

(ERTS)

Earth Resources

N1

E7.3 10296

CR-130791

SERVICIO GEOLOGICO DE BOLIVIA
«GEOBOL»



PROGRAMA DEL SATELITE TECNOLÓGICO DE
RECURSOS NATURALES

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

**BOSQUEJO SOBRE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y
EL VULCANISMO EN EL ALTIPLANO CENTRAL
DE LOS ANDES BOLIVIANOS**

(E73-10296) SKETCH ON THE STRUCTURAL GEOLOGY AND VULCANISM IN THE CENTRAL HIGH PLATEAU OF THE BOLIVIAN ANDES (Servicio Geológico de Bolivia, La Paz.) 18 p HC \$3.00

N73-19333
Unclas
CSCL 08G G3/13 00296

**COLOR ILLUSTRATIONS REPRODUCED
IN BLACK AND WHITE**

ENERO 1973

Casilla de Correo 2729
Calle Federico Zuazo 1673
Esq. Reyes Ortíz
La Paz-Bolivia

BOSQUEJO SOBRE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y EL VULCANISMO
EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE LOS ANDES BOLIVIANOS.

R E S U M E N

El Programa del Satélite Tecnológico de Recursos Naturales, tiene entre sus objetivos, realizar el Mapa Tectónico de - Bolivia, utilizando las imagenes ERTS-1, las que de una ma- nera preliminar fueron utilizados para reconocer lineamien- tos que se observaron en una interpretación rápida en las imagenes 1010-14033-4-5-6-7 en escala 1:1.000.000 que pos- teriormente fueron verificadas en el campo, coincidiendo - con zonas de fallas. Esta información no se encontraba ma- peada en los mapas geológicos existentes.

Las imagenes ERTS-1 usadas para trabajar en volcanismo, per- mitieron trazar los límites regionales de las formaciones vol- cánicas, al mismo tiempo que se pudo identificar con clari- dad los alineamientos de cuerpos volcánicos a lo largo de - fracturas.

Debido a la gran extensión que cubren las imagenes ERTS-1, estas son excelentes para realizar estudios regionales es- tructurales.

CEB/jdp.

**COLOR ILLUSTRATIONS REPRODUCED
IN BLACK AND WHITE**

1-

BOSQUEJO SOBRE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y EL VULCANISMO
EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE LOS ANDES BOLIVIANOS
(18°S.)

Mediante fotografías del Satélite ERTS-1 y Observaciones de Campo.

S. Kussmaul

J. Meave

P. Tomasi

INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo forma parte de un programa más general estudiado por los autores:

- Correlación estratigráfica del Terciario en el Altiplano Sur y Central (J. Meave-GEOBOL)*
- Estudio del vulcanismo Terciario y Cuaternario en el Altiplano hasta la frontera con Chile (S. Kussmaul- Universidad de Tübingen-Alemania).
- Estudio estructural de un corte en los Andes de Bolivia al nivel del paralelo 18°S. (P. Tomasi-O.R.S.T.O.M.- U.M.S.A.).

A petición del Jefe del Proyecto ERTS, C. Brockmann, se ha llevado a cabo, un ensayo de interpretación geológica de imágenes tomadas por el satélite y su verificación en el campo, cuyos resultados preliminares son presentados en este trabajo.

I.- MATERIAL USADO

- Imágenes del satélite ERTS-1 -Blanco y Negro- Referencias No. 1010-14033 4-5-6-7 01, escala 1:1.000.000.
- Ampliación de la imagen blanco y negro - 1010-14033 6 01 a la escala 1:500.000.

NOTA.- Para este trabajo no se usaron imágenes a color.

- Mapas topográficos I.G.M. escala 1:250.000, No. SE 19-11, SE 19-10.

///.-

- Fotografías Aéreas - Plan KUSERA, blanco y negro, escala - 1:40.000.
- Mapas geológicos (GEOBOL) escala 1:100.000, No. 5839-5939-5940-5941-6038-6039-6040.
- Mapa geológico escala 1:250.000 de la zona fronteriza con Chile**

* Para el Altiplano, trabajo hecho en colaboración con los geólogos C. Martínez (O.R.S.T.O.M.), y T. Subieta (GEOBOL).

**"Geología del área neovolcánica de los nevados del Payachata con consideraciones acerca del volcanismo cenozoico superior en los Andes Chilenos" por Yoshio Katsui y Oscar González - Ferrán.

Pub. No. 29, 1968-U. de Chile. Fac. Cienc. Fis. y Mat.

II.- MÉTODOS DE TRABAJO

Este estudio se ha realizado en dos etapas sucesivas:

A).- Gabinete.- Se hizo una primera interpretación fotogeológica de las imágenes del satélite, comparando los resultados obtenidos con la información de los mapas geológicos existentes.

Se pudo notar dos tipos de observaciones:

1.- Existencia de lineamientos de extensión regional, no visibles en las fotografías aéreas clásicas o en mapas geológicos, (ver mapas).

Ejemplos:

- Zona de Falla (A)

HOJA TURCO 5939: Lineamiento de Dirección N30E, visible en la región de la Ecia. Huajriri (Desvío sobre el camino Cosapa-Turco).

- Zona de Falla (B)

HOJA TURCO 5939: Sistema de lineamientos E-W, visible en la región de Mina Azurita y Ecia. Picorani al Norte de Turco.

///.-

- Zona de Falla (C)

HOJA CHOQUECOTA-6039-HOJA CORQUE-6038: Lineamiento de dirección N-S y N150E, observable en una longitud mayor a los 80 Kms. (Serranía de Huayllamarca).

2.- Vulcanismo en el área

En la imagen del satélite, se pueden observar dos diferentes tipos de depósitos volcánicos.

Los más antiguos son de tipo fisural; se trata de flujos de toba con una extensión muy grande (unos 1.000 km²). Estos depósitos forman una planicie de tono claro y con una erosión fluvial característica, dendrítica (T₃ Formación Pérez).

La actividad más joven es de tipo central, formando edificios volcánicos de una extensión muy variable, en la imagen se pueden distinguir cúpulas de lava con un diámetro de 200 m. hasta grandes estrato volcanes que cubren un área de 300 km². Estos edificios volcánicos están situados a lo largo de fallas con rumbo W-E, SW-NE y NW-SE. La longitud de estas fallas puede ser más de 100 km.

Según la edad los estrato volcanes, muestran diferentes grados de erosión. Los volcanes jóvenes tienen cráteres muy bien conservados y sus faldas casi no son afectadas por la erosión (Parinacota, Pomerape). Hay transiciones hasta edificios volcánicos, cuyas cumbres están aplanadas y que muestran valles profundos de erosión glacial en sus faldas. La altura de estos es muy pequeña en relación con su diámetro (Capaja). Según su grado de erosión, es posible dar una serie de edades relativas y distinguir entre estrato volcanes pre(Qev 1-2) y postglaciales (Qev4-5).

Generalmente, se puede observar una migración de la actividad volcánica hacia el Oeste, es decir los volcanes postglaciales solamente se encuentran en el oeste.

///.-

///.-

Son muy conspicuas algunas estructuras tectónicas, tanto fallas rectas como fallas de colapso que afectan solamente los volcanes preglaciares.

Hay dos periodos de colapso de calderas.

B).- Observaciones de campo

1.- Estudio estructural de los lineamientos.

Ejemplo de la Zona (A)- En la formación volcano-sedimentaria (Nauri, Perez-T₃ y T'₃), se nota una zona de fallas métricas con la disposición siguiente (Ver fig. 1 y foto No. 1-2).

La mayoría de estas fallas tienen una orientación N 30° - 45° E. con un buzamiento de 70° hacia el Sur o vertical.

El noviniendo de los bloques a lo largo de las fallas es complejo:

Tenemos dos fallas nítidamente inversas (a y b), es decir de tipo compresional, pero también fallas normales con el bloque Sur que ha bajado o subido.

De todas maneras el hecho más importante, es que en una zona de lineamientos observados en las imagenes del Satélite comprobados en el campo, coinciden con la existencia de fallas pequeñas, seguramente relacionadas con la dislocación mayor.

Ejemplo de la Zona (B)- En las formaciones volcano-sedimentarias plegadas (T₂) de la región de mina Azurita, se notan numerosas fallas de desplazamiento con rumbo de orientación E.W; el rumbo y el desplazamiento de estas fallas reflejan las características de una falla mayor, observada sobre la imagen del satélite. (Ver fig. 2 Foto 1-2).

Ejemplo de la Zona (C)- En la serranía de Huayllamarca, se nota sobre más de 80 kms. un lineamiento rectilíneo que separa dos cordones del mismo tono que sugiere una repetición por falla de la serie (T₂).

///.-

Fig. 1.- Fallas métricas de dirección N-30°-45° E en T₃ (Formación Mauri)
 Zona de falla A - camino a Ecia. Huajriri -

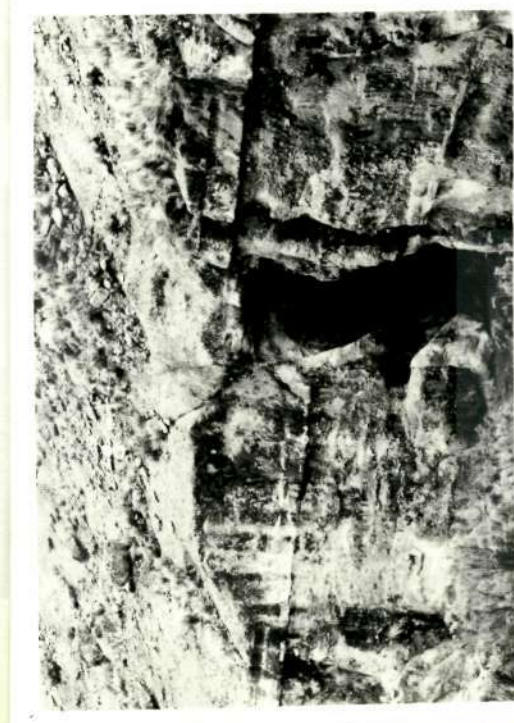
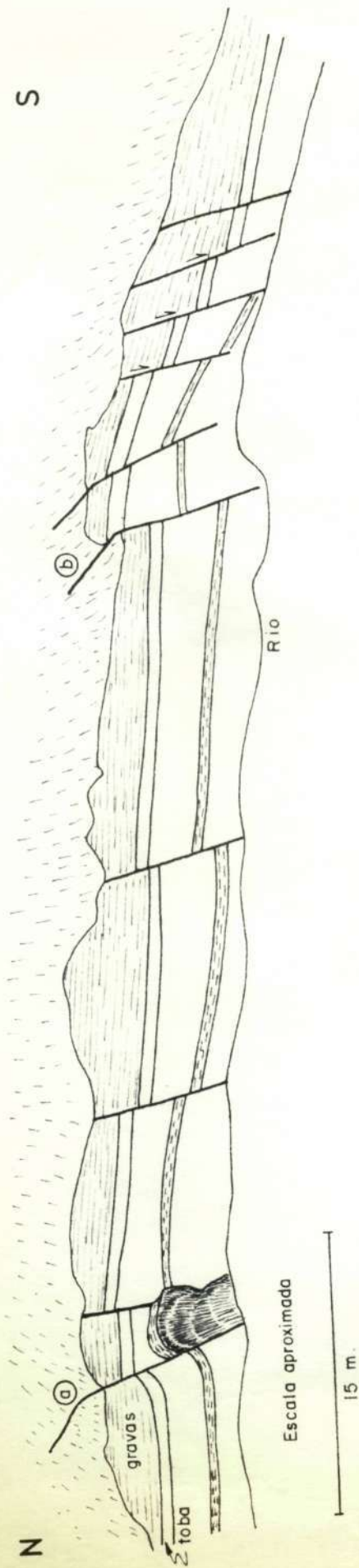


Foto 1.-Detalle de la falla inversa (a)



Foto 2.- Falla normal con el compartimento al Sur que ha subido

Fig. 2.- Fallas métricas E-W de desplazamiento de rumbo en T₂ (Formación Azurita y Tatora)
Zona de Falla B (región de Mina Azurita).

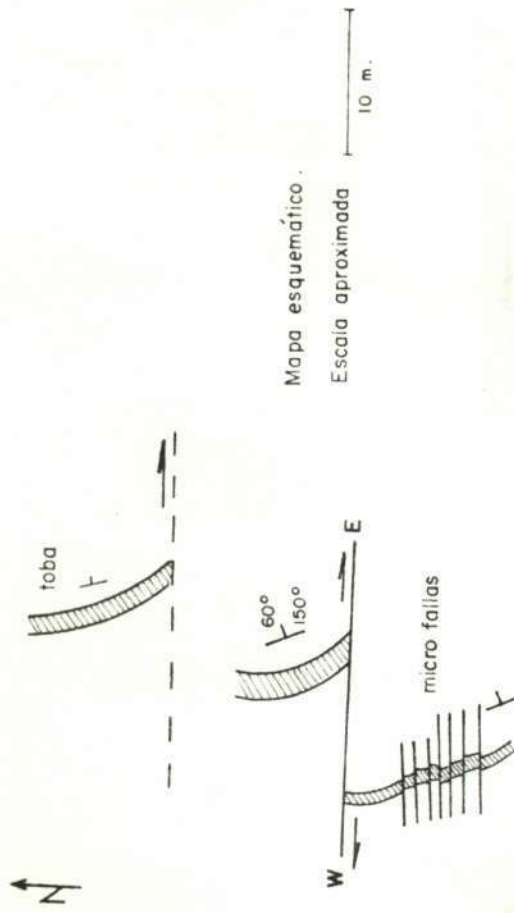


Foto 1 - Falla métrica desplazando una capa de conglomerado.



Foto 2.- Micro-fallas afectando un nivel de toba ignimbrítica.

///.-

Un estudio fotogeológico ulterior, en fotografías aéreas, - escala 1:40.000, demostró que esta lineación corresponde con una falla mayor de rumbo N.S. a N. 150°E. y seguramente vertical, visto su traza rectilínea.

2.- Estudio del Vulcanismo

Los primeros depósitos del vulcanismo joven (terciario), se pueden observar en T₂, en la cual hay muchas intercalaciones de tobas (en su mayor parte tobas de flujo). Estos estratos muestran un fuerte plegamiento. Encima de esta serie, está en discordancia la Formación Mauri (T₃) también con muchas intercalaciones de tobas pero mucho menos plegada. Genéticamente y petrológicamente estas tobas no se distinguen de las ignimbritas de la Formación Pérez, que están encima y yacen en posición horizontal.

Los estrato volcanes se encuentran depositados siempre sobre la Formación Pérez.

Debido a la imposibilidad que existe de identificar los sedimentos coluvio-fluviales y los flujos de lava que se encuentran rodeando los edificios volcánicos, el volcán Sajama por ejemplo presenta una superficie mayor a la que le corresponde realmente.

Según las observaciones de campo, el límite de afloramiento de las lavas coincide con las partes donde cambia el relieve y - casi nunca se observan en las planicies circundantes.

Las cúpulas y cráteres parasíticos que han sido observados en el volcán Sajama, están insertados a lo largo de diques radiales relacionados con el volcán. Estos cráteres parasíticos y los alineamientos de pequeña amplitud, no son visibles en la imagen del Satélite debido a sus dimensiones.

///.-

///.-

El volcán Sajama se ha formado dentro de una caldera, las paredes de la cual se pueden observar desde la zona NE el oeste.

El edificio del joven volcán Sajama es excéntrico dentro de la caldera (más al SW) y sus flujos de lava se han superpuesto en el Sur sobre la somma preexistente.

En la imagen ERTS, se presentan solamente las partes elevadas de la pared de la caldera, las más bajas no aparecen a causa de su baja elevación y de su composición petrográfica, similar a los flujos más recientes.

Las imágenes del satélite, sin embargo, son excelentes para la identificación de estructuras grandes como alineamientos de volcanes y fallas de colapso, son mucho más distintivas que en las fotos aéreas clásicas.

C).- Reinterpretación Global:

En el mapa esquemático adjunto en escala 1:500.000, se han distinguido solamente grandes conjuntos sedimentarios y volcánicos, sin entrar a detalles de formaciones o sub-divisiones menores dada la escala.

El orden de unidades diferenciadas es el siguiente:

- | | |
|---|--|
| H
O
L
O
C
E
N
O | Q.- Aluvial y Fluvio Lacustre |
| P
L
E
I
S
T
O
C
E
N
O | Qev ₅ .- Cráter muy bien conservado; casi sin erosión Parinacota. |
| | Qev ₄ .- Cráter bien conservado; comenzando erosión en las faldas Pomerape. |
| | Qev ₃ .- Cráter principal destruido pero con cráteres parasíticos bien conservados; fuerte erosión en las faldas: Sajama Colapso de calderas. |
| | Qev ₂ .- Cráter destruido; fuerte erosión, especialmente glacial Quisiquisini. Colapso de calderas. |
| | Qev ₁ .- La partes altas del estrato volcán están erosionadas, el edificio parece muy plano (bajo) Capaja. |

INDICACION DE
 EDADES ABSOLUTAS
 (Millones de Años).

<p>2,5 -</p> <p>T₃</p>	<p>Serie Volcano-sedimentaria son flujos de Toba (Form. Mauri).</p>	<p>Serie Volcano-sedimentaria T₁ incluyendo en el tope T₃ la Formación Ignimbrita Pérez</p>
<p>5,9-5,4</p>	<p>Discordancia nítida</p>	
<p>8-7,1</p> <p>T₂</p>	<p>Conjunto de formaciones detríticas en la base y volcano-sedimentarias en el tope, quizás separadas por una discordancia (Huayllamarca-Azurita-Totorá).</p>	
<p>T₁</p>	<p>Margas Yesíferas</p>	

--- 0 ---

///.-

CONCLUSIONESVENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL EMPLEO DE IMAGENES DE SATELITEVENTAJAS

- A).- Dada la escala, permite tener una visión regional de las formaciones, estructuras y problemas geológicos que no era posible, con las fotografías y mapas clásicos utilizados hasta el presente.
- B).- Según la banda y resolución de las imágenes, se pueden anotar rasgos que en el campo no son observadas:
- 1.- Estructuras visibles bajo cubierta cuaternaria (lineamientos).
 - 2.- Difusión, extensión de formaciones volcánicas que permiten trazar límites regionales.
 - 3.- Registro nítido de los cuerpos volcánicos y sus alineamientos a lo largo de zonas de fracturas.
 - 4.- Observación clara de las diferencias en diseño de drenaje.
- C).- Como consecuencia de permitir una visión regional, la imagen de satélite es ideal para confección de mapas estructurales.
- D).- Constituye un documento topográfico de uso cómodo en el campo, pero con el auxilio de información topográfica (lugares, ríos, cerros, pueblos etc.).

///.-

///.-

DESVENTAJAS O LIMITACIONES DEL METODO:

- 1.- La imagen del satélite no constituye un medio único de trabajo, precisa de información adicional y chequeo prolijo de campo. Es como toda técnica geológica que necesita de interpretación y observación de hechos.
- 2.- La interpretación de estas imagenes deben ser realizadas por especialistas en cada rama.
Ej: Tectónica, vulcanismo, estratigrafía, geomorfología etc.

- - - 0 - - -

JM/jdp.



Volcanes Payachata

Reproduced from
best available copy.



Colada Qev₂
Zona de Agua Rica (Camiño Cosapa-Turco).

70



Estrato-Volcán Sajama (visto del Norte)



Formación de Ignimbrita Pérez (primer plano).
Volcanes erosionados Qev₂ (segundo plano)

Page intentionally left blank

The Earth Resources Technology Satellite Program has as an objective the

development of tectonic maps for Bolivia. Maps were prepared using the images of ERTS-1

in a preliminary study of alignments observed and rapidly interpreted in

images 1010-14033-3-4-5-6-7 on a scale of 1:1,000,000, and later verified

on the ground with corresponding fault zones. This information was not

shown on existing geological maps. The ERTS-1 images were used in vol-

canology research for drawing the regional limits of volcanic formations

as soon as the alignment and the extent of the volcanoes could be determined.

The extensive coverage of ERTS-1 images provides an excellent opportunity

for developing studies of regional structures.

Deba TRANSL. BY F.O.S.