1/92

Path 231 Row 92 fecha de toma 23/1/92

Se utilizaron 12 cintas de 6250 bpi para hacer el backup de las imágenes (3 cintas por imagen) con el fin de devolver las originales al C.F.I..

Como material de apoyo se empleó cartografía del IGM en las siguientes escalas: 1:500.000; 1:100.000 y 1:50.000.

II.2.- EQUIPO UTILIZADO PARA EL PROCESAMIENTO DE LAS IMAGENES

II.2.1. Hardware

* Computadora MICROVAX II.

2 Discos RA81+ DE 456 Megabytes Cada Uno

1 Disco SCSI, de 1.4 Gigabytes.

1 Unidad de cinta TU81+ (1600-6250) BPI.

1 Unidad de cartridge TK70 (Capacidad 296 Megabytes).

- Procesador de imágenes SIVID 16R (4 Bancos 4 bits para color + overlay).

- Monitor de alta resolución de 19' Mitsubishi con Degauss.

- Impresora Letterprinter Digital LA210 DE 300 CPS.

- Mesa digitalizadora GTCO, con resolución de 25µm.

* PC AT 80386Dx 33-50Mhz.(Conectada a la MICROVAX II)

- Coprocesador matemático Intel 80387 Dx.

- Disco rígido de 80 Mb.

- Monitor SVGA, con placa ATI XL24 VGA WONDER.

- Monitor blanco y negro, con placa Hércules.

- Tableta digitalizadora Calcomp tamaño A0.

- Impresora a chorro de tinta color Hewlett Packard XL - 300

- Impresora Epson LQ- 1170 ESC/P2.

* PC AT 80386SX (Conectada con la Microvax II)

- Disco rígido de 80 Mb.
- Monitor color.
- Impresora/Plotter AMT Accel 535 color de 24 Pines.

* PC AT 80486 4DX2-50V (Conectada con la Microvax II)

- Disco rígido de 160 Mb.
- Monitor color de 14" SVGA.
- Scanner Hewlett Packard HP Scanjet Plus. (De página entera)

II.2.2. Software

El software "MICROPIXEL", cuenta con más de noventa módulos escritos en lenguaje "C"; entre sus posibilidades permite:

- Lectura de cintas SPOT, NOAA, LANDSAT y formatos no standard.
- Realces de contraste.
- Algebra de canales, definición interactiva de tablas de contraste.
- Filtros pasa alta, pasa baja y de bordes, edición de imágenes.
- Ampliación y reducción de imágenes, corrección geométrica (Gauss), empalme.
- Recorte de imágenes, edición de texto y almacenamiento con la imagen.
- Clasificación con cubos, maximum likelihood y clustering, canales óptimos.

- Módulos gráficos, superposición de gráficos con imágenes en disco y ajuste x, y Gauss-Kruger "línea pixel" de la imagen.
- Transformación BGR \rightarrow HIS y HIS \rightarrow BGR y componentes principales.

III METODOLOGIA

La metodología empleada para este trabajo constó de varias etapas; una primera de gabinete, en donde se procedió al procesamiento preliminar de las imágenes y selección de las bandas óptimas y el realce y filtrado con el fin de obtener un producto mejorado para su posterior interpretación; en una segunda etapa, fue realizado un trabajo de campo para evaluar los resultados del procesamiento y determinar posibles ajustes del mismo. La tercera etapa consistió en el perfeccionamiento del procesamiento realizado, en base a la información aportada por el trabajo de la campaña y por último una etapa de laboratorio fotográfico que consistió en la generación y optimización de los productos finales.

III.1. TAREAS DE GABINETE

III.1.1.- Lectura de cintas y backup.

III.1.2.- Reducción, visualización y control de las imágenes.

III.1.3.- Selección de las bandas óptimas.

III.1.4.- Ecuación.

III.1.5.- Mejoramiento del contraste.

III.1.6.- Transformaciones multiespectrales.

III.1.1.- Lectura de cintas y backup.

La primera etapa del trabajo consistió en la lectura de las cintas, para lo cual se adaptó un programa que permitiese su lectura, ya que se encontraban en formato BSQ, con una densidad 1600 BPI Formato "Fast Format". Se han procesado un total de 28 cintas (7 cintas por imagen) cada una con un tamaño de 5965 líneas por 6967 pixels. En líneas generales se observó que el material era de buena calidad, presentando:

- un efecto de striping o bandeado en la imagen 232/90, en la banda 1, producido comúnmente por un problema de calibración de los detectores, perceptible especialmente en zonas de baja radiancia (superficie marina).

- Problema de barrido en la línea 5850 de la banda 5 de la imagen 231/90.

La operación de backup de la totalidad de las imágenes, realizado en cintas de 6250 bpi, permitió crear copias de seguridad, a fin de cumplir con el requerimiento del CFI de devolver las originales rápidamente.

III.1.2.- Reducción, visualización y control de las imágenes.

Fueron "reducidas" las 4 imágenes en sus 7 bandas para tener una visualización general del área de estudio y poder apreciar el grado de cobertura

de nubes. Dicha reducción se basó en el empleo del módulo del sistema MICROPIXEL "Ampliación y reducción por factores racionales sin interpolación", el cual selecciona del tamaño de la imagen original (5965 líneas por 6967 pixels), un pixel de cada catorce, generando así una imagen de 426 líneas por 497 pixels. Este tamaño permite visualizar toda la imagen en un sólo despliegue del monitor (512 líneas x 512 pixels).

Se constató que la mayor concentración de nubes se hallaba en territorio chileno, siendo muy baja en el área de interés.

III.1.3.- Selección de las bandas óptimas

Para la selección de las bandas óptimas fue necesario, primeramente, realizar la intercalación de cada una de las bandas (por imagen) para realizar las distintas combinaciones.

En una primera etapa fueron descartadas una serie de bandas dadas las características y propiedades de cada una de ellas y teniendo presente el objetivo del trabajo final (diferenciación de especies forestales y determinación de posibles áreas a ser forestadas según la morfología del terreno). Fue así que se descartaron apriori:

- a) La banda 1 (visible), por estar comprendida en un rango del espectro

electromagnético de longitud de onda 0,45–0,51 micrones, haciendo esto que tenga alta interferencia de la atmósfera. En general es utilizada principalmente para estudios batimétricos y de sedimentos en suspensión en aguas (no importantes en este caso).

b) La banda 6 (térmica), por tener el pixel una menor resolución geométrica (120 mts.) que el resto de las otras bandas (30 mts.), y no corresponde al infrarrojo reflectivo.

La bibliografía consultada (Ahern F. et all, 1989; Travaglia, C., 1989; Vettorazzi, C., et all, 1989; Chuvieco, E., 1990) deja ver que para trabajos de éste tipo son apropiadas las combinaciones 3,4,5; 3,5,4; 2,3,4 y 3,4,7. El trabajo de análisis consistió en generar sobre el monitor todas estas combinaciones de bandas para cada imagen y evaluar su capacidad para identificar y discriminar las características propias, tanto del área de bosque, como de los sectores de pie de monte y meseta. Luego de comparar las diferentes combinaciones, se optó finalmente por la 3,5,4, ya que lograba una mayor diferenciación de la vegetación y una buena discriminación en las áreas con menos cobertura (suelo), produciéndose la mejor imagen para cumplir con los propósitos del procesamiento: producir un juego de imágenes mejoradas a fin de estudiar los recursos forestales y la zonificación para forestar. El criterio seguido para

seleccionar la combinación 3,5,4 fue explicitado y demostrado a los técnicos de la Provincia del Chubut en sus visitas a la DAIS y convalidado por el CFI.

La banda 2 (visible), es óptima para el estudio de aguas, posibilitando el análisis de sedimentos en suspensión en términos de cantidad y calidad. Es también propicia para el estudio de la vegetación.

La banda 3 (visible), permite separar aquellas áreas con vegetación verde, densa y uniforme de aquellas otras sin vegetación o con predominancia de suelo expuesto. Esto es debido a que en el primer caso, ésta absorbe gran cantidad de energía reflejando sólo un pequeño porcentaje (aparece oscura en la imagen), permitiendo entonces un buen contraste respecto de aquellas otras superficies de escasa o nula cobertura vegetal y por lo tanto con alta reflectancia en esta banda. (Tonos claros en la imagen)

La banda 4 (infrarrojo), presenta respuesta por parte de la vegetación, alta sensibilidad a la rugosidad de las copas de los árboles, facilitando la separación de las distintas especies. Permite además mapear áreas con vegetación que fueron afectadas por el fuego, y la identificación de áreas agrícolas.

Por otro lado, los cuerpos de agua en la banda 4 muestran una alta absorción, permitiendo la perfecta delimitación de éstos como también de la red de drenaje.

Otra particularidad de esta banda es la sensibilidad a la topografía y morfología del terreno, elementos necesarios para los estudios de zonificación

La banda 5 (Infrarrojo), es sensible al contenido de humedad de la vegetación, siendo ésta un aspecto importante en la discriminación de las distintas especies y/o asociaciones forestales en el área de interés.

La banda 7 (infrarrojo), brinda información respecto a la geología y geomorfología del terreno. Es adecuada para identificar áreas con alteración hidrotermal y con presencia de minerales.

III.1.4.- Ecuación de Histograma.

La aplicación del módulo ecualización permite homogeneizar radiométricamente las imágenes con el fin de generar productos visuales con tonalidades homogéneas, en el caso de realizarse mosaicos digitales. Dado que las imágenes procesadas en este caso corresponden a distintas fechas y distintas órbitas, se procedió a la ecualización de las mismas, proceso que consiste en la normalización de los valores radiométricos con el fin de obtener una transición visual lo más gradual posible entre escenas contiguas. Primero

fueron ecualizadas las imágenes 232-90 y 231-90, con fechas 7 de marzo de 1985 y luego las del 23 de enero de 1992.

El procedimiento para realizar el citado proceso consta de los siguientes pasos:

a.- Cálculo de la correspondencia geométrica entre ambas imágenes.

Para obtener los histogramas en zonas homólogas de las escenas de distintos pasajes, fue necesario calcular la correspondencia geométrica entre una imagen y la otra. Esto significa que, dado un polígono cerrado en la zona de superposición de una de las imágenes, definido por sus vértices:

$(x_1, y_1); (x_2, y_2); (x_3, y_3); (x_4, y_4)$.

se debe calcular los correspondientes vértices en la otra imagen:

$(x'_1, y'_1); (x'_2, y'_2); (x'_3, y'_3); (x'_4, y'_4)$.

de modo tal que el área por ellos delimitada corresponda a la misma porción de imagen.

El cálculo de los coeficientes que permiten establecer dicha correspondencia se hace posible a través de la determinación interactiva de puntos de control homólogos en las dos imágenes, para así obtener pares de coordenadas en cantidad suficiente. (En este caso entre 8 y 12 pares).

Se descartaron los pares de coordenadas con alta diferencia, obteniéndose un error RMS (error medio cuadrático) dentro de la tolerancia (entre 10 y 15 metros) para el conjunto de puntos de control; posteriormente fue grabada la correspondencia entre una imagen y la otra. De esta forma, cuando se elige un área poligonal irregular para obtener el histograma de los valores de gris de ese sector, el sistema calcula automáticamente el área equivalente en la imagen contigua y computa el histograma respectivo.

b.- Generación de tabla de transformación de gris.

Durante el proceso de ecualización se generó una tabla de radiometría definida (conocida técnicamente como Look Up Table) que se grabó a ambas imágenes; ésta cumple los fines de homogeneizar los niveles de gris de cada una de ellas.

c.- Control visual del resultado.

Una vez grabada la tabla se generaron ambas imágenes, controlándose visualmente el resultado de la ecualización a través de la observación de posibles diferencias tonales en similares elementos del paisaje. No se observaron diferencias que merezcan ser tenidas en cuenta.

d.- Conforme con el resultado de la ecualización para las dos imágenes

de distintas fechas se procedió a grabar la tabla generada a las otras dos imágenes con el propósito de que las mismas tengan los niveles radiométricos normalizados.

III.1.5.- Incremento del contraste y definición.

Habiendo logrado la ecualización de las cuatro imágenes, se procedió al mejoramiento de las mismas. Fueron seleccionadas una serie de "ventanas" (sector de imagen) escogidas según las distintas características que presenta la zona de estudio (zona de bosque, de transición y de estepa).

Esta etapa de selección es importante dado que con posterioridad se definirá en ellas el realce de contraste para después hacerlo extensivo al resto de las imágenes; por este motivo en las mismas tiene que quedar evaluado la heterogeneidad del paisaje. Se tuvo presente el contexto espacial, indicador de la localización de las distintas cubiertas y su relación con los elementos vecinos de la imagen.

En el mejoramiento de la imagen se probaron distintos tipos de realces: lineal, lineal diferencial y nivelación de histograma. Se aplicó también un filtro paso alto con matriz de 3 x 3 y un filtro de detección de bordes.

a.- Realces

Los realces consisten en operaciones radiométricas que tienden a modificar la forma del histograma de la imagen original ampliando o reduciendo así el contraste de la misma. Los niveles de gris de la imagen original son transformados en otros valores de gris generándose un histograma diferente que da origen a una imagen con el contraste modificado.

El realce lineal tiene como fin el "estiramiento" del histograma, llevando el rango angosto original de la distribución de los valores de gris a otro que cubra el total de los valores digitales disponibles (0 - 255).

El lineal diferencial consiste en ampliar la imagen linealmente sólo dentro de ciertos intervalos de niveles de gris, restringiendo así el contraste a un rango específico de niveles digitales. Este proceso afina el contraste en el área seleccionada en detrimento del contraste con otras áreas.

La nivelación de histograma efectúa un realce que produce como resultado un histograma de los datos aproximadamente uniformes.

Efectuados los tres tipos de realces en las ventanas escogidas, se optó por el realce lineal, por ser éste el que mejor resultado producía ante las distintas situaciones del paisaje. Sobre la imagen desplegada en el monitor se observaron las mejoras obtenidas sobre los distintos sectores de interés.

El procesamiento aplicado –realce lineal– considera como dato inicial la distribución de frecuencias de los niveles de gris de la imagen original y, de acuerdo con la misma, calcula los parámetros de la ecuación de transformación que se aplica a todos los pixels de la imagen. Para el cálculo de esa distribución como ya se indicó, se seleccionaron ventanas de la imagen representativas de todos los sectores de estudio.

Debido a las características de la región (bosques, suelo desnudo, mesetas semi-áridas, etc.) la estructura de los datos de las imágenes muestran una mayor frecuencia y variación de pixels con valores de gris medio-alto en la banda del infrarrojo (vegetación), produciéndose como resultado lógico un fuerte incremento en el contraste sobre este sector de los datos.

Esto no significa una degradación de la información contenida en los pixels con otros valores de gris sino que, por el contrario, también se produce un incremento del contraste en esas áreas proporcional a la estructura original de los datos.

Se considera que el contraste finalmente obtenido permite el mejor aprovechamiento integral de las imágenes, teniendo presente que el resultado del procesamiento debe volcarse en un único juego de imágenes que serán utilizadas principalmente para interpretación visual en estudios que abarcan diferentes temáticas.

b.- Filtrados

Los filtrados también son operaciones radiométricas que modifican pixel a pixel los valores originales de la imagen. El filtro paso alto aplicado a los componentes de alta frecuencia en la escena remarca digitalmente los contrastes espaciales entre pixels vecinos, enfatizando los rasgos lineales presentes en la imagen. De esta manera se reforzaron los contornos entre áreas homogéneas para evidenciar discontinuidades, dando mayor "nitidez" o definición a la imagen resultado.

El filtro "detección de bordes" fue probado sobre en algunos sectores o "ventanas" en donde los rasgos morfológicos eran muy suaves o imperceptibles, con la intención de resaltarlos. El resultado obtenido no aportó nuevos elementos de interés, por lo que no se aplicó para el mejoramiento de las imágenes.

III.1.6.- Transformaciones multiespectrales

De la misma manera en que un color puede estar perfectamente definido como una mezcla de cantidades de Rojo, de Verde y de Azul (sistema RGB) o de Cyan, Magenta o Amarillo (CMY), un color puede estar perfectamente definido por tres parámetros:

La intensidad: Es el grado de luminosidad u oscurecimiento de un color. Corresponde a la cantidad de energía reflejada por el objeto coloreado. En

el lenguaje corriente, la intensidad corresponde a los términos siguientes: vivo, luminoso, claro o a los términos blanco, gris, negro que solamente hacen intervenir la noción de intensidad.

El matiz: Es la cualidad específica de sensación, o dominante de color debida a una radiación de longitud de onda determinada.

Ejemplos : Rojo, verde, amarillo, azul...

Téngase en cuenta que el gris no corresponde a ningún matiz así como el negro o el blanco, ya que para ellos es indeterminado. Se puede asociar una longitud de onda al matiz de un color monocromático.

La Saturación: Es inversamente proporcional a la fracción de radiación blanca que debilita la coloración de la luz. Se encuentra esta noción en pintura donde agregando blanco a un color se disminuye la saturación. En efecto, los colores de los objetos están en general mas o menos diluídos en blanco.

Ejemplo: El color rosa que es un rojo desaturado o pálido.

Los colores espectrales (monocromáticos) son muy puros o muy saturados. Por el contrario, un gris tiene una saturación nula.

Estos tres parámetros: Intensidad, matiz y saturación constituyen una terna de propiedades necesarias y suficientes para definir un color. El sistema HIS puede

entonces definirse como un cambio de coordenadas con respecto al sistema RGB o CMY.

Visto dentro de un espacio tridimensional, la representación HIS es un volumen en el cual el eje vertical representa la intensidad (de negro a blanco), la distancia a este eje es la saturación (de 0 a 100%) y el ángulo horizontal con un color de origen (normalmente el azul) el cambio de matiz (de 0 a 360),(Figuras 1 y 2)

La particularidad de este sistema de representación de los colores con respecto al sistema RGB es que las coordenadas sobre cada eje pueden correlacionarse con nuestras sensaciones visuales:

Intensidad --> Luminosidad,energía.

Matiz --> Naturaleza del color.

Saturación --> Fuerza de la coloración.

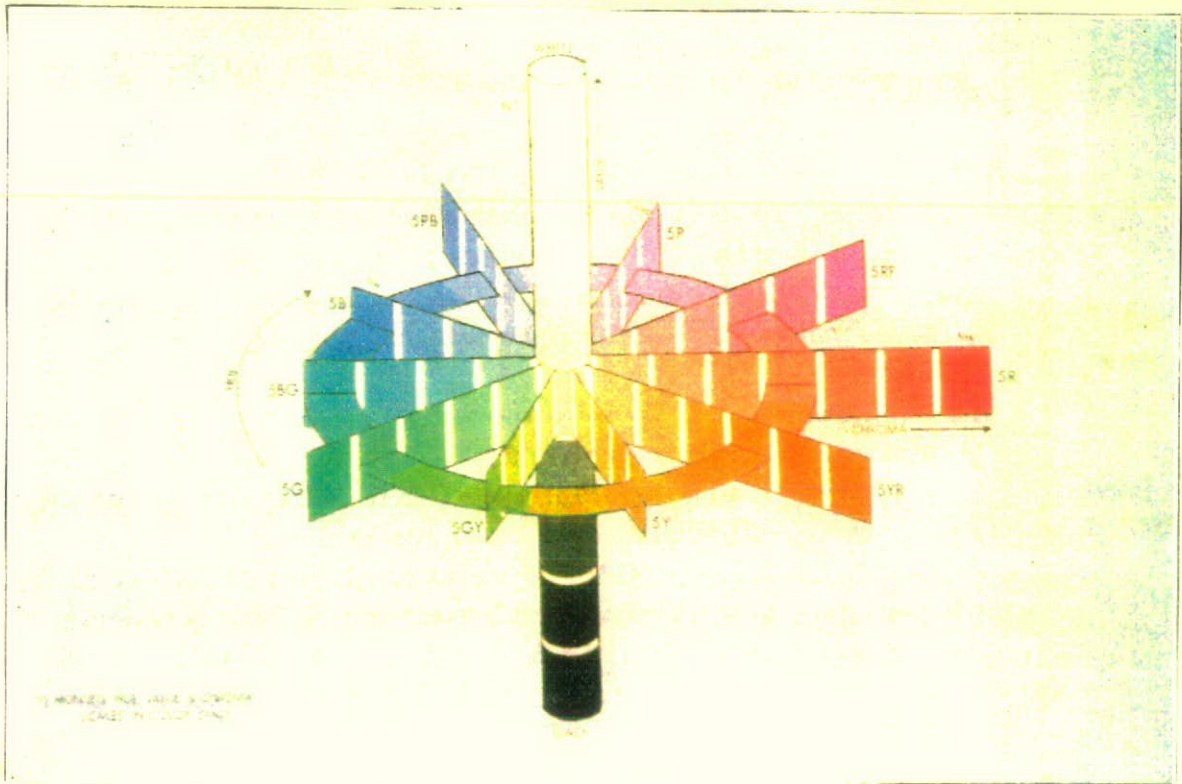


Figura 1.

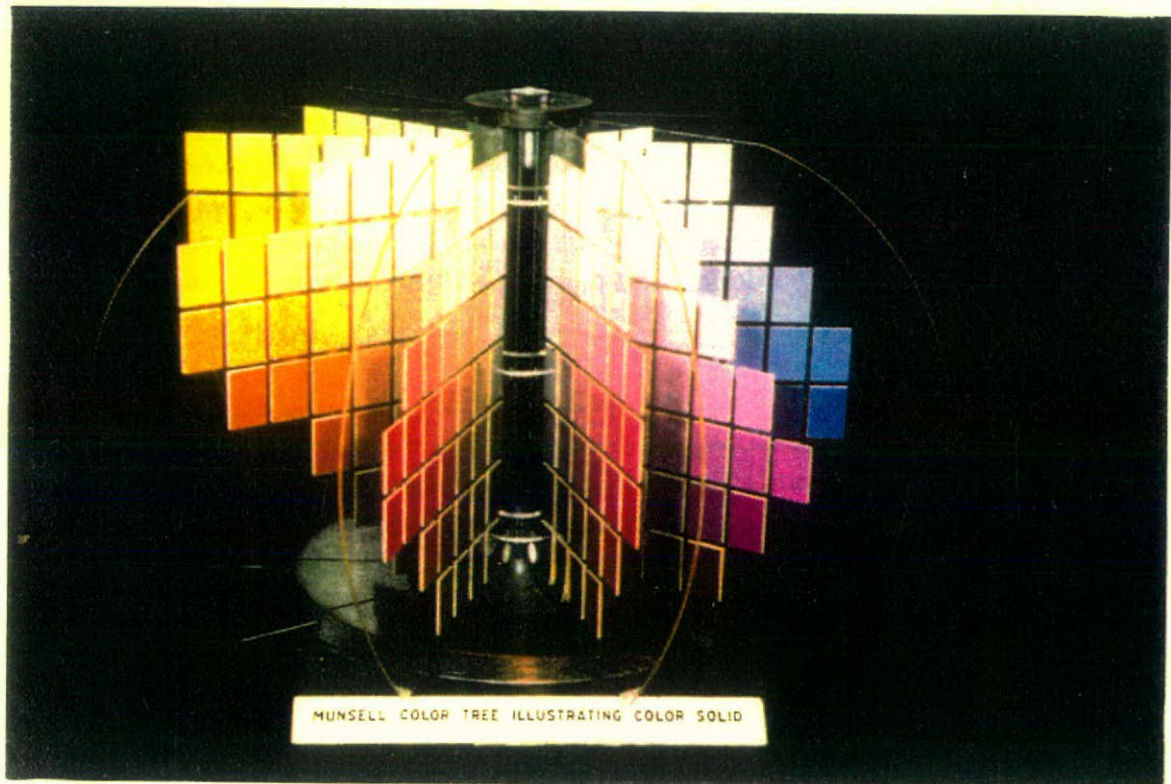


Figura 2

En general:

La intensidad I varía de 0 a 1, varía de negro a blanco.

El Matiz, H varía de 0 a 360 grados describiendo todos los matices.

La saturación S varía del 0 al 100 % de pureza.

Una de las técnicas de mejoramiento utilizadas durante el procesamiento de las imágenes fue la que emplea la transformación BGR-HIS.

Las transformaciones se desarrollaron de la manera siguiente:

- 1.- Selección de las ventanas de mayor interés de las imágenes.
- 2.- Aplicación de la transformación BGR-HIS a los datos de imagen de las ventanas seleccionadas.
- 3.- Modificación de las tablas de contraste de las imágenes transformadas, es decir en el dominio de Matiz, Intensidad y Saturación. Grabación de dichas tablas.
- 4.- Aplicación de la transformación inversa HIS-BGR con inclusión de las tablas generadas en el punto 3.
- 5.- Fijación de tablas a la imagen.

El resultado obtenido sobre las ventanas de trabajo seleccionadas fue una mejora en la visualización de los rasgos geomorfológicos acompañadas de una pérdida de detalles en la zona cubierta con vegetación (matices de rojos y anaranjados correspondientes a la banda 4).

Una técnica similar a la anterior, pero con el agregado de operaciones de filtrado sobre las ventanas transformadas se llevó a cabo siguiendo la secuencia que se detalla a continuación:

1.- Aplicación de la transformación BGR-HIS a los datos de imagen de las ventanas seleccionadas.

2.- Aplicación de un filtro paso alto a dos de los canales de la imagen transformada para resaltar bordes y detalles lineales como caminos, cursos de agua, etc.

3.- Generación de tablas por medio del módulo de realce de contraste por estadísticas locales en el dominio de Matiz, Intensidad y Saturación. Grabación de dichas tablas.

4.- Aplicación de la transformación inversa HIS- BGR con inclusión de las tablas generadas en el punto 3.

5.- Ajuste final de las tablas de contraste con el módulo de realce de contraste interactivo.

6.- Fijación de tablas a la imagen.

El resultado obtenido sobre las ventanas seleccionadas fue una imagen más nítida que la original sin transformar, pero con una pérdida de matices y saturación de ciertos tonos.

Ambos resultados se encuentran citados en la bibliografía especializada, donde con respecto a la aplicación de la transformación BGR-HIS y la sustitución o alteración de un canal del infrarrojo podemos citar:

La mejora en la visualización de aspectos morfológicos, con una precisa alusión a la metodología del uso de la transformación que nos ocupa, aparece expuesta en estos términos:

Un método útil de combinar la reflectancia del sustrato e imágenes de profundidad es la de transformar los datos a Matiz, H, Saturación, S, e Intensidad ,I, (Gillespie et al.,1986).La intensidad se reemplaza entonces por el sombreado de relieve y luego los datos se transforman nuevamente al espacio RGB."(P.N. Bierwirth, T.J. Lee, R.V. Burne, 1992)

"De todas maneras, no debería utilizarse (la transformación) si se piensa realizar una interpretación en un área forestada o agrícola. De hecho, la sustitución del canal de intensidad induce a la pérdida de información en las longitudes de onda del infrarrojo cercano."(Carper et al,1990).

En síntesis las transformaciones efectuadas sobre las ventanas de prueba no evidenciaron un incremento en la calidad general de la imagen que pudiesen

ser de utilidad para todos los estudios temáticos a realizarse. Por este motivo y con acuerdo del C.F.I. la transformación BGR - HIS no se incluyó en el procesamiento final.

III.2. TAREAS REALIZADAS A CAMPO

El trabajo de campo fue realizado con el propósito de obtener la información básica para correlacionar los datos satelitarios con los datos de campo, verificar la discriminación forestal, tipos y/o especies, como también el grado de realce de la morfología del terreno.

El mismo se efectuó desde el 24/10/1993 al 31/10/1993, haciendo base en la ciudad de Esquel, desde la cual se emprendieron los distintos itinerarios. Los recorridos fueron establecidos para visitar las áreas representativas de la región forestal seleccionados por la Dirección de Bosques de la Provincia del Chubut, y ajustados en la DAIS de acuerdo a las características que dichas áreas representaban sobre la imagen (monitor color). Para el área de meseta los sitios de observación fueron seleccionados sobre la imagen en función de las características morfológicas de la región.

En base a los puntos seleccionados, fueron fotografiadas del monitor color de alta resolución del sistema las áreas que incluían los puntos citados, llevando éstas a una escala aproximada 1:100.000. Este material fue llevado al campo acompañado por la cartografía I.G.M. escala 1:100.000 correspondiente.

Cronología del trabajo:

Primer día: Observación de vegetación: se partió desde la ciudad de Esquel rumbo a la localidad de Trevelin; dirigiéndonos por la ruta N° 259, aproximadamente a unos 13 km. de Esquel, nos situamos en uno de los puntos de interés, una plantación de Pino radiata, perfectamente identificada en la imagen por su coloración (rojo vivo). Siguiendo por la ruta N° 259 nos ubicamos, próximo al río Nant y Fali, con el fin de observar el valle 16 de Octubre y correlacionar los datos del terreno con los de la imagen: se observó que algunos tonos presentes en la imagen no se correspondían con los elementos del paisaje, debido a la diferencia de épocas entre la imagen y la fecha de la campaña, habiendo así lugares que en octubre (fecha campaña) presentan áreas con una cobertura vegetal herbácea importante, de una cierta respuesta espectral que no se corresponde con la respuesta emitida en enero (fecha imagen) debido a que dicha vegetación se encuentra seca, variando la reflectividad.

Siguiendo con el recorrido nos dirigimos por la misma ruta cruzando el río de Los Rifleros, tomamos una huella que se dirige hacia la estancia Price, aproximadamente a 1,5 Km. Recorriendo el área se observó: (Foto 1)

1) Bosque de ciprés enfermo con presencia de ejemplares muertos y algunos en aparente buen estado, en la imagen en color rosa pálido (Foto 1 (a) y foto 2).



2) Area talada con plantación de especies exóticas, en color rosa pálido alternando con tintes celestes. (Foto 2).

3) Bosque de Ciprés en buen estado, color bordó (Foto 1 (b))

Posteriormente nos dirigimos hacia el establecimiento Los Cipreses donde se observó en la parte superior del cerro Los Galeses, bosque de lenga que en la imagen se correspondía con un color ocre, color bastante característico de esta especie vegetal en esta imagen.

Culminando el recorrido nos dirigimos a la laguna La Breja identificando en sus orillas un bosque de ciprés (de color bordó en la imagen).

Segundo día: Observación de morfología: partiendo de Esquel y por la ruta N° 40 nos dirigimos hacia la localidad de Tecka, haciendo paradas en varios puntos de interés sobre la zona de meseta, para correlacionar con los detalles observados en la imagen: la meseta se corresponde con una típica estepa seca (según clasificación de Siegfried Passarge, 1931), en donde habiendo lluvias escasas existen extensos períodos de sequías, siendo la meteorización en estos casos no muy intensa con suelos arenosos y de una coloración pardo amarillento.

Se vio una variación morfológica no muy importante, homogeneidad fielmente reflejada en la imagen (Foto 3), interrumpiendo la monotonía tabular de las

mesetas, los antiguos valles (Foto 4).

Toda esta región esteparia aparece en la imagen con una coloración celeste debido ésto a la alta influencia que ejerce el suelo descubierto, enmascarando así la respuesta débil de la vegetación presente (Foto 5).

Tercer día: Observación de vegetación: nos dirigimos desde a Esquel hacia la zona de influencia del río Percey; en el trayecto observamos en el lugar denominado La Zeta, plantaciones de pino, visualizadas en la imagen de un color rojo intenso. En las cercanías de la laguna Carao, atravesamos la estancia Río Percey, ubicándonos en un punto que nos permitió tener una vista panorámica de la ladera opuesta: en la parte baja de la misma se observaron ejemplares de ñire dando lugar a formaciones ralas y bajas, y en altura, el bosque de lenga. El primero aparece en la imagen en tonos difusos pardo verdosos por la influencia del suelo, mientras la lenga responde al patrón anterior de tonalidad (ocre). Continuamos el recorrido cruzando el río Percey internándonos en los sitios anteriormente mencionados, situándonos en lo que se conoce como bosque alto de lenga y el ñirantal bajo y ralo.

Cuarto día: Observación de vegetación: el objetivo fue hacer el control en la zona de Carrenleufú, visitando ejemplos de bosque de coihue puro, coihue y lenga, y lenga. Pudo observarse que estos tres tipos se diferenciaron óptimamente en la imagen, correspondiendo a cada uno de ellos tonos rojos, marrón rojizo y ocre respectivamente (Foto 6 a,b,c). En cuanto a los claros vistos en la recorrida, éstos presentaban pastos verdes en esta época del año (octubre), que luego se secan en el verano (enero), por lo cual en la imagen aparecen en tonos muy claros (Foto 7).

Quinto día: Observación de vegetación: por la ruta a Corcovado, pasando la localidad de Trevelin, se controlaron dos formaciones de ñire hallados en áreas de influencia de mallines, mostrando siempre tonalidades pardo-verdosas, con mezcla de tonos correspondientes cobertura del suelo, que varían desde mallines (rosado-pálidos) a estepa (celeste). Con posterioridad, nos dirigimos a la laguna Rosario desde donde se pudo comprobar que el mallín puro presenta una respuesta espectral similar a la de la lenga, distinguiéndola del primero por su ubicación topográfica. Desde la orilla de ésta se divisó un bosque de ñire con presencia de árboles muertos, y con una respuesta similar a los ñirantales anteriormente vistos, como así también un pequeño manchón de ciprés que respondía al patrón correspondiente.

Sexto día: Observación de morfología: Nos dirigimos por la ruta N° 40 hacia el aeropuerto de Esquel a fin de recorrer la zona comprendida entre éste y la estación Nahuel Pan y observar como se presentaba en el terreno una lineación y unas geoformas visibles en la imagen: la primera correspondía a un área deprimida y las segundas a pequeñas lomas pudiendo ser éstas depósitos de antiguas glaciaciones.

En términos generales, se puede concluir que el control de campo permitió demostrar una buena correlación de los datos de la imagen con los del terreno,

considerándose satisfactorio el resultado obtenido a partir del procesamiento digital (realce y filtrado) realizado.

Solamente hubo dos casos donde lo registrado en la imagen y lo visto en el terreno se prestaba a confusión:

- a) dificultad en la visualización de los caminos en la zona de meseta.
- b) similitud en el color de la lenga y los mallines.

Debido a esto se procedió nuevamente en gabinete a tratar de mejorar la imagen en estos dos aspectos.

III.3. TAREAS DE GABINETE FINALES:

Se efectuaron trabajos de procesamiento para ajustar las observaciones encontradas durante las tareas de campaña:

Para poder discriminar mejor los caminos, se procedió a aplicar un filtro paso alto. Debido a que en la zona la respuesta espectral de los caminos es similar a la del entorno, el proceso de filtrado no arrojó resultados satisfactorios, no mejorándose la discriminación del paisaje.

El segundo procedimiento consistió en la lectura de los valores de gris en la banda 3, (en diversos puntos) correspondientes a los caminos, quedando estos

valores comprendidos en un intervalo entre 44 y 47. Dado que existían pixels incluidos dentro de ese intervalo, pero que no correspondían a caminos; el realce produjo un resultado no deseado, descartándose este proceso.

Con respecto al problema similitud en el color de la lenga y los mallines b), se analizaron los valores de gris en áreas de mallines y de bosque de lenga en forma separada, arrojando valores muy próximos entre si, haciendo difícil su discriminación espectral. La separación de ambas coberturas es factible por su ubicación topográfica.

IV GENERACION DE IMAGENES

IV.1 UBICACION Y CUADRANTE DE LAS IMÁGENES

La figura 3 es un croquis que muestra la disposición areal de las imágenes sobre la provincia del Chubut, con sus respectivos Path y Row.

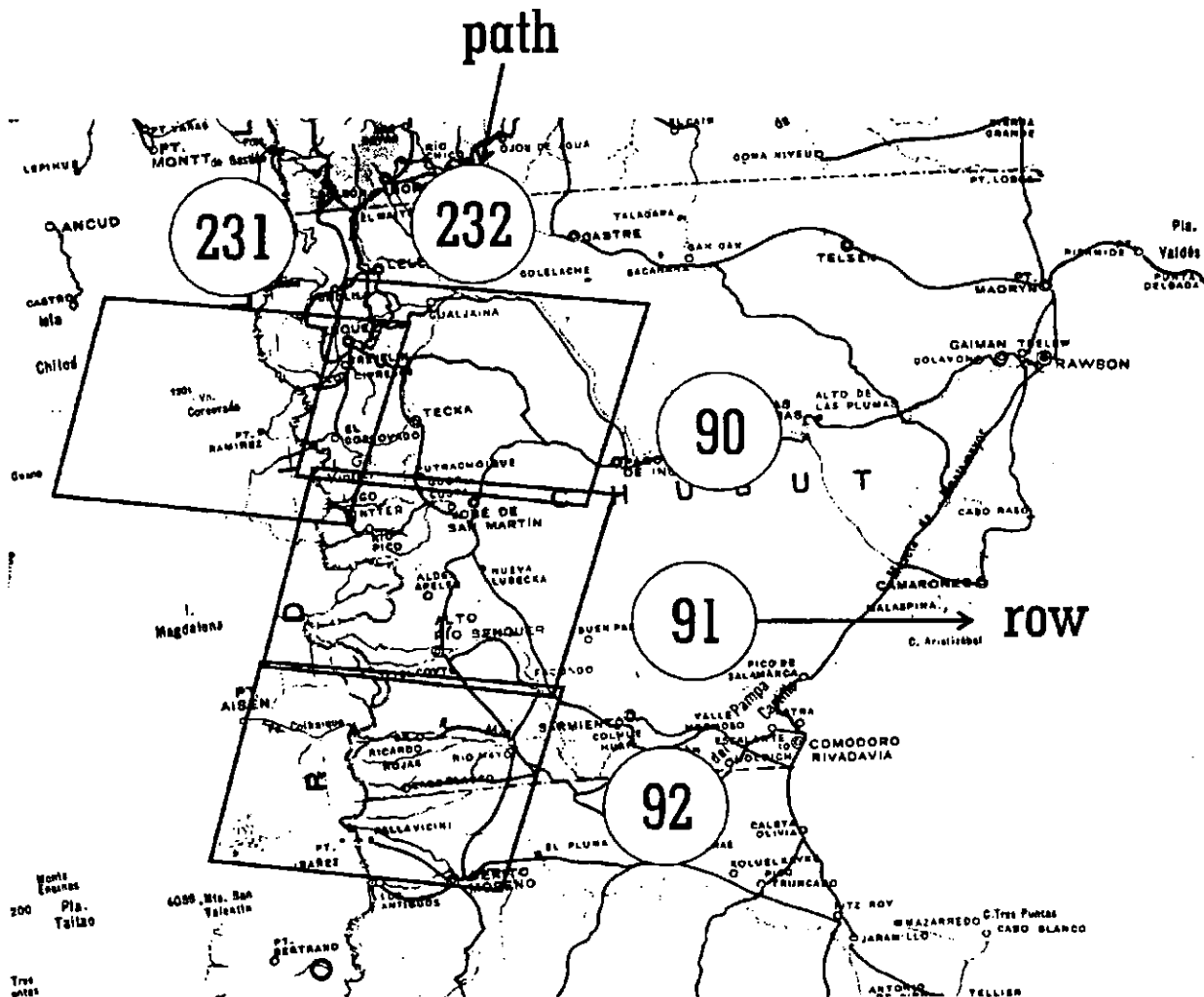


Figura 3

Como se puede observar existe una alta superposición entre las imágenes

de similar row y esto es debido a la órbita casi polar en la que circula el satélite, que genera una alta superposición entre imágenes contiguas al acercarse a los polos.

Los productos generados fueron cuartos de imágenes: cada imagen fue dividida en cuatro cuadrantes y/o cuartos denominados cada uno de éstos con una letra (A,B,C,D) y con la disposición que muestra la figura 4, teniendo cada uno una extensión de aproximadamente 90km. x 90km.

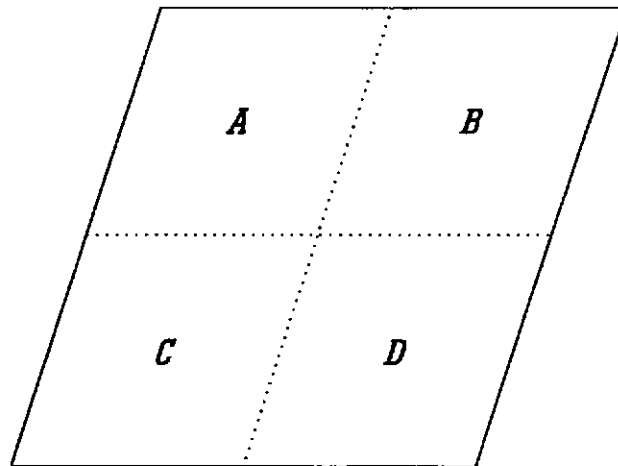


Figura 4

Los cuartos generados fueron:

Path	Row	Cuarto
232	90	B,D
231	90	A,B,C,D
231	91	A,B,C,D
231	92	A,B

Los cuartos A y C de la imagen 232/90 y C de la imagen 231/92 que corresponden al País limítrofe de Chile y el cuarto D de la imagen 231/92 a la Provincia de Santa Cruz no fueron ampliados.

IV.2 GENERACION DE POSITIVOS Y AMPLIACIONES PAPEL

A partir de las imágenes CCT's ya procesadas digitalmente, se efectuó un estudio detallado de cada una de ellas y en forma separada, con la finalidad de lograr un producto fotográfico de la más alta calidad, abordando los siguientes aspectos:

- 1) La diferencia existente entre la imagen 232/90 y el resto de ellas, es consecuencia de corresponder a meses y años distintos en su obtención por parte del satélite. En éste caso se ha debido

atender particularmente el contraste del canal rojo, donde el estadio fenológico de la vegetación era visiblemente diferente respecto de las otras imágenes.

2) La gran cobertura de nubes presentes en algunas de las imágenes, (la mayoría de ellas en el territorio chileno) interfieren de manera importante en el resto de la escena cuando se genera el producto fotográfico. Este fue el caso para los cuartos A y C de la imagen 231/91.

El hecho de que existan valores de reflectancia muy elevados debido a las nubes, distorsiona las estadísticas de los datos de imagen, lo que deviene en tablas de contraste muy saturadas. Esto se hace evidente al observar los intersticios entre nubes y aquellos sectores próximos, que adquieren matices y contrastes diferentes y particulares.

Con el acuerdo de la supervisión técnica del C.F.I. se definió el contraste para estos cuartos de manera tal que, si bien pueden evidenciar una tonalidad distinta que el resto de las imágenes, optimiza la obtención de la información temática.

Inconvenientes de este tipo son muy comunes cuando se cubren grandes

extensiones y es por ésto que las técnicas están altamente depuradas logrando así la minimización de estas dificultades y permitiendo la mayor extracción de los datos existentes en las imágenes.

Luego de haberse realizado las correcciones pertinentes y mediante el uso de un registrador color MDA-FIRE 1000 se elaboraron 12 transparencias positivos de 24x24cm. a escala 1:600.000. A partir de estas transparencias, y mediante procesos fotomecánicos de precisión, se generaron juegos de ampliaciones color de las imágenes, incluyendo cada uno de éstos los cuartos B,D de la imagen 232/90, los cuatro cuartos A,B,C,D, para los pasajes 231/90 y 231/91 y los cuartos A,B del pasaje 231/92.

En acuerdo con la supervisión técnica, en lugar de los dos cuartos no ampliados (232/90 A y C) se generó 1 juego de 12 cuartos a escala 1:250.000.

El producto realizado fue:

- 1) 1 Juego en papel semi-mate a escala 1 : 250.000 (12 cuartos).
- 2) 1 Juego en papel semi-mate a escala 1 : 100.000 (12 cuartos).
- 3) 2 Juegos en papel brillante a escala 1 :100.000 (24 cuartos).

Cada uno de los cuadrantes generados consta en su parte inferior de una

leyenda, acordada con el C.F.I., que lleva la siguiente información:

- a) Tipo de satélite que tomó las imágenes
- b) Sensor utilizado
- c) Bandas
- d) Path y Row de la imagen y especificación del cuadrante.
- e) Fecha de procesamiento
- f) Instituciones participantes

IV.3 CONTROL DEL PRODUCTO

IV.3.1 Verificación de escala

Teniendo las imágenes finales en soporte papel se procedió a la verificación de las escalas. Usando como base las planchetas del I.G.M. a escala 1:100.000, se tomaron distintas distancias entre puntos perfectamente identificables tanto en las planchetas como en las imágenes (a escala 1:100.000 y 1:250.000) y se determinó el error en la escala. Fue comprobada una alta exactitud de las mismas, no encontrándose un error que superase el 0,5 %. Las planchetas utilizadas para la verificación fueron:

4372-15, 16, 17, 18 29, 30, 34, 35.

4572-4, 6, 10, 16, 18, 24, 18, 28, 29, 34, 35.

IV.3.2 verificación de calidad fotográfica

Fueron controlados los colores, matices, intensidad y contrastes de todas las imágenes y en especial de la 231/90 cuadrantes A y C, por cubrir éstas el área en donde fue hecho el control de campo en octubre de 1993, teniéndose por lo tanto un fehaciente conocimiento de la zona y por ende mayores elementos para la evaluación. Realizada la mencionada verificación puede concluirse que las copias papel tienen un alto grado de similitud a las imágenes

generadas y visualizadas a través del monitor de alta resolución durante el procesamiento digital. Los cuadrantes C y A de las imágenes 231/91 y 231/92 respectivamente, se trataron según lo anteriormente explicado en IV.2.

V CONCLUSIONES

El procesamiento digital de las imágenes Landsat del oeste de la Provincia del Chubut ha permitido resaltar diferentes unidades de vegetación y rasgos morfológicos que no era posible visualizar con la información original. La metodología empleada ha generado productos con una mayor variedad de tonos y colores, mayor contraste y con una homogeneización de los mismos entre las distintas imágenes a manera de mosaico digital.

El trabajo de gabinete y el posterior ajuste de campo permitieron seleccionar del sensor TM, la combinación 3,5,4, asignándole respectivamente los colores azul, verde y rojo. Los distintos mejoramientos, realces y transformaciones espectrales realizados lograron optimizar la discriminación de especies forestales, rasgos morfológicos y ambientes homogéneos, verificándose a campo una alta correlación con los datos satelitarios.

Dada la prioridad otorgada al análisis de la vegetación boscosa y al sector de meseta comprendido dentro del área de estudio, otras áreas y/o unidades de paisaje presentes en la imagen más allá del área de interés, no han sido igualmente evaluadas en el procesamiento digital.

Los problemas observados en el procesamiento y generación de las ampliaciones color son previsibles y frecuentes en este tipo de trabajo:

cuando se trabaja sobre grandes superficies los rasgos existentes suelen ser muy variados y con características particulares, y cuando se hace uso de varias imágenes es común que éstas no coincidan en el tiempo, a nivel estacional, o anual. Estos inconvenientes traen aparejados una serie de aspectos a tener en cuenta al procesar las imágenes:

1) La posición del sol es diferente según la estación en el momento de la toma de la escena, variando las condiciones de iluminación.

2) Condiciones atmosféricas diferentes producen distintas interferencias en la energía recibida y reflejada, variando los valores radiométricos de elementos similares.

3) Ausencia o presencia de nuevos rasgos en el lapso de tiempo existente entre las diferentes imágenes.

4) Distintos estadios fenológicos y condición de la vegetación en las diferentes fechas.

Todas estas variaciones se ven reflejadas en los valores de los píxeles, ya sea de píxeles del mismo lugar geográfico pero de distintas imágenes (cuando existe superposición entre ellas) o de píxeles de áreas diferentes pertenecientes a elementos similares.

Por ello en la realización de un trabajo que involucre grandes extensiones

y el uso de varias imágenes, estos aspectos deben ser tenidos en cuenta cuando se desea generar un mosaico homogéneo de imágenes satelitarias.

Luego de realizada la evaluación general de las imágenes, podemos concluir que las mismas son de alta calidad, tanto en el aspecto fotográfico (color, intensidad, contraste) como en la consistencia geométrica de su proyección cartográfica.

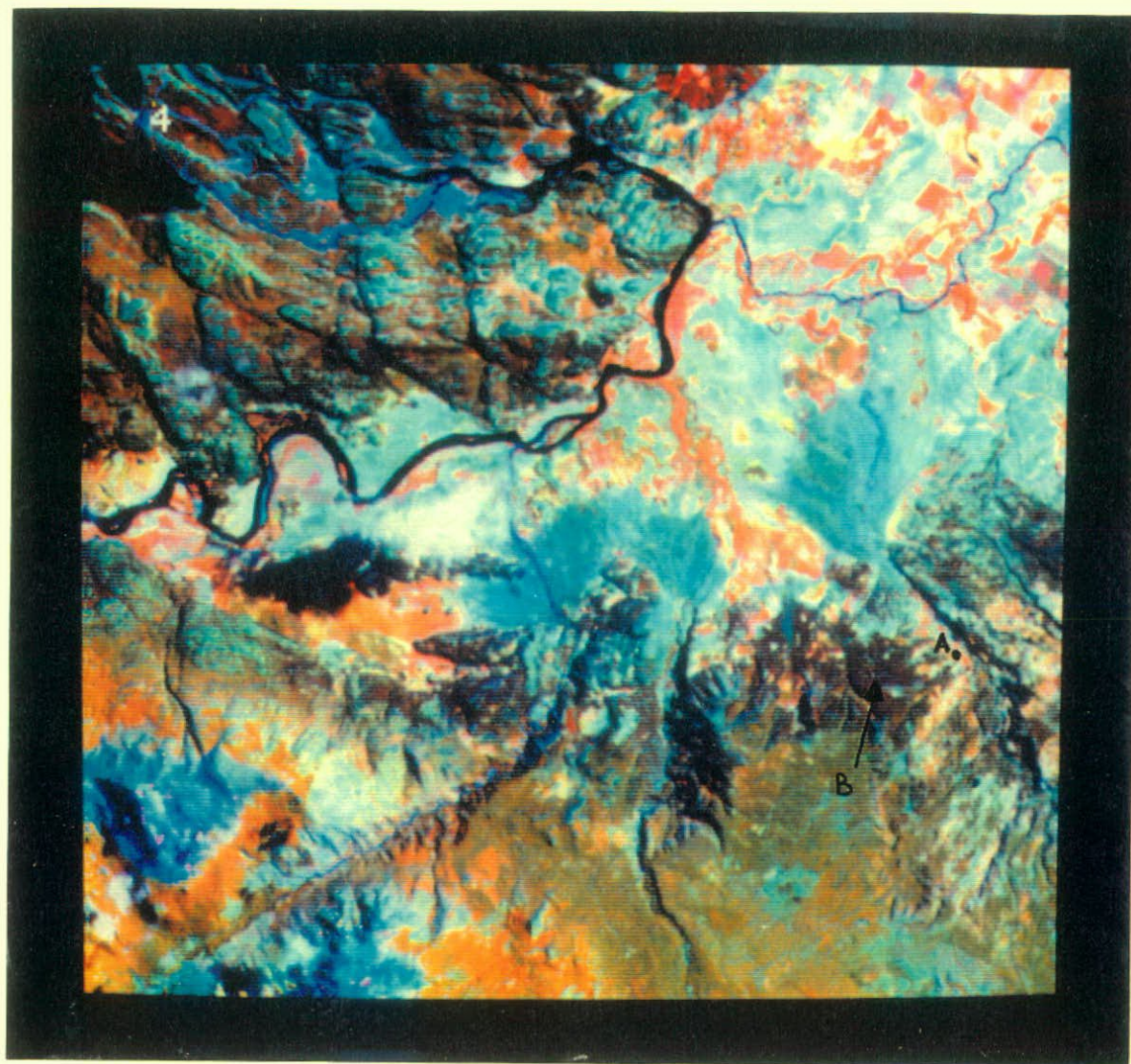


Foto N^o 1 Foto de monitor de alta resolución de la zona de Río Futaleufú, y Arroyo de Los Rifleros, con ubicación de los sitios a y b.



Foto N^o 2 Vista del bosque de ciprés enfermo y del área talada y forestada.

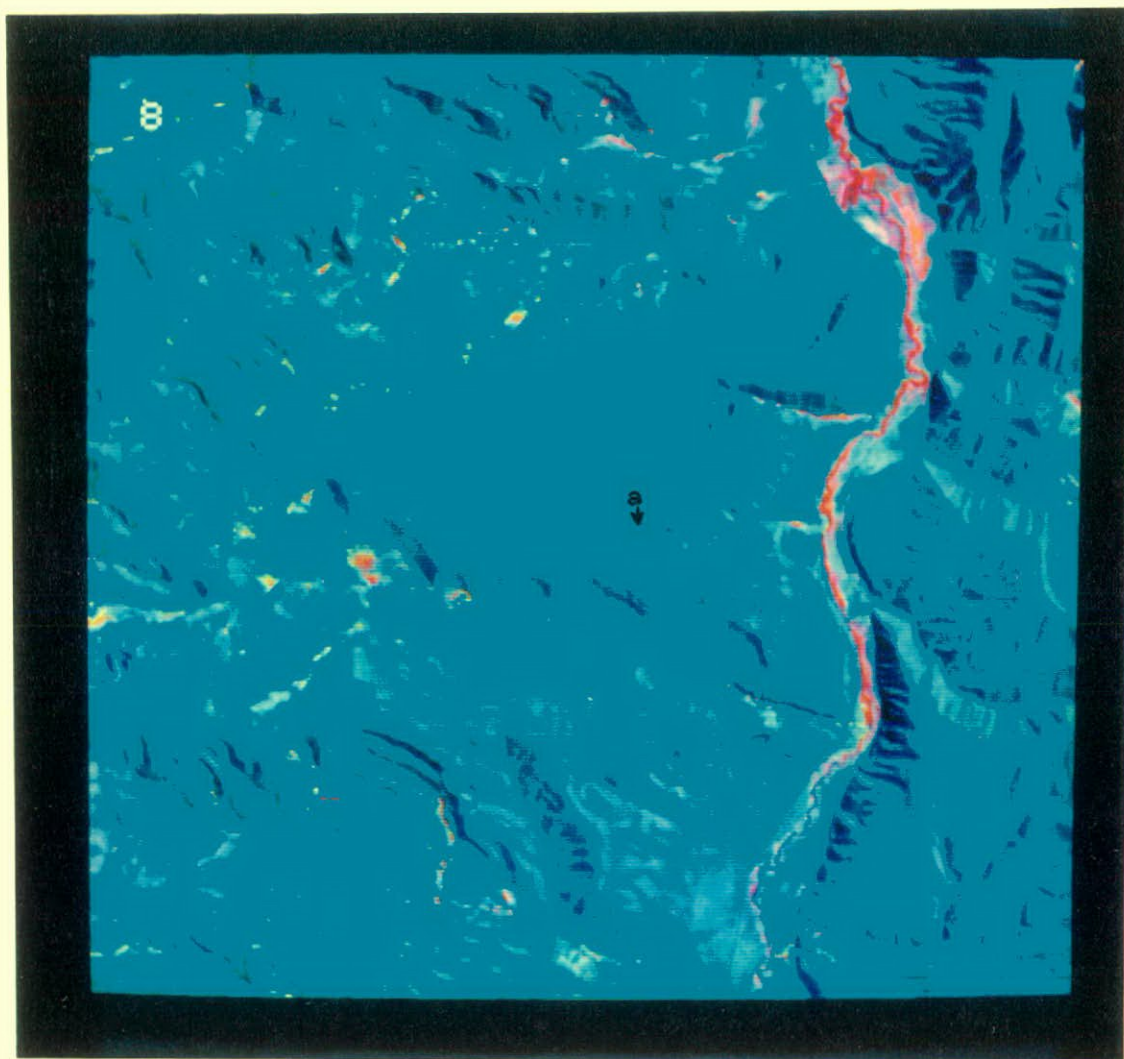


Foto N^o 3 Foto de monitor de alta resolución correspondiente a la zona de
Estepa próxima al Río Tecka



Foto N^o 4 Aspecto de uno de los valles presente en el área de meseta (a).



Foto N^o 5 Aspecto y distribución característica de la vegetación de Estepa.

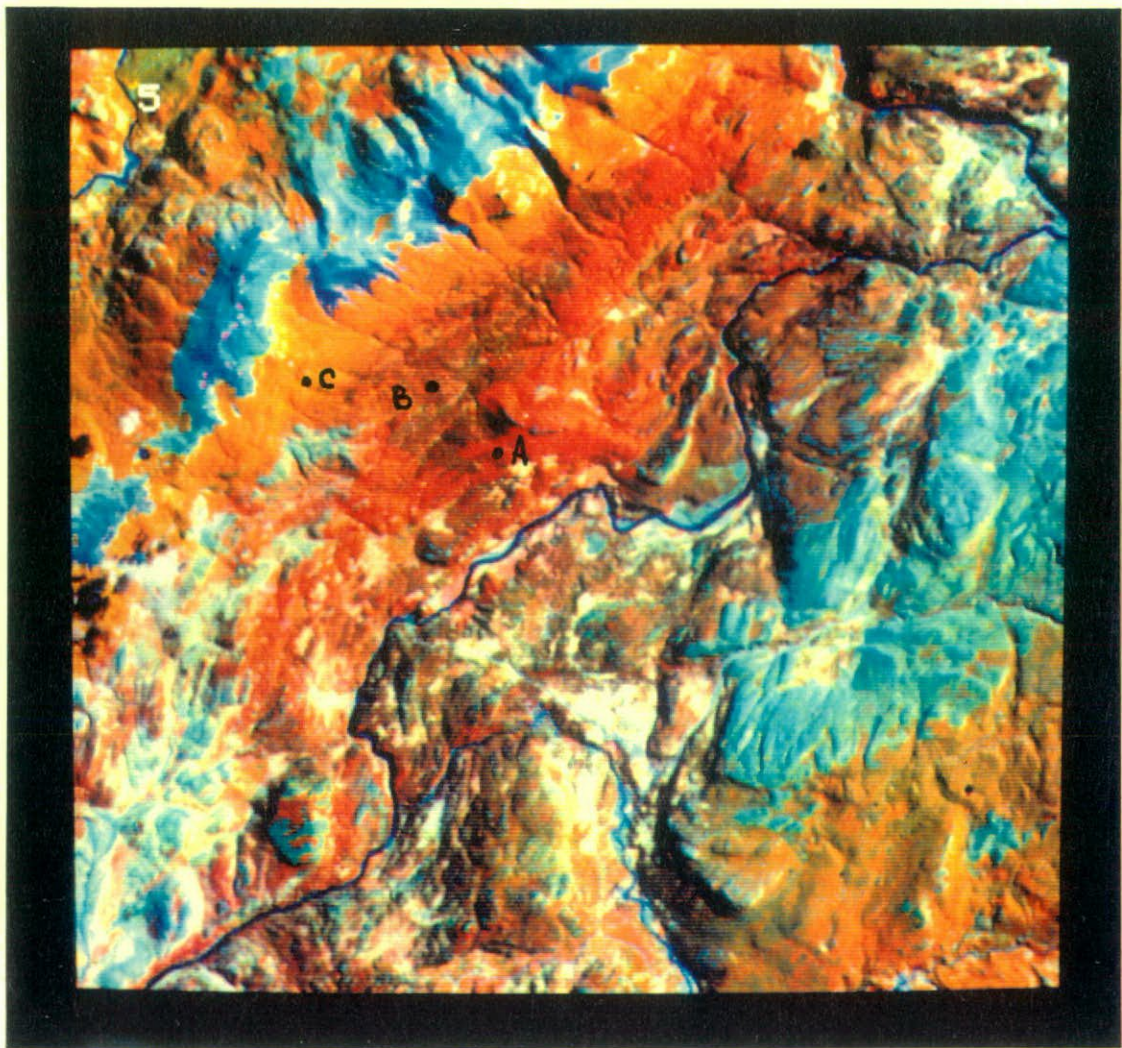


Foto N^o 6 Foto de monitor de alta resolución correspondiente a la zona de Carrenleufú.

Puntos a) Coihue; b) Coihue - Lenga; c) Lenga.



Foto N^o 7 Vista general del área correspondiente a la foto anterior.

GLOSARIO

BACK-UP: "De repuesto", copia de seguridad.

BSQ: -Band Sequential- Bandas secuenciales formato de grabación de CCT's

Byte: Término que expresa un grupo de 8 bits (dígitos binarios) que se usa para codificar una letra simple, un número o un símbolo.

BGR-HIS: -Blue, Green, Red - Hue, Intensity, Saturation.

Azul, Verde, Rojo; Brillo, Intensidad, Saturación

CCT: -Computer Compatible Tape- Cinta Compatible con Computadoras. La cinta magnética que contiene la información digital de las imágenes de satélite.

CPS: Caracteres por segundo.

DEGAUSS: Desmagnetización de la pantalla.

EOSAT: -Earth Observation Satellite Company- Compañía de Satélites de Observación Terrestre: Compañía que tomó las operaciones del sistema LANDSAT a partir del año 1985.

FAST FORMAT: Formato rápido formato de grabación de CCT's.

GIGABYTES: (GIGA) Prefijo que significa 10 elevado a la novena potencia positiva.

HARDWARE: Equipamiento sistema de computación, soporte físico.

LANDSAT: Serie de satélites de recursos naturales puestos en órbita por la NASA. En la actualidad administrados por EOSAT.

LOOK UP TABLE: Tabla de asignación de tonos de gris/colores a los valores radiométricos.



MEGABYTE: (MEGA) Prefijo que significa un millón.

NOAA: -National Oceanographic Atmospheric Administration (USA)-
Administración Nacional para los Océanos y la Atmósfera. Satélite meteorológico de frecuencia diaria y baja resolución.

PIXEL: -Picture Element. Elemento mínimo de imagen.

SPOT: -Systeme Pour L'Osservation de la Terre FRANCE- Sistema Observación de la Tierra FRANCIA. Satélite francés de recursos naturales, puesto en órbita en Noviembre de 1985. Administrado Actualmente por SPOT IMAGE.

STRIPPING: Efecto visual "Alteración de imagen" debido a diferencias en la calibración de los sensores del satélite.

SVGA: Tarjeta de video Super VGA

VGA: Tarjeta de video Vector Graphic Array.

TM: -Thematic Mapper- Mapeador Temático. Nombre dado a uno de los barredores multispectrales de los satélites LANDSAT 4 y 5. (Resolución = 30mts.)

BIBLIOGRAFIA

- Manual de Sensores Remotos – American Society of Photogrammetry –
2da. Edición. 1883.
- Ahern. F, Sirois. J, 1989 – Reflectance Enhancements for the Thematic Mapper:
An Efficient Way to Produce Images of Consistently High Quality, *PE & RS*
Vol LV, No1
- Travaglia. C, 1989 – Principles of Satellite Image Interpretation. Remote Sensing
Application to Land resources, *F.A.O. 85-97 pp Serie 54.*
- Vettorazzi. C, Franca. G, H.T.Z. do Coputo, 1989 – Interpretação de Imagenes
TM/LANDSAT 5 na Caracterização Fisiografica para Mapeamento de Solos.
*Actas IV Simposio Latinoamericano de Persepción Remota, SELPER. 141-
149 pp.*
- Chuvienco. E, 1990 – Fundamentos de Teledetección Espacial. *España ed. Rialp.
S.A.*
- *Siegfried Passarge, 1931 – Geomorfología. *España ed. Labor.*
- Diccionario Español- Inglés de términos de Percepción Remota. *Vol 1. Gobiernos
del Canadá y del Perú.*
- Bierwirth, P.N., Lee T.J. ,Burne, R.V. – Shallow Sea-Floor Reflectance and Water
Depth derived by unmixing Multispectral Imagery. Australian Geological
Survey Organization, Environmental Geoscience & Groundwater

Program. *PERS Vol. 59, Nro. 3, Marzo 1993, pp. 331-338.*

Carper, W.J. et al 1990- The use of Intensity -Hue -Saturation transformation for merging Spot panchromatic and multispectral data. *PERS, Vol 56 Nro. 4, april, pp 459-467.*

Lasselin Dominique 1991 -Autre systeme de representation des couleurs: le systeme ITS (intensité, Teinte, Saturation). *Cahier B3 Representation des couleurs. Bases Physiques et Technologiques .Groupeement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale.*

VI ANEXO II

DOTACION

– DIRECCION DE APLICACION DE IMAGENES SATELITARIAS.

RUBEN AGUGLINO, Licenciado en Geología.

FRANCISCO REDONDO, Ingeniero Agrónomo.

JOSE MARIA OCROGLICH, Ingeniero Forestal.

GABRIEL PLATZECK, Agrimensor.

MARIA EUGENIA MAZZOCATO, Licenciada en Geología.

ORLANDO GALINSKI, Técnico.

– DIRECCION DE BOSQUES DE LA PROVINCIA DE CHUBUT.

HORACIO CLAVERIE, Ingeniero Forestal.