

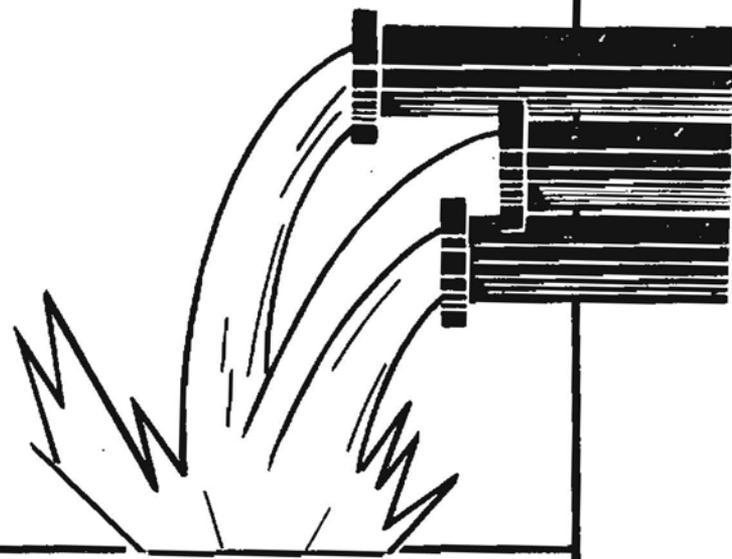
R 56

CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION.

**ALGUNAS CARACTERISTICAS  
QUIMICAS DE AGUA Y SUELO EN  
EL AREA DE SANTIAGO NORTE**



XIMENA TREPIANA PLANAS  
QUIMICO



C797a  
1571  
C-1

1975

C797a  
1571  
c.1



CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRAULICOS

CHILE

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS  
DE AGUA Y SUELO EN EL AREA DE  
SANTIAGO NORTE



XIMENA TREPIANA PLANAS  
Químico

JULIO DE 1975

01571

## PROLOGO

CORFO, a través de su División de Recursos Hidráulicos ha venido desarrollando un proyecto de evaluación de recursos hídricos en la cuenca del río Maipo. Parte importante de esta cuenca, en cuanto a extensión y problemas agrícolas, lo constituye el área denominada de Santiago-Norte (subcuencas de los ríos Lampa y Colina), la cual suma además en su parte superior, inconvenientes por déficit de recursos hídricos.

Por esta última razón, y considerando que en parte, estos inconvenientes (que a futuro tal vez se vean aumentados) han tenido solución parcial a través de la utilización de recursos subterráneos, es que Corfo inició sus trabajos de evaluación de estas subcuencas, fundamentalmente en hidrogeología.

Considerando la vinculación que existe entre esta disciplina, la geoquímica, y los problemas de salinidad de suelos que se presentan en algunos sectores, y por otra parte, el interesante aporte de este trabajo a la comprensión de algunos de los mecanismos de ocurrencia de estos fenómenos, es que esta Corporación ha decidido patrocinar y difundir estos resultados. Estamos conscientes de que el tema es largo y complejo. Este trabajo desde luego, no agota el problema y tampoco ha sido su pretensión hacerlo. Tal vez su ejecución ha planteado muchas interrogantes. Es así el desarrollo de las ciencias.

---

AGRADECIMIENTOS

---

La autora del presente estudio, agradece muy sinceramente la inestimable ayuda prestada por las siguientes Instituciones y personas, con cuyo oportuno consejo y acertada guía, este trabajo pudo realizarse.

Al Departamento de Recursos Hidráulicos de la Corporación de Fomento de la Producción.

Al Departamento de Química Inorgánica y Analítica de la Facultad de Ciencias Químicas.

Al Instituto de Investigación de Recursos Naturales de la Corporación de Fomento de la Producción.

Al señor Profesor Geólogo don Raúl Campillo Urbano, quién dirigió el estudio.

Al señor Ingeniero don Agustín Hojas Bernal, quién sugirió el tema.

A todo el personal de dibujo y cartografía del IREN, quienes elaboraron los planos y dibujos.

Finalmente, a todas aquellas personas que directa o indirectamente colaboraron en este estudio, sin cuya participación no habría sido posible la presente publicación.

## I N D I C E

1.- Introducción	1
1.1.- Antecedentes	1
1.2.- Objetivo del estudio	1
1.3.- Ubicación y límites del área	2
1.4.- Fuentes de información	2
1.5.- Limitaciones	3
2.- Antecedentes Hidrológicos	4
2.1.- Aguas superficiales	4
2.2.- Aguas subterráneas	5
2.3.- Balance	5
3.- Calidad química de las aguas de riego	8
3.1.- Fuentes de información	8
3.2.- Métodos de análisis	8
3.3.- Normas de clasificación	9
3.4.- Análisis de resultados	10
3.5.- Balance salino	12
4.- Boro	13
4.1.- Antecedentes	13
4.2.- Fuentes de boro	13
4.3.- Ciclo del boro	14
4.4.- Disponibilidad	17
4.5.- Sintomatología deficitaria y tóxica	18
4.6.- Tolerancia y demanda de boro de plantas y cultivos	19
4.7.- Método de determinación	23
4.8.- Análisis de resultados	24
4.9.- Aplicabilidad de normas	26

5.- Nitratos	28
5.1.- Antecedentes	28
5.2.- Fuentes de nitrógeno	28
5.3.- Método de determinación	28
5.4.- Presentación de resultados	29
5.5.- Aplicación de normas	30

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

RESUMEN

Los suelos ubicados en el sector Santiago-Norte presentan un bajo porcentaje de utilización agrícola debido a su mala calidad. Esta situación es provocada en parte, por el alto contenido salino de los mismos.

Con el objeto de hacer claridad respecto del nivel de contaminación salina existente en la zona, se estudió la calidad química de las aguas de riego. Se concluyó que el suelo presenta un alto riesgo de sodificación, en gran parte del área, por estar se utilizando en regadío aguas con una relación de sodio mayor a un 65%, aunque estos valores coinciden con un bajo contenido de total de sólidos disueltos. Además se practicó un balance salino y de Boro sobre la base de un balance hídrico y los resultados proporcionan una idea bastante clara de la magnitud de sales remanentes que están quedando en el área y de la cantidad de Boro que está siendo fijada en el suelo.

Los valores de Boro determinados en las aguas son bajos, no así los encontrados en los suelos del sector Norte de Pudahuel. En esta zona el suelo presenta un nivel de toxicidad elevado, que coexiste con altos valores de salinidad de su solución.

El contenido de Nitratos de las aguas está dentro de las Normas de Calidad de Agua Potable.

SUMMARY

Soils placed in the Northern part of Santiago show a low percentage of agricultural use due to their low quality. This situation is caused partially by their high salinity.

The irrigation water has been studied in order to verify the level of salinity in the area. It was concluded that soils have a high sodification rate in almost all the area, because waters with sodium equivalent to over 65% have been used for irrigation. Although these values coincide with a low percentage of the total of dissolved solids. Besides, a saline and boron balance has been carried out on the basis of an hydric balance and the results have given a clear idea of the amount of remaining salts which are retained in the area and the quantity of boron fixed to the soil.

Boron values determined for water are low, but those found in soils to North of Pudahuel sector are not. The soil shows a high toxicity level, which coexist with high values of salinity in the solution.

The rates of nitrates in water are considered within the rules of quality of drinking water.

## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- Antecedentes

La División de Recursos Hidráulicos de la Corporación de Fomento de la Producción, mantuvo en operación durante el año 1974, el Programa Santiago-Norte que específicamente estaba orientado a la definición hidrogeológica del área, con miras a un plan de mejoramiento de regadío que sería enfrentado en conjunto con la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas.

Dentro del marco del Proyecto Santiago-Norte se decidió, a sugerencia del Catedrático Sr. Eduardo Schalscha B., analizar la probable contaminación por boro y nitratos, de lo que ya se tenía algunos antecedentes, si bien no alarmantes, al menos indicadores que el fenómeno se presentaba.

Se consideró importante una contribución en este sentido, no sólo por servir como antecedente básico e importante para sugerir algunas modificaciones del manejo de suelos de cultivo del área, sino porque además sus conclusiones pueden servir como antecedente útil que sumado a otros podría permitir orientar más adecuadamente la expansión urbanística del Gran Santiago que hasta la fecha ha venido haciéndose sobre la base de una buena parte de terrenos de cultivos de aceptable calidad.

### 1.2.-Objetivo del estudio

El estudio ha tenido como objetivo básico definir la distribución del boro en el suelo de Santiago-Norte y a la vez en las aguas que son destinadas al regadío, sean éstas superficiales o subterráneas.

Además se ha analizado la contaminación por nitratos de las aguas subterráneas, materia de gran importancia si se

destina como ocurre, la explotación al abastecimiento de demandas derivadas del consumo potable humano.

Finalmente, se ha considerado útil incluir un capítulo destinado al estudio de la calidad química de las aguas que en el área se destinan al regadío.

### 1.3.- Ubicación y límites del área.

El área que se denomina Santiago-Norte queda enmarcada por las siguientes coordenadas  $33^{\circ}10'$  a  $33^{\circ}25'$  de latitud Sur y  $70^{\circ}40'$  a  $70^{\circ}55'$  de longitud Oeste de Greenwich (plano N°1.3.1). Límites naturales son el Cordón de la Cuesta el Manzano por el Norte, el río Mapocho por el Sur, las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes por el Este y el pie de la Cordillera de la Costa por el Oeste.

Si bien en ciertos aspectos ha sido necesario extender los límites de la zona investigada, su extensión real alcanza a aproximadamente  $700 \text{ Km}^2$ , quedando dentro de ella parte de las comunas de Colina, Lampa, Quilicura, Las Barrancas, Tiltil y Renca de la Provincia de Santiago.

### 1.4.- Fuentes de información

La mayor parte de los datos que sirven de base para el presente estudio corresponden a determinaciones obtenidas durante su ejecución; han sido de gran utilidad los registros de sondajes de la División de Recursos Hidráulicos de Corfo y una serie de datos aún inéditos obtenidos en el Programa Santiago-Norte y que se entregan como antecedente preliminar.

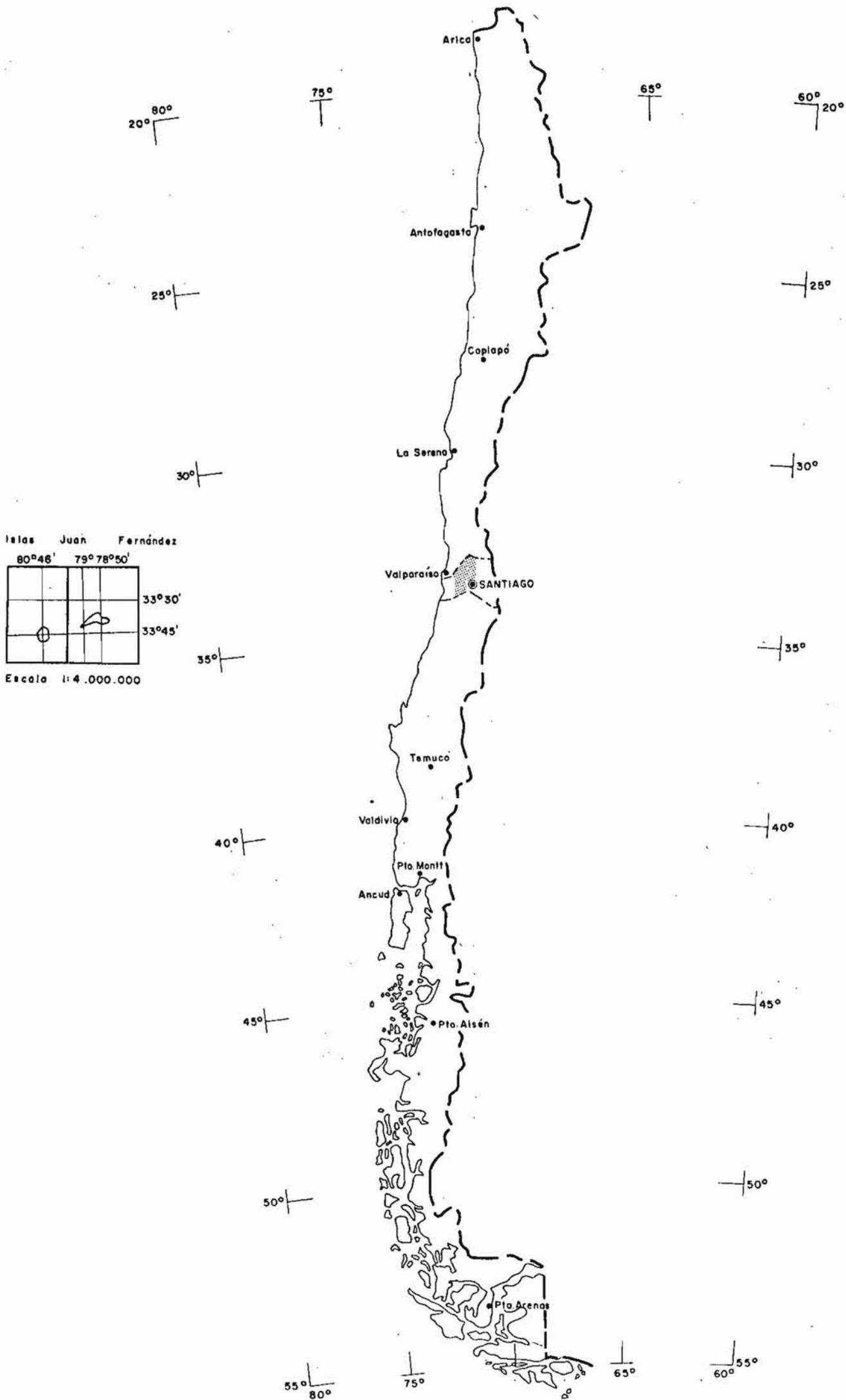
Las citas bibliográficas evidencian que la mayor parte de los trabajos consultados corresponden a realizaciones de investigadores norteamericanos.

## 1.5.- Limitaciones

Si bien en lo que se refiere a determinaciones practicadas en muestras de agua se aprecia que son bastante completas, en lo que dice relación con determinaciones en muestras de suelo habría contribuido a enriquecer el estudio otros análisis, pero las limitaciones presupuestarias del programa no lo permitieron.

La investigación debería ampliarse a toda la Cuenca.

ESCALA 1:14.000.000



## 2.- ANTECEDENTES HIDROLOGICOS

## 2.1.- Aguas superficiales

Al área de Santiago-Norte, llegan las aguas del Estero Lampa por el NO, del Esteró Colina por el NE, del río Maipo a través del canal El Carmen por el SE y del canal La Punta por el S; de los sistemas mencionados el más importante es el canal El Carmen que contribuye con la mayor proporción del agua que se destina a regadio.

En la tabla siguiente, aparecen tabulados los caudales de cada sistema excepto del de La Punta, para diferentes probabilidades de excedencia (G. Wood, comunicación escrita).

TABLA Nº 2.1.1  
Caudales en m<sup>3</sup>/seg.

Probabilidad	El Carmen	Colina	Lampa
20%	2.97	1.26	1.26
50%	2.6	1.00	0.81
80%	2.3	0.58	0.52
85%	2.2	0.44	0.57

No se entregan los aportes del canal La Punta por no ser adecuada su estadística y porque dentro del total su incidencia es muy reducida.

Las aguas de los sistemas hidrográficos son derivadas al regadio a través de una compleja red de canales y tienen una cobertura como la que se señala en el plano Nº2.1.1 tomado de Castillo, Falcón, Valenzuela (1970), del cual se desprende la importancia que se debe asignar al regadio con aguas del sistema Maipo a

2.3.1.1 Aguas superficiales	$m^3/\text{seg}$
Lampa	0.52
Colina	0.58
Maipo	2.30
Sub-total	$33.40m^3/\text{seg}$
2.3.1.2 Aguas subterráneas	$m^3/\text{seg}$
Perfil Lampa	0.12
Perfil Esmeralda	0.01
Perfil Maipo	0.02
Perfil Mapocho	0.01
Sub-total	$0.16m^3/\text{seg}$
Total de entradas	$33.56m^3/\text{seg}$
2.3.2 Aguas que salen de la Cuenca	
2.3.2.1 Aguas superficiales	
Estero Lampa	$0.50m^3/\text{seg}$
2.3.2.2 Aguas subterráneas	
Perfil Pudahuel	$0.20m^3/\text{seg}$
Total salidas	$0.70m^3/\text{seg}$

El propósito de este balance preliminar y que se entrega sólo como una aproximación al problema, es el de determinar las cantidades de contaminantes (principalmente boro) que entran y salen del área en estudio.

Un balance salino aproximado, basado en este balance hídrico, se indica a continuación:

ENTRADAS	Aguas superficiales	Boro Kg/año	SD Ton/año
	Lampa $16.400.000m^3/\text{seg}$	3.300	4.600
	Colina $18.300.000$ "	3.700	1.800
	Maipo $72.500.000$ "	14.500	42.800

Trepiana, X.

-7-

"Calidad...

ENTRADAS	Aguas superficiales	Boro Kg/año	SD Ton/año
	TOTAL	21.500	49.200
	Aguas subterráneas		
	P. Lampa 3.800.000m <sup>3</sup> /año	380	1.140
	P. Esmeralda 315.000 "	63	110
	P. Maipo 631.000 "	95	380
	P. Mapocho 315.000 "	63	410
		-----	-----
		601	2.040
SALIDAS	Aguas superficiales		
	Est.Lampa 15.800.000m <sup>3</sup> /año	3.150	18.900
	Aguas Sub. 6.300.000 "	630	1.260
	Entrada total de Boro	22.101 Kg/año	
	Salida total de Boro	3.780 "	
	Entrada total de sales	51.240 Ton/año	
	Salida total de sales	20.160 Ton/año	

Según se observa en los datos anteriores, queda un remanente de sales en la cuenca del orden de 30.000 Ton/año y de Boro del orden de 18.000 Kg/año.

### 3.- CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS DE RIEGO

Si bien la calidad química del agua de riego de Santiago-Norte no es el propósito central del estudio, su análisis resulta interesante y necesario para comprender el comportamiento del sistema agua suelo del área, ya que la mayor parte de los sondeos del sector se utilizan para riego y existe una superficie importante de suelos afectados por un alto contenido salino.

#### 3.1.- Fuentes de información

Se ha tenido como base los resultados de 180 análisis químicos practicados a igual número de muestras de aguas y que aparecen tabulados en el anexo N°1, del total, 27 corresponden a aguas superficiales y los restantes 155 a aguas subterráneas. Del total, 110 fueron ejecutados por los Laboratorios que se señalan con anterioridad al Programa Santiago-Norte y los demás son parte integrante del estudio.

El proceso de toma de muestras fue el normal y sólo se plantearon problemas respecto de las muestras que se obtuvieron de sondeos, ya que el trabajo de terreno se ejecutó fuera de la temporada de riego y fue necesario ponerlos en funcionamiento únicamente para extraer muestras. Se controló, por su conductividad eléctrica, que el agua de la muestra correspondiera a la de los acuíferos habilitados accionándolos un promedio de 15 minutos.

#### 3.2.- Métodos de análisis.

A fin de garantizar un adecuado respaldo a la sistematización de este estudio, se ha adoptado en los análisis de agua, los métodos indicados por el "Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater" (citado en ref.). Cabe hacer presente que ellos son empleados por los organismos oficiales que controlan o

hacen estudios sobre esta materia.

Sodio y Potasio por absorción atómica.

Dureza total por titulación con EDTA y negro de Eriocromo T.

Calcio por titulación con EDTA y murexida.

Magnesio por diferencia entre dureza total y dureza cálcica.

Carbonatos por titulación con  $H_2SO_4$  y fenolftaleína.

Bicarbonatos por titulación con  $H_2SO_4$  y metil orange.

Cloruros por titulación de precipitación con  $AgNO_3$  y cromato de potasio.

Sulfatos por gravimetría con  $BaSO_4$  y calcinación del residuo.

Nitrato por colorimetría con ácido fenoldisulfónico.

Boro por colorimetría con ácido carmínico.

pH, medido con medidor de pH marca Pye Unicam.

Conductividad eléctrica medida con conductivímetro Beckman.

Sólidos disueltos, evaporación de una alícuota filtrada y secado a  $105^{\circ}C$ .

### 3.3.- Normas de clasificación

Existe un gran número de normas de clasificación de aguas que se destinen a riego, pero la totalidad de ellas es unilateral en el sentido de que sólo consideran los parámetros propios de las aguas con exclusión de las características de los suelos y de los cultivos en que serán aplicadas.

Se ha preferido no entrar a una clasificación basada en algún criterio particular que importa calificativos poco precisos y en su lugar se entregan los parámetros más interesantes para el área en términos absolutos.

Dos son los parámetros aparentemente más interesantes de considerar por su efecto en el suelo y son el contenido de sodio

y el total de sólidos disueltos que se discuten más adelante. El contenido de Boro, que es otro de los parámetros importantes en agua de riego se analizará en el capítulo correspondiente al Boro.

### 3.4.- Análisis de resultados

#### 3.4.1.- Total de sólidos disueltos

##### 3.4.1.1.- Aguas superficiales

El contenido de sales disueltas en aguas de escurrimiento superficial natural es función del caudal en la estación de muestreo que a su vez depende de la época del año.

Se han tomado muestras de aguas al ingreso de cada sistema hidrográfico al área y además se han muestreado los canales que de ellos derivan lográndose en general una buena consistencia de resultados.

Los resultados indican que la calidad del agua superficial que ingresa al área de Santiago-Norte es bastante adecuada, ya que los valores oscilan entre 73 y 590 mg/lit según puede verse en las tablas del anexo N°1.

##### 3.4.1.2.- Aguas subterráneas

De ellas se dispone de una gran cantidad de muestras (153) que corresponden a 93 sondajes; sobre la base de sus análisis se ha hecho el plano N°3.4.1.2.1. que muestra la distribución areal del total de sólidos disueltos con curvas que van desde 150 ppm a 1500 ppm.

En gran parte del área se registra, como hecho importante, que en el sentido del escurrimiento del agua subterránea los sólidos totales disueltos disminuyen; y así como en el área de Esmeralda hacia el NE se empieza con valores de 350 ppm y unos 20 Km al SW se tienen valores entre 120 y 130 ppm.

Sobre esta base se llega a que el agua subterránea del área de riego del Colina es excelente, con sólidos disueltos comprendidos entre 150 y 350 ppm; el área de riego de Lampa es buena con valores que oscilan entre 350 y 700 mg/lt. El área de Batuco es distinta y se registran valores entre 270 y 2000 mg/lt, los más altos en las vecindades inmediatas de la laguna de Batuco.

El área de riego del Maipo es algo más compleja y se tiene que ingresa agua subterránea por el SE con un contenido de 550mg/lt que a pocos kilómetros al NO baja a tan sólo 120 mg/lt; salvo un sector ubicado al poniente del Aeropuerto de Pudahuel en el que se trazaron curvas de 350 mg/lt, lo cual evidencia un agua de excelente calidad para prácticamente cualquier uso.

#### 3.4.2.- Por ciento de sodio

Los suelos sódicos se forman por acumulación de sodio intercambiable y con frecuencia se caracterizan por su baja permeabilidad y difícil manejo. Cuando se riega un suelo en forma continuada con agua que tiene una proporción alta de sodio, será mayor el peligro de sodificación y, al contrario, si predominan el calcio y el magnesio, el peligro será menor.

Se puede predecir hasta donde un agua rica en sodio podrá producir este fenómeno, sobre la base del porcentaje de sodio y el total de sólidos disueltos.

El porcentaje de sodio se define mediante los miliequivalentes por litro de los elementos, según Wilcox (1948), por la siguiente relación:

$$\%Na = \frac{Na \times 100}{Na + K + Ca + Mg}$$

##### 3.4.2.1.- Aguas superficiales

Analizando este parámetro en las aguas superficiales del área, vemos que todas caen dentro de los límites permitidos para su uso en riego, pues sus %Na son menores de 65.

#### 3.4.2.2.- Aguas subterráneas

Este parámetro ha sido calculado para todas las muestras y su expresión gráfica es el plano N°3.4.2.2.1 en el que se muestra que los valores promedios son del orden del 30%, salvo gran parte del sector Pudahuel - Estación Colina - Bатуco, que queda en cerrado en la curva mayor de 65%, llegándose a valores tan altos como 85% si bien hay que señalar que esta área de alto % de sodio coincide con el área de bajo contenido de total de sólidos disueltos.

#### 3.5.- Balance salino

Si se considera la cantidad y la calidad de las aguas que ingresan a la cuenca y salen de ella conteniendo sales en solución, se concluye que hay un remanente de salinidad que queda en el área y que puede seguir varios trayectos y fijarse en diferentes sectores.

Una parte no precisable, es consumida por la vegetación y sale de la cuenca; una parte importante queda retenida en la solución del suelo; un porcentaje menor en la zona no saturada y tal vez una cifra significativa queda retenida en la zona de saturación bajo formas poco solubles, hecho que puede apreciarse al menos en parte, en el plano que muestra la distribución de sólidos disueltos en las aguas subterráneas (plano N°3.4.1.2.1).

El hecho anteriormente mencionado se vé, en parte, corroborado por el plano de conductividades de la solución del suelo (N°3.5.1), ya que se observa que en el sentido del escurrimiento del agua subterránea hay una concentración de la solución del suelo, llegando a valores máximos en el sector de menor profundidad del agua freática, y sector de su menor contenido en sólidos disueltos.

#### 4.- Boro

##### 4.1.- Antecedentes

Bajo el nombre de Tincal o Tincan el Boro fué usado en Europa antes del siglo XVI (Agrícola, 1556 citado en Berger en 1949) y es sólo descubierto en las plantas a fines del siglo XIX, pero se requiere de un considerable tiempo antes que los investigadores tomen adecuado conocimiento del comportamiento del Boro.

La primera causa de que se le diera al Boro cierta importancia, fueron los daños causados durante la Primera Guerra Mundial cuando EE.UU. exportó considerables partidas de fertilizantes potásicos que contenían cantidades excesivas de Boro. Es sólo alrededor de 1942 que se tomó conciencia de que éste no sólo es un tóxico sino que además un micronutriente de gran importancia para el crecimiento de las plantas y cultivos.

En Chile, a juzgar por la literatura existente, se ha dado más atención a los efectos tóxicos del Boro, que por razones de tipo geológico, se presenta en considerable cantidad en las aguas del Norte Grande, pero poco interés a despertado analizar su comportamiento nutriente; en especial la literatura hidrológica presta más atención a calificar aguas sobre la base de aplicación de normas foráneas que a analizar la existencia de cultivos que se riegan con aguas que las mismas normas declaran inservibles.

El presente estudio tiende a explicar el comportamiento general del Boro en el área de Santiago-Norte antes que entrar a calificar, sobre la base de normas de discutible validez en el complejo agua-suelo.

##### 4.2.- Fuentes de Boro

Muchas son las posibles fuentes de Boro que finalmente queda retenido y/o en la solución del suelo, pero parece ser

que el origen más probable para el área es el sistemático y casi continuo aporte de las aguas de riego que han ido progresivamente elevando los niveles de Boro en el área. El agua que llega mediante cauces superficiales principalmente drena áreas en que afloran rocas ígneas que por contener turmalina como mineral accesorio, deben ser consideradas como fuente original del Boro de Santiago-Norte.

La explicación anterior es válida para lo que denominaríamos Boro primario, pues por efecto de la explotación de agua subterránea que también lo contiene, hay un proceso de recirculación ya que éstas junto a las superficiales se infiltran y se constituyen nuevamente en aguas subterráneas.

#### 4.3.- Ciclo del Boro.

El problema se presentará separado con el objeto de facilitar su explicación, en Boro en el suelo y Boro en el agua, algunas de las relaciones de intercambio de Boro que aparecen en el diagrama número 4.3 tomado de Dennis (1937) son aplicables al Boro en el agua pero está referido básicamente a explicar su movimiento en los suelos en regiones húmedas.

Existen básicamente dos tipos de suelos, los minerales o inorgánicos y los suelos orgánicos; los primeros están compuestos mayoritariamente por minerales originales y secundarios y la cantidad de materia orgánica presente no excede del 20%, la materia orgánica en el suelo está constituida por residuos de tejidos animales y vegetales y por macro y microorganismos.

En ambos tipos de suelo el Boro se presenta como disponible y no disponible y bajo la forma de compuestos inorgánicos y orgánicos.

El Boro presente en suelos bajo la forma de compues

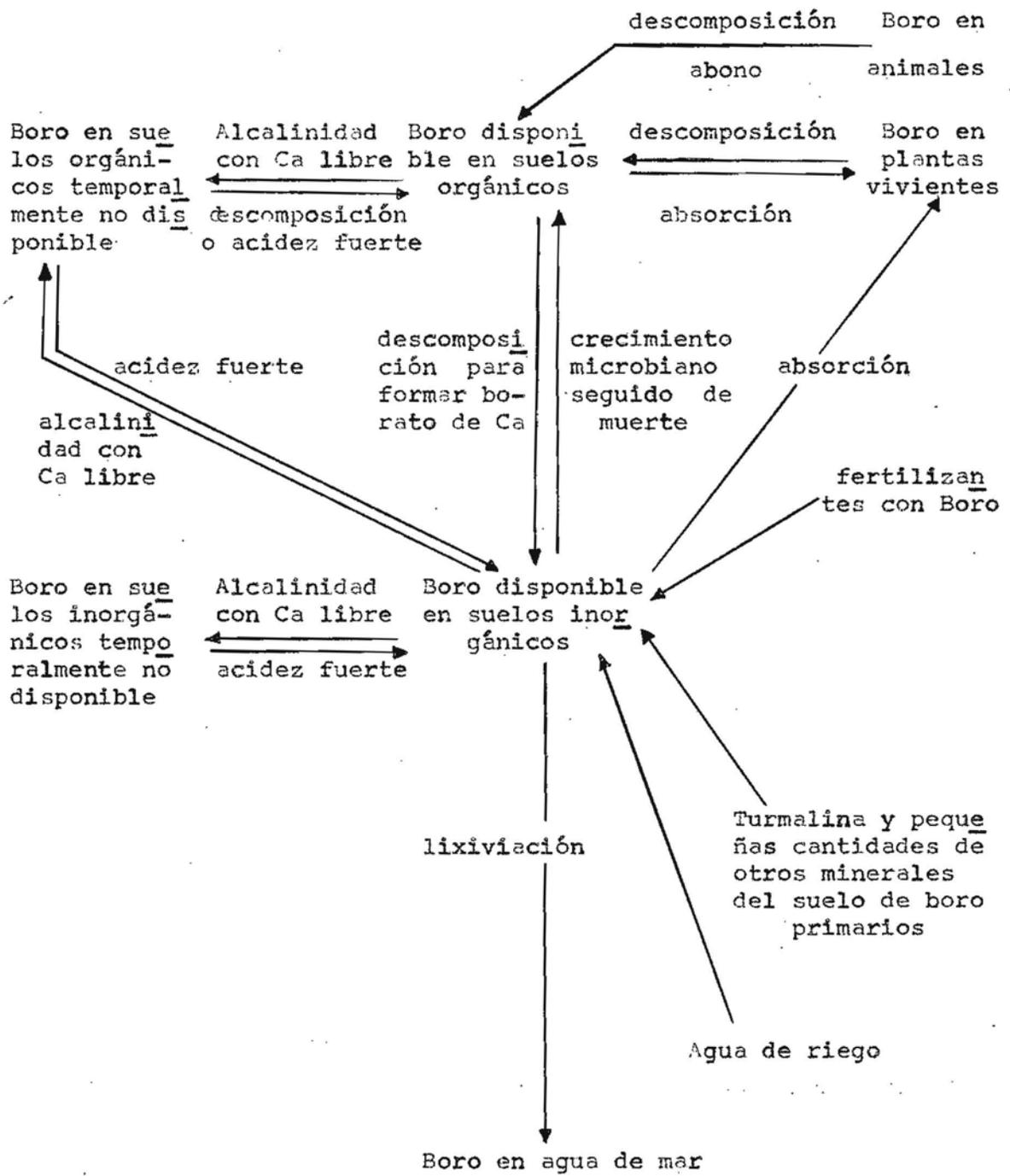
tos inorgánicos (principalmente boratos de Ca, Mg y Na) resulta originalmente de la disolución de minerales contenedores de Boro y se agrega al suelo además por la utilización de fertilizantes y aguas de riego; su contenido aumenta por la muerte de microorganismos y plantas que puede ser seguida de la oxidación del Boro orgánico presente en ellos. Por otra parte, el Boro temporalmente no disponible en forma orgánica e inorgánica puede pasar a Boro disponible por acidez mineral fuerte.

Entre los procesos que extraen Boro disponible se pueden señalar: alcalinidad con Ca libre, lixiviación y consumo de plantas.

Lo anterior es de suma importancia, por cuanto el Boro total presente en el suelo es entre 40 y 50 veces superior al Boro disponible, que fué el que se determinó y una técnica inadecuada de manejo del suelo puede elevar las cantidades de Boro disponible a niveles francamente tóxicos.

DIAGRAMA Nº4.3

CICLO DEL BORO EN SUELOS DE REGIONES HUMEDAS



#### 4.4.- Factores que inciden en la disponibilidad del Boro

1.- Materia orgánica. La presencia de materia orgánica se traduce generalmente en valores comparativamente altos de Boro siendo este efecto más notorio en suelos ácidos que alcalinos ya que en estos últimos hay otros factores de más importancia como el pH.

2.- Lixiviación. En suelos húmedos la lixiviación puede alcanzar niveles importantes que se traducen en deficiencias en el suelo, mientras que en regiones áridas hay un subsuelo más rico en Boro que la superficie.

3.- Alcalinidad y cambios en el pH. El Boro es fijado en gran medida, en los suelos alcalinos, en presencia de calcio libre, parcialmente por la materia orgánica y parcialmente por los minerales del suelo, predominando esta acción en la fracción arcillosa; bajo estas dos formas el Boro no está disponible temporalmente para las plantas pero puede ser liberado por la acción de ácidos minerales fuertes y por la descomposición de la materia orgánica.

4.- Relación Ca/B. Sobre la base de determinaciones experimentales se ha demostrado que la relación Ca/B en la planta debe tener valores inferiores a 1500 para que no se registren niveles deficitarios; es así como cuando se aumenta el contenido de calcio en una solución nutriente, se requiere más Boro para prevenir un déficit y se puede agregar más cantidad de él sin que se registre una sintomatología tóxica. De lo anterior se ha deducido que en suelos ricos en calcio las plantas requieren de mayores niveles de Boro para un normal crecimiento, Later et al (1944).

5.- Cultivos. Las plantas requieren para su metabolismo de cantidades variables de Boro que lo toman de la solución del suelo y lo concentran generalmente en sus hojas, produciéndose una remoción que puede llegar a ser importante; según el uso que se haga de ellas

este Boro vuelve al suelo o no.

#### 4.5.- Sintomatología deficitaria y tóxica

Los síntomas que evidencian la presencia de cantidades inadecuadas de Boro pueden ser agrupados en síntomas que revelan déficit y síntomas que revelan exceso de Boro, de acuerdo a Gordon R. Bradford (1966).

##### 4.5.1.- Síntomas que revelan déficit.

1.- Síntomas internos. Aunque varían de una especie a otra, en general la deficiencia de Boro conduce a la degeneración del tejido merismático, que incluye el cambium, la ruptura de las paredes de la células parenquimas y un desarrollo débil de los tejidos vasculares. Desarrollo imperfecto del Phloem y xylem. Hipertrofia de las delgadas paredes celulares y descoloración frecuentemente precedida de una desintegración celular.

##### 2.- Síntomas externos.

a) El crecimiento terminal muestra marchitamiento, descoloración, suspensión o alargamiento y estimulación del desarrollo de brotes laterales.

b) Las hojas muestran espesamiento, fragilidad, ensortijamiento, arrugamiento, marchitamiento y manchas cloróticas.

c) Pecíolos y tallos pueden ser engrosados, suberizados, agrietados o encarrujados.

d) Frutas, tubérculos o raíces: la parte carnosa puede mostrar manchas pardas, necrosis, agrietamiento o pudrición seca o puede mostrar descoloración en el sistema vascular.

##### 4.5.2.- Síntomas que revelan exceso

La sintomatología tóxica y la deficitaria ocurren en niveles de Boro que dependen entre otros muchos factores de la especie vegetal que se considere.

En el caso de la toxicidad se distinguen dos etapas: Etapa primaria.- Los síntomas tales como amarillamiento de la punta de las hojas pueden tener como origen otras causas distintas a un nivel elevado de Boro y sólo son discutibles sobre la base de un adecuado análisis foliar. Luego tenemos una etapa moderada a aguda en la que se produce comúnmente una necrosis progresiva desde la punta y/o los bordes hacia el centro, como una clorosis amarillenta que puede llegar a un chamuscamiento que finalmente se traduce en su caída prematura; un síntoma similar es ciertas deformaciones morfológicas que registran ciertas especies.

#### 4.6.- Tolerancia y requerimientos de Boro de plantas y cultivos.

##### 4.6.1.- Tolerancia

En lo que dice relación con la tolerancia de las plantas al Boro, los comportamientos de ellas no siguen un esquema rígido y no es condición sine cuanon la aparición de síntomas visibles para que la tolerancia se manifieste y es así como se puede detectar que la planta está sometida a excesos de Boro sobre la base de estudios microscópicos de sus tejidos.

Como consecuencia de trabajos efectuados por diferentes autores, entre ellos, (Eaton, 1935), se han dividido los cultivos y plantas en tres categorías: tolerantes, semi-tolerantes y sensibles al Boro haciéndose la salvedad de que los últimos términos de una categoría pueden pasar a la inmediatamente siguiente siempre que los resultados prácticos así lo justifiquen.

TABLA Nº4.6.1.1  
TOLERANCIA DE LAS PLANTAS AL BORO  
(Eaton, 1935)

(Las especies que se mencionan primero en cada grupo se consideran más tolerantes, y las que se citan en último término son más sensibles).

Tolerantes	Semitolerantes	Sensibles
Espárragos	Girasol	Nuez
Palma	Papas	Nogal negro
Palma datilera	Algodón	Nogal persa
Remolacha azucarera	Rábano	Chufa o cotufa
Alfalfa	Olivo	Olmo Americano
Gladiolo	Cebada	Ciruelo
Haba	Trigo	Peral
Cebolla	Maíz	Manzano
Nabo	Avena	Uva
Cól	Zinia	Higo Kadota
Lechuga	Pimiento	Níspero
Zanahoria	Camote	Cereza
	Frejol	Chabacano
		Durazno
		Zarzamoras sin espinas
		Naranja
		Limonero

Se ha investigado la tolerancia de cultivos a diferentes niveles de Boro presentes en las aguas de regadío, la tabla más usada en Chile es la de Scofield (1936).

TABLA Nº4.6.1.2

## TIPO DE CULTIVO

Calidad del agua	Sensibles	Semitolerantes	Tolerantes
1.-Excelente	> 0.33	> 0.67	> 1.00
2.-Buena	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
3.-Permisible	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
4.-Dudoso	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
5.-Inútil	< 1.25	< 2.50	< 3.75

No se efectúa la correspondiente calificación de las aguas de riego sobre la base de la tabla anterior, pues existe con censo entre los especialistas nacionales que los límites fijados son extraordinariamente rígidos al parecer, dejándose constancia de que no ha sido posible obtener literatura respecto de experiencias hechas en Chile.

## 4.6.2.- Demanda de Boro

Si se aprecia disparidad de criterios en lo que respecta a fijar límites de toxicidad de Boro para las plantas, mayor dificultad se nota en lo que dice relación con establecer niveles mínimos de demanda de Boro; una manera empírica consiste en determinar el nivel de Boro en la planta cuando se desarrolla en un sue lo normal y los que presenta en suelos que contenga déficit y exce so. Con respecto a este problema hay que proceder en forma cuidada por cuanto pueden ocurrir y de hecho ocurren situaciones no previsibles. Es así como Eaton (1944) investigó que al colocar cul tivos sensibles en una solución nutriente con 5 ppm. de Boro, regis tró en ella altos niveles de este elemento; al efectuarlas con plan tas semitolerantes el contenido fué mediano y al ejecutarlo con plantas tolerantes el nivel fué bajo. Esto contradice el hecho apa

rentemente comprobado de que cuando una planta es altamente tolerante, alto es su contenido de Boro y alta su demanda. Berger (op. cit) establece que no hay una relación entre demanda de Boro y el contenido de este en la planta; si el contenido de Boro del medio es similar a aquél en el cual las plantas normalmente crecen, su contenido en Boro es un índice de su demanda.

La demanda de Boro que aparece en la tabla siguiente ha sido confeccionada sobre la base de observaciones empíricas en que se ha colocado la planta en suelos con diferentes niveles de Boro y se ha registrado su crecimiento más normal.

TABLA Nº4.6.2.1

## DEMANDAS DE BORO DE ALGUNOS CULTIVOS Y PLANTAS SILVESTRES

(Berger, 1949)

Probable contenido de Boro disponible en suelos (ppm) requeridos para un óptimo crecimiento.

Plantas con alta demanda > 0.5 ppm	Planta con una demanda media 0.1 a 0.5 ppm	Plantas con baja demanda < 0.1 ppm
Manzana	Tabaco	Trigo
Alfalfa	Tomate	Avena
Trébol rojo	Lechuga	Centeno
Trébol carmeceí	Durazno	Cebada
Trébol blanco	Cereza	Trigo Sarraceno
Trébol dulce	Olivos	Maíz
Betarraga	Algodón	Soya
Remolacha dulce	Patatas dulces	Guisantes
Nabos	Maní	Habas
Repollo	Zanahorias	Frejol blanco
Brécol	Nogal	Frutilla
Coliflor	Avellana	Cítricos

Espárragos	Cebolla	Frambuesa
Girasol	Fera	Papas blancas
Rábanos		Gramíneas
Bruselas		Hierbas
Apio		Lino
Naba		

Debe destacarse el hecho, de que por su origen mismo, la tabla anterior no involucra criterios rígidos por cuanto las demandas de dicho elemento son función de una serie de otros factores tales como: tipo de suelo, drenaje, clima, agua de riego, etc..

#### 4.7.- Determinación de Boro

Se efectuó de la siguiente forma:

- 1.- Se preparó la muestra de suelo por molienda y luego se tamizó bajo la malla 200 previo cuarteo. Esta operación se hizo con cada una de las muestras.
- 2.- Se tomaron 20 gr. del suelo preparado y se le agregó 40 ml de agua destilada, mezcla que se calentó a reflujo por 5 minutos.
- 3.- Centrifugación con 2 a 4 gotas de  $\text{CaCl}_2$  1 N.
- 4.- Evaporación de 20 ml del sobrenadante en cápsula de porcelana con 2 ml de solución saturada de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , seguido de calcinación suave para destrucción de materia orgánica y nitratos.
- 5.- Disolución del residuo con 5 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,36N seguido de filtración.
- 6.- Toma de alícuota para la determinación colorimétrica del Boro con ácido carmínico, a una longitud de onda de 585  $\text{m}\mu$  en celda de 1 cm..

Se efectuó además la determinación de pH y de conductividad eléctrica en extracto 1:1 de suelo-agua.

#### 4.8.- Análisis de resultados

El problema fué abordado haciendo uso del criterio de la hipótesis múltiple de trabajo lo que llevó a la búsqueda de relaciones entre los contenidos de Boro en el suelo y otras variables del sistema.

A continuación se señalan algunos hechos destacados que son las relaciones más importantes encontradas.

1.- Al superponer el plano de isocontenido de Boro (plano Nº4.8.1) en suelos con el plano de isoprofundidad del agua subterránea (plano Nº4.8.2), se puede apreciar que los valores más altos de Boro en el suelo, se registran en el sector norte de Pudahuel, que a su vez registra los niveles de agua más someros y a la inversa el área de Colina con niveles de agua subterránea más profundos registra los niveles de Boro en suelos más bajos.

Esto estaría indicando que uno de los mecanismos de extracción del Boro ya señalado, la lixiviación, juega un cierto rol en la existencia de Boro en el suelo.

2.- Hay en general una buena correspondencia entre el área con agua subterránea de mejor calidad y el contenido de Boro en el suelo, como asimismo en lo que dice relación con el contenido de Boro en el agua subterránea.

Se estima que hay un efecto de contrapeso en que los sectores de mayor contenido de Boro en suelo registran agua de riego (subterráneas) con bajo Boro y lo inverso, vale decir, los que presentan mayor contenido de Boro en las aguas de riego, lo registran en menores cantidades en el suelo.

3.- En general, en el sentido del escurrimiento del agua subterránea hay un aumento del pH hacia el sector Norte de Pudahuel y así una disminución del contenido de calcio en las aguas, además

hay un aumento en el contenido de sales en la solución del suelo y una disminución del total de sólidos disueltos en el agua.

#### 4.8.1.- Contenido de Boro en el suelo.

Se ha preferido incluir en un sólo capítulo la consideración del contenido de Boro de las aguas y suelos de Santiago - Norte pues resulta evidente la acción conjunta del complejo y no parece recomendable a la luz de los resultados obtenidos, un análisis por separado.

En párrafos anteriores se ha descrito de manera muy esquemática la movilidad del Boro y dicho patrón es totalmente a - plicable al área en estudio. En primer lugar y a falta de estudios previos detallados, se parte de una situación inicial en que exis- te una cantidad de Boro en los suelos, que es la que se ha determinado sobre la base de 24 puntos de muestreos en los que se tomó muestras de los primeros 30 cm. (horizonte A) más superficiales y de los 30 inmediatamente siguientes (horizonte B), que dan 48 de- terminaciones cuyos resultados aparecen en la tabla N°4.8.1.1 del anexo N°2 con las correspondientes determinaciones de pH y conductividad.

De esta tabla se puede apreciar que en el horizonte A el contenido de Boro varía entre 0.44 y 8.56 ppm y en el hori- zonte B entre 0.35 y 8.74 ppm; salvo 4 puntos de muestreo los valores de Boro de la superficie exceden los del subsuelo.

Los valores tabulados de Boro determinados en el horizonte A sirvieron de base para la ejecución del plano N°4.8.1 en que se intenta mostrar la distribución areal de este paráme - tro; toda el área estudiada queda encerrada en la curva de 1.0ppm de Boro salvo una parte de Lampa y el sector más cercano a Batuco. El contenido de Boro va aumentado hacia la parte central (Pudahue 1)

en que se ha trazado la curva de más de 5 ppm.

En este sector se muestreó un punto estudiado por la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile en 1971 (muestra N°31) en el que se registraron valores de 3,8 ppm en el horizonte A y 1,9 en el horizonte B; los valores de este estudio entregan para el mismo punto contenidos de 5.4 y 2.4 ppm de Boro respectivamente, valores que deben ser comparados con cautela.

Con un total de 59 determinaciones del contenido de Boro en el agua subterránea, se ejecutó el plano N°4.8.1.1; en él se puede notar que hay un decrecimiento paulatino del contenido de Boro que se ha probado, es coincidente con el sentido del escurrimiento del agua subterránea y con el aumento del contenido de Boro en la solución del suelo. Todo lo anterior es una consecuencia de la variación del pH de las aguas en el sentido del escurrimiento, lo cual originará una precipitación de borato de calcio con la consecuente disminución del contenido de Boro en el agua y por ende del aumento del contenido de Boro en el suelo.

#### 4.9.- Aplicación de las normas.

Al igual de lo que ocurre con las normas de calidad de agua para riego en lo que respecta a criterios de clasificación, algo similar ocurre con las normas referentes al Boro en el suelo.

Si se aplicara como criterio de clasificación del suelo los valores de la tabla N°4.6.2.1; se concluirían que ellos son sólo aptos para cultivos tolerantes ya que los sensibles no los soportarían pues casi toda el área investigada registra valores superiores a 1.0 ppm.

Si se aplica cualquier criterio de normas de Boro para aguas ocurre algo similar y como la tendencia del área es en el sentido de incrementar su contenido de Boro, el problema que hoy

en día no es tal, probablemente lo sea en el futuro.

Respecto de los síntomas de deficiencias y toxicidad debe tenerse muy en cuenta que representan situaciones casi totalmente extremas y lo ideal es que no ocurran; el problema importante es el que los cultivos tengan la más alta productividad posible para lo cual se requerirá de adecuadas técnicas de manejo que permitan rebajar los niveles de Boro, pero que en ningún caso tengan o creen condiciones para aumentarlos.

Se prefiere en suma no entrar a calificar agua y suelo, y se remite al interesado a los valores que se han determinado que se cree adecuadamente representados por los planos que muestran su distribución areal.

Se estima por otra parte que una calificación unilateral de agua y suelo no representan adecuadamente el fenómeno y sólo sería útil en aquellos casos en que ambos apuntaran en el mismo sentido como por ejemplo, un suelo alto en Boro regado con agua que igualmente lo contengan en niveles excesivos. Pero es muy distinta la situación de Santiago-Norte ya que valores bajos de Boro en suelos coexisten con comparativamente altos en Boro en las aguas de riego y lo inverso también ocurre.

## 5.- Nitratos.

### 5.1.- Antecedentes

Se consideró interesante analizar la probable contaminación por Nitratos de las aguas subterráneas del área, por su posible y altamente probable empleo con fines de abastecimiento de demandas planteadas por el consumo humano. Se ha dispuesto de un total de 152 análisis, que corresponden a 119 puntos de muestreos, de los cuales 94 (79%) corresponden a muestras de aguas subterráneas.

### 5.2.- Fuentes de Nitrógeno

De todas las fuentes de Nitrógeno en las aguas, las rocas ígneas son las de menor importancia (Rankama y Sahama 1962), ya que proveen pequeñas cantidades bajo formas muy solubles; le siguen en orden creciente de importancia la atmósfera, Riffenburg (1925) reporta que el contenido promedio del agua de lluvia es de aproximadamente 0.2 ppm de Nitrato.

La presencia de Nitratos en los suelos y por consiguiente en el agua subterránea se explica por procesos más importantes, tales como la acción bacteriana en los nódulos de las raíces de ciertas plantas que toman el Nitrógeno del aire y lo fijan en el suelo como Nitrato en mayor cantidad del que toman, por ejemplo las legumbres. Otros procesos que explican el Nitrato en el suelo son la muerte de los vegetales, la excreción animal, la adición al suelo de fertilizantes nitrogenados y la percolación de descargas residuales.

Se pueden producir pérdidas de Nitratos del suelo por intercambio aniónico y por actividad de bacterias reductoras.

### 5.3.- Método de determinación

#### Método del ácido fenoldisulfónico.

a.- Luego de determinar el cloruro, se toman 50 ml de muestra y se

tratan con una cantidad equivalente de solución standard de sul  
fato de plata.

- b.- Se coagula y se filtra el precipitado hacia cápsula de porcela-  
na.
- c.- Se neutraliza a pH aproximado de 7, y se evapora a sequedad.
- d.- Se disuelve el residuo con 2 ml de ácido fenoldisulfónico, lueg  
o se diluye con agua destilada.
- e.- Se agrega amoníaco hasta desarrollo total del color amarillo.
- f.- Se lleva a volumen con agua destilada según la intensidad de la  
coloración, para que la lectura esté dentro de la curva de calibr  
ación.
- g.- Lectura colorimétrica a una longitud de onda de 410 mμ, con cell  
das de 1 cm..

#### 5.4.- Presentación de resultados

Con los datos obtenidos se ha hecho el plano N°5.1, que muestra la distribución areal del Nitrato en las aguas subterráneas de Santiago-Norte, el cual plantea varias interrogantes ya que el contenido de Nitrato en ellas no puede ser explicado por medio del agua superficial ya que ésta registra valores menores de 10 partes por millón y en las aguas subterráneas encontramos valores hasta de 40 ppm de Nitrato.

Observando el plano de isocontenido de Nitratos en aguas subterráneas encontramos una disminución de éste en el sentido del escurrimiento, una explicación posible a este hecho sería la siguiente: las aguas subterráneas son muy pobres en oxígeno o carecen de él, como consecuencia de haber sido consumido por la oxidación de la materia orgánica del suelo y no haber tenido oportunidad de reoxigenarse por estar fuera del contacto del aire.

Los microorganismos por procesos aerobios producen

oxidación del Nitrógeno de la materia orgánica dando las formas más oxidadas de él, y la más estable que es el Nitrato, cuando se encuentra en un estado anaerobio, como es el caso subterráneo, los organismos continúan demandando oxígeno para su metabolismo y si no lo encuentra en estado disuelto, en su ambiente natural acuoso, lo toman de las sustancias que lo contengan, como por ejemplo el Nitrato, produciéndose una reducción de él, lo que explicaría su disminución en el sentido del escurrimiento.

#### 5.5.- Aplicación de normas

Para el abastecimiento de agua potable y para industrias de productos alimenticios, las normas señalan valores de 69 ppm de  $\text{NO}_3^-$  o 15 ppm de Nitrógeno como los tolerantes (Norma Chilena de Calidad de Agua Potable NCH 409 n 70, para fuentes subterráneas). En el área en estudio todos los análisis dieron resultados menores que los tolerados por estas normas, llegando los mayores a 45 ppm de Nitrato, en el sector de Batuco.

### CONCLUSIONES

#### A.- Del boro.

A.1.- Existe en Santiago-Norte un proceso de acumulación de boro que está siendo fijado en el suelo.

A.2.- La mayor parte del boro incorporado a la Cuenca permanece bajo formas no solubles y pueden pasar a la solución del suelo si se alteran las condiciones actuales del suelo.

A.3.- El nivel de toxicidad de boro en suelo es elevado en la parte central del área y coexiste en ella con igualmente elevados valores de salinidad de la solución del suelo.

A.4.- Tanto el agua superficial como la subterránea registran bajos niveles de boro.

#### B.- De las aguas.

B.1.- El agua subterránea por su elevado contenido de sodio presenta un riesgo alto de sodificación de los suelos.

B.2.- El agua subterránea salvo el sector de Batuco registra buenas condiciones en cuanto a total de sólidos disueltos.

B.3.- El agua superficial es buena en cuanto a %Na y sólidos disueltos.

#### REFERENCIAS

- American Public Health Association, (1971), "Standards Methods for the Examination of Water and Waste-water", 3<sup>ra</sup> ed..
- Berger K. C., (1949), "Boron in Soils and Crop", Advances of Agronomy, Vol.1: 321-48, A.G. Norman (ed) Nueva York, Academic Press.
- Black C.A., (1965), "Methods of Soil Analysis", American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Bradford R. Gondon, (1966), "Boron", Diagnostic Criteria for Plants and Soils, University of California, Division of Agricultural Sciences, ed. by Homer D. Chapman.
- Buckman H.O. y Brady N.C. (1970), "Naturaleza y propiedades de los suelos", Montaner y Simon S.A.
- Castillo U.O., Falcon M.E., W. Doyel, Valenzuela V.M., (1963), "El agua subterránea de Santiago", Instituto de Investigaciones Geológicas, Boletín Nº15.
- "Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos"(1970) Centro Regional de Ayuda Técnica, L.A. Richards, Ed.,
- Díaz del R. G., Bonilla P.R., Peralta T.F., "Geología de Superficie, Sub-superficie, y Geoquímica del Salar de Atacama", División de Recursos Hidráulicos(1972) Corfo.
- Falcon M.E., Castillo V.O., Valenzuela M. (1970), "Hidrogeología de la Cuenca de Santiago", Instituto de Investigaciones Geológicas Sección Hidrogeología, Corporación de Fomento de la Producción Departamento de Recursos Hidráulicos, Publicación

especial N°3.

Firman E. Bear, (1963), "Química del Suelo", Ed. Interciencias, Ma  
drid, España.

Hem D. John (1959), "Study and Interpretation of the Chemical Cha-  
racteristics of Natural Water", Geological Survey  
Water-Supply Paper 1473.

Lyon T.L., Buckman H.O., Brady N.C. (1943), "The Nature and Proper-  
ties of Soil", 5ª ed. The Macmillan Company, New-  
York.

Jackson M.L. (1964), "Análisis Químicos de Suelos", Omega ed., Bar  
celona.

Peralta T.F. (1966), "Hidrogeología del Sector de Pudahuel", Memo-  
ria para optar al título de Ingeniero Civil de la U  
niversidad Católica de Chile.

Ortiz J., Espíldora B., Cabrera G., (1971), "Informe preliminar so-  
bre el estudio de drenaje del Asentamiento Cacique  
Colín", Sección Hidrología y Riego, Departamento de  
Obras Cíviles, Facultad de Ciencias Físicas y Mate-  
máticas, Universidad de Chile.

Ortúzar A.R., (1968), "Recarga Artificial de los Acuíferos de Coli  
na", Memoria para optar al título de Ingeniero Ci  
vil.

Sotomayor M.R. (1964) "Estudio y Prospección Geofísica de Aguas sub-  
terráneas en la Cuenca de Batuco", U. de Chile, Fa  
cultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Sahama Th. G., Rankama K. (1962), "Geoquímica, 2ª ed., Aguilar.

Thompson M. Louis (1965) "El Suelo y su Fertilidad", 3ª ed.

The United States Department of Agriculture Washington, D.C. (1957)  
"The Year Book of Agriculture".



Traversy W. J. (1971), "Methods for Chemical Analysis of Waters and  
Waste-Waters", Water Quality Division, Ottawa, Canada  
da.

A. N E X O S

A N E X O N°1

ESTADISTICA DE CALIDAD DEL AGUA

NOMENCLATURA Y GLOSARIO DE TERMINOS UTILI-  
ZADOS EN LA ESTADISTICA DE CALIDAD QUIMICA

El número que identifica a la estación de muestreo es del tipo 3070001. Los tres primeros dígitos, 307 identifican a la Hoya Hidrográfica. El número siguiente, en este caso 0 significa que es un Sondaje; si se trata de río o estero el número que corresponde es el 8. Los tres dígitos siguientes corresponden a un número de codificación dado por Corfo, si se trata de sondaje, cuando es una estación superficial corresponde al número de la estación dentro de la Hoya del río.

LAB: Laboratorio que efectuó el análisis.

IIG: Instituto de Investigaciones Geológicas

SIS: Ingeniería Sanitaria Univ. de Chile

DOS: Dirección de Obras Sanitarias

DMC: División de Minería Corfo (Laboratorio en el cual la autora efectuó los análisis del presente trabajo)

Prop. anals.: Propietario del análisis

RHC: Recursos Hidráulicos de Corfo

Muestreo:

fecha: fecha en que se tomó la muestra

Mtdo: 0 no hay dato

1 bombeo

3 directo

TSD: total de sólidos disueltos (mg/lt)

CE: conductividad eléctrica ( $\mu$ mhos/cm)

Dureza car: dureza carbonatosa (mg/lt como  $\text{CaCO}_3$ )

Dureza No car: dureza no carbonatosa (mg/lt como  $\text{CaCO}_3$ )

Temp  $^{\circ}\text{C}$ : temperatura de la muestra medida en terreno

pH: pH medido en el Laboratorio

Macrocomponentes en mg/lit

$\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{CO}_3^{=}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$

Microcomponentes en mg/lit

Boro, Sílice, Nitratos

\*\*\*\*\*  
 ESTADÍSTICA DE CALIDAD DEL AGUA  
 \*\*\*\*\*

MUESTRA ELECTR	LAB	PROP ANAL	MUESTRA FECHA	TSC	C.E.	TEMP C	PH	CA	Mg	MACROCOMPONENTES (MG/L)				MICROCOMPONENTES (MG/L)									
										NA	K	CL3	HCO3	CL	SO4	%No	E	SI02	NC3				
FD L CAPELLADA BATL 3080447	FC2C-SONDAGE-3310-7040 A-3	1278	116	RHC	5/ 2/64	225	0	44	44	20.0	7.9	15.0	1.2	52.0	0.7	0.0	107.0	12.0	42.0	71.4	24.0	13.0	
FD L LAGUN BATL C426 3080445	FC2C-SONDAGE-3310-7040 A-5	1038	116	RHC	24/ 4/63	1	336	0	118	44	8.1	65.0	17.0	14.0	0.0	0.0	229.0	13.0	20.0	10.4	45.0	38.0	
		161	DMC	RHC	12/ 9/74	1	554	620	207	138	22.0	7.9	86.1	31.7	19.5	0.2	0.0	248.4	52.9	93.0	0.35	48.1	
FD L CAPELLADA BATL 3080451	FC2C-SONDAGE-3310-7040 A-7	1277	116	RHC	5/ 2/64	270	0	164	0	20.0	8.2	35.0	18.0	25.0	0.6	0.0	205.0	14.0	17.0	24.9	28.0	12.0	
REC ENTEL BATU CAS 3080453	FC2C-SONDAGE-3310-7040 A-9	1378	116	RHC	10/ 8/64	2	180	0	51	0	7.1	20.0	0.4	37.0	0.5	0.0	55.0	11.0	28.0	65.4	18.0	12.0	
		158	DMC	RHC	12/ 9/74	1	184	195	45	0	8.3	18.0	0.0	38.3	0.0	0.0	82.6	10.7	29.6	0.28	17.1		
MERIA ENT BAT LAGUN 3080454	FC2C-SONDAGE-3310-7040 A-10	1275	116	RHC	5/ 2/64	2240	0	211	692	18.0	7.2	265.0	59.0	394.0	3.0	0.0	258.0	490.0	809.0	48.6	38.0	20.0	
FEAJE LIRAY CAS 899 3080456	FC2C-SONDAGE-3310-7040 A-12	230	DGS	RHC	16/ 6/66	570	0	218	124		7.6					0.0	218.0	56.0				4.0	
		150	DMC	RHC	27/ 8/74	1	672	740	225	180	13.0	7.5	132.1	18.3	44.6	0.6	0.0	270.5	84.0	128.4	19.0	0.30	29.7
PISCINA BATUCO 3080457	FC2C-SONDAGE-3310-7040 A-13	159	DMC	RHC	12/ 9/74	1	145	160	70	0	17.0	9.6	8.0	0.0	42.3	0.0	5.5	60.7	10.0	29.6	81.4	0.12	12.8
FCLVERIA BATUCO C842 3080458	FC2C-SONDAGE-3310-7040 A-14	160	DMC	RHC	12/ 9/74	1	1563	1760	115	130	19.0	8.0	76.1	12.2	400.2	1.7	0.0	138.0	155.1	744.8	77.9	1.09	12.4
REINA ACOTE 2 C 161 3080460	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-2	295	116	RHC	/ /	360	0	194	31		7.9	90.0	0.0	30.0	1.0	0.0	236.1	20.6	41.6	22.3	0.18	27.0	19.6
REINA ACOTE 3 C 173 3080461	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-3	296	116	RHC	/ /	345	0	191	27		7.9	87.4	0.0	28.9	1.1	0.0	233.7	19.4	38.7	22.6	0.10	25.0	19.0
L REINA N COLIN 152 3080462	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-4	306	116	RHC	/ /	320	0	184	22		7.9	72.9	6.1	28.6	0.6	0.0	225.2	19.1	39.9	22.5	0.05	24.0	14.7
REINA S 3 COLIN 126 3080463	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-5	328	116	RHC	24/12/59	300	0	166	35		7.5	63.7	10.0	21.6	1.5	0.0	201.9	17.7	41.4	21.7	0.20	25.0	13.3
S WIGLEL CCLINA 158 3080466	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-8	307	116	RHC	/ /	240	0	143	12		8.1	56.3	2.5	20.3	0.7	0.0	174.5	11.4	28.6	22.3	0.02	22.0	7.2
STA ESTER 2 COL 151 3080467	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-9	305	116	RHC	/ /	225	0	141	6		7.6	51.9	4.4	16.4	1.0	0.0	172.7	6.4	19.8	18.7	0.02	24.0	9.4
STA ESTER CCLINA 143 3080468	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-10	757	116	RHC	/ /	219	0	135	2		7.2	46.0	5.6	12.0	0.5	0.0	165.0	8.0	21.0	17.8		30.0	5.0
		298	116	RHC	/ /	230	0	148	14		7.9	52.5	7.5	15.4	0.7	0.0	180.6	5.8	20.2		0.02	21.0	11.7
L ALAMOS 1 CCLI 115 3080469	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-11	330	116	RHC	29/12/59	230	0	144	14		7.6	61.5	1.3	14.4	0.8	0.0	176.3	6.9	19.1	15.7	0.10	22.0	13.0
CCLINA 104 3080470	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-12	1940	116	RHC	27/12/66	145	0	89	0		7.1	28.0	4.6	10.0	0.0	0.0	109.0	4.1	14.0	17.4		20.0	5.2
		2000	116	RHC	13/ 4/67	155	0	94	2		7.5	33.0	3.4	10.0	0.0	0.0	115.0	4.5	14.0			20.0	6.2
LG ARAYA 1 107 3080471	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-13	293	116	RHC	/ /	165	0	156	0		7.9	41.7	0.4	11.5	1.0	0.0	131.2	2.9	13.2	18.8	0.02	22.0	2.8
LG ARAYA 2 COL 113 3080472	FC2C-SONDAGE-3310-7040 B-14	329	116	RHC	29/12/59	215	0	152	4		8.0	51.9	6.6	11.3	0.7	0.0	186.1	3.3	15.4	13.8	0.10	19.0	7.9

\*\*\*\*\*  
 \* ESTADISTICA DE CALIDAD DEL AGUA \*  
 \*\*\*\*\*

BOLETIN	LAB	PROP ANALIS	MUESTREO FECHA	MTCO	TSD	C.E.	CUREZA CAP	TEMP NO CAR	C	PH	CA	MG	MACROCOMPONENTES (MG/L)				MICROCOMPONENTES (MG/L)							
													NA	K	CO3	HCO3	CL	SO4	% Na	B	STO2	NO3		
GRUPO 4 PACH COL 319																								
3080473		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-15																						
	284	IIG	RHC	/ /		210	0	144	5		7.5	54.1	3.4	13.2	0.9	0.0	175.9	3.5	18.7	21.5		21.0	4.9	
	206	DPC	RHC	19/11/74	1	279	390	200	0	18.0	8.3	68.1	7.3	25.0	0.0	0.0	253.9	11.7	40.3		0.09		9.5	
LD ARCA YA 3 237																								
3080474		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-16																						
	294	IIG	RHC	/ /		240	0	155	7		8.0	64.5	0.2	14.9	0.0	0.0	189.2	4.3	17.7	15.6		0.05	25.0	11.7
LDS HUERTOS 1 COL 40																								
3080475		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-17																						
	304	IIG	RHC	/ /		230	0	160	4		7.9	60.1	3.4	13.4	0.0	0.0	195.9	2.7	16.7	15.3		0.04	21.0	7.6
SN VIC LD ARCA YA 149																								
3080476		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-18																						
	292	IIG	RHC	/ /		255	0	170	8		8.0	68.9	1.5	15.9	1.2	0.0	207.5	4.2	21.2	16.5		0.05	22.0	13.8
P SN JCSE 1 COL 106																								
3080477		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-19																						
	303	IIG	RHC	/ /		165	0	109	0		8.0	39.1	2.8	13.8	0.7	0.0	138.5	2.1	13.2	21.2		0.02	18.0	3.6
REINA S 4 COLIA 138																								
3080479		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-21																						
	331	IIG	RHC	29/12/59		250	0	156	0		7.6	53.3	7.7	20.5	1.5	0.0	190.4	12.7	29.0	21.2		0.10	22.0	5.6
PARC 7 FDD LIRAY																								
3080485		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-27																						
	222	DPC	RHC	12/12/74	1	288	370	143	7	20.5	7.9	52.1	4.9	25.4	0.5	0.0	171.1	16.5	32.9	26.7		0.09		21.8
HIJ L CASAS FD LIRA																								
3080492		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-34																						
	223	DPC	RHC	12/12/74	1	345	440	147	43	20.0	7.4	66.1	6.1	22.8	0.5	0.0	176.4	31.6	53.1	20.7		0.18		14.6
VINA STA MARIA																								
3080509		POZO-SONDAJE-3310-7040 B-51																						
	224	DPC	RHC	12/12/74	1	183	205	95	0	19.0	8.2	32.0	3.7	15.5	0.4	0.0	127.0	7.4	17.3	26.8		0.00		1.9
ASENT LA LAGARTIJA																								
3080515		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-2																						
	146	DPC	RHC	27/ 8/74	1	129	140	15	0	19.0	9.4	6.0	0.0	38.8	0.2	0.0	44.2	13.6	35.4	84.8		0.00		4.6
STA PERMIATA																								
3080517		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-4																						
	-345	/ /	/ /			226	0	140	0		1.1	42.0	8.5	22.0	0.4	0.0	181.0	9.5	21.0			26.0	7.6	
	1789	IIG	RHC	13/ 5/66		235	0	140	0		7.1	42.0	8.5	22.0	0.4	0.0	181.0	9.5	21.0	26.2		26.0	7.6	
HIJ CHORRILLOS																								
3080518		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-5																						
	1969	IIG	RHC	20/ 4/65		297	0	180	7		7.6	59.0	9.8	26.0	1.6	0.0	200.0	14.0	36.0	22.7		24.0	6.0	
HIJ CHORRILLOS																								
3080519		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-6																						
	-343	/ /	/ /			314	0	188	0		8.0	56.0	12.0	37.0	0.7	0.0	187.0	16.0	41.0			21.0	9.4	
	1791	IIG	RHC	13/ 5/66		325	0	188	0		8.0	56.0	12.0	37.0	0.7	0.0	244.0	16.0	41.0	29.5		21.0	9.4	
FDD LA MINA BATUCO																								
3080520		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-7																						
	1259	IIG	RHC	4/ 2/64		410	0	171	89		7.4	76.0	17.0	26.0	0.4	0.0	209.0	25.0	95.0			43.0	12.0	
	245	DPC	RHC	29/ 1/75		696	800	99	150		7.9	66.2	20.4	94.0	1.8	0.0	118.7	88.9	209.8	44.9		0.35		9.0
PARC 4 FDD CERRILLO																								
3080521		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-8																						
	152	DPC	RHC	27/ 8/74	1	245	290	120	0	18.0	7.7	36.0	7.3	38.0	0.7	0.0	182.2	13.4	33.7	41.3		0.00		5.0
PUD 6 E TAGUERALS 337																								
3080522		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-9																						
	1673	IIG	RHC	01/ 9/65	1	112	0	16	0		6.5	5.4	0.5	27.0	0.0	0.0	49.0	7.8	23.0			18.0	1.6	
	1682	IIG	RHC	24/ 9/65		174	0	11	0		6.8	4.4	0.0	51.0	0.4	0.0	66.0	16.0	46.0			18.0	0.5	
	1702	IIG	RHC	17/12/65	1	212	0	10	0		8.8	2.6	0.9	64.0	0.5	13.0	71.0	14.0	44.0	86.3		27.0	3.0	
	1716	IIG	RHC	4/ 1/66	2	145	0	6	0		7.1	2.6	0.0	42.0	0.4	0.0	52.0	14.0	34.0			15.0	2.7	
	148	DPC	RHC	27/ 8/74	1	121	145	15	0	20.0	9.7	6.0	0.0	43.6	0.1	5.9	49.7	12.9	32.9		0.00		4.3	
PUD 7 CERR LAMPAS 49																								
3080523		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-10																						
	1753	IIG	RHC	1/ 4/66	1	210	0	44	0		7.9	16.0	1.2	50.0	0.7	0.0	105.0	11.0	46.0	70.5		18.0	5.1	
FDD STA ROSA C2 769																								
3080524		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-11																						
	151	DPC	RHC	27/ 8/74	1	480	525	152	108	17.5	7.5	96.1	4.9	37.8	0.6	0.0	182.2	56.1	105.3	23.5		0.17		19.2
MGA MUECHUA BATUCO																								
3080525		POZO-SONDAJE-3310-7040 C-12																						
	1285	IIG	RHC	4/ 2/64		350	0	173	0	20.5	7.4	59.0	6.3	42.0	0.7	0.0	218.0	15.0	50.0			29.0	17.0	
	147	DPC	RHC	27/ 8/74	1	123	138	40	0	17.0	7.6	16.0	0.0	23.4	0.2	0.0	77.3	7.2	19.8	55.4		0.13		3.9
	198	DPC	RHC	19/11/74	1	132	148	50	0	20.0	7.5	18.0	1.2	20.7	0.0	0.0	82.8	10.4	25.5		0.38		2.6	



\*\*\*\*\*  
 ESTADÍSTICA DE CALIDAD DEL AGUA  
 \*\*\*\*\*

ALMERC EGLETA	LAB	PACP ANALS	MESTREC FECHA	PTCC	TSD	C.E.	CLREZA		TEMP C	PH	CA	Mg	MACROCOMPONENTES (MG/L)				CL	MICROCOMPONENTES (MG/L)				
							CA	MG					NA	K	CC3	PCO3		SO4	% Na	E	SI02	AC3
REC. A PCT LAMPA CUS																						
3080590	FC2C-SONDAJE	-3310-7050	D-17																			
154	DPC	RHC	27/ 8/74	1	341	370	172	0	15.0	7.4	56.1	9.8	15.0	1.6	0.0	207.0	16.0	60.9	29.2	0.00	10.5	
LIPANGLE C 040																						
3080592	FC2D-SONDAJE	-3310-7050	D-19																			
-341	/	/	/	/	210	0	140	0		7.7	34.0	13.0	16.0	0.9		183.0	4.5	13.0	19.9		33.0	5.8
1040	IIG	RHC	6/ 5/63	1	218	0	140	0		7.7	34.0	13.0	16.0	0.9	0.0	183.0	4.5	13.0			33.0	5.8
LIPANGLE 2 LAMPA442																						
3080593	FC2G-SONDAJE	-3310-7050	D-20																			
-340	/	/	/	/	180	0	105	0		6.8	39.0	8.0	11.5	1.0		137.0	3.3	6.2	19.1		46.0	8.2
1102	IIG	RHC	9/ 9/63	1	192	0	105	0		6.8	29.0	8.0	11.5	1.0	0.0	137.0	3.3	6.2			46.0	8.2
3080598 PC7C-SONDAJE-3310-7050 D-25																						
-342	/	/	/	/	252	0	147	0		1.5	40.0	12.0	29.0	1.1		201.0	12.0	24.0	30.0		27.0	7.8
LCS CLEENES																						
3080599	FC2C-SONDAJE	-3310-7050	D-26																			
1787	IIG	RHC	13/ 5/66	1	260	0	147	0		7.5	40.0	12.0	29.0	1.1	0.0	201.0	12.0	24.0	30.0		27.0	7.8
LCS CLEENES 4 588																						
3080601	FC2C-SONDAJE	-3310-7050	D-28																			
1882	IIG	RHC	/ /	/	210	0	122	0		7.4	36.0	7.8	13.0	0.8	0.0	151.0	1.2	14.0	19.9		41.0	13.0
LCS CLEENES 5 600																						
3080603	FC2C-SONDAJE	-3310-7050	D-30																			
1883	IIG	RHC	/ /	/	175	0	103	0		6.6	30.0	6.8	12.0	0.8	0.0	137.0	1.1	10.0	25.3		36.0	3.5
234	DPC	RHC	5/12/74		186	230	95	0		7.3	22.0	9.8	14.7	0.3	0.0	111.4	7.5	33.7		0.12		4.7
AS SCL DE SETIEMERE																						
3080604	FC2G-SONDAJE	-3310-7050	D-31																			
153	DPC	RHC	27/ 8/74	1	327	340	170	0	17.0	7.4	50.1	11.0	35.8	1.0	0.0	209.8	18.9	40.3	31.8	0.00		8.3
AS NLEVO PERVENIRA																						
3080611	FC2C-SONDAJE	-3310-7050	D-38																			
165	DPC	RHC	12/ 9/74	1	670	780	350	25	19.0	7.5	104.1	30.5	64.2	1.2	0.0	419.5	32.5	144.8	26.6	0.12		27.8
CCL A RICS ACVICI																						
3080616	FC2C-SONDAJE	-3320-7050	B-1																			
-344	/	/	/	/	204	0	113	0		7.6	32.0	8.1	35.0	1.4		166.0	8.8	17.0			25.0	4.6
037	IIG	RHC	26/11/57		209	0	110	0	19.0	8.2	30.5	8.3	27.4	1.6	0.0	168.4	7.5	17.3	32.1		29.0	5.0
1788	IIG	RHC	13/ 5/66		212	0	113	0		7.6	32.0	8.1	29.0	1.4	0.0	166.0	8.8	17.0			25.0	4.6
FLDAPLEL																						
3080618	FC2C-SONDAJE	-3320-7050	B-3																			
1428	IIG	RHC	17/12/64	1	210	0	84	0		7.7	29.0	2.7	33.0	2.3	0.0	156.0	6.1	16.0			31.0	3.1
1429	IIG	RHC	28/12/64	1	195	0	40	0		7.0	15.0	0.7	44.0	2.2	0.0	121.0	7.4	24.0			32.0	2.1
1430	IIG	RHC	31/12/64	1	250	0	16	0		8.7	5.0	0.9	77.0	0.4	6.0	85.0	17.0	65.0	89.9		18.0	7.3
1464	IIG	RHC	2/ 2/65	1	240	0	128	0		6.8	40.0	6.6	24.0	2.2	0.0	187.0	7.3	15.0			44.0	0.4
FUD E FO L LILAS556																						
3080621	FC2C-SONDAJE	-3320-7050	B-6																			
1837	IIG	RHC	4/ 8/66	1	212	0	89	0		7.2	27.0	5.4	32.0	1.2	0.0	156.0	8.4	20.0			32.0	1.6
1870	IIG	RHC	18/ 8/66	1	212	0	87	0		7.5	27.0	4.6	33.0	1.3	0.0	153.0	9.8	18.0	43.3		29.0	5.9
1872	IIG	RHC	19/ 8/66	1	214	0	88	0		7.4	27.0	4.9	33.0	1.3	0.0	155.0	8.8	19.0			30.0	4.2
FLDAMUEL 9																						
3080624	FC2C-SONDAJE	-3320-7050	B-9																			
1795	IIG	RHC	13/ 6/66	2	225	0	127	0		7.5	36.0	8.9	25.0	0.0	0.0	178.0	8.8	20.0	30.5		26.0	5.1
PARC 9 COLONIA LPAZ																						
3080642	FC2C-SONDAJE	-3320-7040	Aa-2																			
1568	IIG	RHC	20/ 4/65	1	1668	0	138	490		7.8	161.0	55.0	286.0	5.2	0.0	168.0	132.0	889.0			23.0	6.0
204	DPC	RHC	27/11/74	1	2647	3150	290	635		7.7	208.2	98.8	482.8	6.8	0.0	347.8	331.8	1157.1	52.8		1.16	6.6
213	DPC	RHC	29/11/74	1	2300	2600	179	626		7.7	198.2	75.6	367.9	4.9	0.0	215.3	185.8	1181.0			1.41	4.4
PARCELA 7 LA PAZ																						
3080643	FC2C-SONDAJE	-3320-7040	Aa-3																			
-337	/	/	/	/	253	0	140	0		7.7	44.0	7.2	33.0	1.7		193.0	13.0	32.0			21.0	6.1
1793	IIG	RHC	13/ 5/66	1	261	0	140	0		7.7	44.0	7.2	33.0	1.7	0.0	197.0	13.0	32.0	39.2		21.0	6.1
203	DPC	RHC	27/11/74	1	270	385	130	0	20.0	7.0	42.0	6.1	38.9	1.0	0.0	187.7	16.0	36.2		0.12		6.8
M. J. CHARRILLOS																						
3080644	FC2C-SONDAJE	-3320-7040	Aa-4																			
-338-	/	/	/	/	240	0	142	0		7.4	43.0	8.3	28.0	0.4		187.0	12.0	30.0			19.0	6.6
1790	IIG	RHC	13/ 5/66	1	250	0	142	0		7.4	43.0	8.3	28.0	0.4	0.0	187.0	12.0	30.0	29.2		19.0	6.6
1790	IIG	RHC	13/ 5/66		250	0	142	0		7.4	43.0	8.3	28.0	0.4	0.0	187.0	12.0	30.0			19.0	6.6





\*\*\*\*\*  
 \* ESTADISTICA DE CALIDAD DEL AGUA \*  
 \*\*\*\*\*

ALBERG ECLEZIA	LAB	PROF ANALS	MUESTREO FECHA	TSD	C.E.	DUREZA		TEMP C	PH	CA	MG	MACROCOMPONENTES (MG/L)				CL	MICROCOMPONENTES (MG/L)				
						CA	MG					NA	K	CC3	FCC3		SO4	% Na	E	SiO2	NO3
EST LAS CALCES																					
3088025	RIO-ESTERCO	-3320-7040	Ba																		
247	DNC	RHC	30/1/75	1050	1240	175	375	7.9	156.0	35.4	52.6	3.4	0.0	209.7	150.4	367.0	26.6	0.10		1.3	
EL CARMEN 2 MARCADG																					
3089004	RIO-ESTERCO	-3310-7030	D																		
186	DNC	RHC	17/10/74	3	592	720	92	193	7.2	80.1	20.7	68.1	1.8	0.0	110.4	101.1	186.8	34.3	0.19		1.3
BATUCC CARR SA MART																					
3089007	RIO-ESTERCO	-3310-7040	D																		
219	DNC	RHC	12/12/74	3	612	770	83	197	7.6	103.1	5.5	59.8	2.2	0.0	99.4	83.6	190.2	31.6	0.00		4.0
EL CARMEN 1 MARCADG																					
3089012	RIO-ESTERCO	-3320-7030	A																		
187	DNC	RHC	17/10/74	3	575	710	83	187	6.8	90.1	11.0	71.2	2.2	0.0	99.4	103.3	196.7	36.2	0.21		4.8
CANAL CUILICURA																					
3089020	RIO-ESTERCO	-3320-7040	Bb																		
241	DNC	RHC	28/1/75	569	650	113	185	7.5	104.6	9.0	37.0	1.3	0.0	135.2	58.2	198.3	21.2	0.05		0.7	
CANAL BATUCC LIRAY																					
3089021	RIO-ESTERCO	-3310-7040	B																		
242	DNC	RHC	28/1/75	603	700	97	209	7.7	92.3	18.4	42.5	1.5	0.0	115.9	63.9	221.1	23.1	0.02		0.9	
CANAL BATUCC CGLJNA																					
3089022	RIO-ESTERCO	-3310-7040	B																		
243	DNC	RHC	28/1/75	224	238	108	6	8.1	37.6	5.0	13.2	0.3	0.0	129.7	13.2	26.3	20.1	0.04		8.6	
CAN BATUCC CRUC FAN																					
3089023	RIO-ESTERCO	-3310-7040	A																		
244	DNC	RHC	28/1/75	624	690	94	216	7.5	109.5	36.7	42.5	1.6	0.0	113.1	63.5	225.0	22.9	0.36		1.0	
CANAL EN FLDAHUEL																					
3089024	RIO-ESTERCO	-3320-7040	Ab																		
246	DNC	RHC	30/1/75	1608	1780	246	497	8.0	191.2	64.7	178.4	3.2	0.0	295.3	212.9	613.9	34.3	0.53		3.7	

A N E X O N º 2

ANALISIS DE SUELOS

ANEXO Nº2

TABLA Nº4.8.1.1

MUESTRA SUELO Nº	BORO DISPONIBLE		pH SUELO(1:1)		CONDUCTIVIDAD		
	ppm		a 19° C		EXT.1:1		
1	3310-7040B	0,95	1,0	7,4	7,3	140	290
2	3310-7040B	1,98	0,74	7,4	7,9	510	510
3	3310-7040B	0,95	0,75	7,5	7,7	175	250
6	3310-7040B	1,64	0,94	8,2	8,2	270	290
7	3310-7040B	0,71	0,55	8,2	8,4	280	300
8	3310-7040A	1,32	1,04	7,9	7,7	530	580
9-10	3310-7040A	1,47	8,74	8,1	8,0	700	4000
11	3310-7040A	0,91	0,80	8,1	8,1	495	420
12	3310-7050B	0,44	0,35	8,1	8,0	350	320
13	3310-7050D	1,22	1,28	8,2	8,1	400	320
14	3310-7050D	0,82	1,76	8,0	8,4	500	320
15	3310-7050D	1,76	0,75	7,9	8,2	250	180
16	3310-7040C	1,15	1,16	8,0	7,8	640	620
17	3310-7040C	8,56	5,64	7,6	8,6	2450	2150
18	3310-7040C	1,59	0,48	8,0	8,1	500	290
20	3310-7040D	1,29	1,01	8,0	8,1	420	410
21	3310-7040D	1,53	0,98	8,0	7,9	600	600
22	3320-7040Ba	4,66	8,08	8,1	8,1	4600	7000
23	3320-7040Bb	1,28	1,11	7,8	7,8	700	540
24	3320-7040Bb	0,81	0,80	7,9	7,9	430	265
26	3320-7040Aa	1,01	0,66	8,3	8,4	360	240
28	3320-7040Ad	1,73	1,08	7,8	7,6	380	380
30	3320-7050B	1,73	1,28	8,1	7,8	660	360
31	3310-7040C	5,35	2,35	8,2	8,2	2000	510
32	3310-7040C	1,01	1,58	8,9	9,6	285	500



A N E X O N O 3

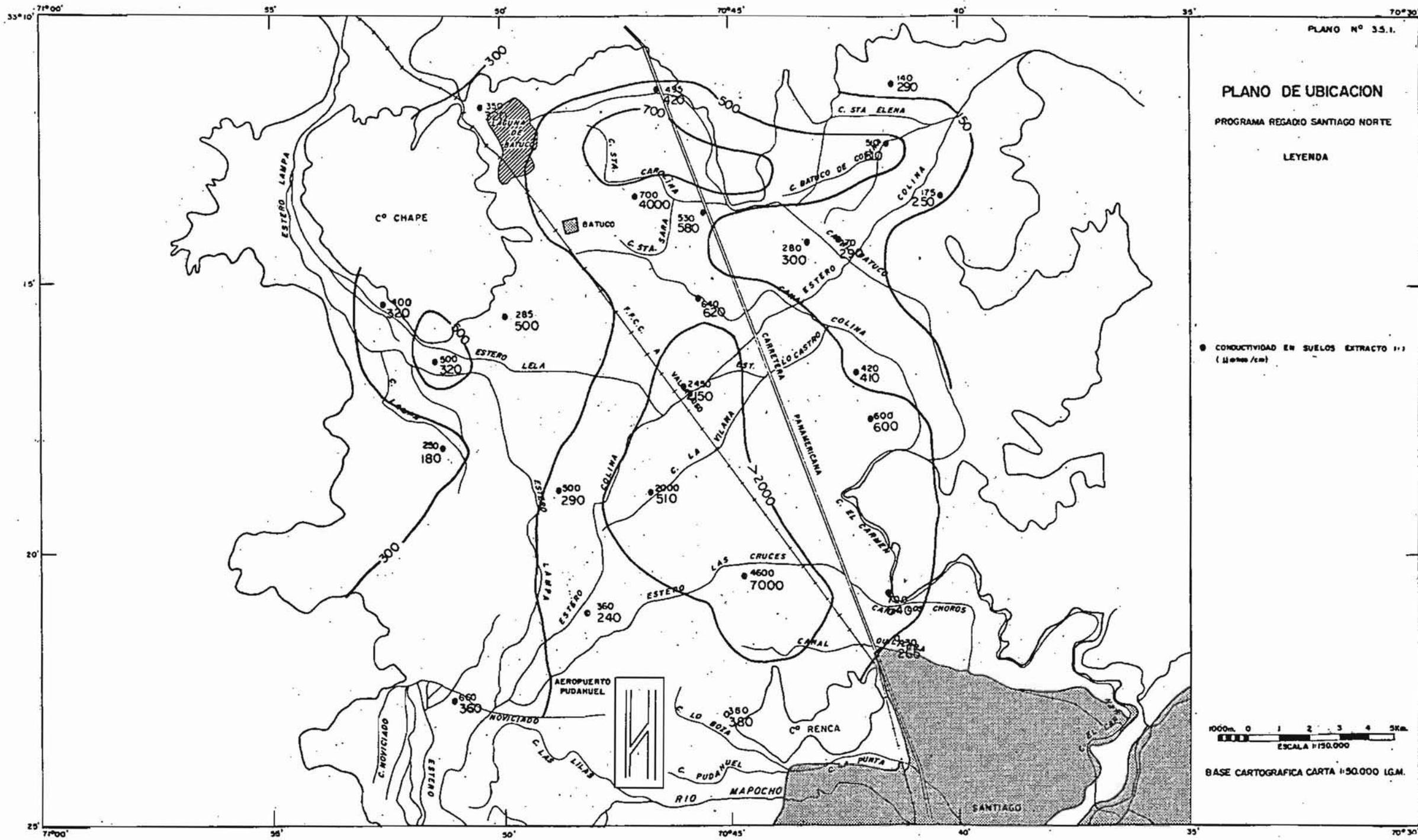
P L A N O S











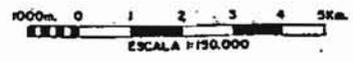
PLANO N° 35.1.

**PLANO DE UBICACION**

PROGRAMA REGADIO SANTIAGO NORTE

**LEYENDA**

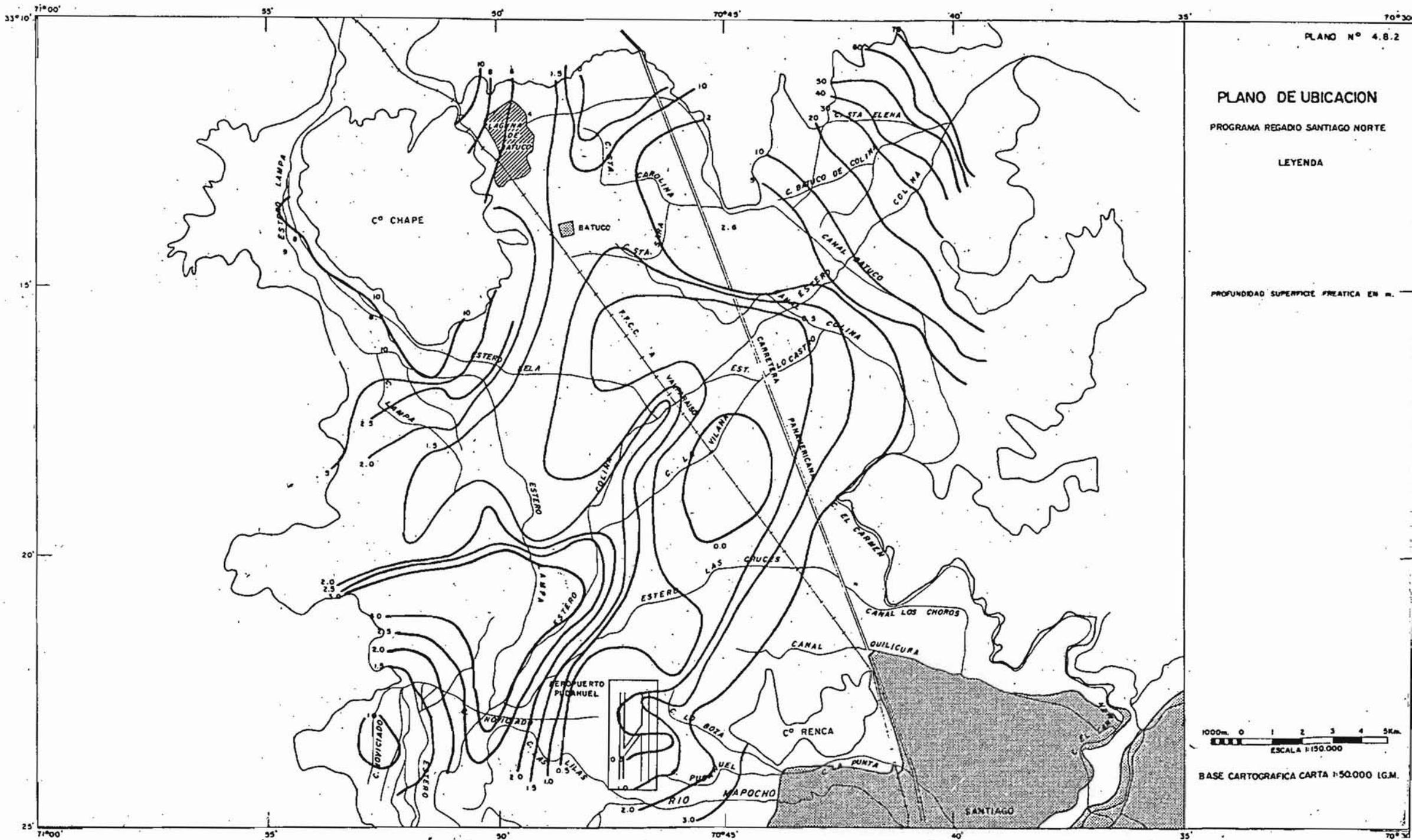
● CONDUCTIVIDAD EN SUELOS EXTRACTO 1:1  
(  $\mu\text{mhos/cm}$  )



BASE CARTOGRAFICA CARTA 1:50,000 I.G.M.







**PLANO DE UBICACION**  
PROGRAMA REGADIO SANTIAGO NORTE

LEYENDA

PROFUNDIDAD SUPERFICIE PRACTICA EN M.



BASE CARTOGRAFICA CARTA 1:50.000 I.G.M.

