

U1504



UNIVERSIDAD TECNICA DEL ESTADO
SEDE LA SERENA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
CENTRO INV. HIDROLOGICAS
Bonaventura 980 - Fono 205. Anexo 25 - Casilla 5-D - Prov. Elqui - IV Region - C. N. I. L. E.

**ANALISIS PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS HIDRICAS
SUBTERRANEAS EN EL NORTE CHILENO , MEDIANTE
ESPECTROS MULTIBANDAS POR SATELITES.**

OCTUBRE 1979

El presente informe de avance constituye una parte de la investigación en el campo de los recursos hídricos que lleva a cabo el Centro de Investigaciones Hidrológicas con el patrocinio económico de DICYT-U.T.E. Santiago y el apoyo de Vicerrectoría U.T.E. Sede La Serena.

En él resumen las características más importantes que han permitido definir la problemática hídrica general en que se ha centrado la investigación. Los elementos de juicio que allí se vierten han sido posible trasuntarlos mediante el aporte obtenido de las disciplinas aplicadas en el estudio.

Su planificación, desarrollo y prepublicación es responsabilidad de los siguientes profesionales que integran este Centro :

DIRECCION Y COORDINACION :

EDUARDO ROZAS ELGUETA

Master in Engineering in Geological Engineer

DESARROLLO :

EDUARDO ROZAS E.	(x)
CARLOS RIVERA L.	(xx)
MARIO GUERRERO A.	(xx)
CLAUDIO RIVERA V.	(xxx)
GUSTAVO ANGEL C.	(xxx)
CARLOS PIZARRO V.	(xxx)
WILLIAM ZACHMANN	(xxx)

MECANOGRAFIA :

MARTINA MORGADO C.

(x) Investigador principal.
(xx) Co-Investigadores.
(xxx) Colaboradores.

S U M A R I O

El uso de una parte de el espectro electromagnético (sección infrarroja) en la determinación de zonas calóricas de la superficie de la corteza terrestre, ha traído consigo una separación de elementos de juicio para clasificar desde áreas arboladas hasta tipo de mineralizaciones o hasta isotermas oceánicas.

Bajo este predicamento y con la ayuda de sensores remotos establecidos en satélites artificiales (ERTS)- se ha obtenido una gama de imagenes orbitadas sobre la tierra a 910 Kms. de altura (en cada vuelta de 103 minutos) , que son los utilizados en este proyecto para analizar las zonas térmicas que podrían contener aguas subterráneas.

Las imagenes utilizadas en este estudio, confeccionadas en DIASO - Color, cubren una superficie de 185 - kilómetros por 185 kilómetros en banda 4 (amarillo), banda 5 (azul) y banda 7 (rojo) las cuales pueden ser estudiadas aisladamente o en sobreposición de imágenes.

Hasta el término de este AVANCE los resultados han sido positivos, al encontrar nuevos acuíferos en la Tercera Región (Llanos de Varas) y otros pre-localizados en el valle de Copiapó.

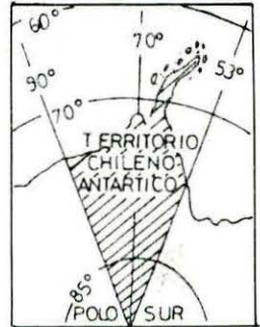
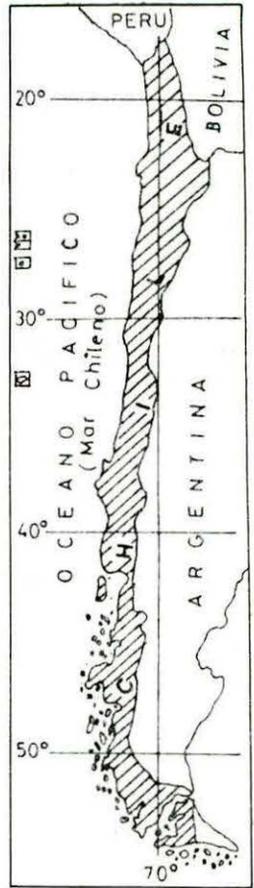
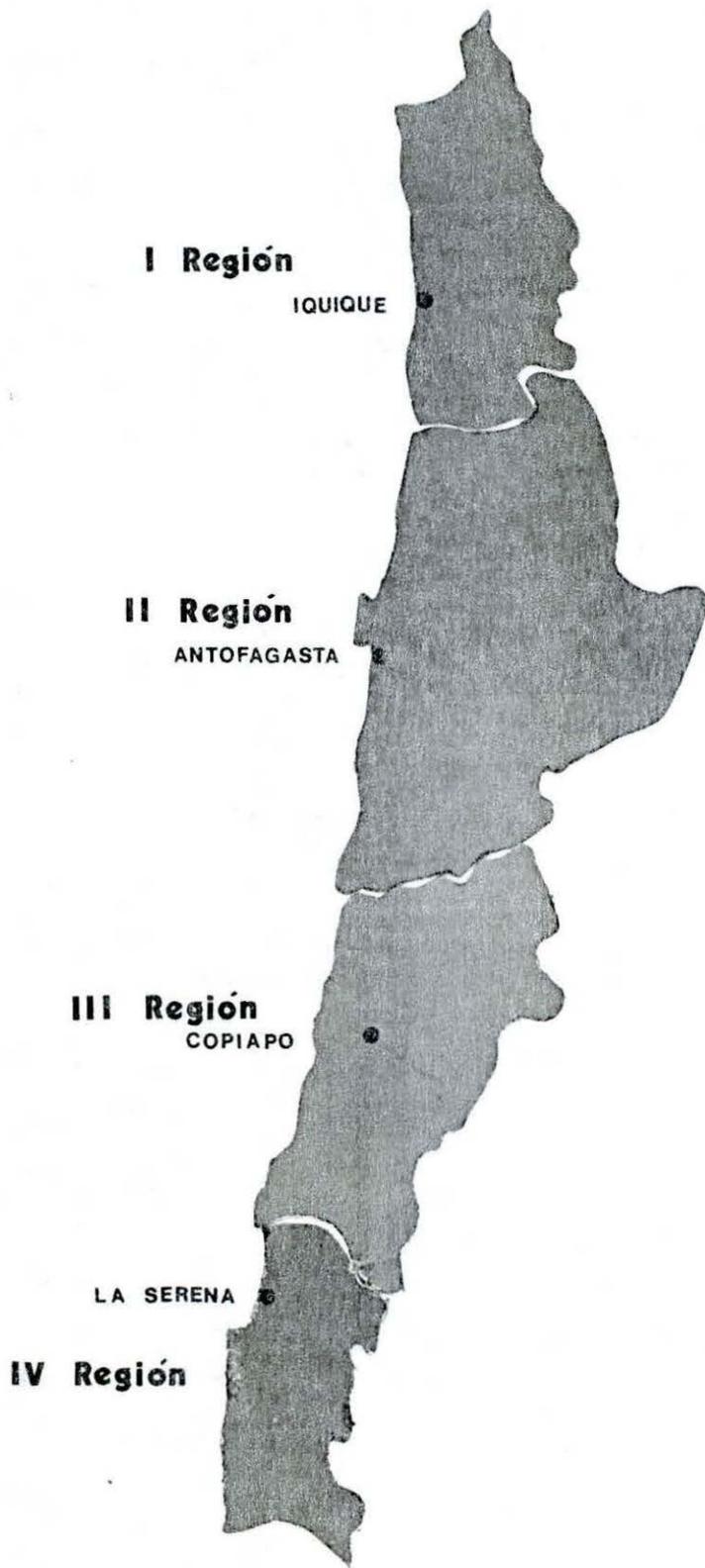
S U M M A R Y

The use of a portion electromagnetic spectrum (infrared) in the location of caloric zones on the earth's surface, has enabled a system of separation of judgement elements to classify as wooded areas, as mineral types or oceanic isotherms.

Given this situation and with the help of remote sensors installed in orbital satellites (ERTS), a range of images taken over the earth at an altitude of nine hundred and ten kms. (in each pass of one-hundred and three minutes), which are those used in this project to analyze the thermal zones that could contain underground water.

The images used in this study, processed in DIASO-COLOR, cover an area of one-hundred and eighty five kms. by one-hundred and eighty five kms., in 4 bands 4 (Yellow), 5 (blue), and 7 (red), of which can be studied individually or in superposition of imagens.

To date, the results have been positive, as example, new aquifers in the Third Region (LLano Varas) and others previse located in the Copiapó Valley.



	Universidad Técnica del Estado Sede La Serena Instituto de Investigaciones CENTRO DE INVESTIGACIONES INIDROLÓGICAS
	ANÁLISIS PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS HIDRICAS SUBTERRANEAS EN EL NORTE CHILENO, MEDIANTE ESPECTROS MULTIBANDAS POR SATELITE
UBICACION AREA DE ESTUDIO	
Inv. ppal. Edm. Rozas E.	Fecha: Octubre 1979
Escala:	

GENETICA DEL ESTUDIO Y ELEMENTOS BASICOS DE JUICIO PARA EL PROYECTO

La puesta en marcha a este proyecto se remonta a la etapa de campo de 3 años previa a él, destinada a recolectar la información de campo sobre la localización de acuíferos subterráneos en la Cuarta Región (Informe no publicado y parte del cual va incluido en este estudio) con dos objetivos: primero el de conocer el potencial hídrico-subterráneo de el área citada y segundo, servir ésta área-preña de base comparativa para continuar el estudio a través de las imágenes satélites, hacia la Tercera, Segunda y Primera Región de Chile.

Hubo que diseñar y construir instrumental (como es el caso del ORTOVISOR - 1, por ejemplo), para realizar observaciones ortogramáticas y también se crearon filtros de corrección para estudiar las imágenes a objeto de atenuar intensidades de brillo y eliminar determinadas áreas de sustancias visibles (como rocas graníticas sin meteorización, por ejemplo) y que de ninguna manera son acuíferas, salvo lo que podría desplazarse a través de fracturas o fallas.

Con el apoyo de Vicerrectoría de Sede se pudo disponer de un gabinete fotográfico para ampliaciones y reducciones, con lo cual la rapidez del estudio ha tenido aceleración que promoto entregar información difícil de retener en la mente del investigador al efectuar la investigación pero sí que puede grabarse en papel sensible y reutilizable en el estudio, ya sea ampliada o disminuida de tamaño.

SINTESIS DE ANTECEDENTES

La básica de este estudio partió desde la fotointerpretación en blanco y negro a nivel docente, en la cual el investigador principal enseña como un capítulo de la Asignatura Fotogrametría 401 y 402 de Ingeniería de Ejecución.

La fotointerpretación en el mundo se inició con las tomas de Tournachon en 1858, y desde ahí el conocimiento de los recursos terrestres fué ampliándose en forma insospechada apoyada en los fines belicistas de los países desarrollados por razones obvias.

Saltándose algunos capítulos de significativa importancia, en esta forma llegamos a las primeras fotografías tomadas a nuestro planeta usando cámaras manuales - que llevaban los astronautas de la Cápsula Gemini III en el vuelo espacial realizado el 24 de Marzo de 1965. Las fotos captaron el Suroeste de EE.UU. cuando la nave espacial viajaba a 8 Kms/seg a una altura de 160 Kms. sobre la tierra.

Por otra parte a nivel Nacional, es importante hacer notar que las primeras fotografías de recubrimiento de nuestro territorio fueron captadas el 25 de Agosto de 1965 por la Géminis V y la zona comprendió la parte Norte de Chile, Sur y Este de Perú y el Altiplano Boliviano.

Numerosos avances científicos se han conseguido con el material recogido por los satélites como detección de plagas, enfermedades, clasificación de suelos, etc. El resultado de todas estas acciones científicas ha traído consigo la creación de una nueva técnica de toma y observación conocida como "Remote Sensing" aunque en razón de la verdad incluye todas las técnicas de observaciones anteriores. El basamento de fundamentación es que todo cuerpo

terrestre, animal, vegetal o mineral emite de alguna manera o refleja una forma particular de energía de tipo electromagnética en que ciertos instrumentos (los sensores) - los pueden percibir y registrar automáticamente a distancia y luego, el investigador los interpreta.

El estudio en desarrollo y parte del cual comprende este avance, utiliza material obtenido por el satélite artificial ERTS (Earth Resources Technological Satellite), en lo que comprende la gamma infraroja del espectro electromagnético.

EL PROGRAMA ERTS Y SUS DERIVADOS INVESTIGATIVOS

El programa de satélites tecnológicos ERTS (y otros como Jupiter, Geminis, etc.) fué establecido como medio de investigación y perfeccionamiento para demostrar que la percepción remota desde el espacio exterior es un procedimiento realizable, de alta practicidad y sumamente rápido para suministrar la información de los recursos terrestres.

La NASA (EE.UU.) ha puesto en acciones sucesivas los ERTS-A, en 1972; el ERTS-B en 1973 y el ERTS-3 en 1975 para la toma de imágenes espectrales de la superficie terráquea transmitiéndolas por estaciones terrestres a un centro de procesamiento de datos ubicados en el Centro de Vuelos Espaciales Goddard de NASA transformándolos en imágenes o cintas computadorizadas, según sea el requerimiento de las investigaciones.

Dos sistemas de sensores se relacionaron para las tomas sucesivas de datos multiespectrales de la superficie terrestre:

- 1.- El sistema Scanner Multiespectral de cuatro canales (M.S.S.) para el ERTS-A y de cinco canales para el ERTS-B.

2.- El Sistema Vidicon de tres cámaras con haz de retorno RBV (Return Beam Vidicon).

El satélite artificial ERTS es utilizado como sistema de retransmisión para acumular datos provenientes de las plataformas remotas de sensores terrestres situadas en diferentes lugares del globo y manejadas por distintos investigadores. Así tenemos que con los datos obtenidos con los satélites ERTS se permite realizar mediciones cuantitativas de las características de la superficie terrestre basadas en sus condiciones espaciales y temporales.

La forma en que opera el satélite es por cubrimiento sistemático y repetido de la superficie terrestre mediante constantes observaciones a fin de utilizar al máximo las imágenes multispectrales recopiladas por los satélites artificiales ERTS.

El observatorio funciona en órbita casi polar y circular, sincronizada con el sol a 924,15 Kms. de altura y dada su velocidad, tarda en pasar por un mismo paralelo de la tierra la cantidad de 103 minutos, lo que permite dar 14 órbitas terrestres alrededor de nuestro planeta en un sólo día de tal forma que en 18 días de órbita el globo terráqueo completo.

El recubrimiento de cada imagen es de 185 kms. de ancho por 185 kms. de largo, lo que le da una resolución hasta de 100 metros y cubre una superficie de 34.000 kilómetros cuadrados.

En nuestro estudio sólo se emplean las bandas espectrales 4, 5, y 7 en longitudes de onda de 0,38 a 0,90 micrones, en DIASO falso color amarillo, rojo y azul respectivamente. Las placas negativas en blanco y negro se utilizan para procesos de sobre posición de áreas de estudio.

TRABAJO PREVIO DEL ESTUDIO

RECONOCIMIENTO DE LAS ZONAS HIDRICAS SUBTERRANEAS EN LA CUARTA REGION.

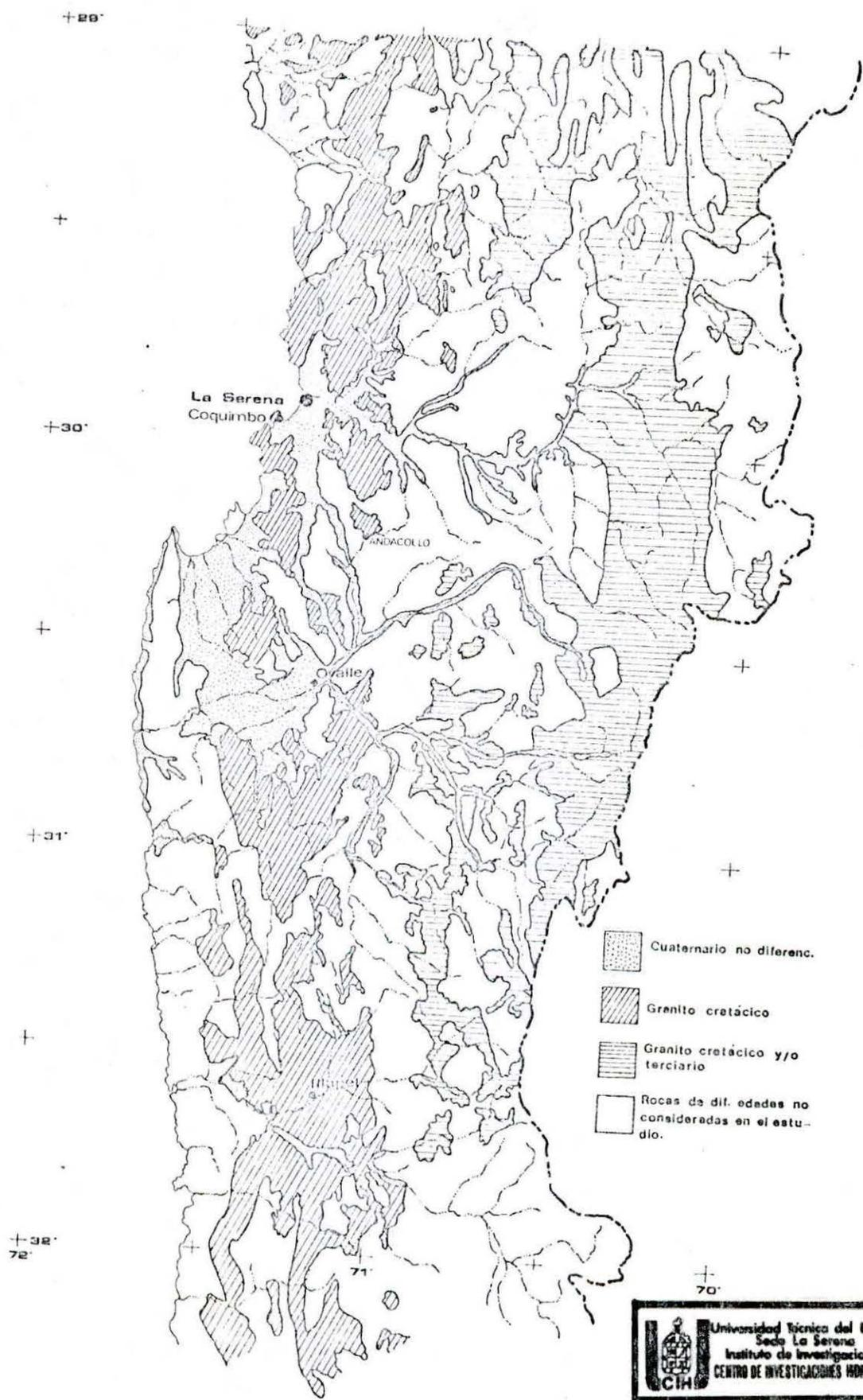
Esta etapa preliminar era la parte fijada como básica para asimilar la información de terreno a los falsos colores obtenidos en DIASO. Luego estas zonas calóricas al representarse por un falso color podrían repetirse en la zona Norte y por lo tanto representar otro acuífero aún no aprovechado.

Las áreas con recursos hídricos subterráneos, se indican en plano adjunto. Algunos son bolsones de agua cuya recarga es anual y depende directamente de la pluvio-metría invernal como es el caso de Pupío, Arrayán, El Teniente, Pama, Quillimari. Otros tiene recarga complementaria nival o de canales como es el caso de Pan de Azúcar, Los Choros u otros depósitos de aguas contenidos en el curso de el Río Elqui, área de Guanaqueros de Tongoy, etc

Las áreas reservorias de recursos subterráneos más importantes de la Cuarta Región (a juicio del estudio realizado) son los siguientes, empezando de Norte a Sur:

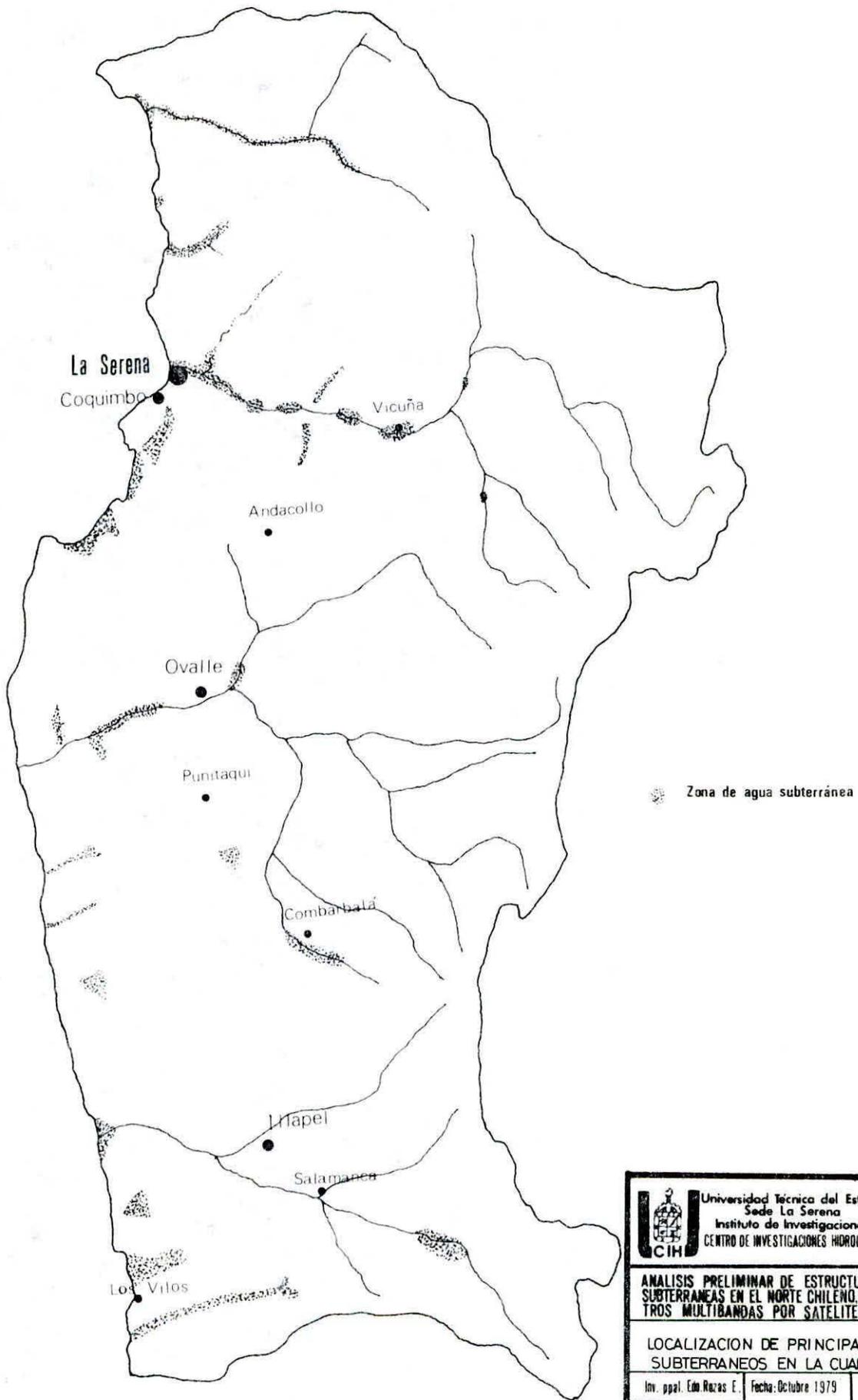
RIO LOS CHOROS.-

Ba hoya pre-andina permite una recarga nival desde sus nacientes en Cordillera de La Punilla y Sierra del Cóndor. Su curso en toda la extensión es subterránea con tres leves exposiciones superficiales: dos en las partes altas, Quebradas Las Breas de San Antonio, Los Pajaritos en el mismo Los Choros y la tercera en Choros Bajos a la altura del poblado del mismo nombre. El nivel estático tiene variaciones entre 6 a 15 mts. Las áreas más relevantes para aprovechar sus recursos son las comprendidas entre Punta Colorada y El Trapiche y en las proximidades al poblado de Choros Bajo.



-  Cuaternario no diferenc.
-  Granito cretácico
-  Granito cretácico y/o terciario
-  Rocas de dif. edades no consideradas en el estudio.

	Universidad Técnica del Estado Sede La Serena Instituto de Investigaciones CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS
	ANÁLISIS PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS HIDRICAS SUBTERRANEAS EN EL NORTE CHILENO MEDIANTE ESPECTROS MULTIBANDAS POR SATELITE
CUATERNARIO Y ROCAS FUNDAMENTALES EN LA CUARTA REGION	
Inv. ppal. Edm. Rozas E.	Fecha: Octubre 1979
Escala:	



	Universidad Técnica del Estado Sede La Serena Instituto de Investigaciones CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS
	ANÁLISIS PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS HÍDRICAS SUBTERRÁNEAS EN EL NORTE CHILEÑO, MEDIANTE ESPECTROS MULTIBANDAS POR SATELITE
LOCALIZACIÓN DE PRINCIPALES ACUÍFEROS SUBTERRÁNEOS EN LA CUARTA REGIÓN	
Inv. ppol. Edm Rozas E.	Fecha: Octubre 1979
Escala:	

EL TEMBLADOR.-

Corresponde a una hoya costera altamente influenciada por la neblina nocturna-matinal que choca en las partes altas de Sierra El Tofo. El contenido hídrico se embalsa controlada por la densidad de la alta y baja marea de la pequeña bahía. Su utilización se puede ejecutar mediante la perforación manual o a máquina de una batería de pozos separados entre sí a 20 metros y a la distancia de 50 metros desde la línea de marca media. Para el caso de pozos perforados a máquina se recomiendan punteras para la succión del líquido.

QUEBRADA HONDA.-

Esta hoya costera tiene recarga pluvial anual de valor influyente y un segundo aporte de la neblina costera que tiene una alta incidencia en la Cuesta Buenos Aires que es un valor notorio para los recursos hídricos subterráneos.

AGUAS SUBTERRANEAS EN EL RIO ELQUI.-

El río Elqui tiene varios aportes subterráneos de quebradas tributarias las que se resumen en lo siguiente:

Quebrada Uchumi.- El aporte entregado es de 5 a 10 lts/seg. dependiendo la fluctuación de la acumulación de nieve en el Cordón de la Viga y de la pluviometría anual.

Quebrada La Aguada y Algarrobal.- Ambas quebradas tienen un aporte entre 1 a 3 lts/seg. y su escorrentía subterránea se moviliza con dificultad a través de conos de eyección de alta pendiente.

Quebrada de Leiva.- El aporte de esta quebrada de amplio radio es de 0,5 a 2 lts/seg. naciendo en el portezuelo Los Porotos, sobre los 3.000 metros de altura sobre el nivel medio del mar.

Quebrada El Tambo.- Recoge los recursos subterráneos de El Pangue y las Mollacas, ambos nacientes en Cordón Ramaditas de Sierra Casas Viejas. Su aporte es de 5 a 10 lts/seg. El nivel estático medio en el curso inferior de la Quebrada es de 7 metros.

Quebrada San Carlos.- Con un flujo subterráneo de 5 a 15 lts/seg. tiene un principal aporte a través de su tributario La Arena que nace en Cordón Ramaditas.

Quebradas Márquesa.- Importante aporte subterráneo al río Elqui en que una parte del flujo aflora a la altura de Viñitas. Su caudal fluctúa de 5 a 30 lts/seg teniendo una alta influencia anual dependiente del régimen de lluvias. La captación debe resguardarse del sistema de fallas locales que cruzan la quebrada haciendo cambios de curso a través de planos de fallas con relativa facilidad como es el caso del cambio que sucede en La Higuera, (Quebrada Marquesa) a Los Perales (Quebrada Las Cañas) en un curso no mayor a 300 metros.

Quebrada Arrayán.- Un aporte subterráneo importante para el río Elqui con variaciones de 10 a 50 lts/seg. Los excesos hídricos utilizados en las plantas de concentración de minerales de Andacollo, se infiltran en esta quebrada.

Quebrada de Talca.- Con sus nacientes en Cordón de Talca, esta quebrada tiene un interesante aporte superficial (sin considerar el pluviométrico) en las aguas contenidas en las neblinas que chocan con las cordonadas de cerros graníticos y permiten un escurrimiento amplio y lento a través de los maicillos originados por la meteorización de los granitos. Su caudal tiene variaciones de 3 a 10 lts/seg. dependiendo del régimen pluviométrico anual.

Quebrada Las Animas.- De régimen similar a quebrada de Talca con variaciones de caudal entre 1 a 3 lts/seg. El nivel estático varía de 1 a 3 metros.

Quebrada Santa Gracia..- Esta quebrada tiene una amplia distribución de sus recursos subterráneos con valores entre - 3 a 10 lts/seg. El nivel estático medio es de 18 metros -- (Lambert).

Sector Pan de Azúcar..- En estudio reciente (1978) publicado por el Centro de Investigaciones Hidrológicas (Instituto de Investigaciones, U.T.E. Sede La Serena) se entrega la información pertinente a este reservorio cuyo almacenamiento subterráneo excede los 80.000.000 de metros cúbicos de agua, con recarga anual de 30 millones de metros cúbicos. Esta área de recursos hídricos ha incrementado en 2.000 - nuevas hectáreas, la superficie regada de la Provincia de Elqui y con un factor de 100 % de seguridad.

Bahía Guanaqueros..- Importantes recursos hídricos aprovechables son factibles de obtener en el embalsamiento diferencial acumulado en la franja costera producido por la - densidad del agua de mar que contraresta el paso del agua dulce. La forma de aprovechamiento debe ser en baterías de pozos para no desequilibrar la columna establecida en 40 - veces la diferencia de nivel estático entre el agua de mar y el nivel del agua dulce.

Bahía de Tongoy..- Cuatro aportes subterráneos de importancia son tributarios al embalsamiento costero de forma similar al de Guanaqueros: quebrada Camarones (que posteriormente se llamó Tongoy Alto), quebrada Salinas Grandes, quebrada Salinas Chicas y quebrada Pachingo.

En conjunto los cuatro aportes importantes son de 165 lts/seg. desglosados como sigue:

Pachingo	:	40	Lts/seg.
Salinas	:	1010	"
Salinitas	:	5	"
Tongoy Alto	:	110	"

Aguas subterráneas en el río Limarí.-

Quebrada El Guanaco (ex quebrada Las Vacas).- Tiene aportes de neblinas colectadas en bosque Fray Jorge y su flujo de 5 lts/seg. fué consultado para ser usado en camping para el Parque Nacional del mismo nombre del bosque.

Area Salala - Barraza.- Encierra un importante reservorio de aguas subterráneas recargadas constantemente, por las aguas superficiales del río Limarí. No ha sido evaluado el potencial almacenado.

Area San Julián y La Chimba.- Este reservorio (s) contenido en los lugares especificados tiene una importancia extraordinaria especialmente en periodos de sequía, pues puede entregar recursos para la agricultura con relativa facilidad siendo recargado anualmente por la escorrentía superficial del periodo climático. Nivel estático medio 18 metros.

Quebradas el Teneinte, Las Palmas, Totoral.- Estas quebradas de hoyas costeras tienen un pequeño caudal aprovechable y de volumen constante pues se encuentran influenciadas por las neblinas costeras matinales y nocturnas, las que de preferencia servirían para solucionar problemas de agua potable para campings en pequeñas escalas.

Esterio Pama.- Esta área de recursos hídricos subterráneos tiene recarga pre-andina y se desplazan desde lo alto por fallas o grietas de las rocas. Puede complementar los requerimientos hídricos para la minería del lugar.

Esterio Pupío.- Interesante cuenca de recursos hídricos subterráneos de hoya costera, con una recarga pluviométrica anual importante y aporte complementario por efectos de neblinas. Parte de estos recursos se utilizan actualmente para dotar de agua potable a los Vilos.

Quilimarí.- Por una gran extensión desde Tilama - El Durazno los recursos hídricos se desplazan a niveles estáticos entre 7 a 10 metros. Por la amplitud del valle los recursos se distribuyen en un radio amplio de tal forma que un pozo

no es suficiente (salvo que la cantidad requerida sea pequeña) para la captación debiendo desarrollar 2 ó 3 pozos normales al curso de la quebrada para captar un mayor volumen.

Aguas subterráneas en el río Choapa.- En la parte superior del curso, tiene importancia de almacenamiento subterráneo la zona plana comprendida entre Chillepín y Salamanca, lo que implica un mejor uso del recurso hídrico para fines agrícolas y mineros. La parte baja del curso al Oeste de Huentelauquén, tiene un importante recurso hídrico subterráneo, controlado por el nivel y densidad del agua del mar. Su recarga es por medio del río Choapa.

CHEQUEO DEL TRABAJO DE CAMPO CON EL DE GABINETE

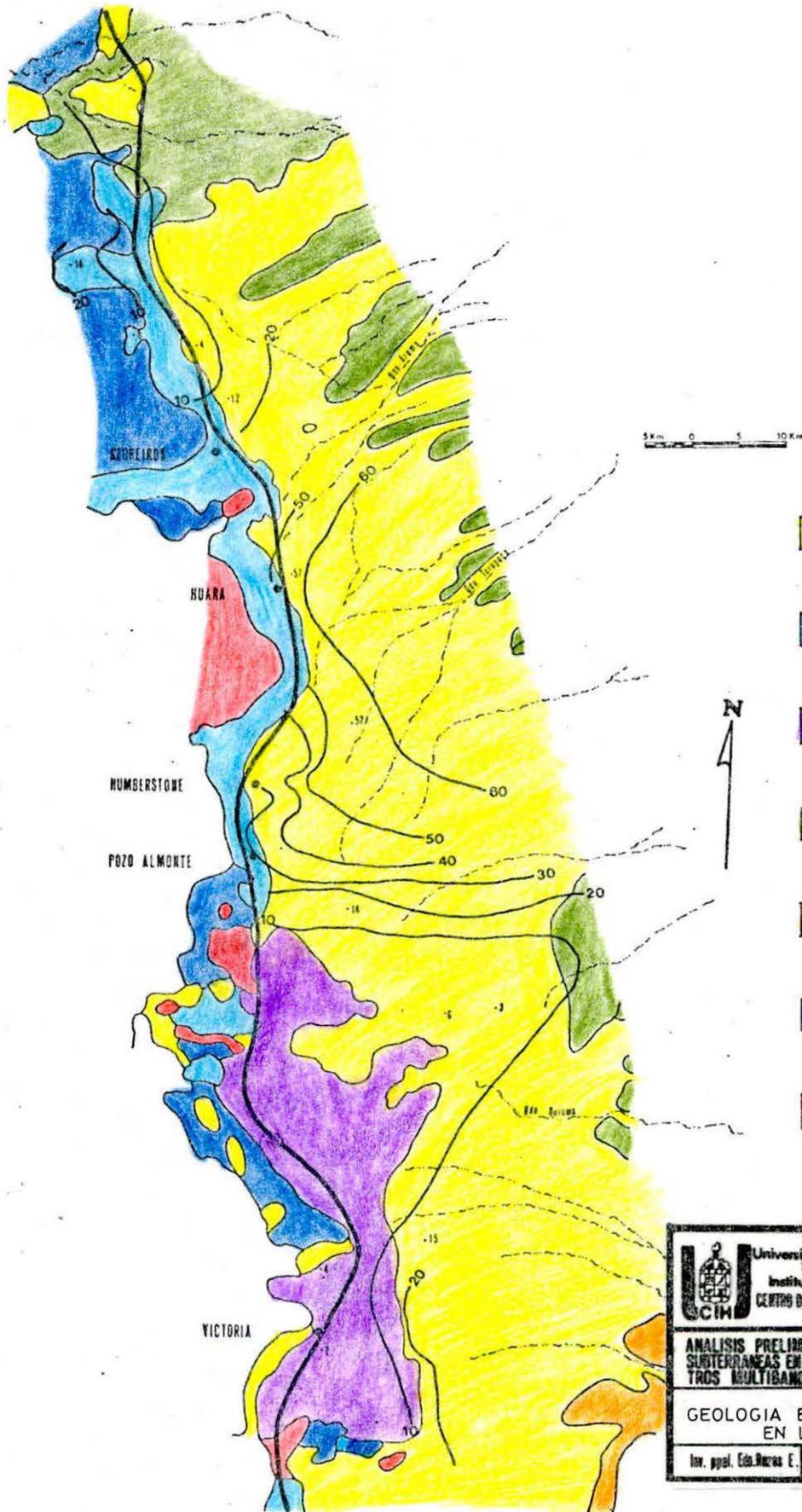
Con el equipo instrumental compuesto de dia-
criptor, proyectos, ortovisor, transparentizador, epidios-
copio se empezó a estudiar los DIASO receptados por NASA y
adquiridos al SERREN Universidad de Chile, formando previa-
mente un mosaico de localización y posteriormente se comen-
zó el estudio regionalizado a objeto de caracterizar la re-
producción de tonos entre el trabajo de campo y la tonali-
dad receptada en los DIASO.

Las imagenes DIASO se adquirieron en tres ban-
das: 4 (amarillo), 5 (rojo) y 7 (azul), las que han servi-
do para estudiarla separadamente, en pares de ellas o su-
perpuestas en tríos con el cual la caracterización básica-
es la siguiente:

Rojo	: vegetación
Magenta	: suelos despejados de veget.
Blanco	: nubes o nieve
Negro	: agua profunda
Colores intermedios:	variaciones de elementos - discernibles.

Para la interpretación se vá conjugando la tectónica del terreno, la estructura y la fisiografía, unida al conocimiento geológico, estratigráfico y morfológico del área base, esto es Cuarta Región, para ir aplicando los mismos conceptos en las imágenes que cubren la tercera, segunda y primera Región.

Los resultados prometen una gran expectativa hídrica en el Norte Chileno y de hecho, el encuentro de un reservorio en Llanos de Varas, al interior de Paipote por el camino que conduce a Inca de Oro, es una muestra de la objetividad que puede conseguirse con estas imágenes espectrales.



- Qap**
Sedimentos fluviales
- Qn**
Depósitos de nitratos
- Qs**
Salares
- TTvr**
Rocas volcánicas
- TTsc**
Rocas sedimentarias
- Jmv**
Calizas lutitas y arenizas
- Kg**
Rocas graníticas

	Universidad Técnica del Estado Sede La Serena Instituto de Investigaciones CENTRO DE INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS
ANÁLISIS PRELIMINAR DE ESTRUCTURAS HIDRICAS SUBTERRANEAS EN EL NORTE CHILENO, MEDIANTE ESPECTROS MULTIBANDAS POR SATELITE	
GEOLOGIA E ISONIVELES FREATICOS EN LA PRIMERA REGION	
Inv. ppal. Ed. Rocas E.	Fecha: Octubre 1979
Escala :	

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) M. González V. y G. Dalannais G. "La Percepción Remota Multibanda como un medio analítico para algunos aspectos del suelo, el agua y las plantas". Instituto de Recursos Naturales - CORFO, Stgo. Chile. 1971.
- 2) R. Cárdenas J., E. Ronero E., O. Saguz Z., "Uso de la interpretación de Imágenes Satélites y Fotos Pancromáticas en los Recursos Naturales". Seminario de Título Ing. Ej. Geomensura, U.T.E., Santiago, Chile. 1974.
- 3) Stephen D. De Gloria, "Computer - Assisted Analysis of Landsat Data for Resource Inventory". Remote Sensing Research Program Department of Forestry and Conservation of California, Berkeley. 1977.
- 4) Elsevier Publishing Company - Amsterdam, Holanda. - "Photogrammetria". Official Journal of the International Society for Photogrammetry. Vol. 31 Nº 3. Sept. 1975
- 5) Nelly Lablée Trillat, "Manual de Interpretación de fotos e imágenes". F.A.CH. Servicio Aerofotogramétrico. 1976.
- 6) Carl-Olof Ternryd, Elis Lundin, "Topografía y Fotogrametría en la práctica moderna". 1974.

