

**GEOBOL
PROGRAMA DEL SATELITE DE RECURSOS NATURALES
ERTS - BOLIVIA**

E7.4-10085
CR-135974

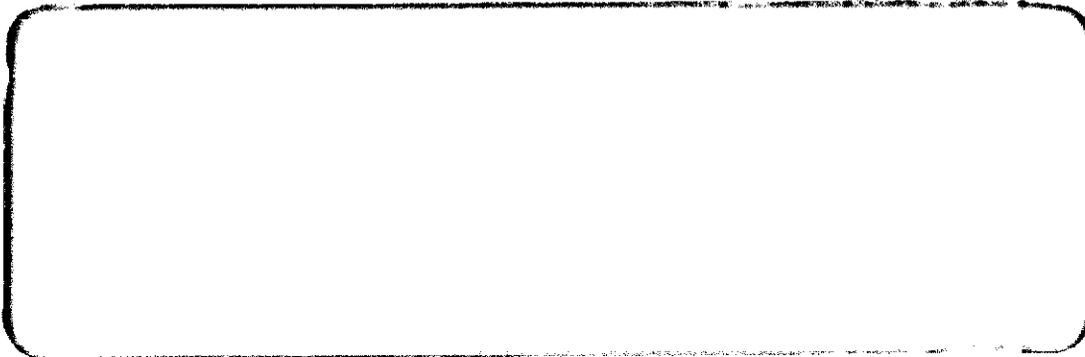
"Made available under NASA sponsorship in the interest of early and wide dissemination of Earth Resources Survey Program information and without liability for any use made thereof."

RECEIVED
NASA STI FACILITY
ACQ. BR.

F NOV 12 1973

Nov 12 1973

11042001



(E74-10085) APPLICATION AND EVALUATION
OF ERTS COLOR COMPOSITES FOR NATURAL
RESOURCES INVENTORY (Servicio Geologico de
Bolivia, La Paz.) 55 p HC \$4.75

N74-11196

Unclas

CSSL 05B G3/13 00085

Original photography may be purchased from
EROS Data Center
10th and Dakota Avenue
Sioux Falls, SD 57108

CASILLA DE CORREO 2729
CALLE FEDERICO ZUAZO 1673
Esq. REYES ORTIZ
La Paz - Bolivia

ABSTRACT

Bolivia is participating in the EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE Program within this program many interesting sets of images were received which are evaluated in the BOLIVIA-ERTS Program.

One of this images was obtained from the ERCS Program in color of the central part of the Bolivian Altiplano. "The color composite" and the black and white images were compared in order to evaluate^d which class of ERTS Product furnishes more information about specific topics.

It has been found out, that the images "color composites" give far more information - 50% more data - in hydrology, geomorphology, vulcanism, geology, soils and vegetation, that can be obtained from black and white images of the same scene.

For this reason, our project is processing with preference "color composites" 9.5" x 9.5" of the whole country, which are periodically sent by N.A.S.A.

ooo 0 ooo

I N D I C E

Resumen

1.0 Introducción

2.0 Métodos de trabajo

3.0 Estudios integrados

3.1 Posición del área de investigación con relación a la Carta Geográfica Nacional

3.2 Estudios de drenaje

3.2.1 Mapa de drenaje

3.2.2 Mapa de análisis de drenaje

3.3. Estudios Hidrológicos

3.3.1 Mapa de áreas de humedad relativa y zonas de inundación

3.3.2 Mapa de permeabilidades relativas

3.4 Estudios Geomorfológicos

Bosquejo Geomorfológico del área de estudio

3.5 Estudios de Vulcanismo

Mapa vulcanológico

3.6 Estudios estructurales

Mapa estructural

3.7 Estudios Geológicos

Mapa Geológico

3.8 Estudios de Suelos

Mapa fisonómico de suelos

4.0 Comparación de datos obtenidos de imágenes de composición de color y blanco y negro.

4.1 Cartografía

4.2 Hidrología

4.3 Geomorfología

Vulcanismo

4.4 Geología

4.5 Suelos

5.0 Conclusiones.

"APLICACION Y EVALUACION DE IMAGENES ERTS DE "COMPOSICION
DE COLOR" AL INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES"

Alvaro Fernández C.

Carlos Brockmann

Original photography may be purchased from
EROS Data Center
13th and Dakota Avenue
Sioux Falls, SD 57198

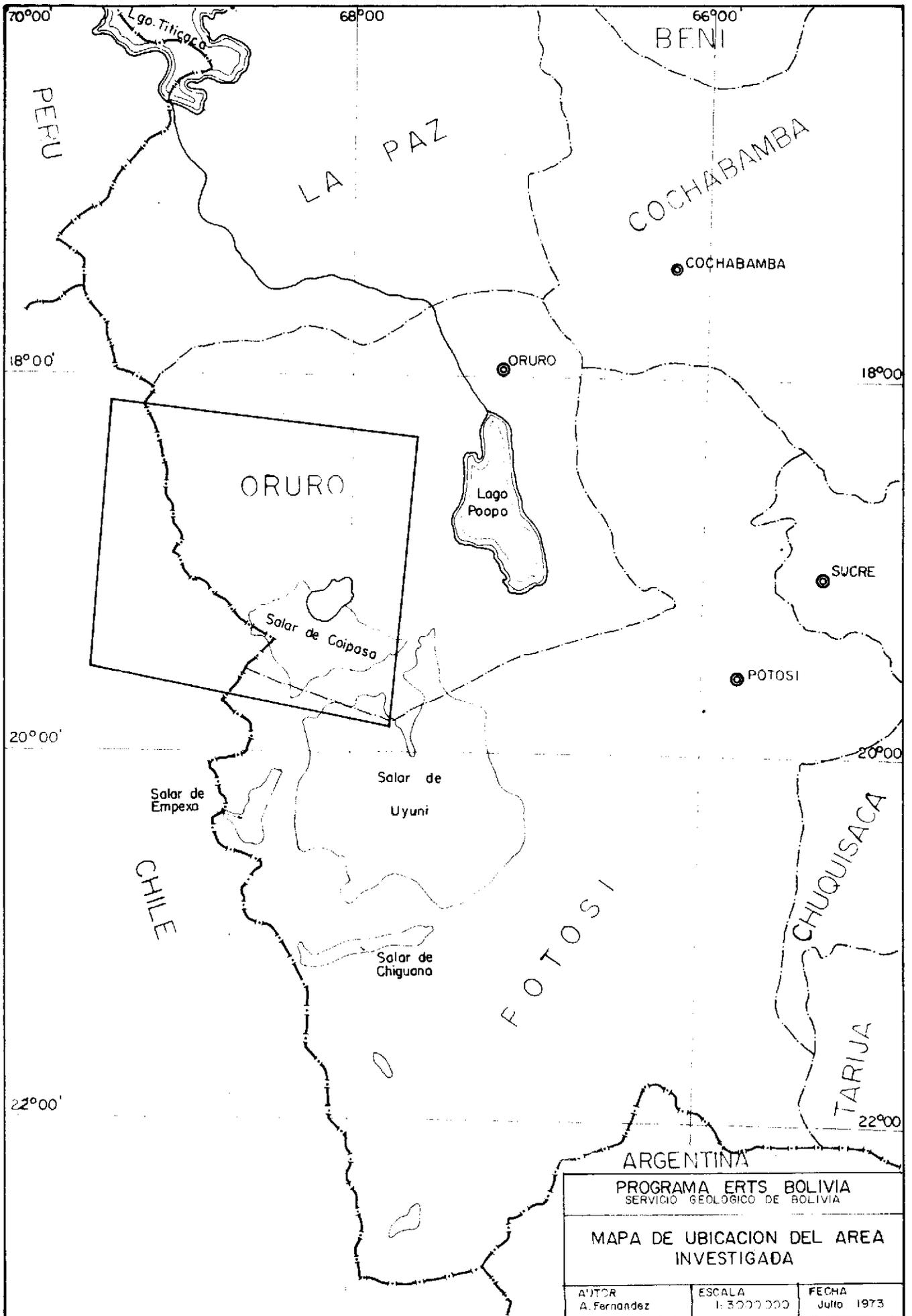
R E S U M E N

Con el propósito de evaluar el volumen de información posible de obtener de imágenes ERTS de "composición a color" en papel, en el mapeo de los recursos naturales, se han obtenido 11 cartas temáticas a partir de la imagen 1010-114035, proporcionada por EROS correspondiente al sector central del altiplano boliviano.

En vista de la calidad y cantidad de datos conseguidos de la imagen mencionada, se procedió a comparar esta información con interpretaciones de la misma región, realizadas en imágenes blanco-negro del sistema multiespectral, banda infrarrojo MSS-7.

Los resultados indican que las imágenes a color en papel, proporcionan un 50% más de datos que las imágenes blanco-negro en escala 1:1.000.000, en los campos de la hidrología, geomorfología, vulcanismo, geología, suelos y vegetación.

En vista de estos resultados, el proyecto del Satélite de Recursos Naturales ERTS-Bolivia, está procesando los diapositivos 9.5" x 9.5" de todo el país en composiciones a color utilizando películas diazo, en las bandas 4 - 5 - 7.



PROGRAMA DEL SATELITE TECNOLOGICO DE RECURSOS NATURALES

ERTS - BOLIVIA

APLICACION Y EVALUACION DE IMAGENES ERTS DE COMPOSICION
DE COLOR AL INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES

Por Alvaro Fernández C.

Carlos Brockmann P.

Siegfried Kussmaul

Colaboración

Orlando Unzueta

1.0 INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental, investigar el volumen de información que proporcionan las "composiciones de color", para la compilación de diversas cartas temáticas directamente relacionadas a estudios integrados dentro un plan de inventario de recursos naturales.

Por otra parte, se evalúa esta información comparada cualitativa y cuantitativamente con los datos que se extraen de imágenes en blanco y negro del sistema de multibanda (MSS) de la misma zona.

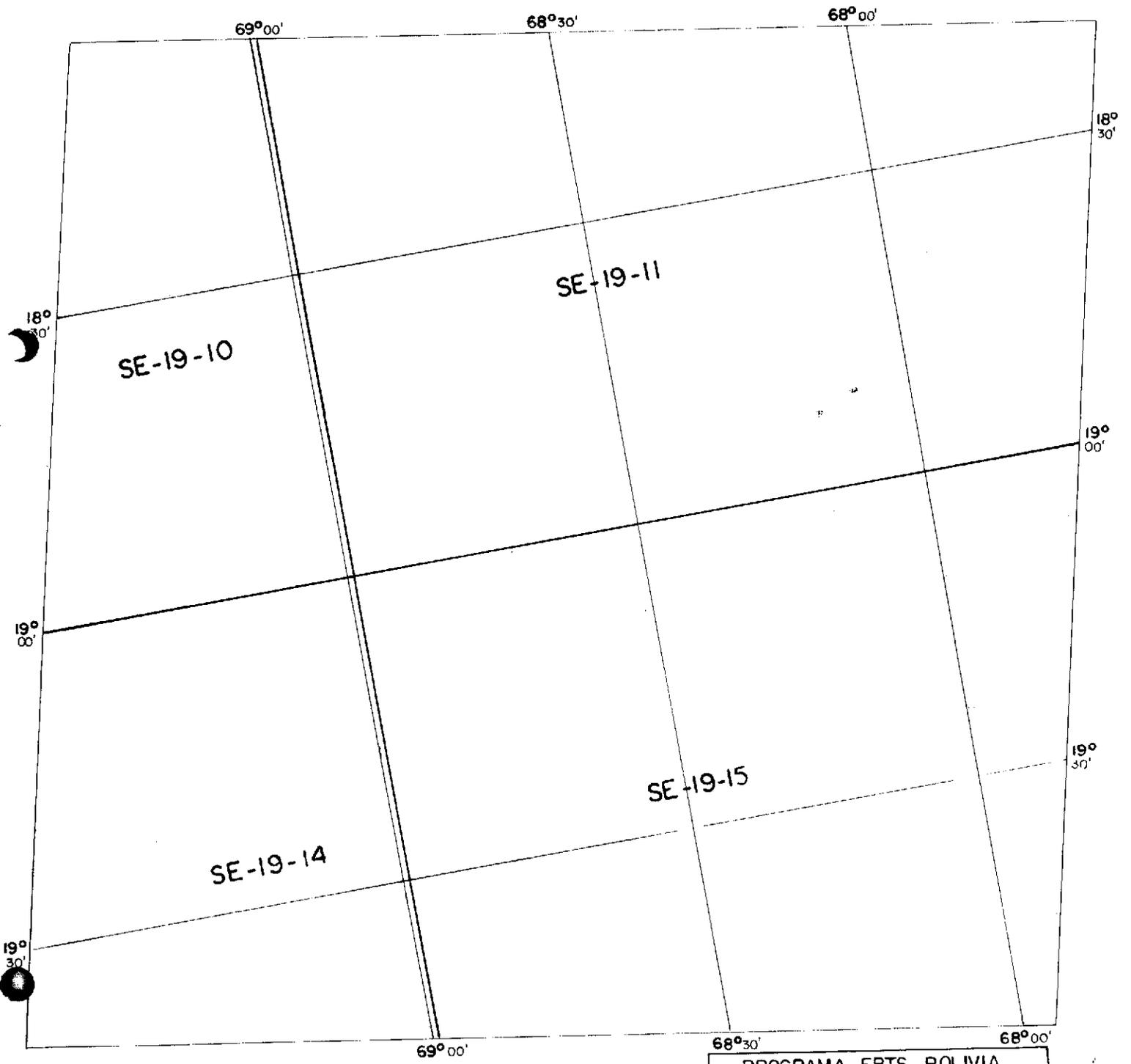
El área elegida para realizar los estudios antes mencionados, corresponde geográficamente a la región central del altiplano boliviano y cordillera Occidental o de los volcanes, respectivamente; frontera en la República de Chile y limitados aproximadamente por las coordenadas 18° 00' - 19° 30' de latitud sud y 68° 00' - 69° 30' de longitud oeste cubriendo un área aproximada de 32.000 Km².

Políticamente corresponde a las provincias Sajama, Litoral, Atahuallpa y Ladislao Cabrera del Departamento de Oruro y Daniel Campos del Departamento de Potosí.

La imagen de composición de color, 1010-14035 del 2 de Agosto de 1973, fué gentilmente enviada por el Programa Earth Resource Observation System (EROS) del Servicio Geológico de los Estados Unidos

2.0 METODOS DE TRABAJO

La investigación fué encarada a través de dos fases distintas de tra-

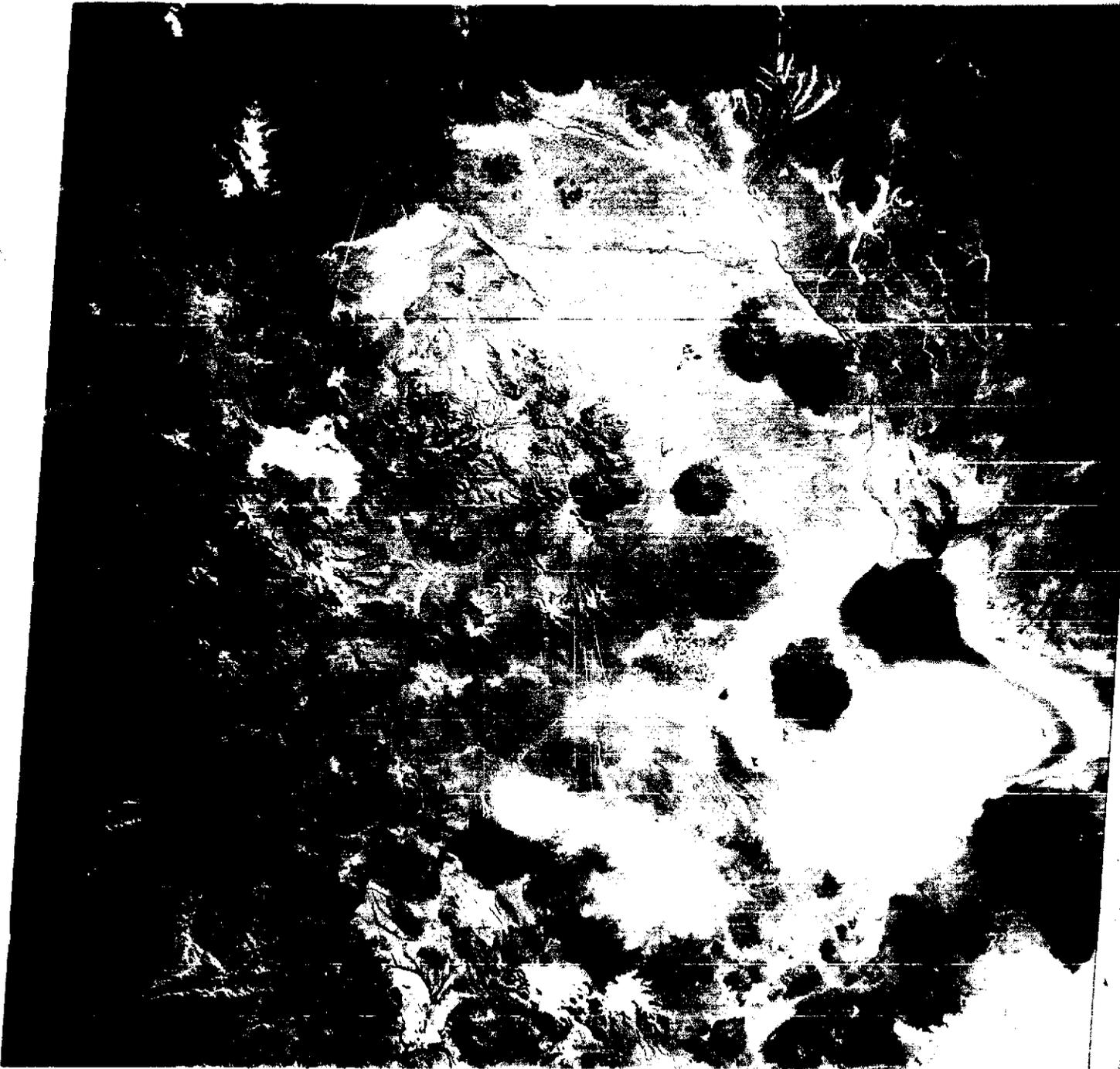


PROGRAMA ERTS BOLIVIA			
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA			
DISTRIBUCION DE HOJAS CARTOGRAFICAS			
EN ESCALA 1: 250 000			
AUTOR	ESCALA APROX	FECHA	
A. Fernandez	1:1000 000	Julio 1973	01

W068-001

W068-301

W068-001



1000-0-0000
 1000-0-0000
 1000-0-0000
 1000-0-0000

W068-20 1000-001 W068-301 W068-001
 02/10/72 C 919-00/W068-37 N 919-01/W068-34 MSS 6 R SUN EL36 AZ048 189-0137-A-1-N-D-2L NASA ERTS 5-1010-1-0035-0 01

bajo:

- Interpretación de la imagen de composición de color a fin de encontrar los parámetros y claves que permitan standarizar los diferentes rasgos naturales y luego la compilación de cartas temáticas.

Con la metodología adoptada se obtuvieron mapas de drenaje, permeabilidades relativas, de humedad y áreas de inundación, geomorfología, vulcanismo, estructurales, geológicos y de suelos. Esta información presenta un cuadro general de los recursos hídricos, de materiales de construcción, ubicación de áreas favorables para la construcción de obras civiles, fuentes geotermales, áreas de interés mineralógico y tipos de suelos desde el punto de vista agrícola.

Con este bagaje de conocimientos es posible programar la exploración y explotación racional de dichos recursos.

- La segunda fase del presente estudio consistió en la comparación de datos obtenidos en la interpretación cualitativa de la imagen de composición de color y aquellos que se extrajeron en imágenes blanco y negro de la misma región.

Para este fin se eligió la interpretación realizada sobre la banda 7 del sistema multibanda por ser la más versátil para los campos mencionados.

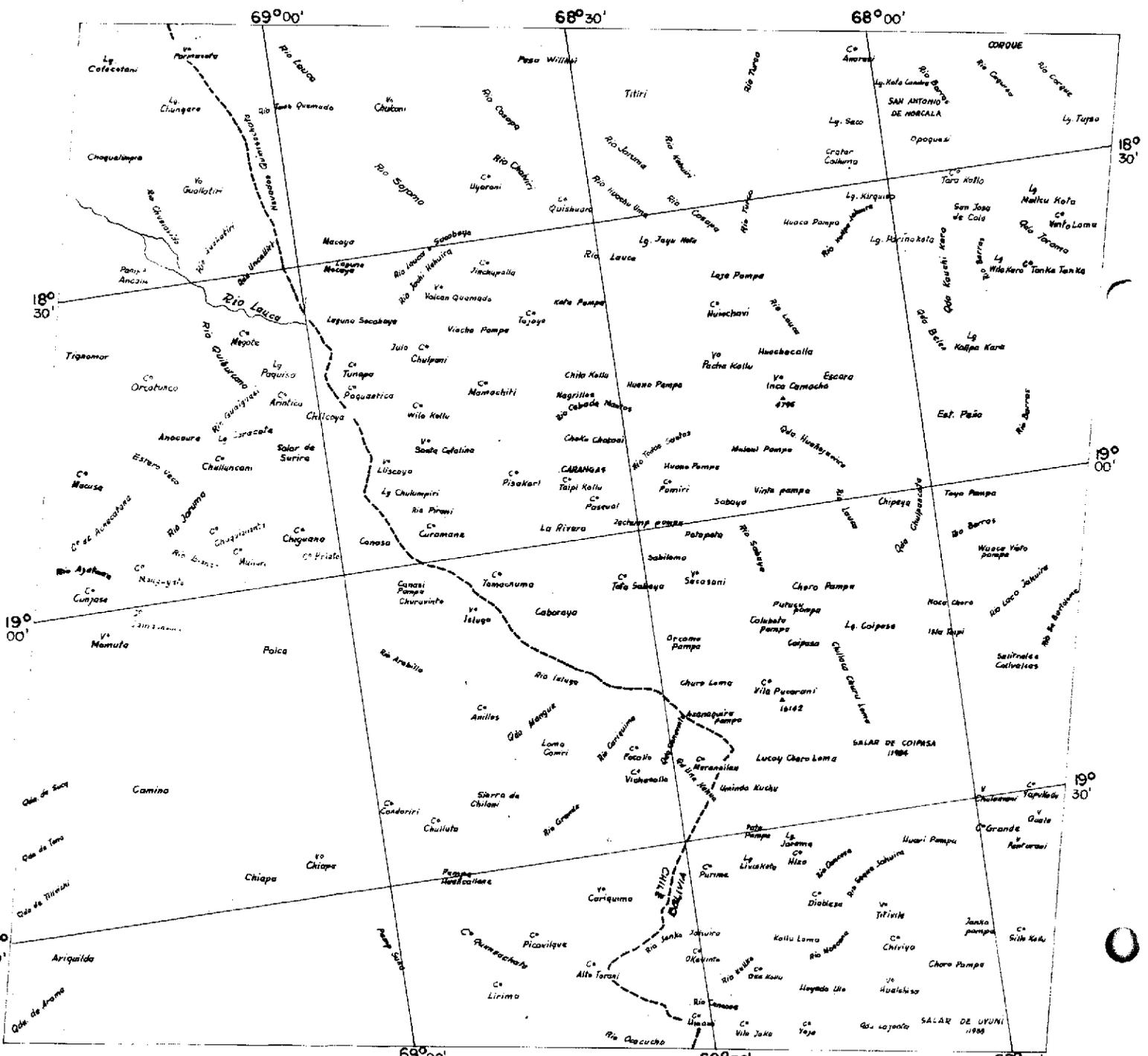
Se superpusieron "overlays" de ambas interpretaciones, con el fin de establecer en forma objetiva las diferencias de información. Para hacer más notorias estas diferencias, se marcaron en color rojo todos los datos adicionales proporcionados por las composiciones de color.

3.0 ESTUDIOS INTEGRADOS

3.1 Cartografía Topográfica

El área de investigación, corresponde a las hojas topográficas escala 1:250,000 de la Carta Geográfica de Sudamérica No. SE-19-11 (Corque) y SE-19-15 (Salar de Coipasa) en territorio boliviano con un cubrimiento del 60 al 80%; y las hojas SE-19-10 y SE-19-14 en territorio chileno con un cubrimiento del 40 al 60%.

La figura 01, ilustra esta situación y fué elaborada como mapa demostrativo del cubrimiento total de la imagen de composición



PROGRAMA ERTS BOLIVIA
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

MAPA TOPOMIMICO
Region Coipasa

AUTOR L. Fernandez	ESCALA APROX. 1:1 000 000	FECHA Julio 1973	02
-----------------------	------------------------------	---------------------	----



PROGRAMA ERTS BOLIVIA			
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA			
MAPA DE DRENAJE			
Region Coipasa			
AUTOR	ESCALA APROX.	FECHA	
A. Fernandez	1:1 000 000	Julio 1973	03

a color referida a los trabajos cartográficos de Sudamérica.

Con idéntico objetivo, se compiló un mapa toponímico de la región (Fig. 02). Se consignan datos hidrográficos, hipsográficos (parciales), orográficos, límites, fronteras y otros rasgos culturales.

Esta información fué obtenida de la Hoja Corque en 1:250.000 del Instituto Geográfico Militar, del Joint Operation Graphic (AIR), Salinas de Garci Mendoza, Bolivia, Chile, Departamento de Defensa de los EE.UU. de América.

3.2 Estudios de drenaje

3.2.1 Mapa de drenaje (Fig. 03)

La imagen de composición a color, presenta excelente detalle de la red de drenaje.

Ríos principales, se registran con gran nitidez, siendo posible identificar las zonas de desborde y humedad (caso del río Barras).

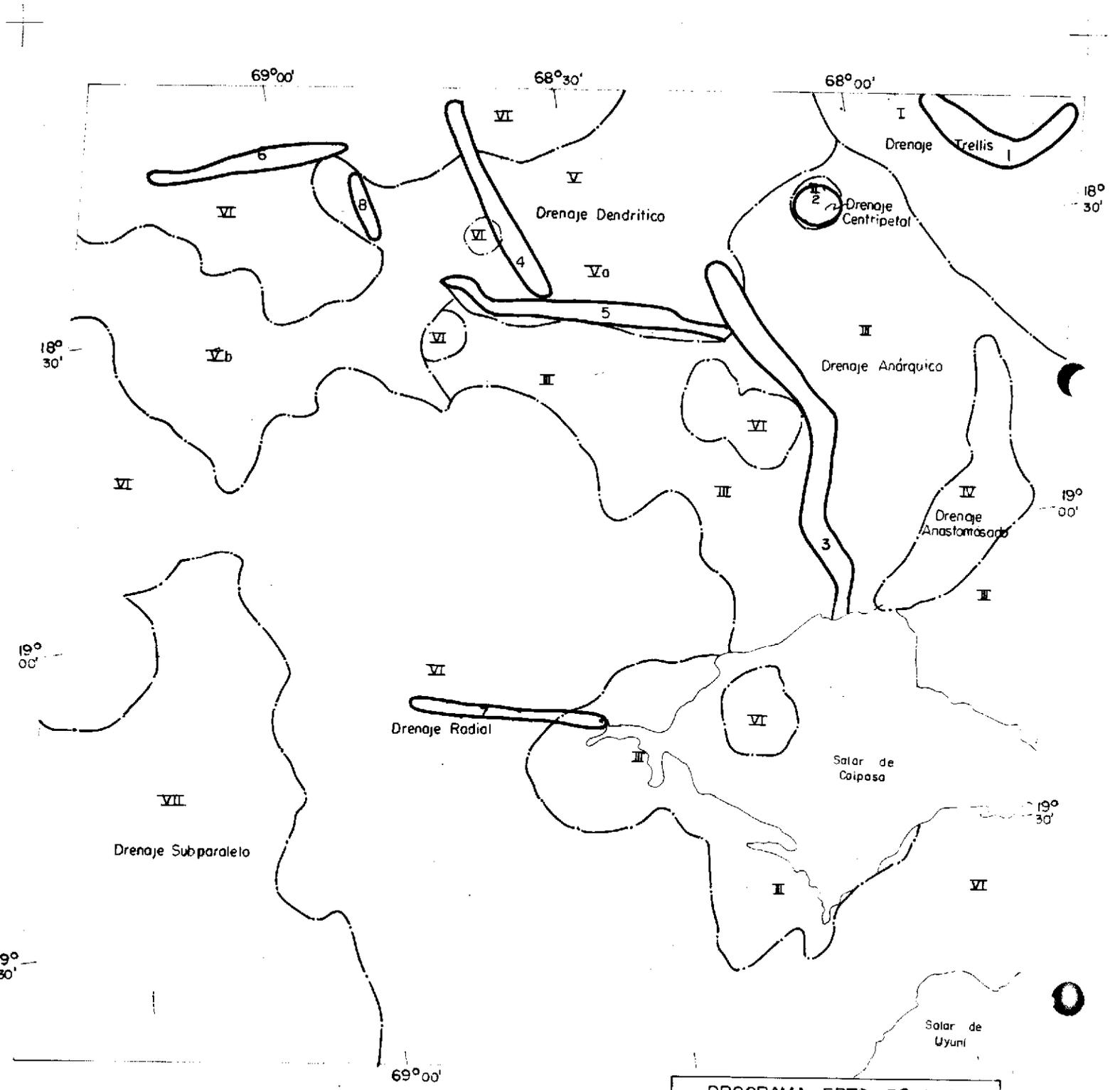
Los afluentes del cuarto y tercer orden, son de fácil reconocimiento, pudiendo seguir y extrapolar sus cauces con claridad.

Afluentes menores, están registrados con menor nitidez, pero es posible seguirlos. En áreas planas, es posible identificarlos siguiendo dos tipos de guías: colores blanquecinos relacionados a desbordes con posterior evaporación que han dado lugar a salitrales; ó pequeños cursos con una coloración rojiza que la hace resaltar en el conjunto.

Ríos con alto contenido de sedimentos en suspensión (caso río Barras) presentan colores amarillo verdoso a marrones, mientras que aquellos con menor contenido de sedimentos muestran coloración azul oscuro. Ríos intermitentes que bajan de los conos volcánicos o desarrollados sobre ignimbritas (sector occidental de la imagen) son reconocibles por un método indirecto, relacionado a las quebradas profundas que labran y que se magnifican por las sombras.

Siguiendo estos parámetros de identificación, resulta relativamente fácil reconstruir diseños anárquicos y/o anastomosados.

Superficies especulares de lagos, muestran magníficos registros de color azul claro en algunos casos y azul oscuro en otros, estimándose que los primeros corresponden a aguas someras, generalmente asociadas a zonas planas con alto contenido de sales en suspensión, que dan lugar a depósitos evaporíticos y los segundos



PROGRAMA ERTS BOLIVIA SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA			
MAPA DE ANALISIS DE DRENAJE			
AUTOR A Fernandes	ESCALA APROX. 1:1000 000	FECHA Julio 1973	04

a aguas más profundas.

Lagos de reducidas dimensiones, son posibles de identificar y definir sus bordes, aplicando las características anotadas.

3.2.2. Mapa de análisis de drenaje (Fig. 04)

Para obtener información adicional, a las interpretaciones geológicas con relación al cuadro tectónico regional y su influencia en el diseño de avenamiento de los ríos de la región, como también al control litológico, reflejado en la densidad del drenaje se ha realizado un análisis del sistema hidrográfico.

Por otra parte se han ubicado las tendencias anómalas, como guías de control estructural.

Los resultados de este trabajo en forma sintética, son los siguientes:

Zona I

Drenaje tipo trellis o enrejado.

Indica un fuerte control estructural. Los ríos subsecuentes (caso del Río Corque) hacen de colectores principales y corren por zonas de debilidad, probablemente conectada a fallas.

Por otra parte deflecciones del río indicarían hundimiento de pliegues.

La densidad es media, presumiblemente desarrollada sobre rocas arenosas y margosas.

Zona II

Drenaje centrípeto

Este diseño de avenamiento aparece como un patrón anómalo. Intereleccionado a criterios morfológicos, permite presumir la existencia de una depresión casi circular que podría estar conectada a un cráter de colapso.

Zona III

Drenaje anárquico

Sus características indican que se trata de cursos de agua, sin un plan definido, irregularmente dispuestos, con áreas de infiltra-

ción que truncan los diseños.

Esto hace suponer que los materiales sobre los que se desarrollan son sedimentos sueltos de alta permeabilidad en áreas casi planas.

Zona IV

Drenaje anastomosado

En el sector centro-oriental de la imagen se observa el río Barras, que presenta un drenaje anastomosado. Un estudio detallado permite observar el entrelazamiento de 3 o 4 canales y sus cursos de desborde, constituyendo un clásico ejemplo de este tipo de avenamiento. Esta disposición de los cursos de agua, indica áreas bastante planas y caudales considerables cercanos al nivel de base del salar de Coipasa.

Zona V

Drenaje dendrítico

Indica una falta total de control estructural y de substructum. En base a su densidad, es posible diferenciar dos subzonas.

La primera (V-a) muestra una densidad baja, pudiendo estar relacionada a sedimentos areno-arcillosos. En cambio la segunda (V-b) estará desarrollada sobre rocas más impermeables, probablemente arcillas.

Zona VI

Drenaje radial

Corresponde al grupo de conos volcánicos, que se desarrollan en la región sudcentral de la imagen. En su gran mayoría estos conos muestran drenajes radiales típicos, estando en algunos casos menos nítidos por procesos geomórficos complejos que han enmascarado el drenaje original. Sin embargo se los ha agrupado bajo un mismo diseño, relacionado a la actividad de los estratovolcanes de la zona.

Zona VII

Drenaje subparalelo

En el extremo sudoccidental se observan drenajes subparalelos. Presumiblemente están relacionados a efusiones fisurales de ignimbri-

tas, cuyos sistemas de fracturas y diaclasas han condicionado este tipo de patrón de drenaje.

Zonas Anómalas

Se han considerado como tales, aquellas cuyos diseños se desvían de la tendencia general, por una posible concomitancia a control estructural.

Anomalía 1.- Deflección simple del curso del río Corque, de posible relación a hundimiento de pliegues.

Anomalía 2.- Drenaje centripetal en un área plana. Conexión a cráter de colapso o impacto meteorítico (?).

Anomalía 3.- Doble deflección de ríos, producida por lineamientos principales N-S y secundarios NW-SE.

Anomalía 4.- Alineación de ríos por fallas NW-SE.

Anomalías 5-6-7.- Alineamientos de ríos E-W, producidos por lineamiento en esa dirección.

3.3.- Estudios Hidrológicos

3.3.1 Mapa de zonas de humedad y áreas de inundación.

Las imágenes de composición a color, presentan registros que posibilitan la compilación de mapas de zonas de humedad y áreas de inundación, de innegable valor para trabajos de hidrología.

Lagos.- Las guías para su identificación se detallan en 3.2.1

Salares.- Muestran colores blanco brillantes. Sus bordes son posibles de definir por un cambio notable a colores blanco opacos correspondiente a salitrales y zonas de arena.

Zonas de humedad.- Se han mapeado como tales, todas aquellas áreas con presencia de cuerpos de agua muy superficial y humedad con conexión a salares.

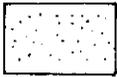
Las primeras muestran colores azul claros, de acuerdo a intensidad en forma de aureolas. Se notan muy claramente en el Salar de Coipasa y Surire.

///.-

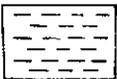
L E Y E N D A



Lagos

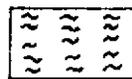


Salares

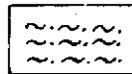


Zonas de Humedad (cuerpos de agua)

Areas de Inundación permanente

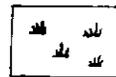


Desborde de rios



Salitrales

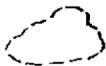
Areas de Inundación temporal



Bofedales, Totorales.



Rocas

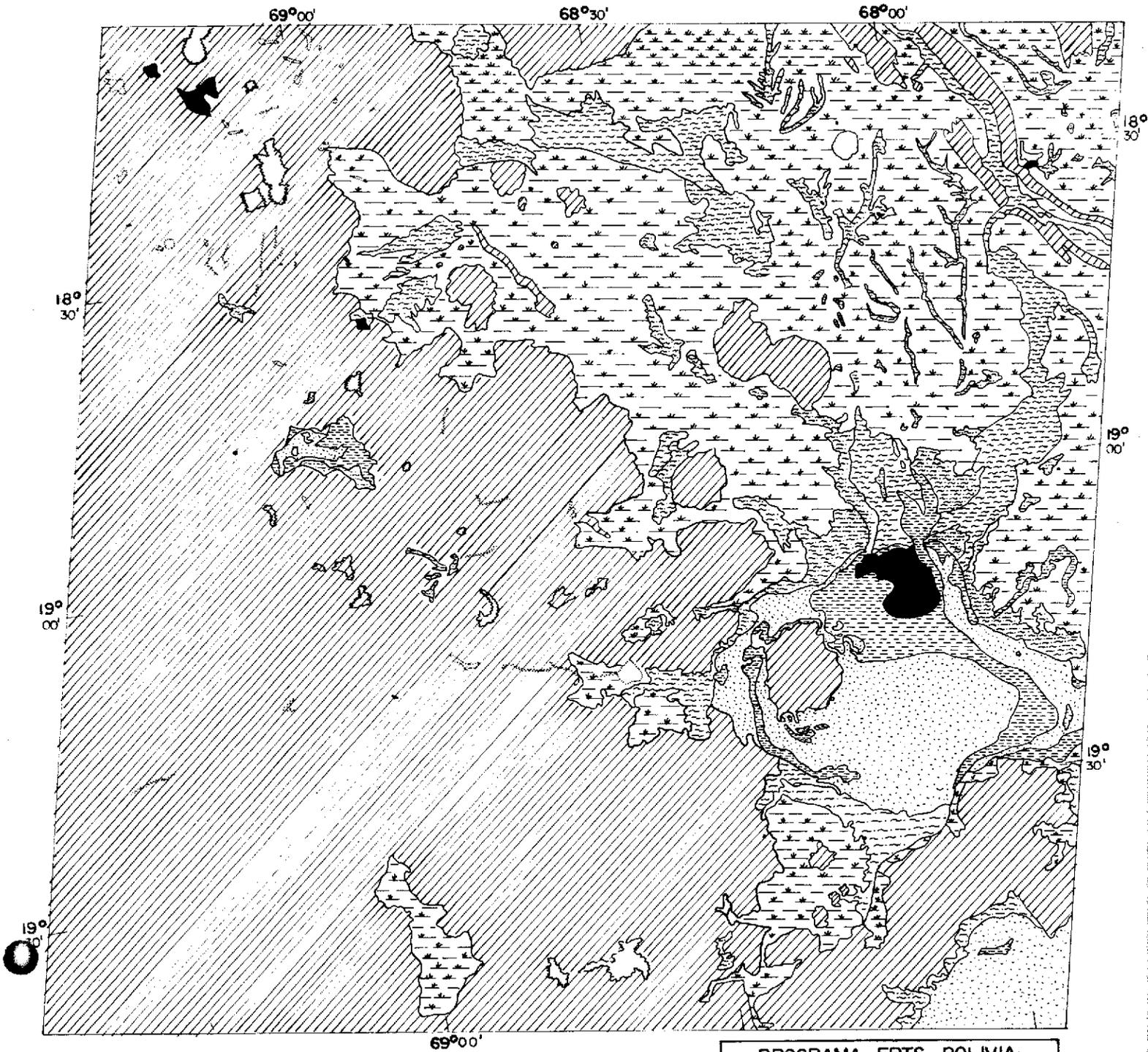


Limites de areas cubiertas con nieve.



Cursos de agua con anomalias de color

(Probable conexión a fuentes geotermales)



PROGRAMA ERTS BOLIVIA
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA

MAPA DE ZONAS DE HUMEDAD
Y AREAS DE INUNDACION
Región Coipasa

AUTOR A. Fernandez	ESCALA APROX 1:1.000.000	FECHA Julio 1973	05
-----------------------	-----------------------------	---------------------	----

Las zonas de sal húmeda se registran con tonos grises que resaltan en el conjunto blanco de los salares,

Además de los rasgos descritos existen otras zonas húmedas sobre las planicies fluviolacustres, registradas como cuerpos de agua de color azul oscuro.

Áreas de Inundación.- Se han establecido dos categorías de áreas de inundación:

Áreas de inundación permanente.

Corresponden a dos diferentes fuentes de origen. Una ; producidas por desborde de ríos y otras a zonas evaporíticas.

Las primeras se registran en colores marrón verdosos con parches más oscuros, posiblemente donde hay mayor concentración de humedad. Las áreas de salitrales y arenales son muy conspicuas, presentan colores blanco opacos a blanco rosado, mostrando también como en el caso anterior zonas más grises correspondientes a mayor humedad.

Áreas de inundación temporal.

Las planicies fluviolacustres relacionadas a los grandes ríos (Lauca, Sajama, Cosapa, Turco, Corque, Barras), están sujetos a un régimen temporal de inundación, debido a desborde de ríos y permanencia estacional de aguas. Esta unidad es reconocible por su expresión morfológica plana, los colores verde azulados con que se registran los "bofedales" y la falta de drenaje.

Límites de áreas con cubierta de nieve

Es conocido que las nieves tienen influencia sobre la capacidad hídrica de la Cuenca altiplánica, por este motivo se han mapeado los paquetes de hielo. Esta unidad presenta un color blanco más brillante que el registrado por salares, presentando además bordes irregulares aureolados de celeste.

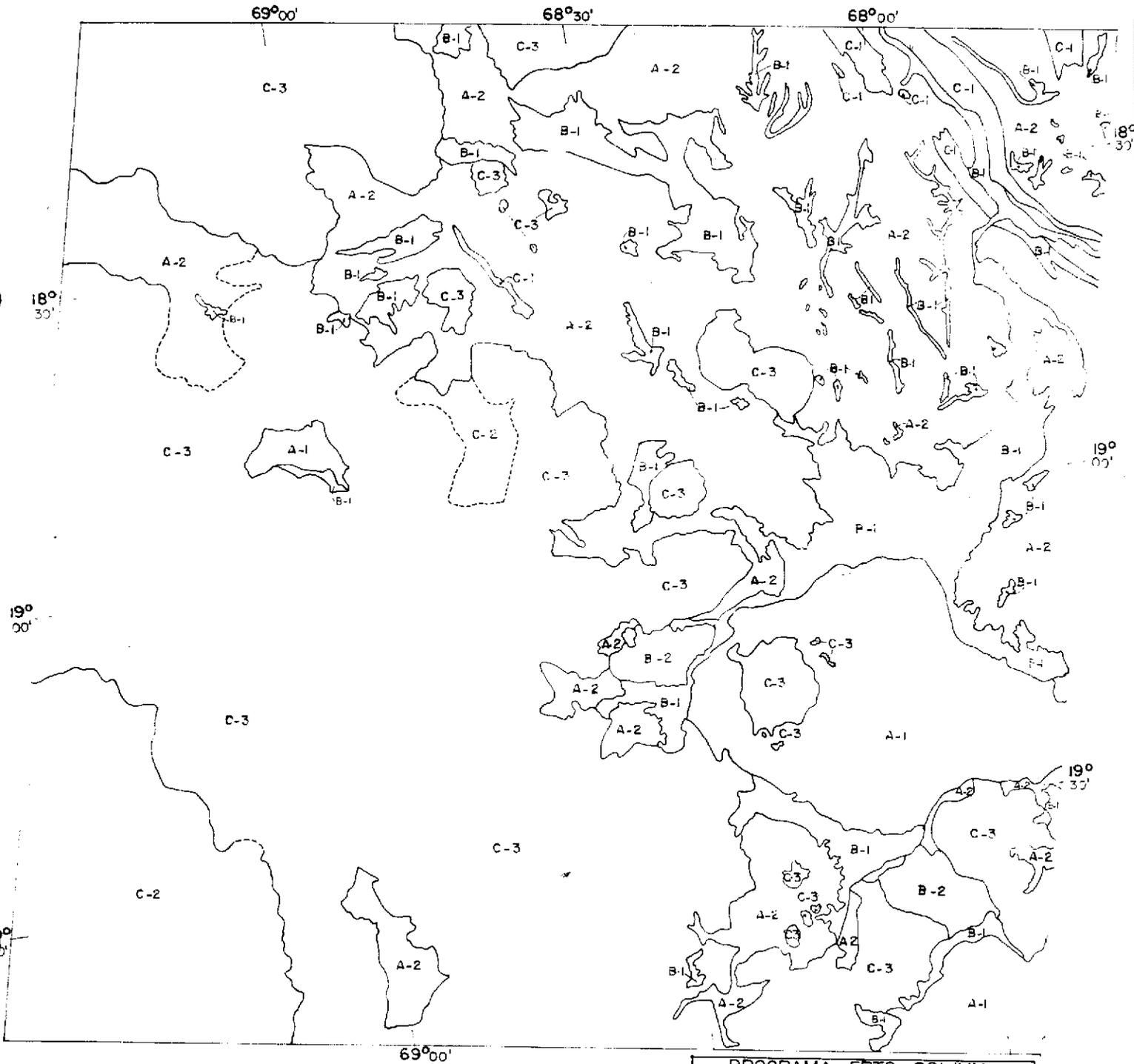
Zonas anómalas de humedad.

La imagen registra algunos cursos de agua, o zonas relacionadas a ellas con una coloración anaranjada rojiza, totalmente anormal, a la forma de presentación de ríos o zonas de humedad.

Esta circunstancia llamó la atención de los intérpretes, buscando el origen de dichas anomalías.

LEYENDA

Areas de permeabilidades relativas altas	A - 1	Salares
	A - 2	Suelos sin drenaje
Areas de permeabilidades relativas medias	B - 1	Arenales
	B - 2	Campos de lavas de bloque sobre salitrales
Areas de permeabilidades relativas bajas	C - 3	Rocas sedimentarias
	C - 2	Ignimbritas
	C - 1	Lavas



PROGRAMA ERTS BOLIVIA			
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA			
MAPA DE PERMEABILIDADES			
RELATIVAS			
Region Coipasa			
AUTOR	ESCALA APROX	FECHA	
A. Farfán 197	1:1000000	Julio 1977	06

Consultada la bibliografía y por comunicación verbal de algunos geólogos que trabajaron en la zona, parecería que tienen conexión con aguas termales. Sin embargo, no se descarta la posibilidad que estas zonas estén relacionadas a vegetación.

Trabajos de campo verificarán esta relación que de ser comprobada constituirá una excelente guía para la ubicación de fuentes geotermales.

3.3.2.- Mapa de permeabilidad relativas (Fig. 06)

En íntima relación con el mapa anterior y mostrando la relación permeabilidad-suelo-roca, se ha elaborado una carta de permeabilidades relativas. Las unidades diferenciadas son las siguientes:

Áreas de permeabilidad alta (A)

A-1 Salares.- Se consideran como las zonas de mayor permeabilidad.

A-2 Suelos sin drenaje. Corresponden a los bofedales y totorales, que se extienden sobre la llanura de desborde. Una característica determinante, es la falta casi total de drenaje, lo que indica suelos de una permeabilidad alta y grado elevado de infiltración.

Áreas de permeabilidad media (B)

B-1 Arenales y salitrales.- En relación a las unidades antes mencionadas, muestran permeabilidad menor los depósitos de arena y evaporitas.

B-2 Campos de lavas de bloque.- Se presentan en Orkoma Pampa y Choro Pampa, sobre suelos sin drenajes y salitrales.

Áreas de permeabilidad baja (C)

En esta unidad se han agrupado las rocas que ocurren en el área de investigación, categorizándolas en función de sus características granulométricas.

C-1 Rocas sedimentarias.- En vista de las limitaciones de escala que no permiten una diferenciación detallada, se han agrupado en esta categoría las rocas sedimentarias (areniscas, margas y lutitas).

C-2 Ignimbritas.- Las efusiones fisulares de ignimbritas, presentan fracturas de alta magnitud y frecuencia.

LEYENDA

Procesos Endógenos

A. Diastrofismo.

A.1 Homoclinales

A.2 Valles Sinclinales

B. Vulcanismo

B.1 Formas destruccionales

B.1.1 Hendiduras volcánicas y borde de Calderas

B.1.2 Cráteres

B.1.3 Conos parasíticos

B.2 Formas deposicionales

B.2.1 Erupciones por fisuras (Flujos de Ignimbritas)

B.2.2 Erupciones centrales (Estratovolcanes)

Procesos Exógenos

C. Formas denudacionales

C.1 Destrucionales

C.1.1 Fragmentos de bloques de lava

C.2 Construccionales

Formas producidas por gravedad

C.2.1 Abanicos Coluviales

Formas fluviales

C.3.1 Lechos de rios de corriente perenne

C.3.2 Canales de corrientes estacionales

Formas fluviudenudacionales

C.4.1 Valles en V

Formas fluvioglaciares

C.5.1 Morrenas

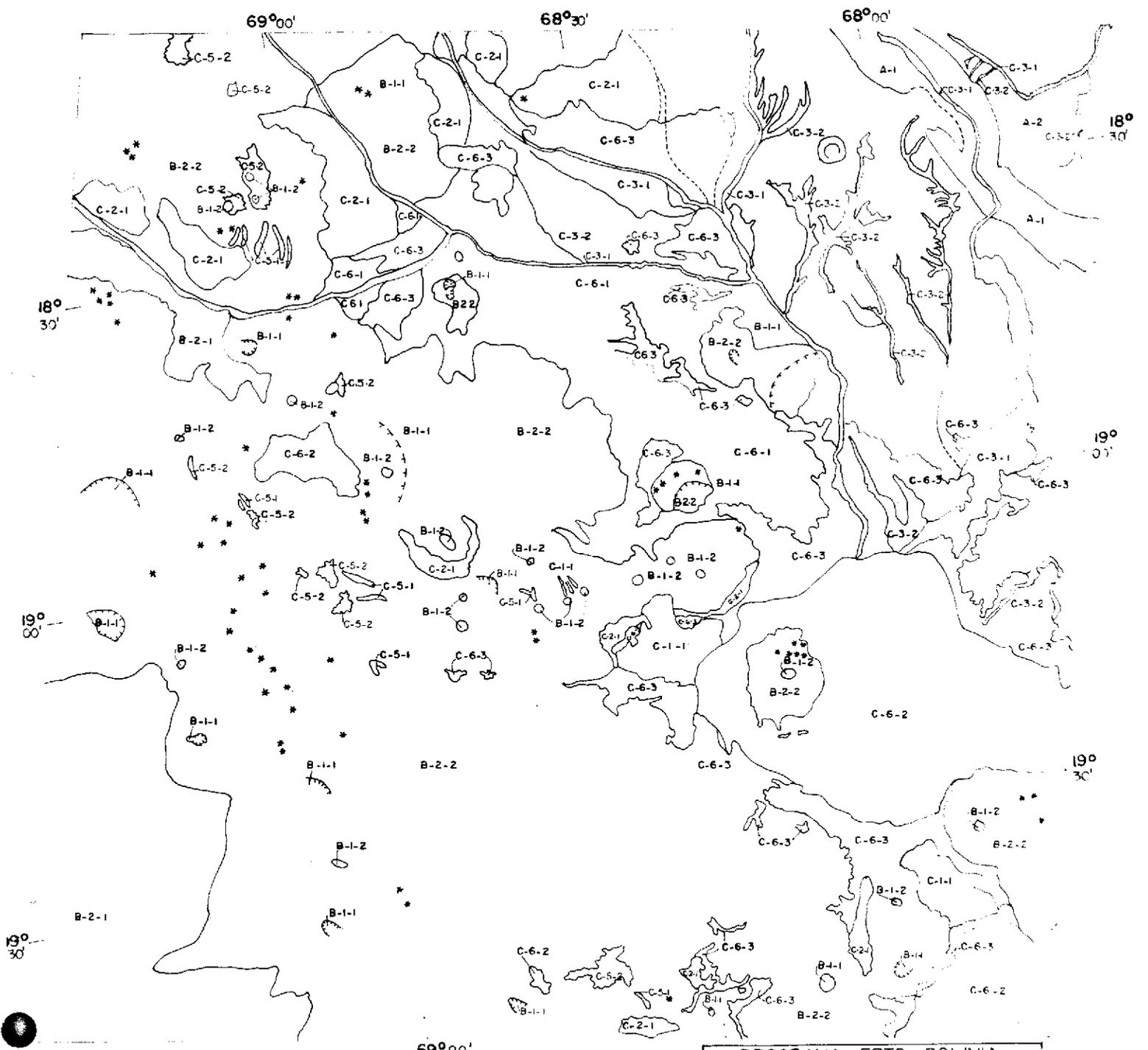
C.5.2 Límites de áreas cubiertas con nieve

Formas fluviolacustres

C.6.1 Planicies fluviolacustres

C.6.2 Salares

C.6.3 Salitrales



PROGRAMA ERTS BOLIVIA
 SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA
BOSQUEJO GEOMORFOLOGICO
 Region Coipasa
 Autor: E. PALZANI
 Fecha: 1973

C-3.- Lavas. Presentan permeabilidad secundaria por fracturas, probablemente producidas durante la etapa de enfriamiento de las efusiones volcánicas que las originaron.

3.4. BOSQUEJO GEOMORFOLOGICO. (Fig. No. 7)

Por la importancia de las formas en la planificación de obras civiles y la estrecha relación con el emplazamiento de cierto tipo de yacimientos minerales en la cordillera y altiplano bolivianos, se ha realizado una interpretación de los procesos y formas que han modelado los paisajes de la región objeto de estudio.

Procesos y formas endógenas

Diastrofismo (A)

A-1 Homoclinales

A-2 Valles Sinclinales

Corresponden a la serie sedimentaria ubicada al extremo NE del área, con pliegues relativamente amplios.

Vulcanismo (B)

Formas destruccionales (B-1)

B-1-1 Hendiduras volcánicas y bordes de calderas

Generalmente asociados a colapsos vulcano-tectónicos, se caracterizan por formas semicirculares a redondeadas.

En algunos casos dentro de las calderas se han construido nuevos aparatos volcánicos, enmascarando los bordes de calderas (Volcán Pumiri). En otros la cicatriz permanece muy clara.

B-1-2 Cráteres

Los estratovolcanes, generalmente de tipo compuesto presentan diferentes cráteres, correspondientes a diferentes fases de actividad.

La mayor parte son redondeados, aunque por erosión se elongan.

B-1-3 Conos parasíticos o adventicios

A pesar de la limitación por escala, se han reconocido gran número

de conos parasíticos. Se ubican en las faldas de los estratovolcanes, donde las formas subredondeadas bien conservadas resaltan en el relieve inclinado y liso.

B-2 Formas deposicionales

B-2-1 Erupciones por fisuras (Ignimbritas)

Forman grandes campos, registrados en la imagen en verde amarillento más claro que el de los estratos volcanes. Facilitan su identificación, la ubicación de lineamientos que coinciden con las fisuras; una textura más fina que los estrato volcanes y patrón de drenaje subparalelo con valles profundos.

B-2-2 Erupciones centrales

Corresponden a estrato volcanes, que a través de varias fases de actividad han producido aparatos volcánicos compuestos. Se registran con un color verde grisáceo, ocupando topográficamente, las cumbres con un marcado diseño de avenamiento tipo radial.

Procesos y formas exógenas.

Estos procesos están conectados a meteorización y erosión por diversos agentes, predominantemente agua, hielo y viento.

Formas denudacionales (C)

Formas destruccionales (C-1)

C-1-1 Campos de bloques de lavas

Producido por intemperismo físico, muestran aspecto moteado. Topográficamente se ubican al pie de los estrato volcanes, al nivel de la planicie.

Formas construccionales (C-2)

C-2-1 Formas producidas por gravedad

Abanicos coluviales

Localizados en el quiebre abrupto de la pendiente de los estrato volcanes en su caída hacia la depresión altiplánica. Se caracterizan por presentar un color verde claro que contrasta con los colores verdes

claro que contrasta con los colores verde oscuro de los aparatos volcánicos.

Por otra parte el drenaje radial se insume en estas zonas, reduciéndose casi totalmente su densidad.

Formas fluviales

C-3-1 Lechos de ríos de corriente perenne.

C-3-2 Canales de corriente estacionales.

Las características diagnósticas de reconocimiento de estos rasgos, se especifican en el capítulo de hidrología. Es necesario indicar que por razones de escala, los cursos estacionales principalmente han sido exagerados para permitir su presentación en las cartas temáticas.

Formas fluvio denudacionales

C-4-1 Valles en V

Su rasgo más característico, es la expresión morfológica. Están localizados en las laderas de los estratovolcanes y campos ignimbríticos donde labran valles muy profundos.

Formas fluvioglaciales

C-5-1 Morrenas

Conectados a los volcanes nevados, se han desarrollado depósitos morrénicos, que a pesar de las limitaciones de escala son posibles de identificar en la imagen, por las formas elongadas y de perfiles agudos que se presentan en las laderas de los estratovolcanes.

C-5-2 Límites de bordes de nieve

Las guías para su ubicación y reconocimiento se describen en 3.3.1

Formas fluvio-lacustres

C-6-1 Planicies fluviolacustres

C-6-2 Salares

C-6-3 Salitrales

Estas formas han sido descritas en 3.3.1

LEYENDA

- A Rocas sedimentarias y rocas ígneas de edad mesozoico
- B Ignimbritas y lavas miocenas (?) plegadas
 - B' Ignimbritas miocenas (?)
 - B'' Lavas miocenas (?)
- C Ignimbritas o tobas de flujo plio - pleistocenas
- D Estratovolcanes pleistocenos - holocenos
- E Depósitos Cuaternarios

 Falla

 Falla inferida

 Caldera o colapso volcano-tectónico

o Cráter conservado (Holoceno)

* Cráter parasítico bien conservado (Holoceno)

* Cráter parasítico o cúpula de lava

 Coladas de lava recientes

 Laguna

 Salar



PROGRAMA ERTS BOLIVIA SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA			
MAPA VULCANOLOGICO Region Coipasa			
AUTOR S. Kusmoul	ESCALA APROX 1:1000 000	FECHA Julio 1973	08

3.5 ESTUDIOS DE VULCANISMO (Fig. 08)

El área de investigación está cubierta en un 60% por materiales volcánicos.

A continuación se describen las rocas y rasgos vulcanológicos identificados en la imagen.

Ignimbritas y lavas miocenas (B) (°)

Al Este del lago salado de Surire en territorio boliviano, se encuentra el volcán "Santa Catalina" y conectados a este aparato volcánico una serie de derrames ignimbríticos.

En este conjunto se han hecho las siguientes diferenciaciones:

Ignimbritas miocenas (?) (B')

El criterio determinante para identificar estas ignimbritas del resto de las rocas volcánicas está basado en el color verde grisáceo, más claro que el conjunto circundante que presenta color verde oscuro.

Por otra parte se las considera las más antiguas por ser las únicas rocas volcánicas que están plegadas.

Lavas miocenas (?) (B'')

Corresponden a volcanes, cuyas formas son más redondeadas que los edificios más modernos, que presentan crestas agudas.

El criterio de forma es el único aplicable, puesto que los tonos y el color son idénticos a los presentados por lavas más modernas de los estratovolcanes.

Ignimbritas Plio-pleistocenas (C)

Se extienden al sudoeste del área, ocupando la pendiente de la cordillera hacia la costa chilena. Forman flujos de color verde amarillento con una textura gruesa y sistema de drenaje subparalelo de densidad media. Llamam la atención las profundas quebradas labradas por ríos muy activos.

(°) Las edades asignadas a lavas e ignimbritas, corresponden a datos conocidos por geólogos del Servicio Geológico de Bolivia y que han sido facilitados al autor para su extrapolación en imágenes.

Estrato volcanes Pleistoceno Holoceno (D)

Tienen un desarrollo y extensión variables. Presentan colores verdegrisáceo y un relieve muy elevado e irregular.

La combinación de fases lávicas y explosivas, ha sufrido erosión diferencial manifestada por expresiones morfológicas escalonadas. Presentan cráteres bien conservados, notándose que no han sido afectados por procesos de erosión intensa.

Formas volcánicas secundarias

Coladas de lava.

En algunos sectores de los estrato volcanes se observan formas lobadas de coladas de lava. La mayor parte de ellas están casi intactas lo cual indica que son muy jóvenes.

Conos parasíticos y cúpulas de lava.

Geomorfológicamente están localizados en la falda de los estrato volcanes. Presentan colores similares a aquellos, pero son fácilmente reconocibles por las formas cónicas que emergen del relieve suave de las faldas de los edificios volcánicos.

Cráteres

Los volcanes compuestos, presentan diferentes cráteres, la mayoría bien conservados. Sin embargo, algunos de ellos han sido colapsados o destruidos por actividad posterior. En algunos casos se observan restos erosionados.

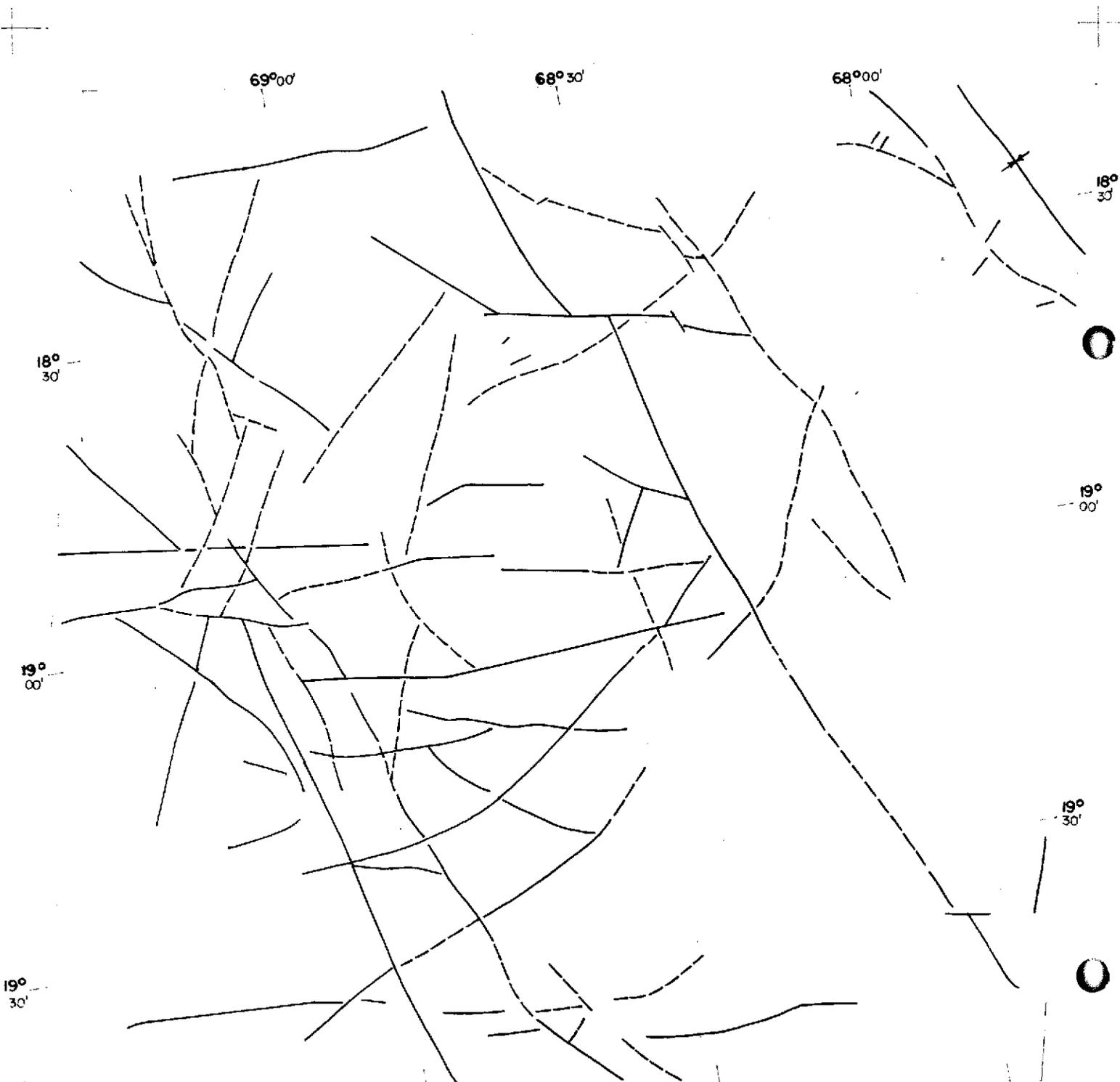
Calderas

Presentan formas semilunares y cambios notables en el relieve, respecto a formas circundantes.

En muchos casos sólo se observan las cicatrices dejadas por el colapsamiento, ya que las depresiones han sido rellenadas por emplazamiento de nuevos conos.

3.6 ESTUDIOS ESTRUCTURALES (Fig. 09)

Investigaciones anteriores demuestran que las imágenes ERTS tienen



PROGRAMA ERTS BOLIVIA			
SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA			
MAPA ESTRUCTURAL			
Region Coipasa			
AUTOR	ESCALA APROX	FECHA	
A. Fernandez	1:1000000	Julio 1973	09

su mejor aplicación en el campo de la geología estructural.

En el presente trabajo se corroboró esta conclusión. Imágenes de composición a color, permiten extraer un volumen considerable de datos sobre el estilo tectónico regional y elementos estructurales como pliegues, fracturas, fallas y lineamientos.

Pliegues

Evidentemente paisajes volcánicos y cambios poco notables en la litología de rocas sedimentarias, como en el caso presente, no permiten obtener información detallada sobre pliegues. Por otra parte la escala reduce las posibilidades de identificar plegamientos pequeños. Sin embargo, se han podido ubicar sinclinales y anticlinales tanto en el complejo sedimentario, como en ignimbritas.

Lineamientos

Se presentan como líneas rectas a ligeramente arqueadas siguiendo los rumbos dominantes: NW-SE y E-W, con menor frecuencia se observa un tercer juego de orientación NE-SW.

Para la identificación de los lineamientos, se han seguido diferentes criterios:

Por truncamiento o cambios notables de rumbo, de los estratos sedimentarios.

Cambios bruscos en el relieve.

Cambios notables de color entre rocas adyacentes.

Alineación de rasgos morfológicos (conos de deyección, conos volcánicos).

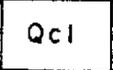
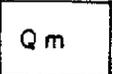
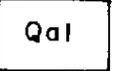
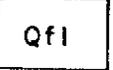
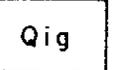
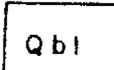
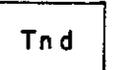
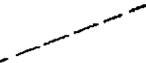
Dislocaciones apreciables.

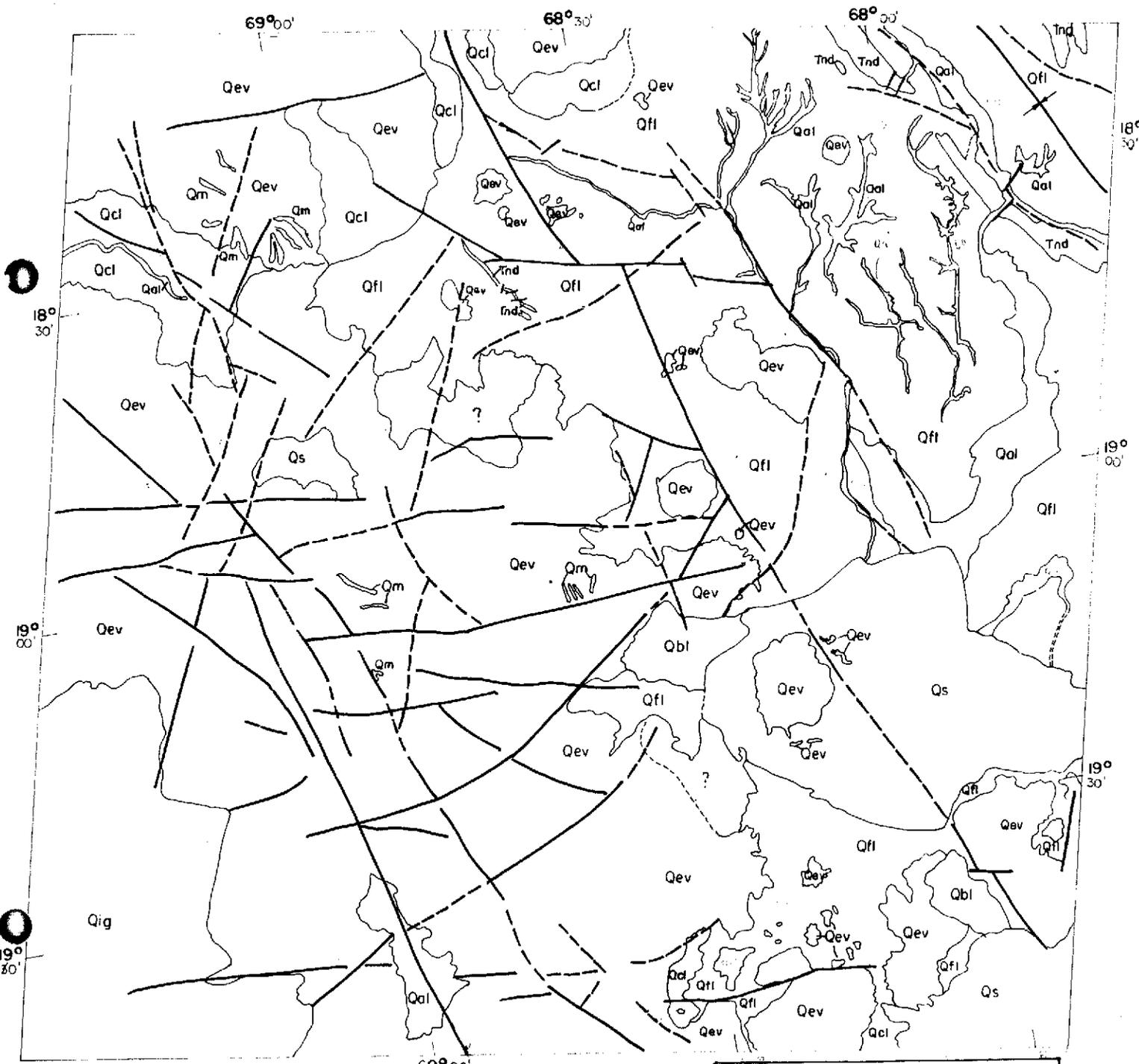
Alineamientos anómalos de cursos de agua.

Se considera que lineamientos que guardan relación con los casos enunciados, están conectados con fallas y generalmente corresponden a lineamientos regionales.

Lineamientos más pequeños y de mayor frecuencia están conectados a diaclasas o fracturas.

LEYENDA

	Salares	
	Depósitos Coluviales	
	Morrenas	
	Depósitos aluviales	
	Depósitos fluviolacustres	
	Ignimbritas cuaternarios	
	Estratovolcanes cuaternarios	 Lavas de bloque
	Terciario no diferenciado (Arenisca y lutitas)	
	Eje sinclinal	
	Lineamientos	
	Lineamientos inferidos	



PROGRAMA ERTS BOLIVIA			
SERVICIO GEOLÓGICO DE BOLIVIA			
MAPA GEOLÓGICO			
Region Coipasa			
AUTOR A. Fernández	ESCALA APROX 1:1000 000	FECHA Julio 1973	10

3.7 Mapa Geológico (Fig.10)

En base al conocimiento de campo, obtenido por el Servicio Geológico de Bolivia referente a la estratigrafía del área, se ha compilado un mapa geológico tentativo.

Las características que han permitido esta diferenciación, han sido descritas detalladamente en los capítulos de geomorfología, vulcanismo y estructural.

3.8 Mapa fisionómico de suelos

Con la imagen de color, se hizo la interpretación correspondiente para el mapeo de suelos en base a los patrones que se obtienen de estas imágenes y las posibilidades de observación de un gran área, factor que es muy favorable para la relación geográfica entre paisajes. En este caso el patrón más importante de interpretación fué el tono fotográfico, considerando entre otros, elementos interrelacionados, como afloramientos rocosos, drenaje, formas del paisaje, etc.

Las unidades de mapeo

Por razones de escala, las unidades de mapeo corresponden a paisajes y a sus principales sub-divisiones.

El método de interpretación seguido, estuvo basado principalmente en el patrón color y el análisis fisiográfico, identificándose las siguientes unidades:

C.- Región Montañosa

C.4.- Serranía

C.5.1 Conos volcánicos poco erosionados

C.5.2 Conos volcánicos erosionados

C.5.3 Morrenas

C.5.4 Laderas volcánicas erosionadas

C.5.5 Colinas con cimas agudas

C.6.2 Colinas con cimas redondeadas

C.7.1 Meseta

C.7.2 Meseta erosionada

C.8.1 Cárcavas muy erosionadas

C.8.2 Cárcavas poco erosionadas.

LEYENDA

C.- REGION MONTAÑOSA

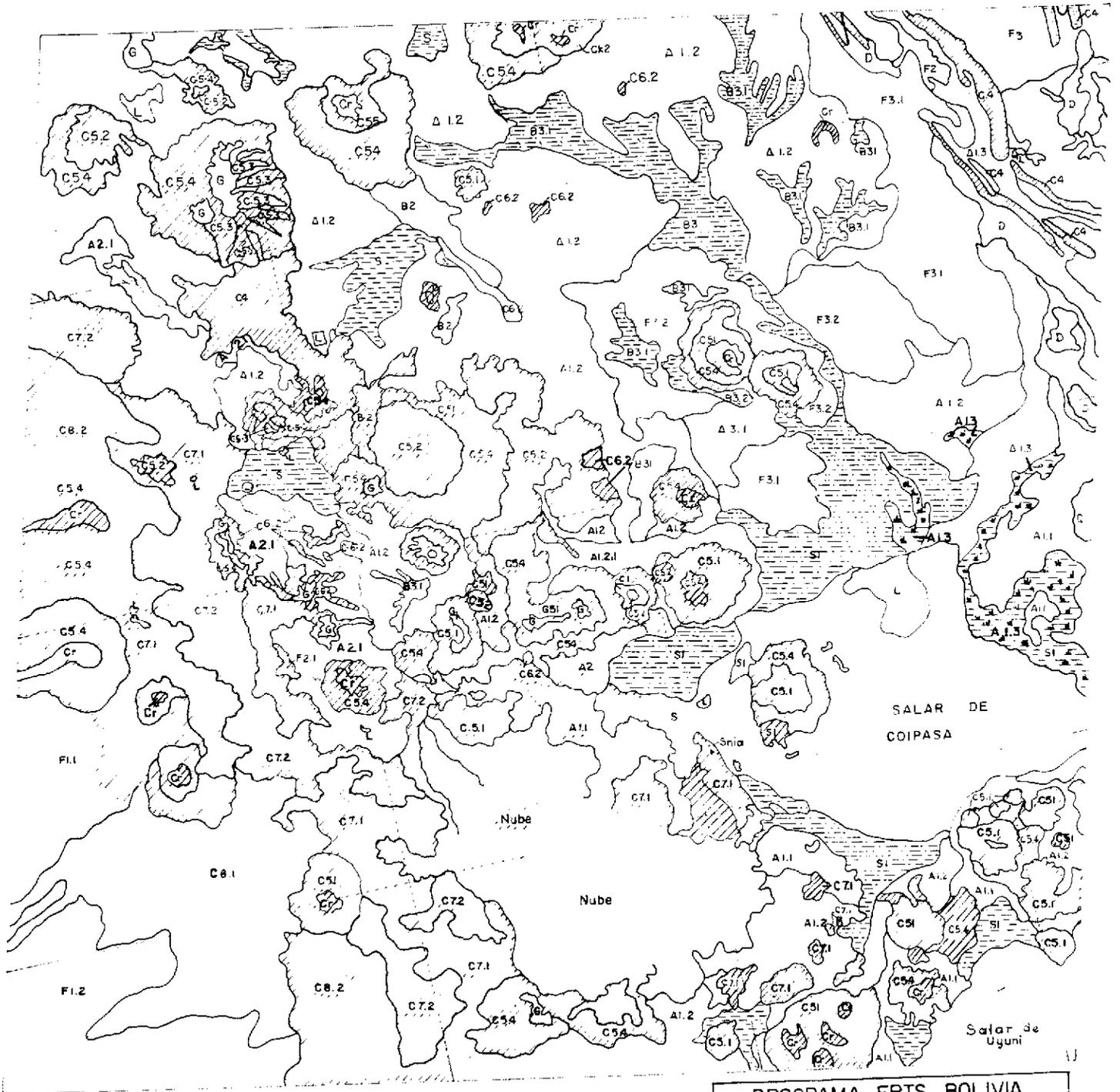
- C. 4 Serrania
- C. 5.1 Conos volcánicos poco erosionados
- C. 5.2 Conos volcánicos Erosionados
- C. 5.3 Morrenas
- C. 5.4 Laderas volcánicas erosionadas
- C. 5.5 Laderas volcánicas poco erosionadas
- C. 6.1 Colinas con cimas agudas
- C. 6.2 Colinas con cimas redondeadas
- C. 7.1 Mesetas
- C. 7.2 Meseta erosionada
- C. 8.1 Cárcevas muy erosionadas
- C. 8.2 Cárcevas poco erosionadas

F.- ABANICOS- VALLES- TERRAZAS

- F. 1.1 Abanicos fuertemente disectados
- F. 1.2 Abanicos moderadamente disectados
- F. 2.1 Valles
- F. 3.1 Terraza
- F. 3.2 Terraza erosionada

A.- LLANURA ALUVIAL

- A. 1.1 Llanura aluvial edáfica
- A. 1.2 Llanura aluvial
- A. 1.3 Llanura aluvial con drenaje pobre
- A. 2 Abanico aluvial
- B. 1. Llanura con lomas redondeadas
- B. 2. Llanura con lomas agudas
- B. 3.1 Depresiones con afloraciones salinas
- G. Glaciales
- L. Lago
- S. Salar
- cr. crater
- S1. Suelos Salinos



PROGRAMA ERTS BOLIVIA SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA			
MAPA DE SUELOS			
AUTOR D. Unzueto	ESCALA	FECHA Julio 1973	11

F.- Abanicos - Valles - Terrazas

- F.1.1 Abanicos fuertemente disectados
- F.1.2 Abanicos moderadamente disectados
- F.2.1 Valles
- F.3.1 Terrazas
- F.3.2 Terraza erosionada

A.- Llanura Aluvial

- A.1.1.- Llanura aluvial eólica
- A.1.2.- Llanura aluvial
- A.1.3.- Llanura aluvial con drenaje deficiente
- A.2.- Abanico aluvial
- B.1.- Llanura con lomitas redondeadas
- B.2.- Llanura con lomitas agudas
- B.3.- Depresiones con efluorescencias salinas
- B. - Glaciales
- L. Lago
- S. Salar
- Cr. Cráter
- D. Suelos salinos

4.0 Comparación de datos obtenidos con imágenes de color e imágenes blanco y negro.

Con el objeto de evaluar la calidad y cantidad de información extraída tanto de imágenes de "composición a color" e imágenes blanco-negro, se procedió a su comparación.

Las interpretaciones de imágenes blanco y negro corresponden a la banda 7 del sistema multiespectral y fueron realizadas por personal del proyecto, dentro los diferentes sub-programas de investigación. (°)

-
- (°) Subprograma Hidrología "Estudio de la región Salar de Uyuni-Coipasa" M. Illijó.
 - " Geomorfología "Bosquejo Geomorfológico de la región sud-occidental de Bolivia, utilizando imágenes ERTS". M. Suárez.
 - " Vulcanismo. "Interpretación vulcanológica de la parte septentrional de la cordillera occidental de Bolivia utilizando imágenes ERTS". S. Kusmaul.
 - " Geol. Regional. "Interpretación geológica de imágenes ERTS región occidental de Bolivia. R. Ballón.
 - " Suelos "Informe de la utilización de imágenes ERTS en levantamientos de suelos". O. Unzueta.

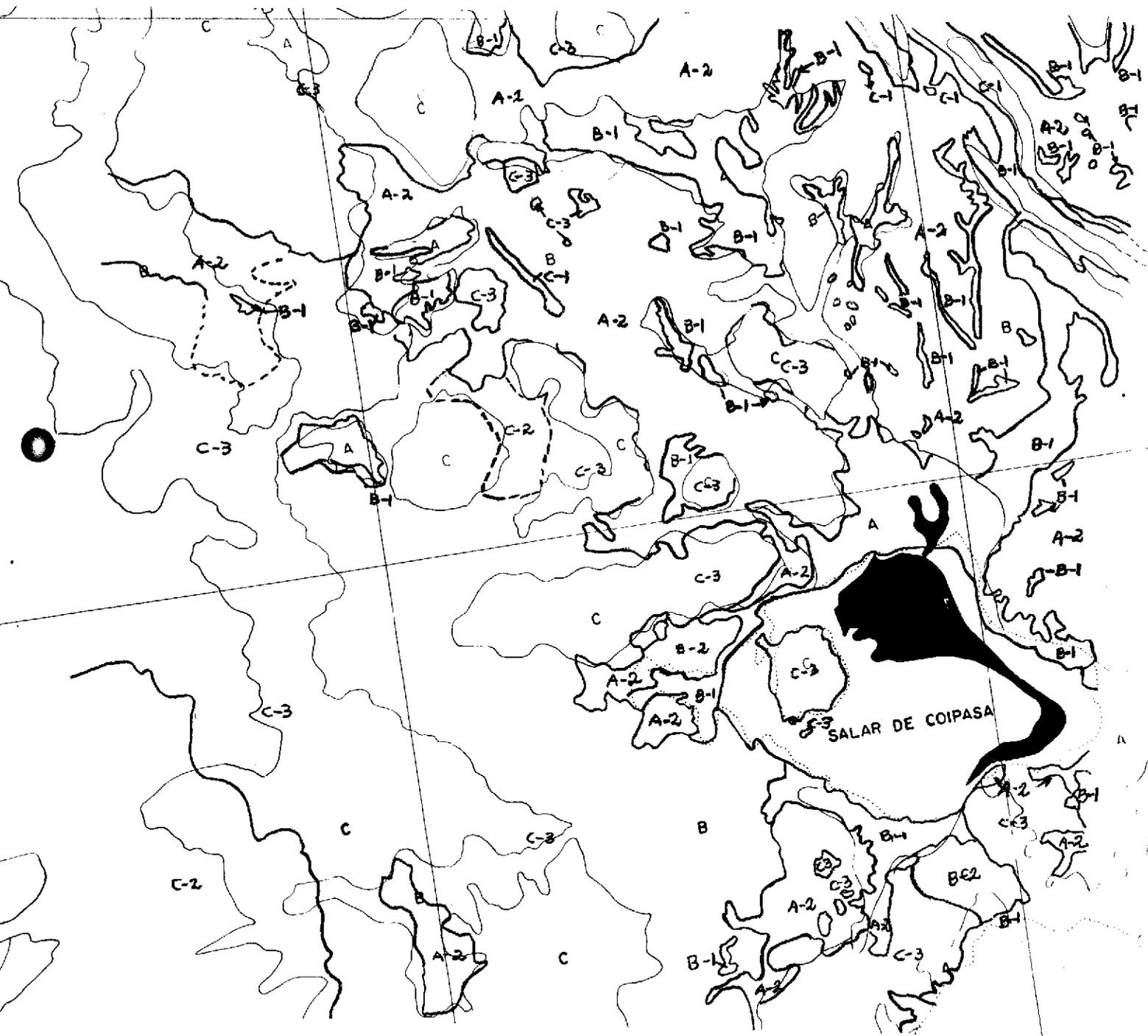


Fig. 12.-
 Comparación de información HIDROLOGICA entre la interpretación
 en blanco y negro e imagen compuesta a color (Todes los rasgos
 rojos corresponden a información adicional obtenida de la
 imagen a color)

Con el propósito de hacer resaltar objetivamente la cantidad de información obtenida de la imagen a color, se procedió a superponerla sobre la interpretación en imágenes blanco y negro, volcando sobre éstas, con rasgos de color rojo, los datos adicionales.

Es necesario indicar que la superposición no es exacta, por cuanto las imágenes en blanco y negro, procesadas a partir de negativos de 70 mm. tienen una escala 1:1.000.000; en tanto que la imagen a color recibida del EROS PROGRAM está a una escala de 1:975.000.

4.1.- Comparación de datos cartográficos-topográficos-geográficos

La composición a color del área de Coipasa, se encuentra en escala aproximada de 1:975.000, comprendiendo una extensión de 32.003 Km², la cual se encuentra localizada en la zona 19 del sistema de proyección CUTM, abarcando en forma parcial las Hojas SE-19-10 con una extensión de 4.612 Km², SE-19-11 con 10.270 Km², SE-19-14 con 5.520 Km² y SE-19-15 con 11.600 Km².

Realizando una comparación de la composición geográfica del sector que cubre la imagen 1010-14035 con referencia a una similar procesada en el sistema RBV se ha podido evidenciar que existe un desplazamiento de las coordenadas geográficas, alcanzando 3,5 Km. aproximadamente en X y 4.8 Km. en Y; errores que son atribuidos al sistema de procesamiento a "Volumen" (Ads. 01-A).

Con el objeto de evidenciar el error antes mencionado, se procedió a realizar mediciones sobre los mapas cartográficos existentes de la zona, en escala 1:250.000, encontrándose que los meridianos guardan mayor relación en exactitud en el sistema MSS y las posiciones relativas de los paralelos coinciden prácticamente en el sistema RBV.

A fin de obviar el problema antes descrito, dada la facilidad que ofrecen las coordenadas que de la imagen, éstas fueron utilizadas como índices de referencia, en la preparación de los diferentes mapas temáticos.

H.2. Hidrología

Las posibilidades de obtener un mapa tentativo de permeabilidades relativas crece considerablemente con la información proporcionada por la imagen a color.

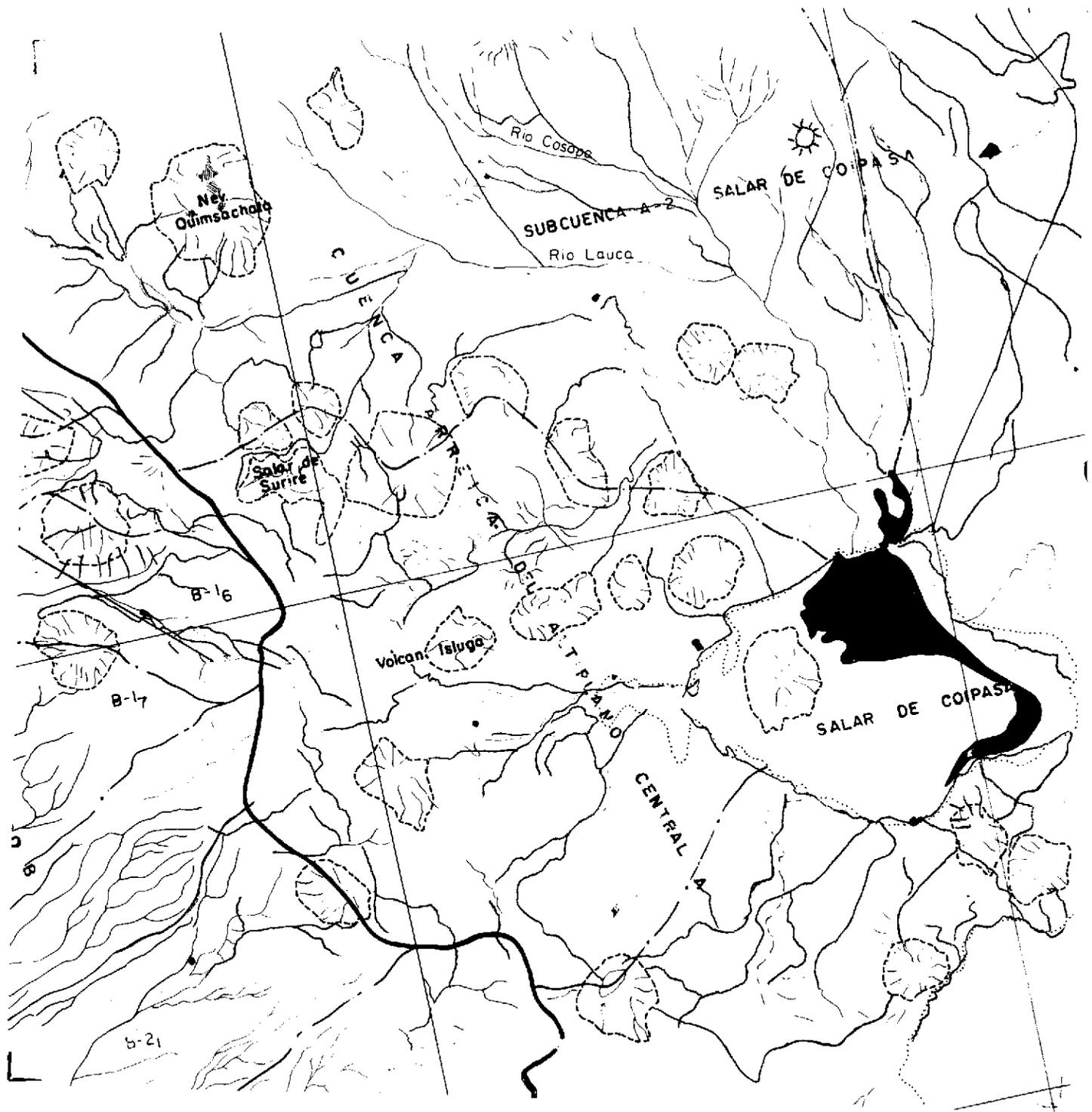


Fig. 12.A.
 Comparación de información de DRENAJE sobre la interpretación
 en blanco y negro e imagen compuesta a color (Todos los rasgos
 rojos corresponden a información adicional de la imagen a
 color)

Comparando la interpretación realizada sobre la imagen blanco y negro se encuentran las siguientes diferencias significativas:

La interpretación blanco y negro, ha generalizado las permeabilidades en tres rangos: alta (A); media (B) y baja (C).

En cambio la interpretación con imágenes a color, subdividió la clasificación anterior, en órdenes más detallados. Así en el rango A, permeabilidades altas, se identificaron en dos grupos: A-1 Salares; A-2 **Suétos** sin drenaje.

En el rango B de permeabilidades medias; B-1 Arenales; B-2 campos de lavas de bloque.

En el rango C de permeabilidad baja, se agrupan a las rocas con la siguiente clasificación: C-1 rocas sedimentarias; C-2 ignimbritas; C-3 lavas.

4.3. Geomorfología

En la comparación de los datos obtenidos, de imágenes blanco-negro y color en el campo de la geomorfología, caben las siguientes consideraciones:

-Los intérpretes fueron diferentes.

-Mientras en el bosquejo geomorfológico de la imagen blanco-negro se utilizó una leyenda basada en grandes paisajes, en la interpretación a color dadas las características de la información posible de extraer, se diferenciaron los procesos y formas producidas, tanto destruccionales, como construccionales, tratando de obtener el detalle máximo. A pesar de la dificultad de comparar dos trabajos de diferente nivel, se han podido llegar a ciertas conclusiones:

-En el bosquejo geomorfológico obtenido de la imagen blanco-negro, en la categoría (A) se agrupan todas las formas construccionales producidas por gravedad, por acción de agua corriente y glaciación.

-En cambio en el mapa obtenido de la imagen a color se subdividen estas formas con exactitud (C.2.1; C.3.1; C.3.2; C.4.1; C.5.1) incluyendo formas de glaciación.

La interpretación de serranías en la imagen blanco y negro, se refiere al grupo de rocas sedimentarias de edad terciaria en forma general.

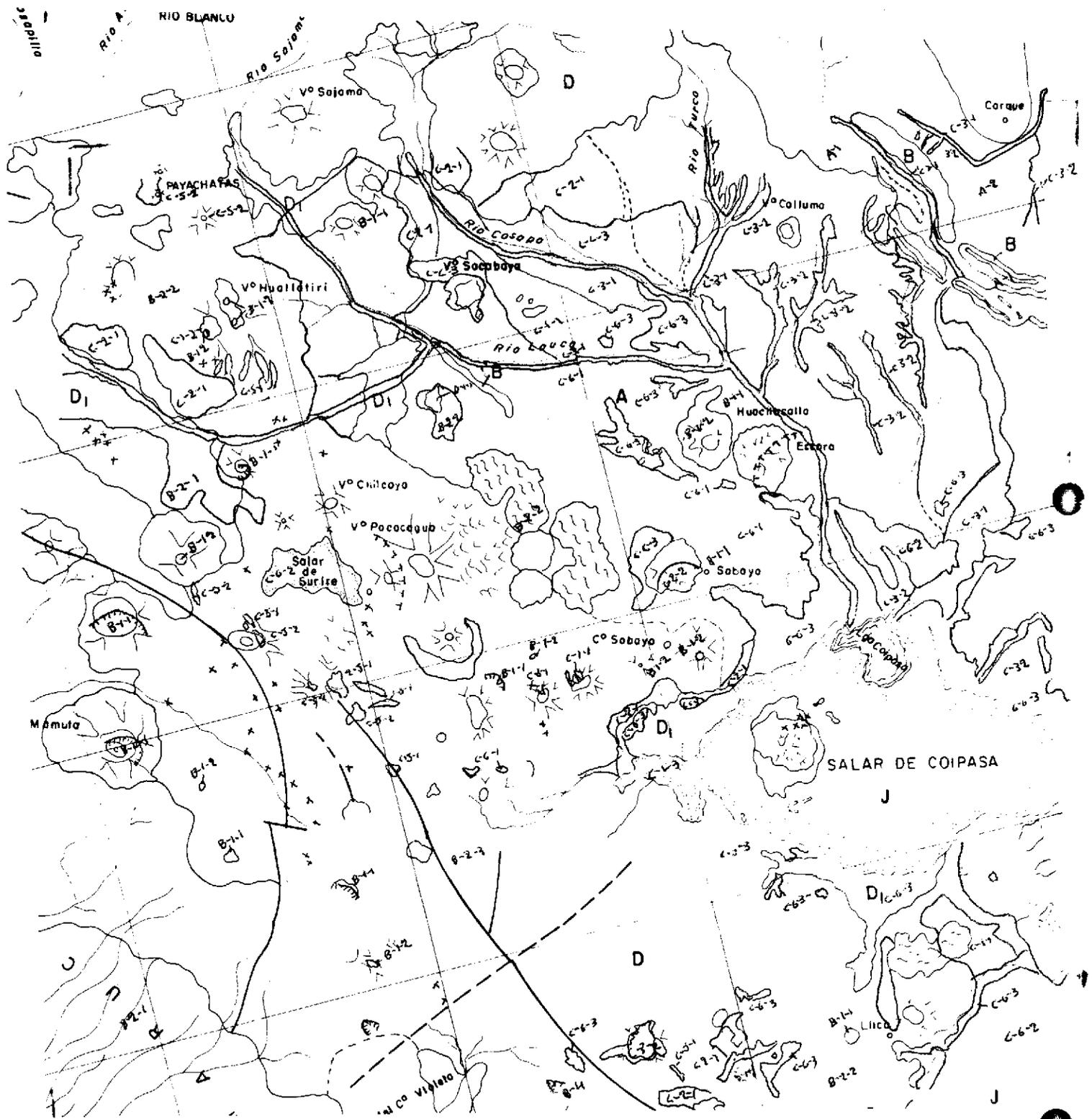


Fig. 13.-
 Comparación de información GEOMORFOLICA entre la interpretación
 en blanco y negro e imagen a compuesta a color (Todos los rasgos
 rojos corresponden a información adicional obtenida de la
 imagen a color)

-En el mapa obtenido de la imagen a color, el grupo de serranías (B) en blanco y negro, se ha subdividido en homoclinales (A.1) y valles sinclinales (A-2).

En lo referente a edificios volcánicos, los límites mayores coinciden en ambos sistemas; sin embargo el detalle de los rasgos vulcanológicos sólo se observa en la imagen a color: hendiduras volcánicas (B.1.1); cráteres (B.1.2); conos parasíticos (B.1.3); fragmentos de bloques de lava (C.1).

-Los límites de mesetas ("altos de pica") conformadas por mantos de rocas efusivas (E-blanco y negro) y (B.2.1) en color, coinciden en general con pequeñas diferencias debidas al caracter subjetivo de los intérpretes.

-La interpretación de acumulaciones de sal en el caso de los grandes salares muestra coincidencia. Sin embargo, es necesario indicar que los depósitos pequeños de sales, no han sido diferenciados en la interpretación de la imagen blanco-negro. En la interpretación de la imagen a color han sido delimitados (C-6-3) aprovechando sus excelentes registros.

4.4. Vulcanismo

De la región del Salar de Coipasa se hizo una comparación de las interpretaciones sobre una imagen en blanco-negro (1010-14035-6) y otra en falso color (1010-14035-4.5.7) con la intención de buscar rasgos vulcanológicos que se presentan con mayor definición en ésta última.

Las dos imágenes difieren entre sí: en parte por causas subjetivas (dos interpretaciones efectuadas por la misma persona de la misma imagen, pero a diferentes tiempos), en parte se trata de diferente presentación de los rasgos. El segundo caso (de mayor o menor definición) es el más importante. Se encontró que la imagen en "composición a color" da más información y su interpretación es más fácil.

En conclusión las diferencias más importantes son:

A) Distinción de las diferentes rocas

La imagen de color muestra diferencias de tonos más grandes, así que la distinción de las diferentes rocas es mejor.

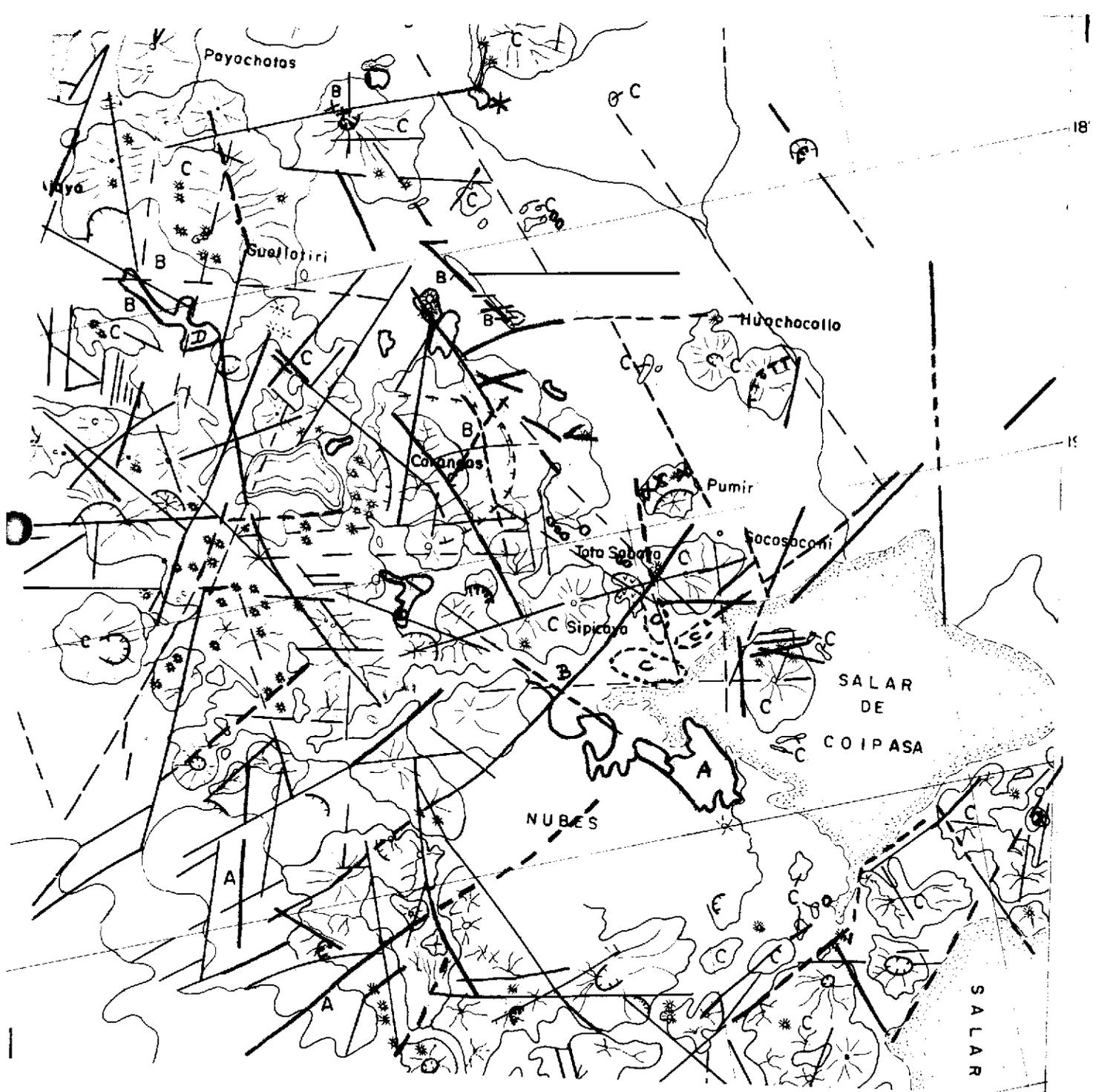


Fig. 14.
 Comparación de información VULCANOLÓGICO entre la interpretación sobre la imagen en blanco y negro e imagen compuesta a color (Todos los rasgos en rojo corresponden a información adicional obtenida de la imagen a color)

- 1) Ignimbritas (o tobas) y lavas.- En la imagen blanco-negro la diferencia de tono es pequeña. Ambas rocas se presentan normalmente en un gris medio. En falso color las ignimbritas se presentan en colores verdes claros, las lavas en verde oscuros (verde oliva) hasta verde pardusco.

Ejemplo: Cadena de afloramientos de tobas al norte del V° Tata Sabaya.

- 2) Ignimbritas y depósitos cuaternarios.- En blanco-negro, el Cuaternario tiene tonos desde gris claro (casi blanco) hasta gris medio; en color se presenta en colores blancos o verde azulados. Las coloraciones de las ignimbritas pueden ser verde claro o también con un tono azul. Sin embargo las ignimbritas se distinguen muy bien del Cuaternario por su relieve, que se presenta en blanco-negro con menor claridad.

Ejemplo: Afloramientos de tobas entre el macizo de Carangas y Sacabaya.

- 3) Lavas y depósitos cuaternarios.- Especialmente los pequeños afloramientos de lava se presentan en blanco-negro en tonos gris medios, solamente un poco más oscuros que el Cuaternario. En color también los pequeños afloramientos de lava tienen colores oscuros, mucho más fuerte que el verde de los sedimentos.

Ejemplos: "Islas" de lava al oeste de los volcanes de Huachacalla; al sur del V° Tata Sabaya y los volcanes al SE del Salar de Coipasa.

B) Estructuras tectónicas y vulcano-tectónicas.

También estos rasgos se presentan con mayor claridad en la imagen de falso color.

- 1) Fallas.- En falso color las diferencias de tonos y del relieve son mucho más distintas.

Ejemplos: Fallas entre el Salar de Uyuni y el Salar de Coipasa; al sur del V° Sipicaya y entre los volcanes Pumiri y los de Huachacalla.

En la imagen de color se encontraron mucho más fallas que en la imagen blanco-negro. Especialmente las fallas debajo de los se-

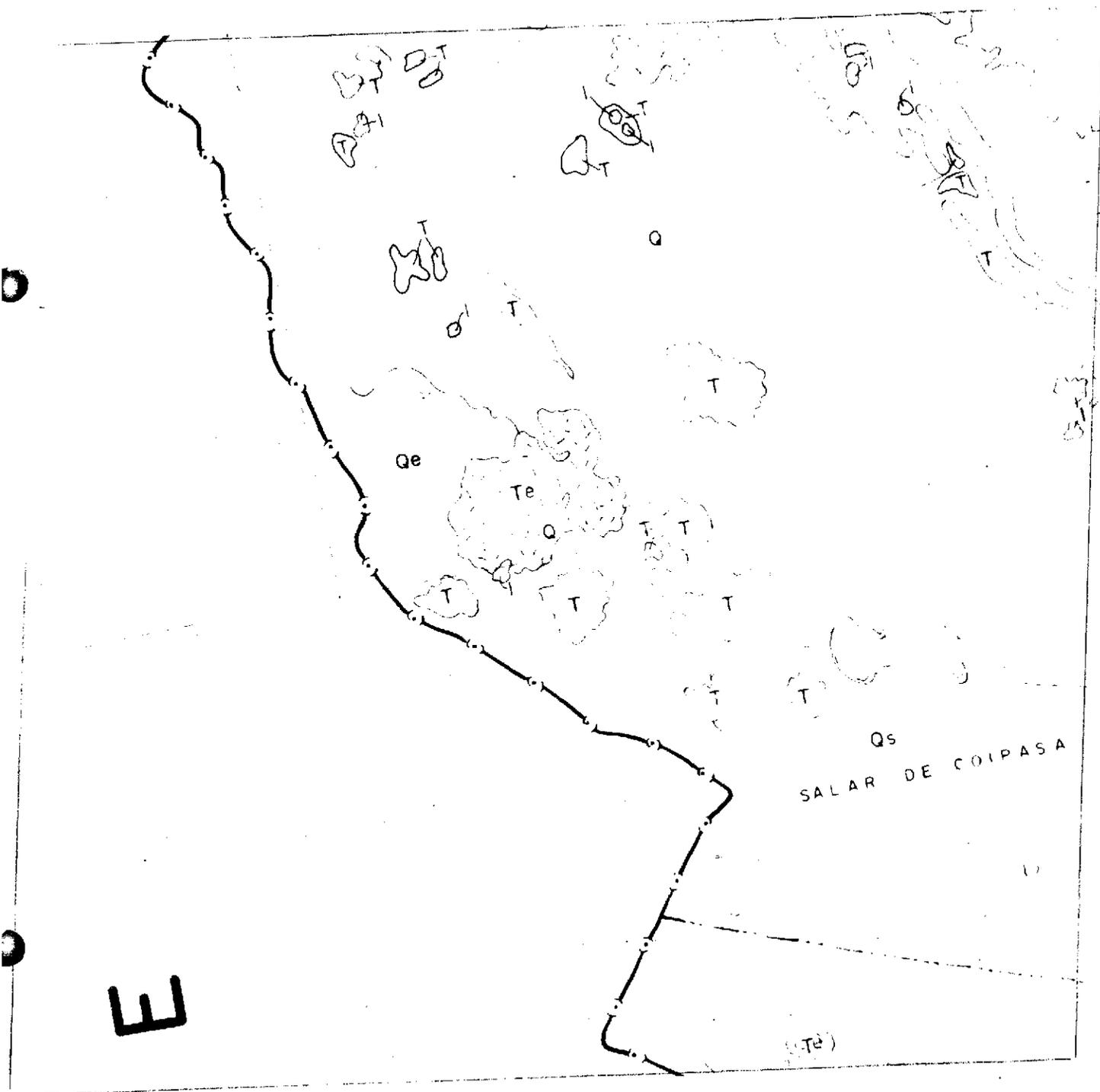


Fig. 15
 Mapa geológico de GOBOL.- (Observese las diferencias de información con la interpretación de la imagen TRS compuesta a color)

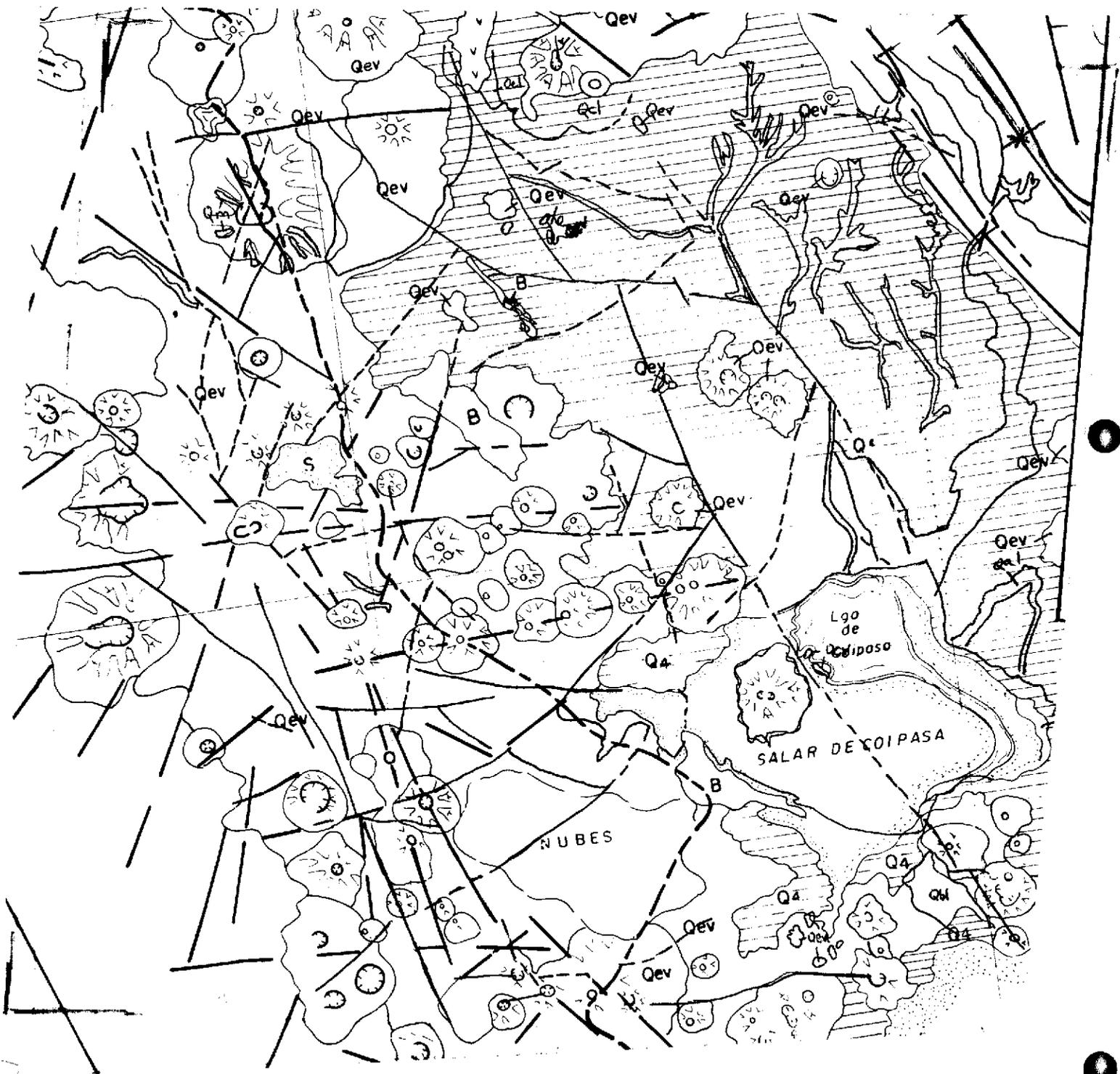


Fig. 16
 Comparación de información GEOLOGICA, entre la interpretación sobre la imagen en blanco y negro a imagen compuesta a color (todos los rasgos rojos corresponden a información adicional obtenida de la imagen a color)

dimentos cuaternarios se presentan con más claridad. La causa es que el Cuaternario muestra en color un espectro de tonos más grande y así la diferencia de tonos a ambos lados de una falla es más visible.

- 2) Calderas.- Como las calderas están caracterizadas por un cambio abrupto del relieve, se presentan normalmente tanto en blanco-negro como en falso color con gran claridad. Sin embargo, si la diferencia del relieve no es muy grande (pueden ser de calderas antiguas, calderas de pequeño rechazo o calderas casi aplanadas) la sombra de la caldera se presenta con mayor claridad en la imagen de color.

Ejemplos: Sombra semilunar del V° Huachacalla E; círculo interior del crater de Colluma.

- C) Cráteres, cráteres parasíticos y cúpulas de lava.

Esas formas se presentan bien en las imágenes blanco-negro pero un poco mejor en color, debido a la diferencia mayor de tonos y de relieve.

Ejemplos: Cráteres parasíticos en la falda norte del V° Coipasa; crater (o pequeña caldera) con una cúpula de lava en su centro (68° 50'W, 19°43'S).

4.5 Geología

En la comparación de datos geológicos obtenidos, tanto de la imagen blanco-negro y color, cabe señalar lo siguiente:

Los intérpretes fueron diferentes; mientras el que utilizó la imagen-blanco-negro, creyó por conveniente realizar la división de las unidades litológicas en grandes grupos; el segundo viendo las posibilidades que ofrece la imagen a color, diferenció las rocas según la edad proporcionada por otros geólogos, poniendo énfasis de los depósitos cuaternarios, que cubren un 70% de la imagen motivo de estudio.

A pesar de las consideraciones expuestas, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

///.-

Litología

-Los límites litológicos en la imagen a color son más fáciles de seguir y su detalle es mayor.

Por ejemplo, los bordes del Salar de Coipasa; pequeños afloramientos de estratovolcanes, o las rocas arenó-margosas de edad terciaria.

-El registro de los depósitos aluviales, tanto aquellos relacionados a depósitos evaporíticos, cuanto los conectados a ríos con gran contenido de sedimentos en suspensión, se presentan muy nítidos en la imagen a color, mientras que en la imagen blanco-negro se enmascaran, no permitiendo su diferenciación.

Ejemplo: las áreas de desborde del río Barras, y las cubiertas aluviales de los ríos Lauca y Cosapa.

-Como consecuencia de lo anotado anteriormente, los límites de los depósitos fluvio-lacustres (Q 4) y aluviales (Q 3) de la interpretación blanco y negro han quedado notoriamente modificados (Qal y Qfl), en la interpretación de la imagen a color.

-En la interpretación en blanco y negro, no se consignan depósitos aluviales, ni morrenas; en el mapa geológico obtenido de la imagen a color estas unidades son reconocibles, a pesar de las limitaciones de escala. Los cambios tonales, formas y posición topográfica permiten ubicarla (Qcl - Qm).

-En cuanto a los estrato-volcanes, las diferencias son mínimas; en ambos sistemas tienen excelente registro. Sin embargo es necesario remarcar que el detalle es mayor en la imagen a color, lo que permitió modificar algunos límites de los edificios volcánicos e identificar campos de bloques de lava (Qbl).

-Las ignimbritas cuaternarias no fueron delimitadas en las imágenes blanco y negro, por cuanto las diferencias tonales no son notables. En cambio en la imagen a color muestran un color que varía azul a verde, con gamas bastante claras y que contrastan con los tonos oscuros de las lavas de los estrato-volcanes. Por otra parte, el diseño de drenaje sub-paralelo desarrollado sobre los campos ignimbríticos, no se observa nítidamente en las imágenes blanco-negro.

-Si bien es cierto que rocas sedimentarias de edad terciaria fueron diferenciados en la imagen blanco-negro, su división fué hecha en unidades masivas. En cambio la interpretación en la imagen a color, permitió colocar los límites con precisión y detalle.

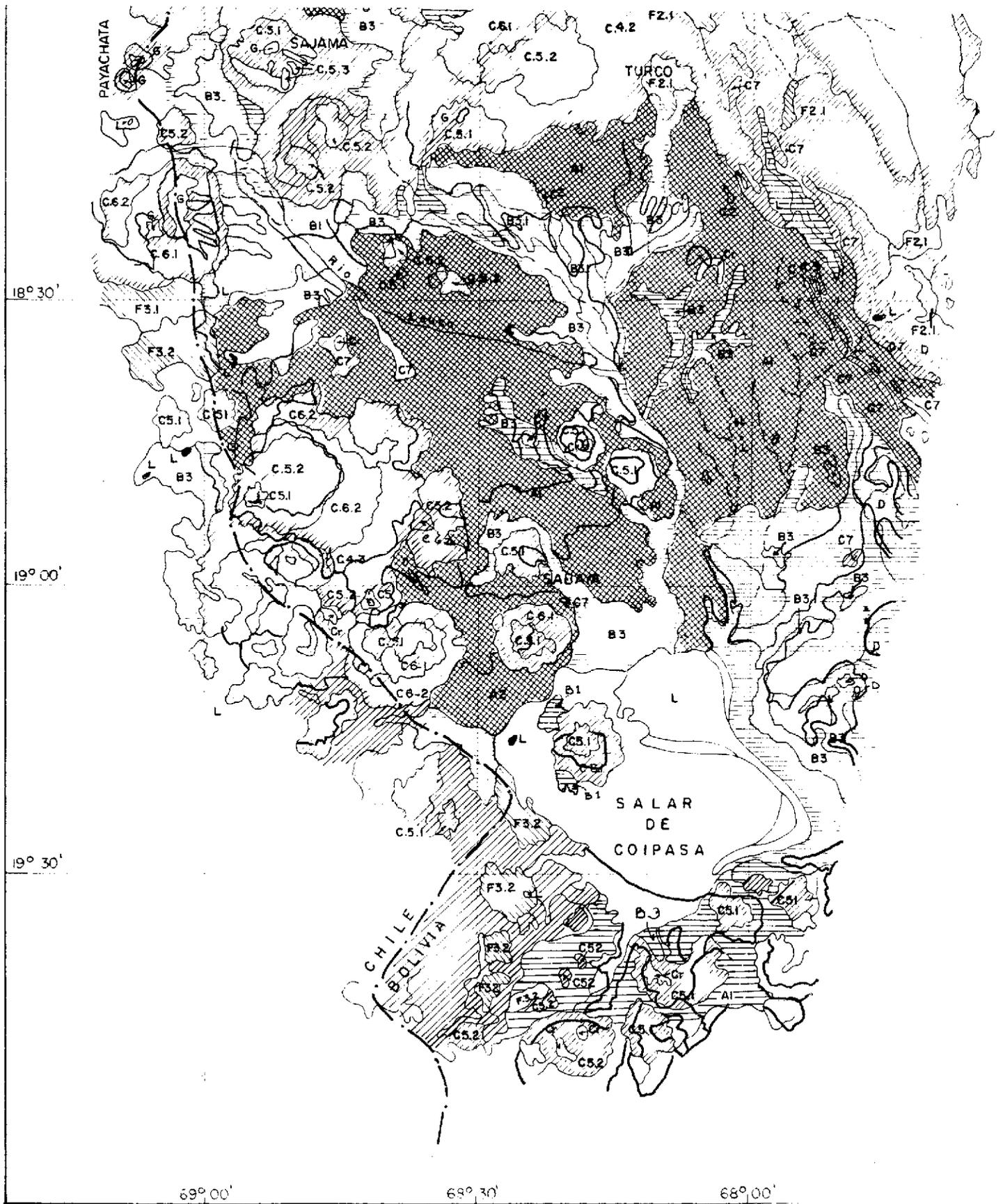


Fig. 17

Comparación de información de "suelos" entre la interpretación sobre la imagen en blanco y negro e imagen compuesta a color. (Todos los rasgos en rojo corresponden a información adicional obtenida de la imagen a color.)

Estructura

En ambos sistemas por razón de escala resulta difícil ubicar los plegamientos y menos realizar su extrapolación.

Sin embargo utilizando criterios indirectos, en la imagen a color fué posible identificar un sinclinal en la zona del río Corque, e ignimbritas plegadas en la región Mancachiri-Wila Kollu.

Si bien ambos sistemas ofrecen gran cantidad de datos sobre lineamientos posiblemente conectados a fallas, es necesario relievare que en la imagen en blanco y negro se detectaron 25 lineamientos, versus 58 en la imagen a color. Es decir más del 50% en este último sistema.

En ninguno de los dos sistemas fué posible identificar discordancias.

4.6. Suelos

El estudio comparativo entre la información obtenida de imágenes blanco-negro y color, en cuanto a suelos se refiere, puede resumirse en la tabla siguiente:

	Imagen MSS-1 blanco y negro	Imagen de compa- ración de color
Visibilidad de detalles	+	+
Precisión de límites	-	++
Vegetación	+	++
Relieve	+	++
Patrón de drenaje	+	++
Uso de la tierra	+	++
Fenómenos culturales	+	++

- Malo

+ Moderado

+ Bueno

++ Muy bueno

5.0 CONCLUSIONES

Por todo lo anotado podemos indicar las ventajas de imágenes compuestas a color con relación a imágenes blanco-negro:

- El detalle en la red hidrográfica permite excelentes interpretaciones de diseños, densidades de drenaje y clasificación de cuencas y subcuencas.
- Las variaciones en la gama de colores que devienen en un mejor contraste entre rocas y sedimentos, da oportunidad a obtener mapas de permeabilidades relativas.
- La imagen de color producto de la combinación de las bandas del sistema multiespectral, sobre todo la del infrarrojo (MSS-7), posibilita delimitar zonas de humedad y áreas de inundación permanentes y temporales.
- En términos generales, los procesos y formas que modelan los grandes paisajes, pueden ser interpretados con detalle.
- En disciplina de vulcanismo, la distinción entre rocas producto de este proceso es más fácil y con mayor detalle.
- Por otra parte, las estructuras tectónicas y vulcano-tectónicas tienen mayor definición.
- Los límites litológicos son más fáciles de extrapolar y definir con detalle.
- Lineamientos son más conspicuos lo cual permite obtener un gran caudal informativo en el campo estructural.
- En la interpretación de suelos, tienen mejor definición el relieve, la vegetación, uso de la tierra; precisión de límites entre unidades.
- En general debemos indicar que las imágenes de color son más versátiles y proporcionan un 50% más de información y permiten sacar conclusiones más exactas.
