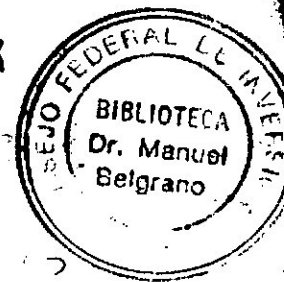


CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

3. 819



**ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA  
DE LA LAGUNA EPECUEN**

**PARTIDO DE ADOLFO ALSINA  
(Pcia. BUENOS AIRES)**

**INFORME FINAL**

**Ing. RUBEN GORANSKY  
Ing. OSCAR NATALE**

**NOVIEMBRE 1987**

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA  
DE LA LAGUNA EPECUEN - PARTIDO  
DE ADOLFO ALSINA - PROV. DE  
BUENOS AIRES

INFORME FINAL

Ing. Rubén Goransky  
Ing. Oscar Natale

Noviembre 1987

---



## CONTENIDO

I	Objetivo del estudio	1
II	Introducción	1
III	Localización del área en estudio	2
IV	Descripción de las actividades desarrolladas	4
IV-1	Diseño de la red de muestreo	4
IV-1.1	Localización de las estaciones de muestreo de agua	4
IV-1.2	Localización de las estaciones de muestreo de barros de fondo	5
IV-1.3	Parámetros de calidad de agua determinados	5
IV-1.4	Parámetros de calidad de barros de fondo determinados	6
IV-2	Metodología de muestreo	6
IV-3	Análisis de las muestras	9
IV-3.1	Premisas analíticas	9
IV-3.2	Técnicas analíticas utilizadas para las determinaciones físico-químicas y bacteriológicas en agua	10
IV-3.3	Técnicas analíticas empleadas para las determinaciones en barros	16
V	Resultados obtenidos	18
VI	Evaluación de los resultados	19
VI-1	Determinación de la homogeneidad espacial del agua de la Laguna Epecuén	19
VI-1.1	Metodología	19
VI-1.2	Resultados y conclusiones	22
VI-2	Estadística descriptiva	25

VI-3	Niveles de saturación de Oxígeno disuelto en la Laguna Epecuén	27
VI-4	Proporciones de iones principales	28
VI-5	Índice de estabilidad	30
VI-6	Representación de la distribución espacial de calidad de agua	31
VI-7	Determinaciones bacteriológicas	32
VI-8	Parámetros de calidad de barros	32
VII	Consideraciones sobre los parámetros de calidad de agua determinados	34
Apéndice		44
	Determinaciones físico-químicas	45
	Determinaciones bacteriológicas	53
Addenda -	Determinaciones de parámetros adicionales	56
Agradecimientos		63

I) Objetivo del estudio

El presente trabajo tuvo por objeto estudiar la calidad del agua de la Laguna Epecuén para determinar su aptitud para ser empleada con fines hidroterapéuticos.

II) Introducción

El estudio comprendió las fases que se describen a continuación

II-1) Diseño de la red de muestreo

La red estuvo integrada por estaciones de muestreo de agua y barros de fondo.

Las estaciones de muestreo de agua de la laguna se distribuyeron con la intención de cubrir la superficie del cuerpo en forma uniforme, captándose en cada estación muestras de superficie y fondo de la columna de agua.

Además de las estaciones situadas sobre la laguna se ubicaron sendas estaciones de muestreo en los principales afluentes de aquella, extrayéndose en los puntos mencionados muestras superficiales.

Las estaciones de muestreo de barros de fondo se distribuyeron tratando de cubrir el antiguo lecho de la laguna y los terrenos recientemente inundados. Las muestras de barro correspondieron al material yacente en los 5 cm superiores del lecho.

Los parámetros de calidad de agua y barros de fondo determinados corresponden al listado oportunamente especificado por el comitente, según se detalla en la sección IV.



II-2) Operaciones de muestreo

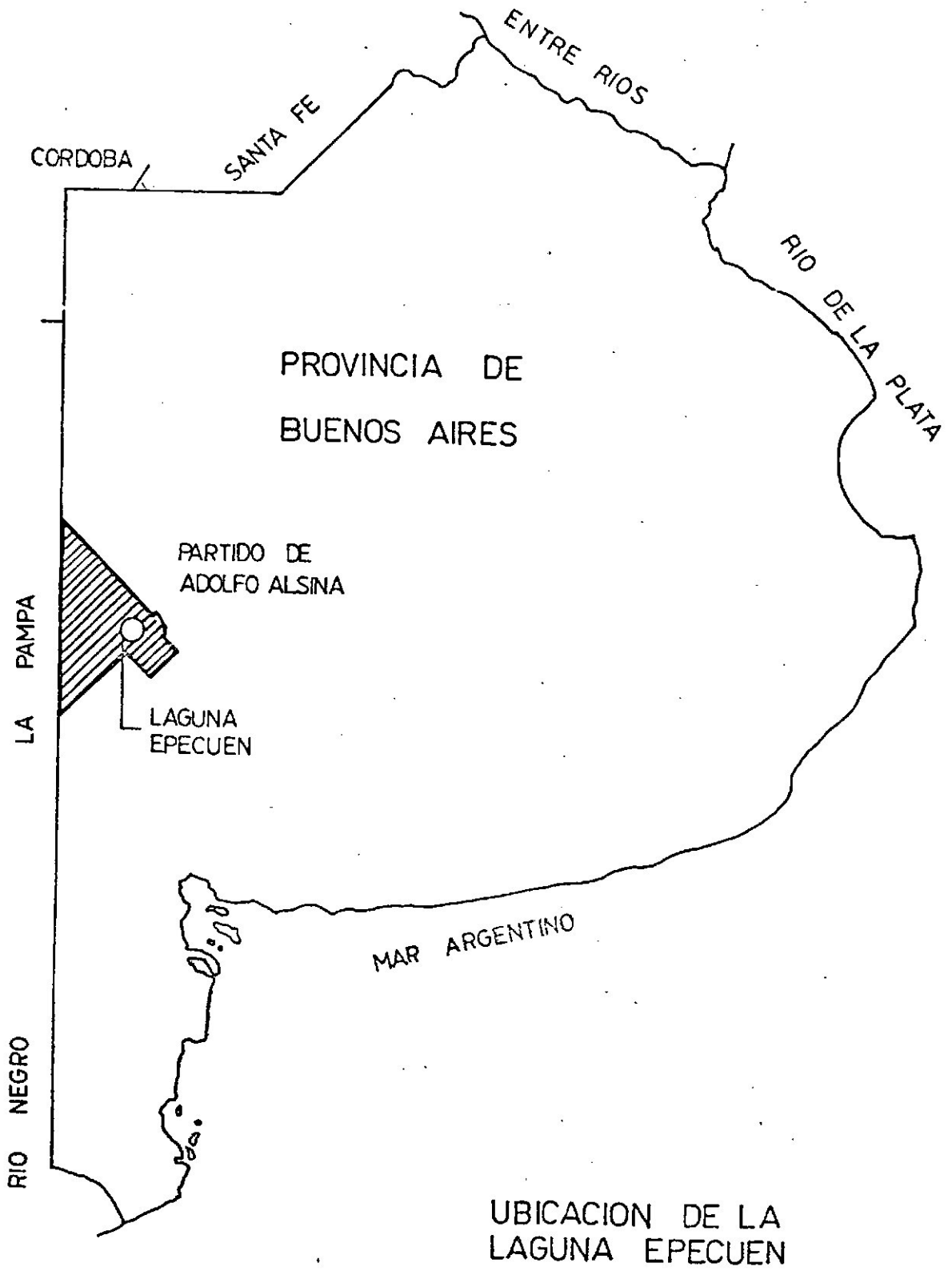
Comprendieron la realización de 1 muestreo en las estaciones de la red, desde una embarcación provista por el comitente. Los criterios referentes a tipo de recipiente, preservación de muestras y plazos para análisis de las mismas son descriptos en la sección IV.

II-3) Análisis de las muestras

Las determinaciones analíticas se practicaron conforme a las premisas que se detallan para agua y barros de fondo, respectivamente, en la sección IV.

III) Localización del área en estudio

La Laguna Epecuén se encuentra situada en el Partido de Adolfo Alsina, Provincia de Buenos Aires, según se esquematiza simplificada en el mapa de ubicación del área estudiada.



IV) Descripción de las actividades desarrolladas

IV-1) Diseño de la red de muestreo

IV-1.1) Localización de las estaciones de muestreo de agua

Conforme a las características morfológicas del vaso original de la laguna, según plano IGM -Laguna Epecuén- 1952, se distribuyeron diecisiete estaciones de muestreo intentando cubrir uniformemente su superficie. Cada estación de muestreo comprendió dos puntos de toma de muestra, uno de superficie ( 0.5-1 m de profundidad ) y otro de fondo ( 1 m sobre el lecho ).

Asimismo se ubicaron estaciones de muestreo en los dos principales aportes superficiales a la laguna: Arroyo Pigüé y Laguna La Paraguaya. En ellos se tomaron muestras de superficie.

La ubicación de las estaciones en la laguna se efectuó sobre transectas trazadas desde seis puntos de referencia correspondientes a la margen sur a partir de la Estación Arturo Vatteone. En el Plano N° 1 se señalan las estaciones de muestreo.

Las transectas mencionadas se orientaron en dirección NE 60° mediante el empleo de un compás magnético manual señalizándose las estaciones con boyas de poliestireno expandido.

La ubicación planimétrica de las boyas antedichas se realizó por triangulación desde dos puntos terrestres de la margen sur. Esta tarea estuvo a cargo de personal del CFI.

La estación de muestreo sobre el Arroyo Pigüé se ubicó

aproximadamente a cien metros aguas arriba de la ruta 60 ( Camino a Rivera ). Por otra parte, la correspondiente a la Laguna La Paraguaya se posicionó sobre la compuerta de derrame próxima a la margen norte de la Laguna Epecuén.

#### IV-1.2) Localización de las estaciones de muestreo de barros de fondo

De acuerdo a las características observadas en campo se decidió la ubicación de estaciones de muestreo sobre el antiguo lecho de la laguna y sobre los terrenos recientemente inundados de la margen sur con el objeto de tipificar la naturaleza de los barros de fondo respectivos.

A tal fin se establecieron siete estaciones de extracción de muestras. Las correspondientes al antiguo lecho de la laguna se ubicaron coincidentemente con las estaciones señaladas como 3, 8, 12 y 15 en el Plano N° 1.

Las correspondientes a terrenos próximos a la margen sur se ubicaron en puntos distantes aproximadamente cien metros de ésta, a la altura de la Estación Arturo Vatteone, a la altura de Unzué, y sobre la transecta que pasa por la estación identificada como 17.

#### IV-1.3) Parámetros de calidad de agua determinados

Los parámetros determinados para la columna de agua corresponden al siguiente listado:

Temperatura  
pH  
Conductividad eléctrica  
Oxígeno disuelto  
Alcalinidad

Carbonatos  
Carbonatos ácidos  
Sulfatos  
Cloruros  
Fluoruros  
Nitratos  
Nitritos  
Ión amonio  
Sodio  
Potasio  
Calcio  
Magnesio  
Dureza total  
Litio  
Sulfuros  
Arsénico  
Sólidos disueltos totales  
Sólidos disueltos volátiles  
Sólidos sedimentables  
Bacterias aerobias totales (\*)  
Bacterias coliformes totales (\*)  
Bacterias colifecales (\*)  
Bacterias CEK ( Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella ) (\*)  
Bacterias Pseudomonas (\*)

(\*) determinaciones sobre muestras superficiales

#### IV-1.4) Parámetros de calidad de barros de fondo determinados

Se determinaron los parámetros detallados para la columna de agua con excepción de temperatura, sólidos disueltos totales y volátiles, sólidos sedimentables, oxígeno disuelto y parámetros bacteriológicos. Se agregaron las determinaciones de sólidos solubles y volátiles.

#### IV-2) Metodología de muestreo

Para el muestreo de la laguna se empleó una embarcación provista por el comitente, de tipo descubierto, con motor marino.

Los circuitos de navegación tuvieron como puntos de partida las localidades de Carhué y Lago Epecuén.



Las operaciones de muestreo se desarrollaron a lo largo de tres campañas que tuvieron lugar en las siguientes fechas:

1° campaña: 13/9/87

2° campaña: 19, 20 y 21/9/87

3° campaña: 26/9/87

En la 1° campaña se tomaron muestras para la determinación de los parámetros bacteriológicos.

En las campañas 2° y 3° se captaron las muestras para determinar los parámetros restantes de agua y barros de fondo.

Los criterios aplicados concernientes a tipos de recipiente, preservación de muestras y plazos para análisis de las mismas se indican en la tabla 1. Los mismos corresponden a las muestras de agua.

En cuanto a las muestras de barros de fondo, las mismas se almacenaron en bolsas de polietileno y se enfriaron a 4°C. El plazo de análisis establecido fue de 1 mes.

El muestreo de la columna de agua se efectuó mediante bombeo. La extracción de muestras de barros de fondo se practicó con un muestreador tipo "core".

Para las operaciones de traslado de muestras y equipo se contó con la asistencia de vehículos y personal de la Municipalidad de Carhué.

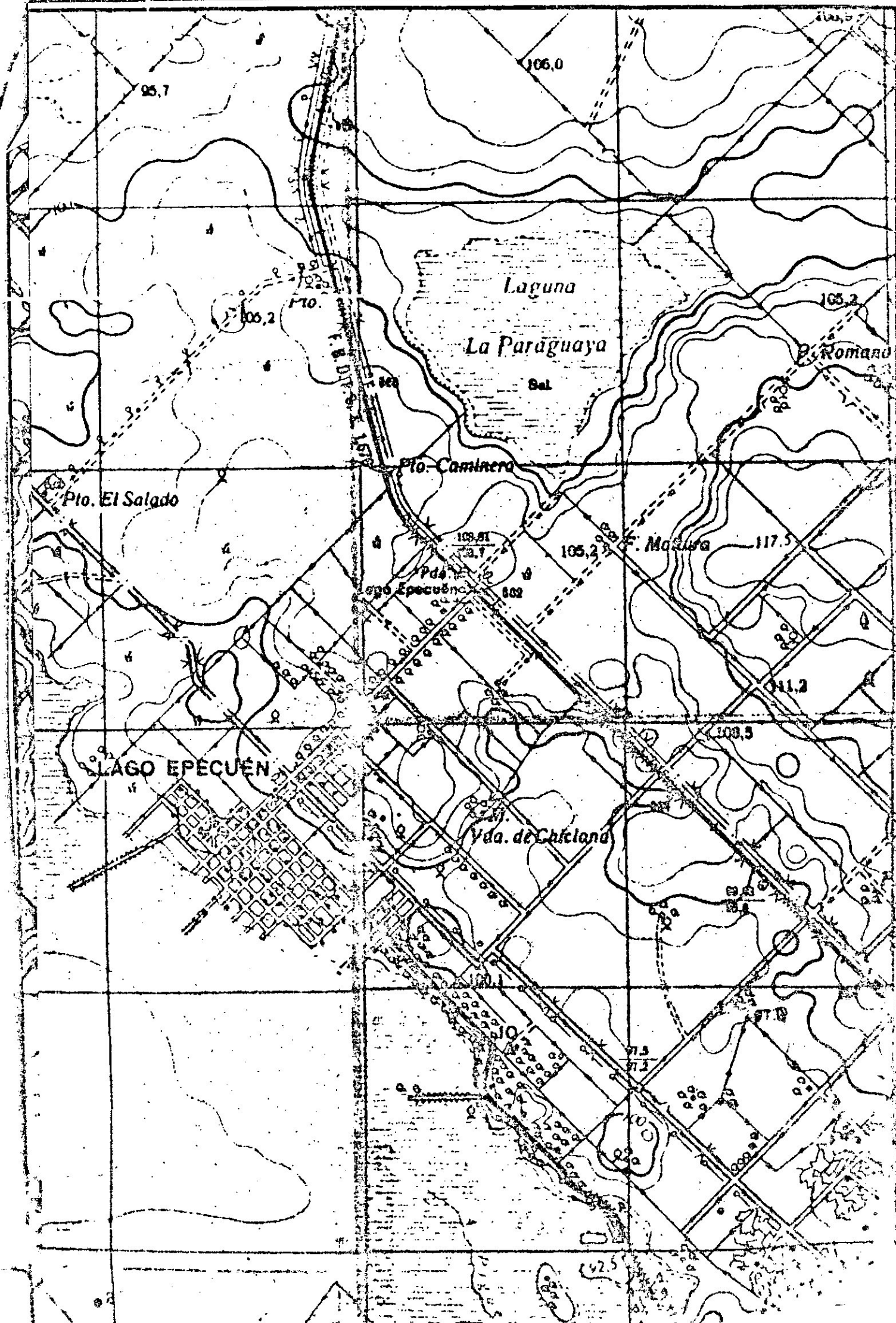
Tabla 1

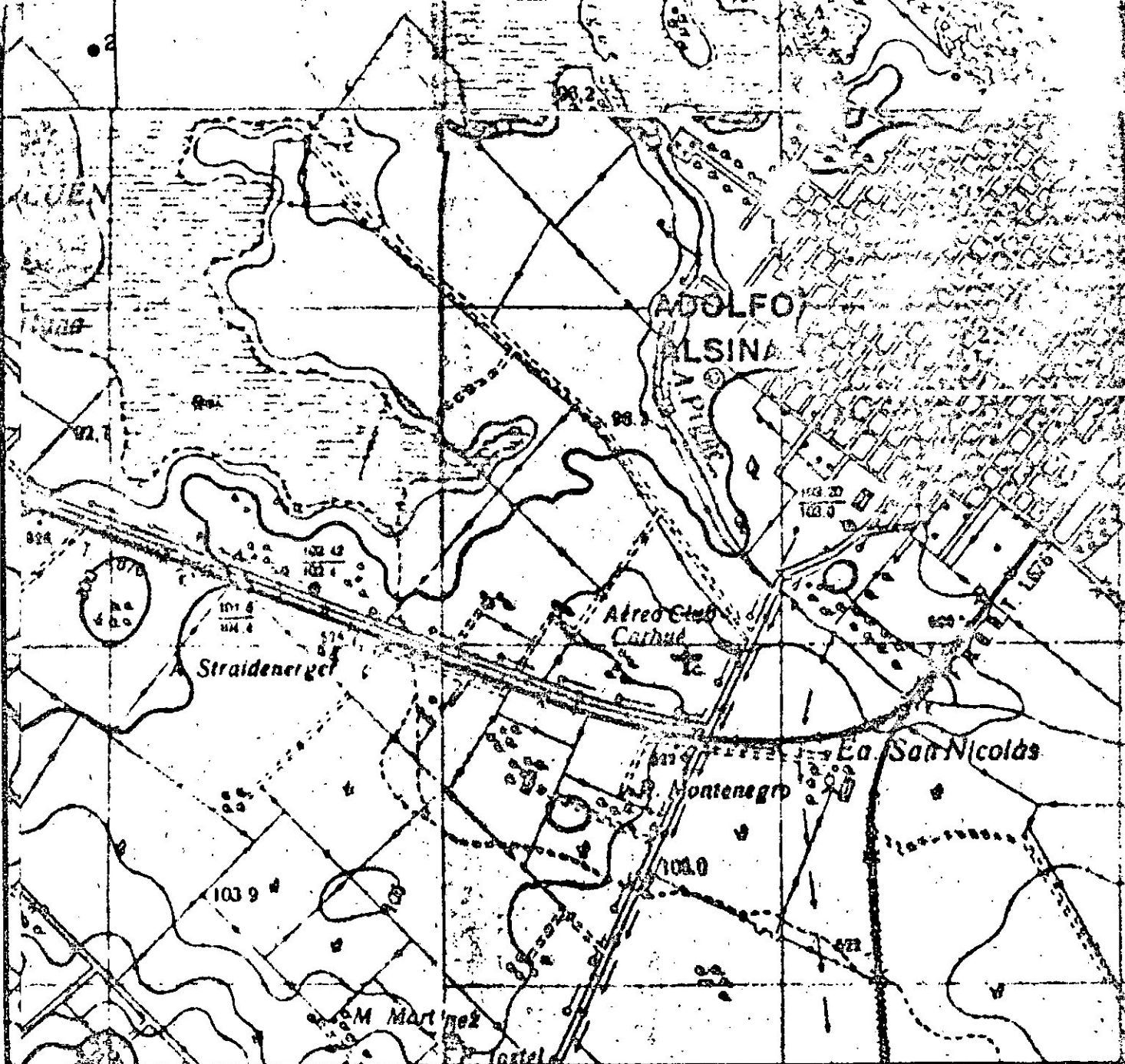
Muestras de agua

PARAMETRO	TIPO DE RECIPIENTE	METODO DE PRESERVACION	PLAZO PARA ANALISIS
Temperatura	----	----	Det. campo
pH	----	----	Det. campo
Conductividad	P o V (1)	----	24 hs.
Oxigeno disuelto	V	React. Winkler	24 hs.
Alcalinidad	V	Enfriar 4°C	24 hs.
Sulfatos	P o V	Enfriar 4°C	7 días
Cloruros	P o V	----	7 días
Fluoruros	P	Enfriar 4°C	7 días
Nitratos	P o V	(2)	7 días
Nitritos	P o V	(2)	7 días
Ión amonio	P o V	(2)	7 días
Sodio	P	(3)	1 mes
Potasio	P	(3)	1 mes
Calcio	P	Enfriar 4°C	7 días
Magnesio	P	Enfriar 4°C	7 días
Dureza total	P	Enfriar 4°C	24 hs.
Litio	P	(3)	1 mes
Sulfuros	V	(4)	24 hs.
Arsénico	P o V	(3)	1 mes
Sólidos disueltos totales	P	Enfriar 4°C	7 días
Sólidos disueltos volátiles	P	Enfriar 4°C	7 días
Sólidos sedimentables	P	Enfriar 4°C	7 días
Bacteriológicos	V	Enfriar 4°C	12-24 hs.

Ref:

- (1) P: plástico, V: vidrio
- (2) Acidificar con ácido sulfúrico hasta pH=2
- (3) Acidificar con ácido nítrico hasta pH=2
- (4) 2 ml/l de acetato de zinc + 2 ml/l de hidróxido de sodio





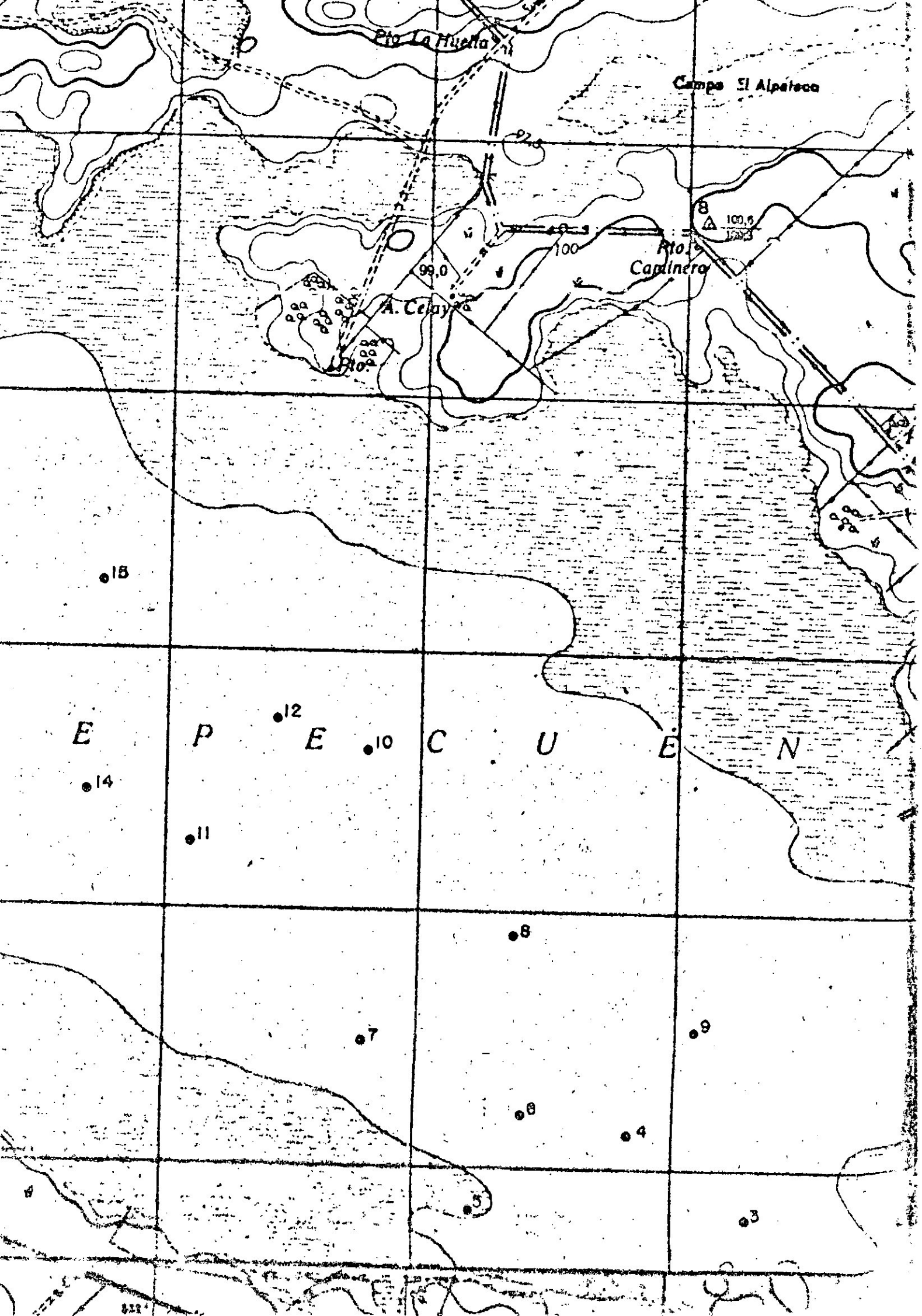
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA  
DE LA LAGUNA EPECUEN

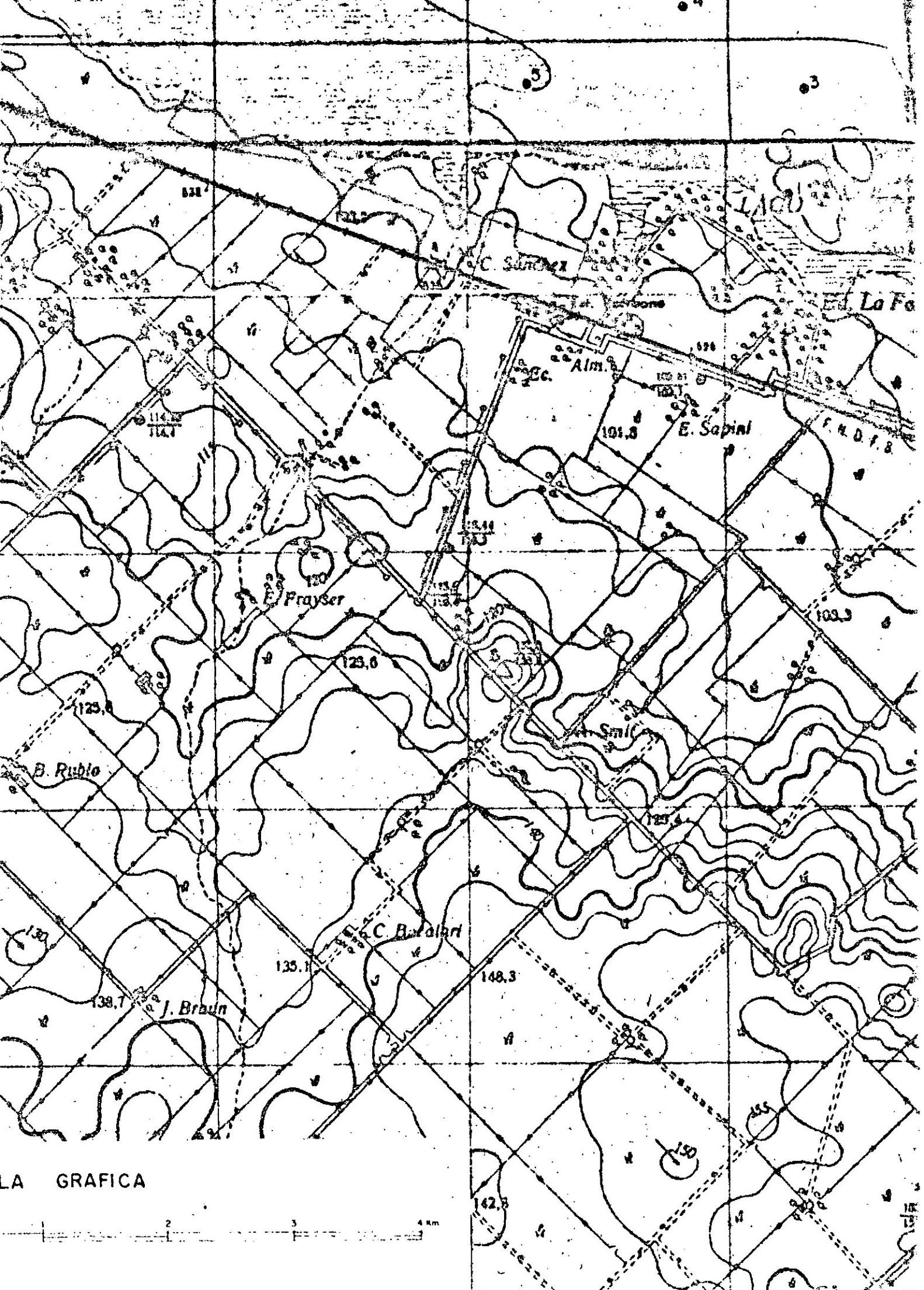
UBICACION DE ESTACIONES DE MUESTREO

Proyecto: Ing. R. Goransky Ing. O. Natale	Dibujo: Cartog. M. Premitune	Escola: Gráfica	Fecha: Octubre 1987	Plano N°: 1
---	---------------------------------	--------------------	------------------------	----------------

ING. RUBEN GORANSKY - ING. OSCAR NATALE







LAGO  
El La Fo

C. Sandoval

Alm.

E. Sapini

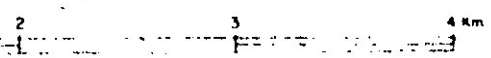
Prayser

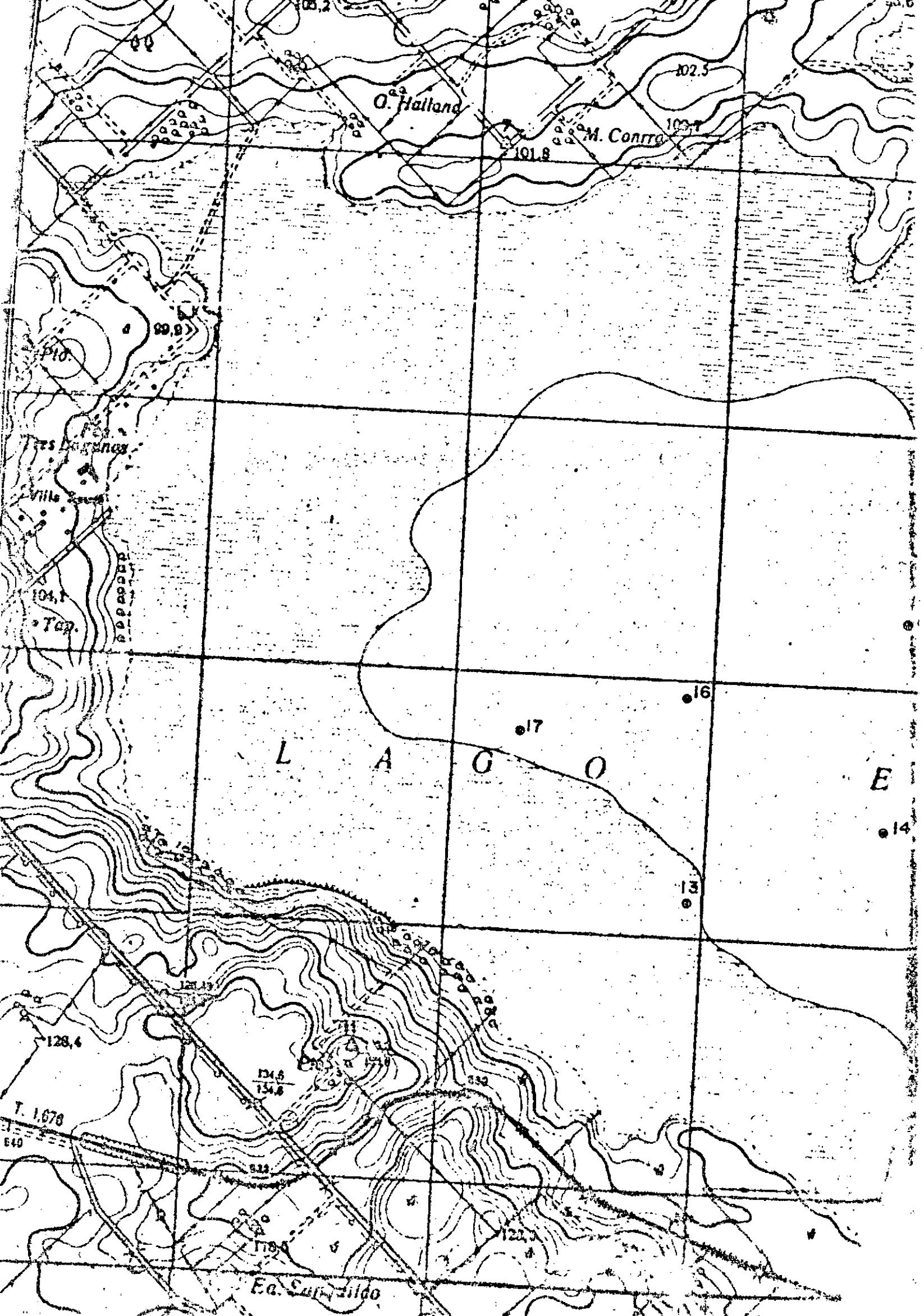
B. Rubio

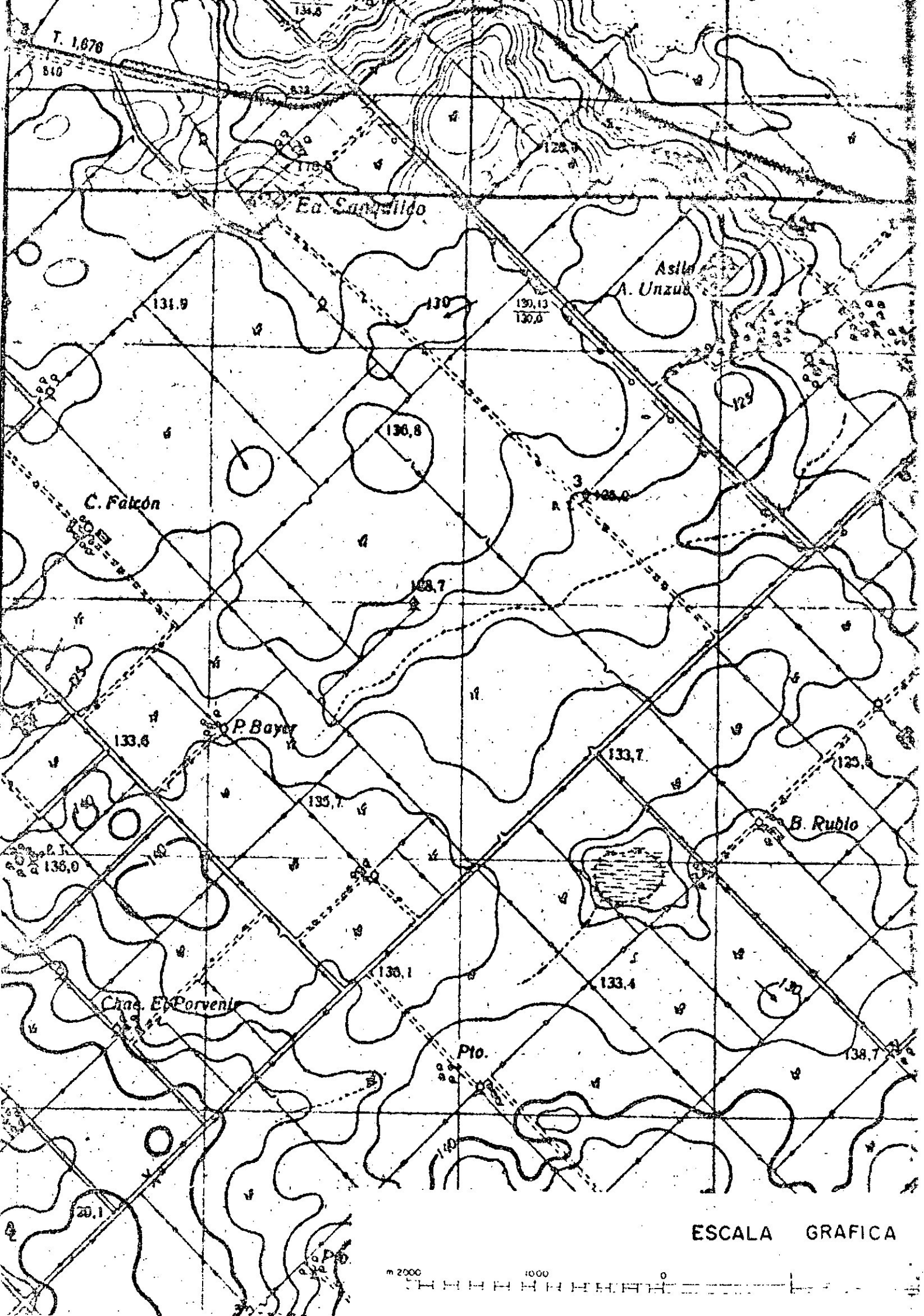
C. Baralari

J. Braun

LA GRAFICA







T. 1670

Ea. Sanjildo

Asilo  
A. Unzué

C. Falcón

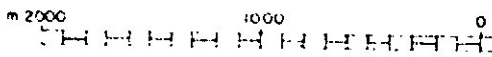
P. Bayer

Chaq. El Porvenir

Pto.

B. Rublo

ESCALA GRAFICA





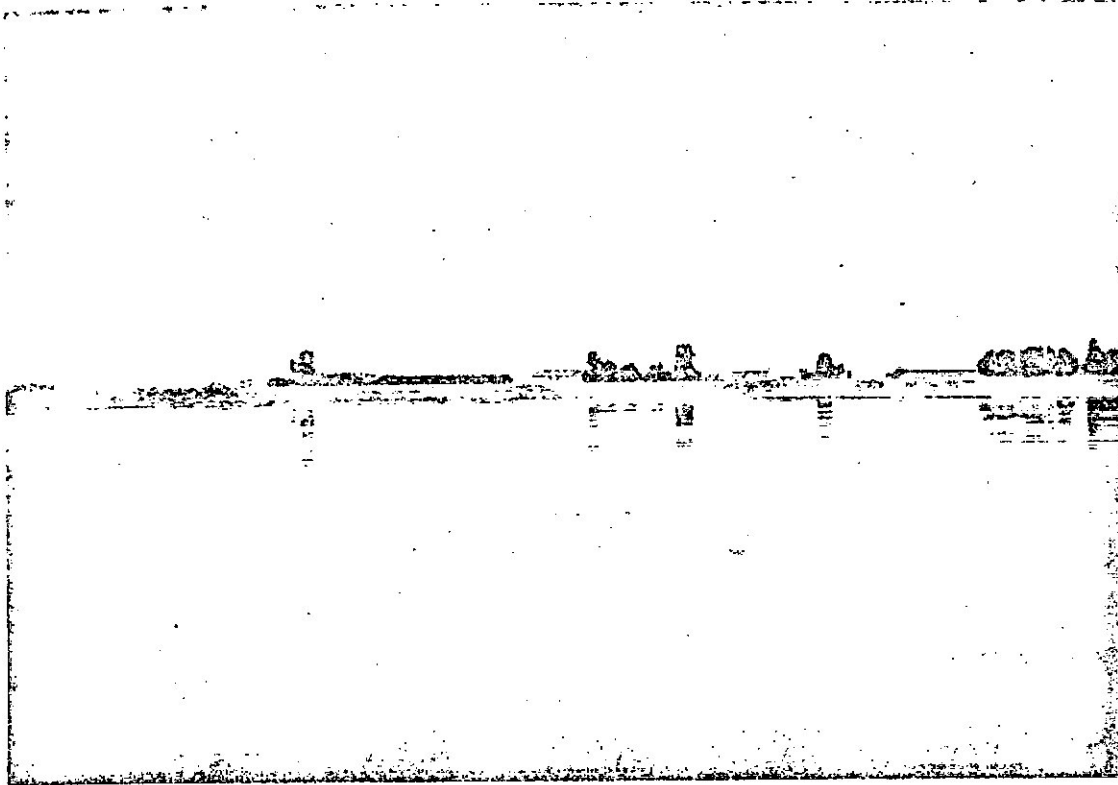


Fig. 1 - Estación Arturo Vatteone. Laguna Epecuén ( margen Sur )

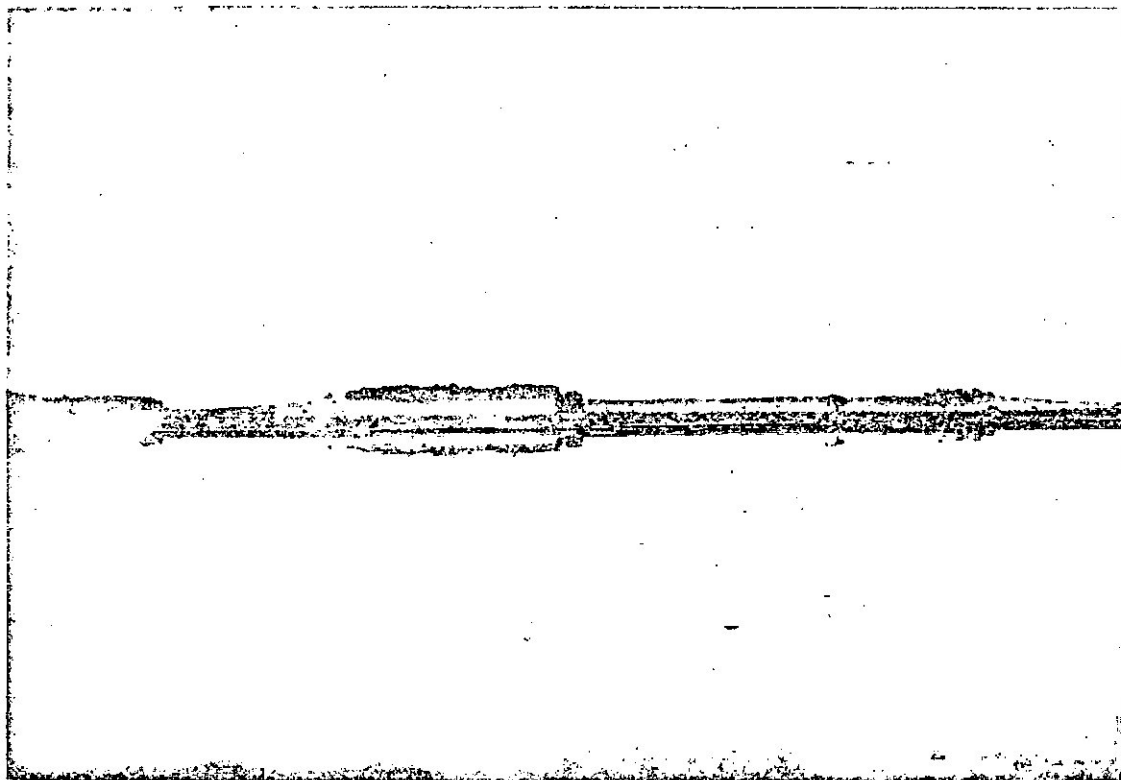


Fig 2 - Unzué. Laguna Epecuén ( margen Sur )

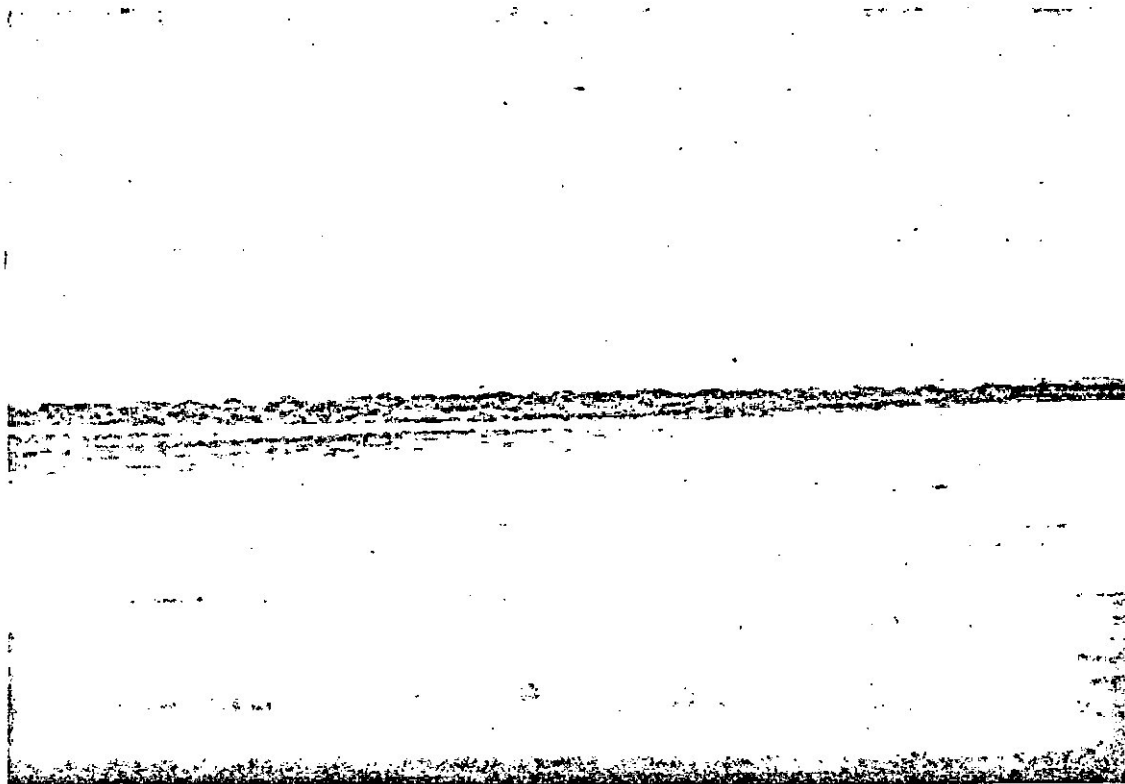


Fig. 3 - Punto de referencia transecta que pasa por Estación 17  
Laguna Epecuén ( margen Sur )

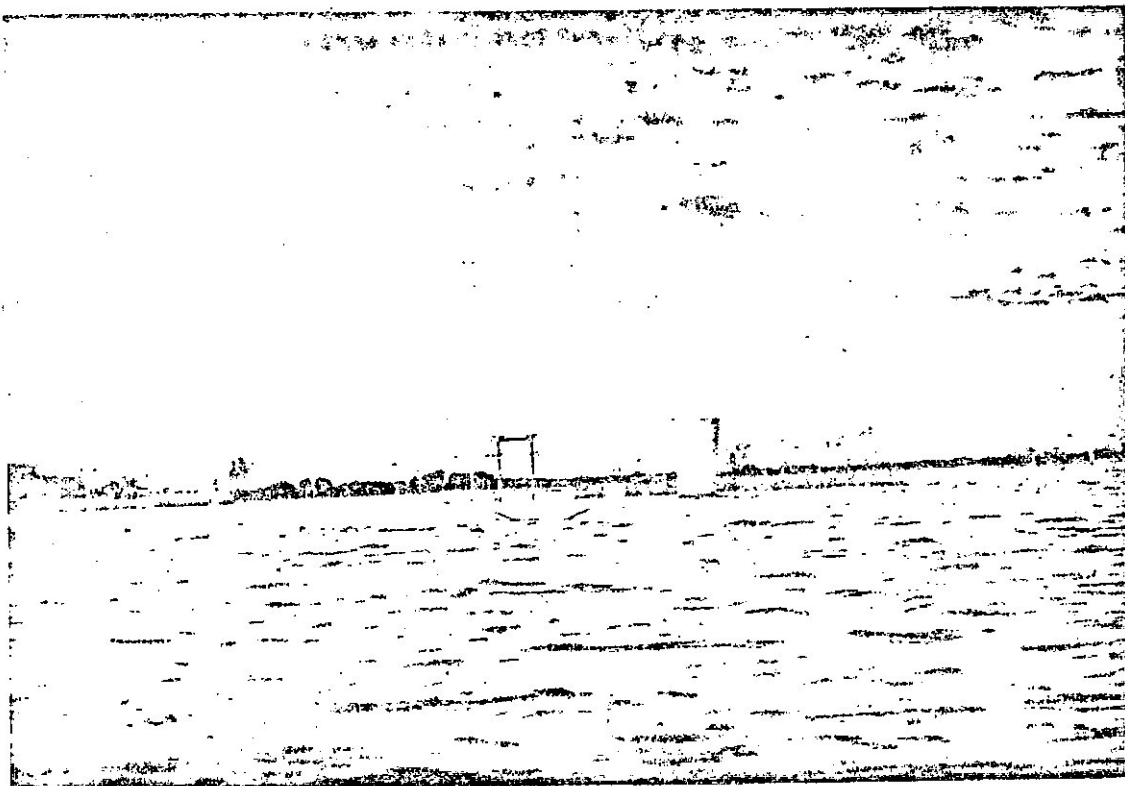


Fig. 4 - Lago Epecuén - Laguna Epecuén ( margen Norte )



Fig. 5 - Puesta de la embarcación en la laguna ( Carhúé )

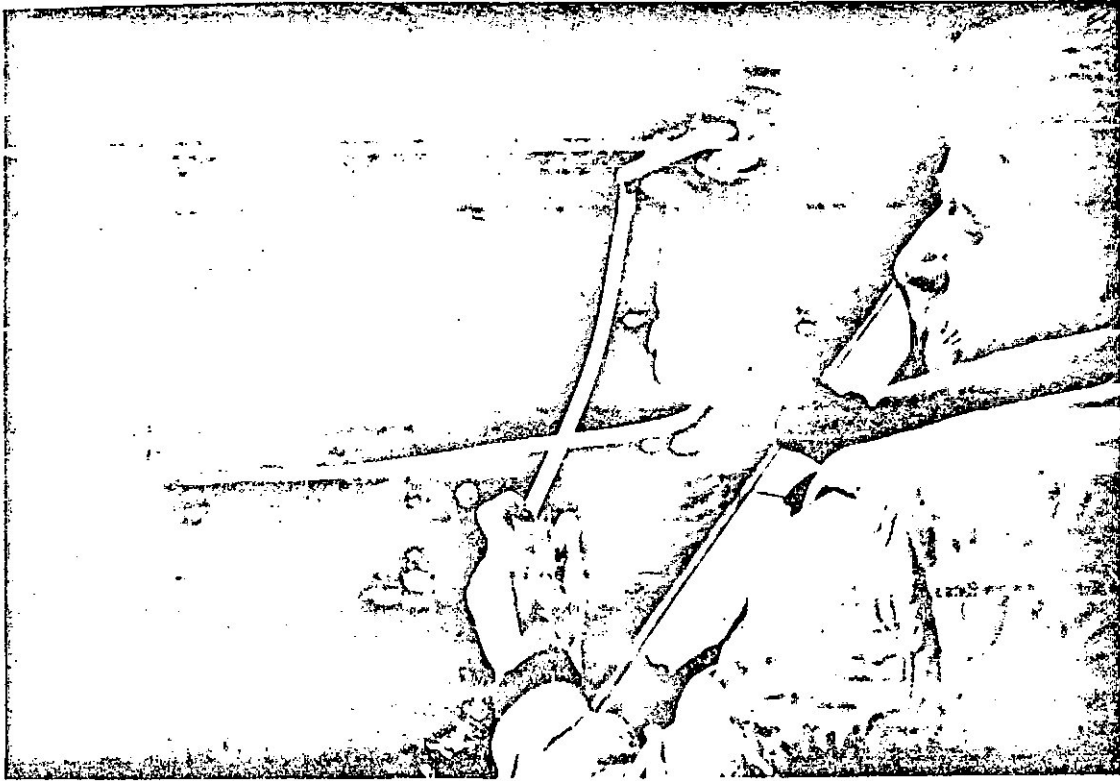


Fig. 6 - Captación de muestra de agua



Fig. 7 - Preparación de equipo para muestreo de barro de fondo

IV-3) Análisis de las muestras

IV-3.1) Premisas analíticas

Las determinaciones analíticas se practicaron conforme a las premisas establecidas en las Tablas 2 y 3.

Tabla 2

Análisis de muestras de agua

PARAMETRO	OBJETIVO DE EXACTITUD	TECNICA ANALITICA
Temperatura	0.5 °C	Termómetro
pH	0.1 unidades	Electrometría
Conductividad	10 µS/cm	Potenciometría
Oxígeno disuelto	0.2 mg/l	Winkler
Alcalinidad	0.02 meq/l	Volumetría
Sulfatos	2 mg/l	Turbidimetría
Cloruros	1 mg/l	Colorimetría
Fluoruros	0.1 mg/l	Colorimetría
Nitratos	0.1 mg/l	Colorimetría
Nitritos	0.1 mg/l	Colorimetría
Ión amonio	0.1 mg/l	Colorimetría
Sodio	1 mg/l	Fotometría de llama
Potasio	0.1 mg/l	Fotometría de llama
Litio	0.1 mg/l	Absorción atómica o Fotom. de llama
Dureza total	2 mg CaCO <sub>3</sub> /l	Volumetría
Calcio	1 mg/l	Volumetría
Magnesio	1 mg/l	
Sulfuros	0.05 mg/l	Colorimetría o Potenciometría
Arsénico	0.05 mg/l	Colorimetría
Sólidos sedimentables	2 ml/l	Cono Imhoff
Bacteriológicos	No aplicable	Test de tubo múltiple
Sólidos disueltos totales	1 mg/l	Gravimetría

Tabla 3

Análisis de barros de fondo

PARAMETRO	OBJETIVO DE EXACTITUD	TECNICA ANALITICA
pH	0.1 unidades	Electrometría (sobre suspensión o extracto acuoso)
Alcalinidad	0.02 meq/l	Volumetría (*)
Conductividad	10 $\mu$ S/cm	Potenciometría (*)
Nitratos	0.1 mg/l	Colorimetría (*)
Nitritos	0.1 mg/l	Colorimetría (*)
Ión amonio	0.1 mg/l	Colorimetría (*)
Sulfatos	2 mg/l	Turbidimetría (*)
Cloruros	1 mg/l	Colorimetría (*)
Fluoruros	0.1 mg/l	Colorimetría (*)
Sodio	1 mg/l	Fotometría de llama (*)
Potasio	0.1 mg/l	Fotometría de llama (*)
Calcio	1 mg/l	Volumetría (**)
Magnesio	1 mg/l	
Litio	0.1 mg/l	Absorción atómica o fotometría de llama (*)
Sulfuros	0.05 mg/l	Colorimetría o Potenciometría
Arsénico	0.05 mg/l	Colorimetría

Ref:

- (\*) sobre extracto acuoso.
- (\*\*) sobre muestra digerida.

IV-3.2) Técnicas analíticas utilizadas para las determinaciones físico-químicas y bacteriológicas en agua

Temperatura

Se determinó por lectura directa con termómetro.

pH

Se determinó por lectura directa con pHmetro digital.

### Conductividad

Se determinó por lectura directa con conductímetro.

### Oxígeno disuelto (1)

Se determinó por el método de Winkler. Este se basa en la rápida fijación del Oxígeno disuelto por un precipitado de Hidróxido Manganoso cuya formación se provoca en el interior de un frasco completamente lleno de muestra. El Hidróxido Manganoso se transforma entonces en mezcla de óxidos superiores, los que al ser acidificados en presencia de un ioduro liberan Iodo en cantidad equivalente al Oxígeno fijado. El Iodo liberado se determina con una solución valorada de Tiosulfato de Sodio.

### Alcalinidad (1)

Se determinó por titulación con Acido Sulfúrico.

La alcalinidad de un agua está habitualmente representada por su contenido en carbonatos, carbonatos ácidos e hidróxidos y eventualmente por boratos, silicatos y fosfatos.

Las soluciones acuosas de carbonatos ácidos tienen un pH próximo a 8.3 y las de Acido Carbónico un pH de 4.2 . Por dicha razón se utilizan estos valores de pH como puntos finales en las determinaciones de alcalinidad por titulación con Acido Sulfúrico. Como indicadores se utilizan Fenolftaleína ( vira de color a  $\text{pH}=8.3$  ) y Heliantina ( vira de color a  $\text{pH}=4.2$  ).

### Sulfatos (1)

Se determinaron por reacción con Cloruro de Bario en medio ácido. Así, se forma un precipitado de Sulfato de Bario en partículas de tamaño uniforme. La luz transmitida por la solución turbia se mide nefelométricamente.





### Cloruros (1)

Se determinaron por el Método de Mohr. Este se basa en el agregado de iones Plata a una solución cuyo pH esté comprendido entre 7 y 10 y que contenga iones cromato. Cuando todos los iones cloruros han precipitado como Cloruro de Plata comienza a precipitar el Cromato de Plata ( en este punto la concentración de cloruros en solución es despreciable desde el punto de vista analítico ) finalizándose la titulación con Nitrato de Plata.

### Fluoruros (1)

Se determinaron colorimetricamente mediante la reacción entre la Alizarina y el Acido Zirconílico. Esta produce un complejo de color rojo. El fluoruro elimina parte del Zirconio sustrayéndolo de la reacción dando como resultado una disminución de la intensidad del color.

### Nitratos (1)

Se determinaron colorimetricamente mediante la reacción entre los nitratos y la Brucina. Esta produce un color amarillo que permite estimar la presencia de nitratos en medio ácido a temperatura regulada. La intensidad del color se mide a  $\lambda=410$  m $\mu$

### Nitritos (1)

Se determinaron colorimetricamente mediante reacción con Acido Sulfanílico y Clorhidrato de  $\alpha$ -naftilamina. Se produce un diazocompuesto que conjugado con la  $\alpha$ -naftilamina desarrolla un color que se mide con filtro verde a  $\lambda=530$  m $\mu$

### Sulfuros (2)

Estos fueron medidos en forma directa con un electrodo específico previo agregado a la muestra de una solución

acondicionadora. El equipo utilizado fue un Orion Ionalyzer / Model 407 A.

#### Ión. amonio (1)

Se determinó por reacción con el Reactivo de Nessler ( Ioduro Mercúrico - Ioduro de Potasio - Hidróxido de Sodio ) la que produce un desarrollo de color que es medido a  $\lambda=420 \text{ m}\mu$ . Se realiza un tratamiento previo con Sulfato de Zinc para eliminar interferencias.

#### Arsénico (1)

Se determinó colorimétricamente. El método se basa en la reducción del Arsénico presente con Zinc en medio ácido. Se desprende Arsenamina, la que se recoge en una solución de L-Efedrina y Dietilditiocarbamato de Plata en Cloroformo. Se desarrolla un color rojo que se mide en el espectrofotómetro a  $\lambda=530 \text{ m}\mu$

#### Dureza total (1)

Fue determinada volumétricamente mediante la sal disódica del ácido Etilendiaminotetracético ( EDTA ) con la cual los metales alcalinos térreos forman en solución alcalina compuestos escasamente ionizados. El indicador utilizado para la titulación es el Negro de Eriocromo T con clorhidrato de hidroxilamina en solución alcohólica.

#### Calcio (1)

Se determinó por titulación con reactivo EDTA. Cuando están presentes Calcio y Magnesio, al agregar EDTA, éste se combina primero con el Calcio. El mismo se determina directamente cuando el pH es suficientemente elevado para que el Magnesio precipite como hidróxido. Se utiliza como indicador Murexida, que se combina únicamente con el Calcio. Hay un cambio de

color cuando todo el Calcio ha sido complejado por el EDTA a pH=12-13.

#### Magnesio (1)

Fue determinado por diferencia entre la dureza total y la atribuida al Calcio previamente determinado.

#### Sólidos disueltos totales (1)

Se determinaron filtrando la muestra para separar los sólidos no disueltos y llevando a sequedad a 100°C, midiendo luego la masa residual.

#### Sólidos disueltos volátiles (1) (4)

Se determinaron sobre el residuo de la determinación anterior sometiéndolos a 600°C y midiendo ulteriormente la masa residual.

#### Sólidos sedimentables (1)

Se determinaron por lectura directa en un cono Imhoff, midiéndose el volumen de sólidos sedimentables en 2 horas sobre 1 l de muestra.

#### Sodio, Potasio, Litio (3)

Fueron determinados por fotometría de llama, por inyección de la muestra con filtros específicos ( para eliminar interferencias ) a las longitudes de onda que se indican a continuación. En ellas la intensidad de la luz emitida por la llama es aproximadamente proporcional a la concentración del elemento ensayado.

Potasio:  $\lambda=766.5 \text{ m}\mu$

Sodio :  $\lambda=589.0 \text{ m}\mu$

Litio :  $\lambda=670.8 \text{ m}\mu$

#### Bacterias aerobias totales (1) (4)

Estas fueron determinadas por cultivo en agar nutritivo

Nacional de Calidad Ambiental - Ministerio de Salud y  
Acción Social - 1982.

(2) - Manual de Operación del Orion Ionalyzer / Model 407 A

(3) - Standard Methods for the Examination of Water and  
Wastewater - 15 th Edition - 1980.

(4) - Normas de Calidad y Control de Aguas para Bebida - OSN-  
MDS - 1973

#### IV-3.3) Técnicas analíticas empleadas para las determinaciones en barros

##### Determinaciones sobre extracto acuoso

Las determinaciones analíticas efectuadas en esta condición se practicaron sobre un extracto obtenido de acuerdo al siguiente procedimiento: sobre 100 g de muestra seca se realizó una extracción con agua destilada, con sucesivas agitaciones y filtraciones hasta que una fracción de la solución filtrada dio resultados negativos a los distintos controles. Luego se llevaron todas las muestras a un volumen conocido.

Sobre el extracto acuoso se realizaron todas las determinaciones así indicadas, excepto las correspondientes a conductividad y pH.

Para las determinaciones de conductividad y pH se utilizó un extracto acuoso obtenido por acción de un volumen de 250 ml sobre un gramo de muestra seca.

Las técnicas analíticas empleadas para las determinaciones sobre extracto acuoso corresponden a las detalladas para determinaciones en agua.

##### Sólidos solubles

Fueron determinados gravimetricamente llevando a sequedad un volumen del extracto acuoso de la muestra seca.

#### Sólidos volátiles

Se determinaron calcinando la muestra seca y determinando la masa residual.

#### Calcio y Magnesio

Fueron determinados sobre la muestra seca, digerida con Acido Clorhídrico al 20 %, en la fase líquida resultante.

Las técnicas analíticas aplicadas corresponden a las ya detalladas para las determinaciones en agua.

#### Arsénico

La determinación se efectuó sobre una suspensión de la muestra seca. La técnica analítica corresponde a la aplicada para la determinación de Arsénico en agua.

#### Sulfuros

La determinación de sulfuros se efectuó sobre la muestra bruta del barro, dirigiéndola en medio ácido y recogiendo los gases conteniendo ácido sulfhídrico en una solución específica S.A.O.B. sobre la que se realizó posteriormente la lectura de sulfuros con electrodo específico, según se explicó para agua. Los resultados se expresaron sobre muestra seca, ya que una muestra igual a la utilizada fue llevada a sequedad, calculándose el resultado sobre residuo.

#### Bibliografía complementaria

- Química Agrícola - Química del Suelo - Gustavo André - 2° Edición - Salvat Editores, Barcelona.
- Cátedra de Edafología - Facultad de Agronomía - UBA - Apuntes teóricos y Guía de Trabajos Prácticos - Prof. I.

( medio de cultivo ) incubándose a 37°C durante 48 horas.  
Luego se procedió al recuento de las colonias desarrolladas.

Bacterias coliformes ( totales y fecales ) (1) (4)

Se determinaron por el Método de Wilson de tubos múltiples.  
Este consiste en sembrar una serie de tubos con caldo  
Mc Conkey doble ( medio de cultivo ) con un determinado  
volumen de la muestra y sus respectivas diluciones ( 0.1 y  
0.01 ). Se incuban luego a 37°C durante 48 horas y luego los  
tubos (+) ( presencia de ácido y gas ) son sembrados ( re-  
picados ) en tubos con caldo Mc Conkey simple e incubados a 44  
± 0.5°C durante 48 horas.

De acuerdo al N° de tubos (+) en cada caso y utilizando tablas  
se calculan los NMP ( números más probables ) por 100 ml de  
muestra de bacterias coliformes totales y colifecales.

Bacterias CEK (1) (4)

Las bacterias de este grupo se determinaron repicando los  
tubos (+) para el ensayo de coliformes totales ( 48 horas a  
37°C en caldo Mc Conkey doble ) a tubos con extracto de  
Simons.

Bacterias Pseudomonas (1) (4)

Estas se determinaron inoculando la muestra en caldo de doble  
concentración en medio Cristal Violeta ( medio de enriqueci-  
miento ) e incubando en estufa a 37°C durante 24-48 horas. La  
presencia de turbidez constituye un ensayo presuntivo  
positivo.

Referencias bibliográficas

(1) - Manual de Técnicas de Laboratorio para el Análisis de  
Agua - Laboratorio de Agua y Desagües de la Dirección

Mizuno.

- Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos - Facultad de Agronomía - Apuntes teóricos y Guía de Trabajos Prácticos.
- Kolthoff, I.M. and Sandell, E.B. - Textbook of Quantitative Inorganic Analysis.

V) Resultados obtenidos

Se presentan en el Apéndice los datos correspondientes a las determinaciones analíticas efectuadas en muestras de agua y barro.

## VI) Evaluación de los resultados

### VI-1) Determinación de la homogeneidad espacial del agua de la Laguna Epecuén

Con el propósito de sintetizar la información de calidad de agua generada en las 17 estaciones de muestreo de la Laguna Epecuén se determinó el nivel de homogeneidad, en la dirección vertical ( profundidad ) y en las direcciones norte-sur (N-S) y este-oeste (E-O), de algunos parámetros relevantes.

La necesidad de determinar el nivel de mezclado en la dirección vertical respondió a la posibilidad de encontrar una estratificación térmica, dado que el muestreo se realizó a comienzos de la estación primaveral ( 19, 20, 21 y 26 de Setiembre de 1987 ).

Por otra parte, siendo el desborde de la Laguna La Paraguaya la principal fuente de ingreso de agua salobre ( moderadamente salina ) en el cuerpo salino de la Laguna Epecuén, se consideró relevante determinar el grado de mezcla de dicho ingreso en las direcciones N-S y E-O mediante el parámetro Sólidos Disueltos Totales.

#### VI-1.1) Metodología

La metodología estadística inferencial empleada con el fin de establecer el grado de mezcla en la Laguna Epecuén consistió en la realización de sendos tests de hipótesis nulas (  $H_0$  ) de igualdad de las medias poblacionales de superficie y de profundidad ( homogeneidad en la vertical ) y de las márgenes



( homogeneidad N-S y E-O ).

En el caso de la determinación del nivel de homogeneidad en la vertical se analizaron los datos obtenidos en la laguna de Temperatura, Oxígeno disuelto, Sulfatos y Calcio, tomados en dos grupos: uno, correspondiente al muestreo efectuado entre el 19 y el 21 de setiembre, y otro, correspondiente al muestreo realizado el 26 de Setiembre.

Los tests de hipótesis pueden resumirse simbólicamente según:  
Hipótesis Nula (  $H_0$  ): las medias poblacionales de superficie y profundidad son iguales.

$$\mu_S = \mu_P$$

versus:

Hipótesis Alternativa (  $H_A$  ): las medias poblacionales de superficies y profundidad son distintas.

$$\mu_S \neq \mu_P$$

Siendo la estadística de prueba:

$$t_c = \frac{(\bar{x}_S - \bar{x}_P) - (\mu_S - \mu_P)}{S_{amalg} \left[ \left( \frac{1}{n_S} \right) + \left( \frac{1}{n_P} \right) \right]^{1/2}}$$

y:

$$S_{amalg} = \frac{(n_S - 1)(s_S)^2 + (n_P - 1)(s_P)^2}{n_S + n_P - 2}$$

Donde:

$s_S$ : desvío standard de las muestras de superficie.

$s_P$ : desvío standard de las muestras de profundidad.

$n_S$ : número de muestras de superficie.

$n_P$ : número de muestras de profundidad.

$\bar{x}_S$ : valor medio de las muestras de superficie.

$\bar{x}_p$ : valor medio de las muestras de profundidad.

La hipótesis nula ( $H_0$ ) fue aceptada para un nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 5% y un número de grados de libertad ( $V$ ) igual a:  $n_s + n_p - 2$ , cuando la estadística de prueba  $t_c$  resultó menor o igual al "t de Student" para  $\alpha=0.05$  y  $V=n_s + n_p - 2$ :

$H_0$  aceptada si  $t_c \leq t_{\text{tabulado}}; 0.05; n_s + n_p - 2$

Para el caso de la determinación del nivel de mezclado del ingreso de agua de la Laguna La Paraguaya se efectuaron los test de hipótesis:

$$H_0: \mu_{MN} = \mu_{MS} \quad \text{VS} \quad H_a: \mu_{MN} \neq \mu_{MS} \quad (1)$$

$$H_0: \mu_{ME} = \mu_{MO} \quad \text{VS} \quad H_a: \mu_{ME} \neq \mu_{MO} \quad (2)$$

aplicados al parámetro Sólidos disueltos totales.

Donde:

MN: margen Norte de la Laguna Epecuén.

MS, ME y MO: márgenes Sur, Este y Oeste de la Laguna Epecuén, respectivamente.

Las estadísticas de prueba en este caso fueron respectivamente:

$$t_c = \frac{\bar{x}_{MN} - \bar{x}_{MS}}{S_{\text{amalg}} \left[ \left( \frac{1}{n_{MN}} \right) + \left( \frac{1}{n_{MS}} \right) \right]^{1/2}}$$

siendo:

$$S_{\text{amalg}} = \frac{(n_{MN} - 1)(s_{MN})^2 + (n_{MS} - 1)(s_{MS})^2}{n_{MN} + n_{MS} - 2}$$

y:

$$t_c = \frac{\bar{x}_{ME} - \bar{x}_{MO}}{S_{\text{amalg}} \left[ \left( \frac{1}{n_{ME}} \right) + \left( \frac{1}{n_{MO}} \right) \right]^{1/2}}$$

siendo:

$$S_{\text{amalg}} = \frac{(n_{ME} - 1)(s_{ME})^2 + (n_{MO} - 1)(s_{MO})^2}{n_{ME} + n_{MO} - 2}$$

Donde:

$\bar{x}$ : valor medio de las muestras correspondientes a cada margen.

s: desvío standard de las muestras correspondientes a cada margen.

n: número de muestras correspondientes a cada margen.

$\mu$ : media poblacional de cada margen.

$H_0$  fue aceptada si  $t_c$  resultó menor o igual al "t de Student"

para  $\alpha=0.05$  y  $V=n_{MN}+n_{MS}-2$  ( $V=n_{ME}+n_{MO}-2$  para (2) ).

$H_0$  aceptada si  $t_c$  es menor o igual a  $t_{\text{tabulado}}; n_{MN}+n_{MS}-2; 0.05$

$H_0$  aceptada si  $t_c$  es menor o igual a  $t_{\text{tabulado}}; n_{MN}+n_{MS}-2; 0.05$

Para todos los casos se asumió independencia de las muestras y distribución normal.

#### VI-1.2) Resultados y conclusiones

La Tabla 4 resume la aplicación de las pruebas de determinación de la homogeneidad de la calidad del agua en la dirección vertical, concluyéndose que excepto el caso del Oxígeno disuelto, los otros parámetros ensayados ( Temperatura, Sulfatos y Calcio ) no presentaron diferencias significativas entre los valores medios de superficie y fondo, evidenciando mezcla completa en esa dirección.

Con respecto a los resultados obtenidos para Oxígeno disuelto

se concluye que en condiciones de escasa agitación, ausencia de vientos y en períodos primavera-verano se presentarían oxiclina como la observada en el muestreo del día 26 de Setiembre.

La separación de los datos en dos grupos respondió al interés de poner en evidencia los efectos sobre la calidad del agua debidos a diferentes condiciones meteorológicas, ya que en el muestreo correspondiente a los días 19-21 de Setiembre el fuerte viento producía una importante agitación de la laguna, situación que no se presentó en el muestreo del día 26 de Setiembre, dando lugar a la presencia de la oxiclina.

Podría esperarse que en períodos veraniegos y con ausencia de oleaje en la laguna se hiciera manifiesta una termoclina, pero en general las estratificaciones de la calidad del agua en dirección vertical serían muy lábiles, concluyéndose por ello que la Laguna Epecuén presenta calidad homogénea en esta dirección.

En la Tabla 5 se presentan los resultados de las pruebas de mezclado del ingreso del agua de la Laguna La Paraguaya en la Laguna Epecuén, analizando la posibilidad de existencia de gradientes en la concentración de Sólidos disueltos totales en las direcciones margen Norte - margen Sur y margen Este - margen Oeste.

Para el 1° caso se agruparon los datos de superficie y fondo de las estaciones 10, 12 y 15 ( MN ) versus los correspondientes a las estaciones 5, 7, 13 y 17 ( MS ).

Para el 2° caso se agruparon los datos de superficie y fondo de las estaciones 1, 2, 3 y 4 ( ME ) versus los correspondientes a las estaciones 13, 15, 16 y 17 ( MO ).

En ambos casos se observó mezcla total por lo que el efecto de la calidad del agua de la Laguna La Paraguaya sería rápidamente distribuido en la Laguna Epecuén.

Tabla 4

Prueba de homogeneidad de la calidad de agua en la dirección vertical de la Laguna Epecuén

PARAMETRO	$n_a$	$\bar{x}_a$	$s_a$	$n_p$	$\bar{x}_p$	$s_p$	$t_c$	$ t_{tabla} $	$H_0$
TEMPERAT. (19-21/8)	14	11.44	0.48	14	11.41	0.49	0.0200	1.706	Acep
TEMPERAT. (26/9)	3	13.90	1.63	3	12.80	0.86	0.7900	2.132	Acep
OXIGENO DISUELTO (16-21/9)	14	3.72	0.82	14	3.22	1.46	0.9430	1.706	Acep
OXIGENO DISUELTO (26/9)	3	4.20	0.34	3	4.93	0.11	-15.2000	2.132	Rech
SULFATOS (19-21/9)	14	4721.60	194.74	14	4850.50	399.51	-0.0035	-1.706	Acep
SULFATOS (26/9)	3	5369.60	371.67	3	5255.00	481.89	-0.0007	-2.132	Acep
CALCIO (19-21/9)	14	37.78	11.24	14	36.14	5.80	0.0500	1.706	Acep
CALCIO (26/9)	3	38.00	5.96	3	49.70	14.28	-0.1190	-2.132	Acep

Tabla 5

Prueba de nivel de mezcla de la descarga de la Laguna La Paraguaya en la Laguna Epecuén

PARAMETRO	$n_{MN}$	$\bar{x}_{MN}$	$s_{MN}$	$n_{MA}$	$\bar{x}_{MA}$	$s_{MA}$	$t_c$	$ t_{tabla} $	$H_0$
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	6	38939.5	1697.8	8	37229.0	630.3	0.00221	1.78	Acep
PARAMETRO	$n_{ME}$	$\bar{x}_{ME}$	$s_{ME}$	$n_{MO}$	$\bar{x}_{MO}$	$s_{MO}$	$t_c$	$ t_{tabla} $	$H_0$
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	8	36799.8	406.1	8	38195.7	1598.4	0.00205	1.76	Acep

## VI-2) Estadística Descriptiva

La Tabla 6 presenta la estadística descriptiva de los parámetros de calidad del agua de la Laguna Epecuén. Para todos los parámetros de calidad de agua analizados, excepto el caso de Oxígeno disuelto, se sintetizaron los datos correspondientes a las muestras de superficie y de profundidad de las 17 estaciones de muestreo, según los resultados obtenidos en las pruebas de homogeneidad en la dirección vertical.

Para el caso del Oxígeno disuelto la estadística descriptiva corresponde a las estaciones de la laguna que se muestrearon entre los días 19 y 21 de Setiembre ( 28 datos ) dado que se observó una oxiclina en el muestreo de las estaciones 9, 12 y 15, efectuado el 26/9/87.

Para cada parámetro se presenta el número de datos analizados (  $n$  ), el valor medio (  $\bar{x}$  ), el desvío standard (  $s$  ), el valor mínimo (  $x_{\min}$  ), el valor máximo (  $x_{\max}$  ) y el coeficiente de variación (  $CV$  ). Para el pH se presenta además la mediana (  $\tilde{x}$  ).

VI-3) Niveles de saturación de Oxígeno disuelto en la Laguna Epecuén

Se determinaron los porcentajes de saturación de Oxígeno disuelto en las 17 estaciones de muestreo de la Laguna Epecuén ( tanto de superficie como de fondo ). Para ello se empleó la versión Pearl Harbor del Modelo Dinámico de Estuario ( Gevet et al. 1974 ) para la estimación de la concentración de saturación de Oxígeno disuelto en las condiciones de temperatura y concentración de cloruros existentes en la laguna.

La ecuación correspondiente es:

$$OD_s = 14.5532 - 0.38217 T + 0.0054258 T^2 - \\ - Cl^- ( 1.665 \times 10^{-4} - 5.866 \times 10^{-6} T + \\ + 9.796 \times 10^{-8} T^2 )$$

Donde:

$OD_s$ : concentración de saturación de Oxígeno disuelto en agua [mg/l]

T: temperatura [°C]

$Cl^-$ : concentración de cloruros [ppm]

El nivel de saturación de Oxígeno disuelto se determinó aplicando:

$$OD [ \% \text{ saturación } ] = ( OD / OD_s ) \times 100$$

Donde:

OD: concentración medida de Oxígeno disuelto [mg/l]

En la Tabla 7 se presentan los resultados correspondientes, observándose que el rango de variación del % de saturación fue 0 - 57.7

Tabla 6

Estadística Descriptiva de la Laguna Epecuén

PARAMETRO	n	$\bar{x}$	s	$x_{min}$	$x_{max}$	CV
TEMPERATURA [°C]	34	11.76	1.00	10.80	15.30	0.08
pH (4)	34	9.44	0.20	8.30	9.55	0.02
OXIGENO DI- SUELTO [mg/l]	28	3.47	1.19	0.00	5.20	0.34
CONDUCTIVIDAD [µS/cm]	34	57676.00	2811.90	56000.00	68000.00	0.04
SOLIDOS DI- SUELTOS TO- TALES [*]	34	37796.00	1433.00	36229.00	41894.00	0.03
SOLIDOS DI- SUELTOS VO- LATILES [*]	34	339.00	76.49	210.00	495.00	0.22
SOLIDOS SE- DIMENTABLES [ml/l]	34	<1.00	0.00	<1.00	<1.00	0.00
ALCALINIDAD TOTAL (1)	33(2)	1209.40	14.07	1183.00	1261.00	0.01
CARBONATOS[*]	33(3)	289.20	34.78	256.00	431.00	0.12
CARBONATOS ACIDOS [*]	34	876.90	75.16	604.00	959.00	0.09
SULFATOS[*]	34	4878.90	381.90	4420.00	5890.00	0.07
CLORUROS[*]	34	16033.80	444.70	15600.00	17350.00	0.02
NITRATOS[*]	34	<0.10	0.00	<0.10	<0.10	0.00
NITRITOS[*]	34	<0.10	0.00	<0.10	<0.10	0.00
ION AMONIO [*]	34	<0.10	0.00	<0.10	<0.10	0.00
DUREZA TO- TAL (1)	34	352.80	22.09	314.00	390.00	0.06
SODIO [*]	34	12662.60	655.38	11592.00	14101.00	0.05
POTASIO [*]	34	216.10	13.58	195.00	240.00	0.06
LITIO [*]	34	18.50	7.36	10.00	40.00	0.39
CALCIO [*]	34	38.50	9.42	24.00	62.70	0.24
MAGNESIO[*]	34	62.10	5.96	51.80	74.90	0.09
FLUORUROS [*]	34	4.26	0.26	4.00	5.00	0.06
SULFUROS[*]	34	<0.05	0.00	<0.05	<0.05	0.00
ARSENICO	34	<0.05	0.00	<0.05	<0.05	0.00

Notas:

- (1) mg/l como Carbonato de Calcio
- (2) Dato rechazado: x=630
- (3) Dato rechazado: x=0
- (4)  $\bar{x}$ =9.48
- [\*] [mg/l]



Tabla 7

Nivel de saturación del Oxígeno disuelto en la Laguna Epecuén

<u>EST</u>	<u>OD [mg/l]</u>	<u>T [°C]</u>	<u>Cl<sup>-</sup> [ppm]</u>	<u>OD<sub>s</sub> [mg/l]</u>	<u>% Saturac.</u>
1s	4.4	11.5	15850	9.10	48.3
1p	3.6	11.5	15800	9.10	39.5
2s	5.2	12.0	15750	9.01	57.7
2p	4.6	12.0	15870	8.99	51.1
3s	4.6	12.0	15690	9.02	51.0
3p	4.6	12.0	15700	9.02	51.0
4s	4.2	12.0	15710	9.02	46.5
4p	4.2	12.0	15740	9.02	46.5
5s	4.2	12.0	15700	9.02	46.5
5p	3.4	12.0	15680	9.02	37.7
6s	3.7	11.0	16000	9.18	40.3
6p	0.0	10.8	17350	9.07	0.0
7s	3.0	11.7	15900	9.05	33.1
7p	3.0	11.5	15950	9.08	33.0
8s	2.4	11.0	16100	9.17	26.2
8p	0.0	11.0	17500	9.07	0.0
9s	4.6	12.1	17000	8.85	51.9
9p	5.0	11.8	15850	9.04	55.3
10s	2.8	11.0	16000	9.18	30.5
10p	3.5	11.0	16100	9.18	38.1
11s	3.5	11.0	15950	9.19	38.1
11p	4.0	11.0	16150	9.17	43.6
12s	4.0	14.3	16100	8.54	46.8
12p	4.8	13.3	15900	8.74	54.8
13s	3.0	11.0	15800	9.21	32.6
13p	3.2	11.0	16050	9.18	34.8
14s	3.0	12.0	16070	8.97	33.4
14p	3.0	12.0	16090	8.97	33.4
15s	4.0	15.3	16650	8.32	48.1
15p	5.0	13.3	16000	8.74	57.2
16s	3.5	11.0	15800	9.21	38.0
16p	4.0	11.0	15950	9.19	43.5
17s	4.6	11.0	15600	9.23	49.8
17p	4.0	11.0	15800	9.21	43.4

VI-4) Proporciones de iones principales

En el Plano N° 2 se han representado para las estaciones de muestreo de agua ubicadas en la laguna los valores medios, de superficie y fondo, correspondientes a las proporciones de cationes principales presentes: Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio, y aniones principales presentes: Cloruros, Sulfatos, Carbonatos y Carbonatos ácidos. Los diagramas de proporciones

iónicas ilustran gráficamente la presencia de los iones principales. La proporción relativa ( en equivalentes por ciento ) de cada ión principal es representada en un diagrama dividido en dos campos ( aniones y cationes ) por un diámetro vertical. De esa forma cada campo representa 100 % ya sea de cationes o aniones. Cada campo se divide en 4 partes para representar respectivamente los cuatro aniones y los cuatro cationes principales.

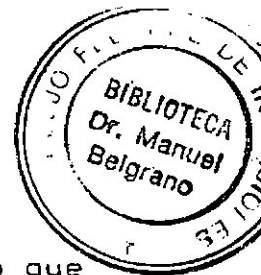
Las concentraciones en miliequivalentes por litro de los iones individuales se calculan como porcentajes ya sea en el campo catiónico o aniónico.

La longitud del radio bisectriz en cada sector es proporcional directamente a la concentración equivalente de dicho ión y por lo tanto el polígono encerrado ( área sombreada ) es proporcional a la concentración equivalente por ciento de ese ión.

Como hay 4 iones en cada campo, la circunferencia del círculo representa 25 equivalentes por ciento. Así valores menores que 25 % estarán dentro del círculo, mientras que valores mayores que 25 % estarán fuera del círculo.

Asimismo se han representado con distintas coloraciones las magnitudes de Sólidos disueltos totales correspondientes al valor medio de profundidad y fondo de las estaciones.

La representación mediante los diagramas de proporciones iónicas resalta la predominancia de los iones Cloruros y Sodio.



El Indice de Estabilidad de Ryznar es un valor numérico que indica la tendencia del agua a causar incrustaciones o corrosión. Se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Indice de Ryznar} = 2 \text{ pH}_s - \text{pH}$$

Donde:

$\text{pH}_s$ : pH de saturación

El  $\text{pH}_s$  es el pH al que un agua de determinada composición y a la temperatura de que se trate estaría en equilibrio con el Carbonato de Calcio.

$\text{pH}_s$  puede establecerse mediante la fórmula de Langelier o mediante nomogramas. Así para las condiciones medias del agua de la laguna:

Alcalinidad total: 1209.4 mg/l ( como Carbonato de Calcio )

Calcio: 96.25 mg/l ( como Carbonato de Calcio )

Sólidos disueltos totales: 37796 mg/l

pH: 9.44

Temperatura: 11.76 °C

Resulta:

$$\text{pH}_s = 7.25$$

$$\text{Indice de Ryznar} = 5.06$$

En general puede decirse que un Indice de Ryznar por debajo de 6.5 indica una tendencia incrustante, que se acentúa cuanto más bajo es dicho índice. Cuando el Indice de Ryznar supera el valor de 6.5 las aguas son progresivamente más corrosivas a medida que el índice aumenta.

En la Tabla N° 8, se da una clasificación de las aguas según

el Índice de Ryznar.

Tabla 8

<u>INDICE DE RYZNAR</u>	<u>CARACTERÍSTICAS</u>
3 - 4	Excesivamente incrustante a temp. = 15°C
4 - 5	Muy incrustante a temp = 15°C
5 - 6	Incrustante a 15°C; muy incrustante a temp. = 65°C
6 - 7	No incrustante a levemente incrustante; corrosividad no considerable
7 - 8	Corrosividad no considerable a temp <15°C corrosiva a temp. = 65°C
8 - 9	Corrosividad moderada a grande a temp. < 15°C
9 - 10	Corrosividad severa a temp. elevadas
10 y mayores	Corrosividad extremadamente severa a temp. = 15°C

Fuente: Water Quality Sourcebook - A Guide to Water Quality Parameters - Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 1979

VI-6) Representación de la distribución espacial de calidad de agua

En el Plano N° 3 se representan para las diecisiete estaciones de muestreo ubicadas en la laguna los valores medios, de profundidad y fondo, correspondientes a los parámetros temperatura, pH, Oxígeno disuelto y sólidos sedimentables.

Lo propio se hace en el Plano N° 4 para la serie nitrogenada ( Nitratos, Nitritos, ión Amonio ) y para Sólidos disueltos volátiles.

En el Plano N° 5 se representan, de manera similar a lo explicado, los parámetros Sulfuros, Arsénico, Fluoruros y Litio.

Las representaciones de los parámetros Conductividad, Alcalinidad total y Dureza total aparecen en el Plano N° 6.

#### VI-7) Determinaciones bacteriológicas

Las determinaciones bacteriológicas se efectuaron sobre muestras superficiales captadas en puntos ubicados sobre el antiguo lecho de la laguna ( Estaciones 5 y 7 ) y en algunos sitios considerados críticos, a saber: cementerio de Carhué, zona de antiguo basural aledaña al cementerio de Carhué actualmente inundado ( basural C ), zona de basural bordeada por la avenida costanera de Carhué y próxima al conducto de alivio de la napa freática ( basural ), y Arroyo Pigüé, aproximadamente a 100 metros aguas arriba de la ruta 60.

Además se tomaron muestras en las proximidades de la margen de la laguna frente a la Estación Arturo Vatteone y a la localidad de Lago Epecuén.

Los ensayos dieron resultados positivos, en cuanto a presencia de bacterias colitotales y colifecales, solamente en el Arroyo Pigüé y en la zona de basurales, en particular en la próxima al conducto de alivio mencionado.

#### VI-8) Parámetros de calidad de barros

De los datos obtenidos se observó que las muestras extraídas en las estaciones 3, 8, 12, y 15 ( correspondientes al antiguo lecho de la laguna ) presentan un contenido salino ( denotado por las concentraciones de iones principales ) apreciablemente mayor que las muestras captadas en las zonas próximas a la margen sur. Estas están ubicadas sobre la transecta que pasa por la estación 17, a la altura de Unzué, y a la altura de la

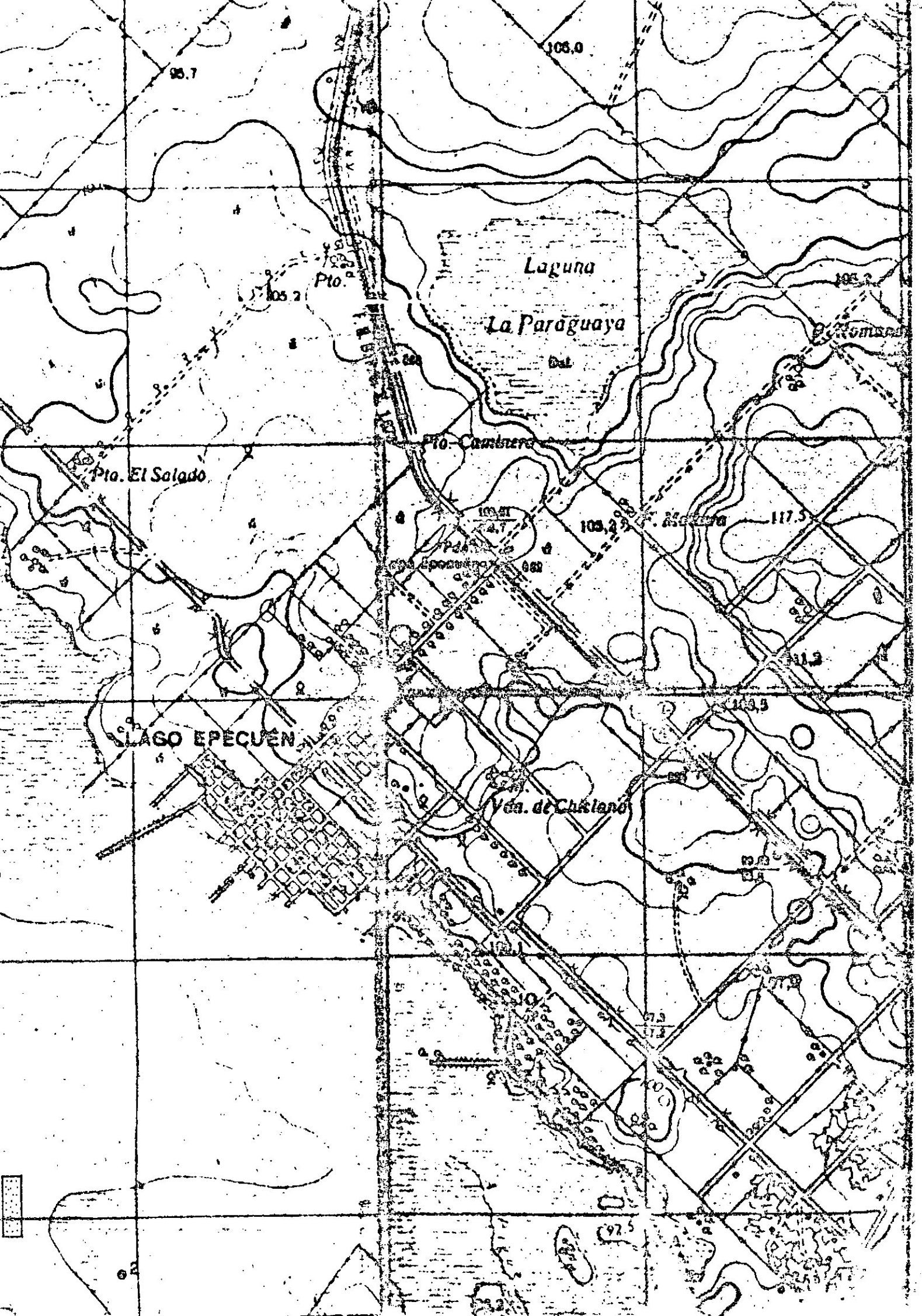
Estación Arturo Vatteone, identificándose como A, B y C, respectivamente.

Los ensayos denotaron presencia de sulfuros en las muestras correspondientes a las Estaciones 8, 12 y 15. Los sulfuros pueden originarse a partir de los sulfatos por acción de bacterias reductoras, bajo condiciones de anaerobiosis.

La expresión de los resultados para los parámetros: Fluoruros, Nitratos, ión Amonio, Litio y Potasio, determinados sobre extracto acuoso, como  $< 0.1$  mg/100 g de muestra seca; para Sulfuros, como  $< 0.05$  mg/g de muestra seca; y para Arsénico, como  $< 0.005$  mg/g de muestra seca, resulta de no haber sido detectados los mismos en los ensayos correspondientes ( concentraciones menores que los límites de detección de las técnicas analíticas ).

En el Plano N° 7 se esquematiza la distribución espacial de calidad de barros para los parámetros Cloruros, Sulfatos, Sulfuros, Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio y Sólidos volátiles.

La ubicación de las zonas A, B y C en dicho plano es meramente indicativa, es decir, no está representada a escala.



105.0

95.7

Lago

La Paraguaya

Pto.

105.2

Pto. Comodoro

Pto. El Salado

108.2

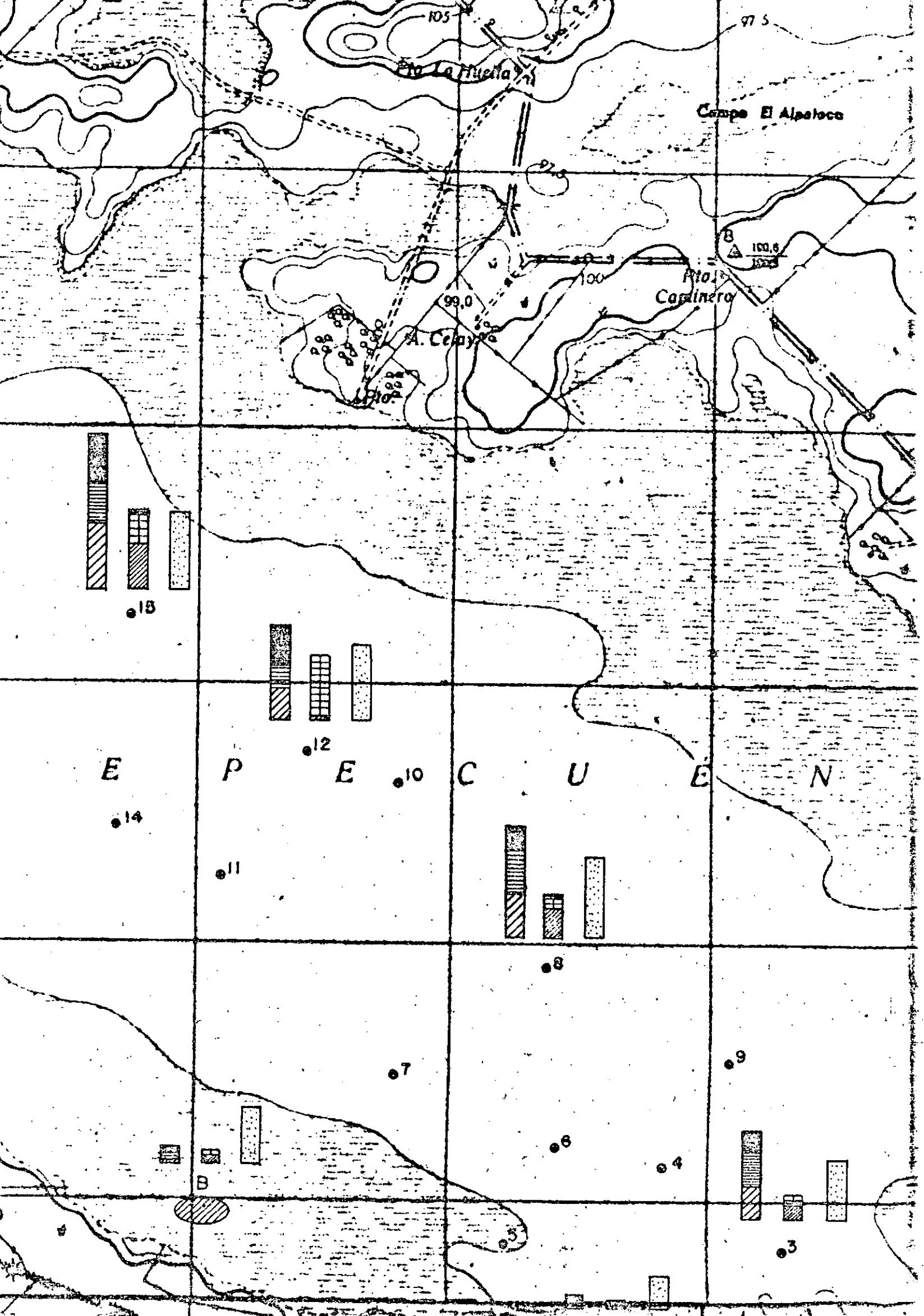
117.5

LAGO EPECUÉN

Vía de Chile

97.5





105

97.5

Pto. La Florida

Campo El Alpoloco

Pto. Carlinera

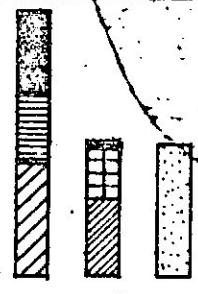
A. Celaje

99.0

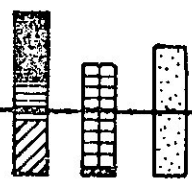
100

100.0

100.0



13



12

E

P

E

10

C

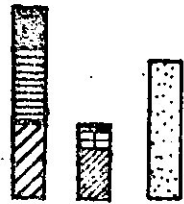
U

E

N

14

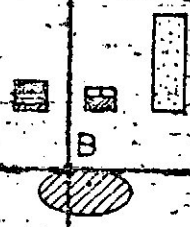
11



8

7

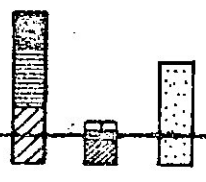
9



B

6

4

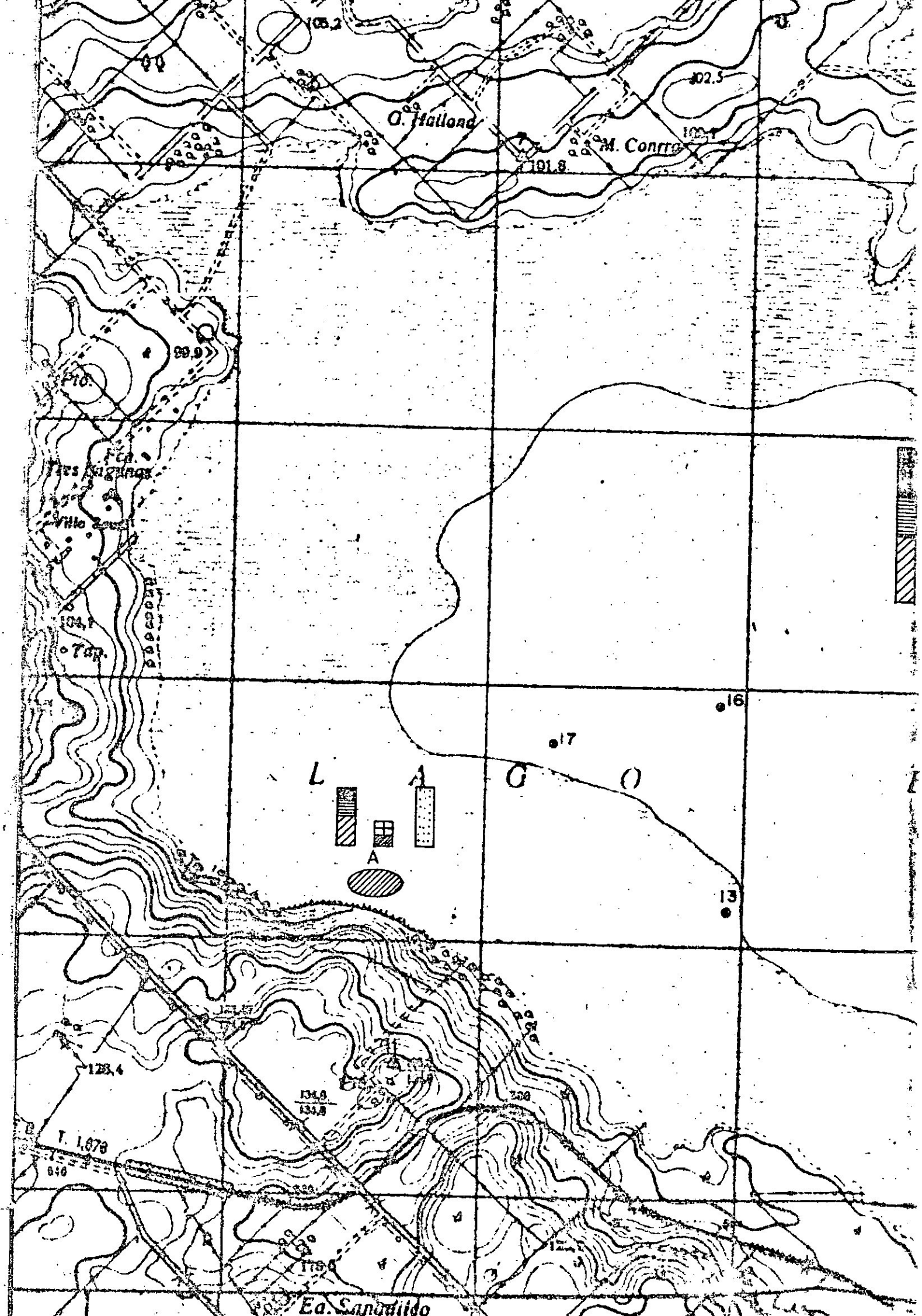


3

5







O. Halland

M. Conro

Ea. Sanadillo

Villa Sanadillo

L

A

O

O

A

128.4

134.8  
133.8

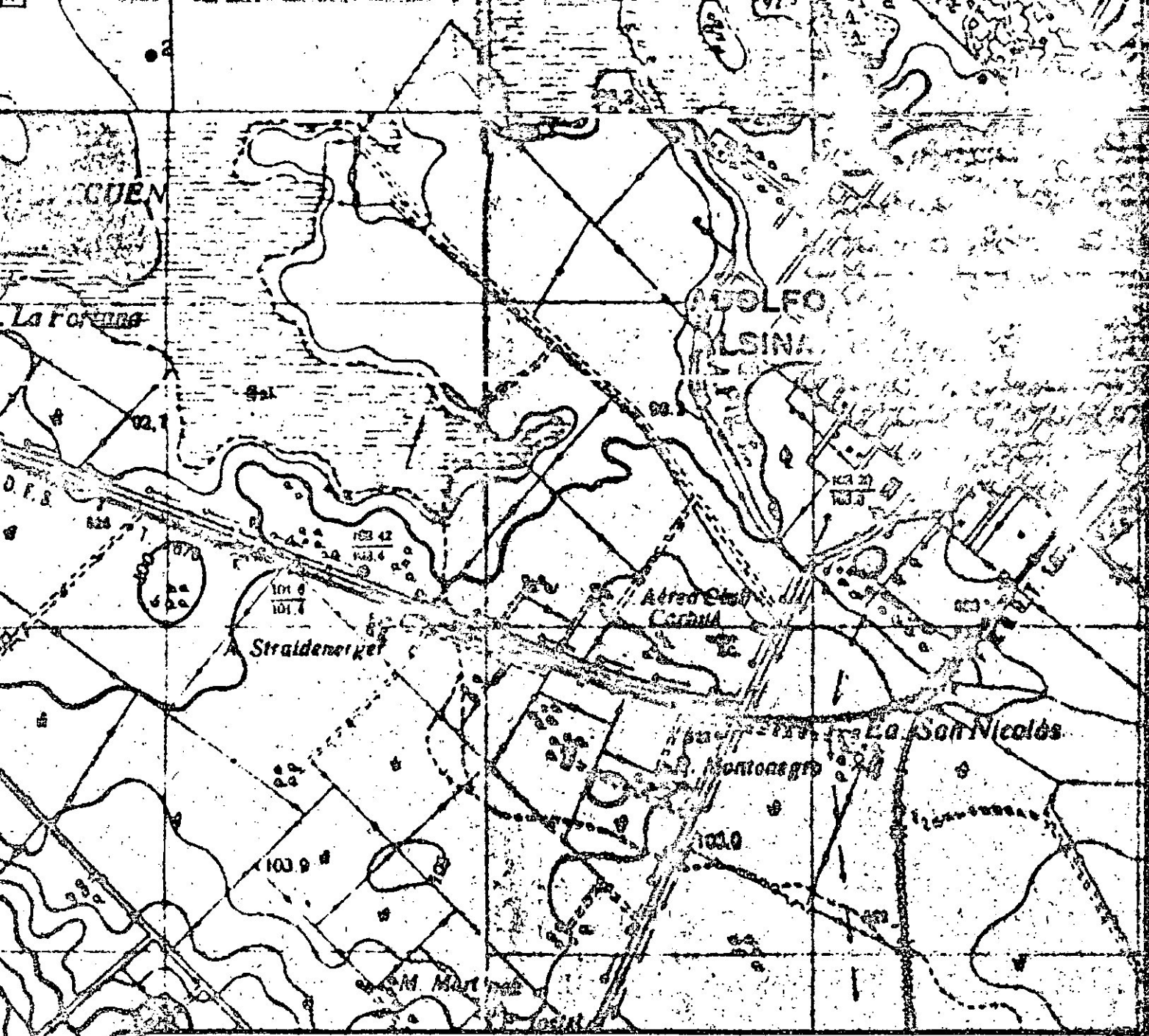
T. 1,079

Ea. Sanadillo

16

17

13



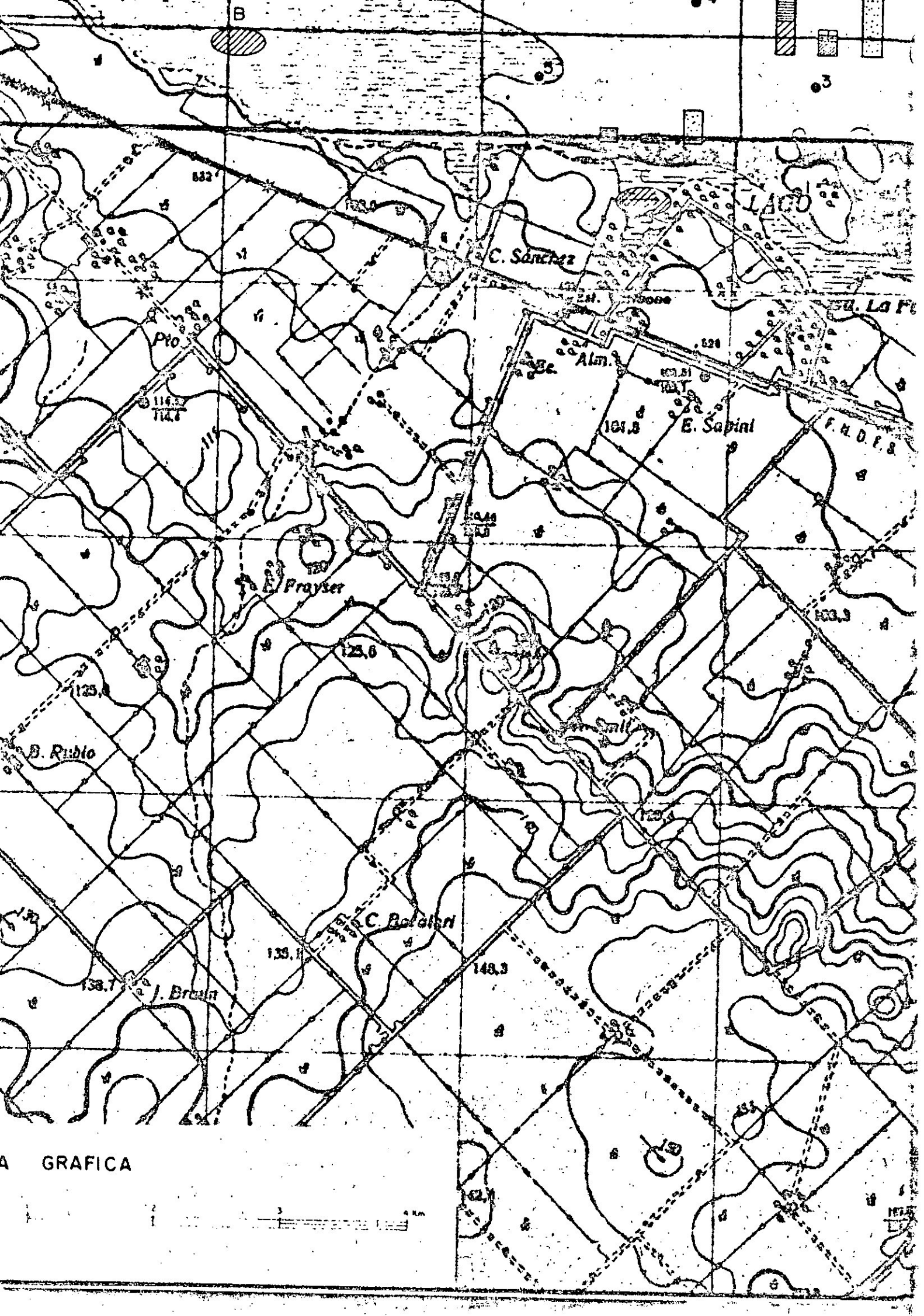
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA  
DE LA LAGUNA EPECUEN

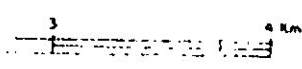
PARAMETROS DE CALIDAD DE BARROS

Proyecto: Ing. R. Goransky Ing. O. Natale	Dibujo: Arq. M. Goransky	Escala: Gráfica	Fecha: Octubre 1987	Plano N° 7
---	-----------------------------	--------------------	------------------------	---------------

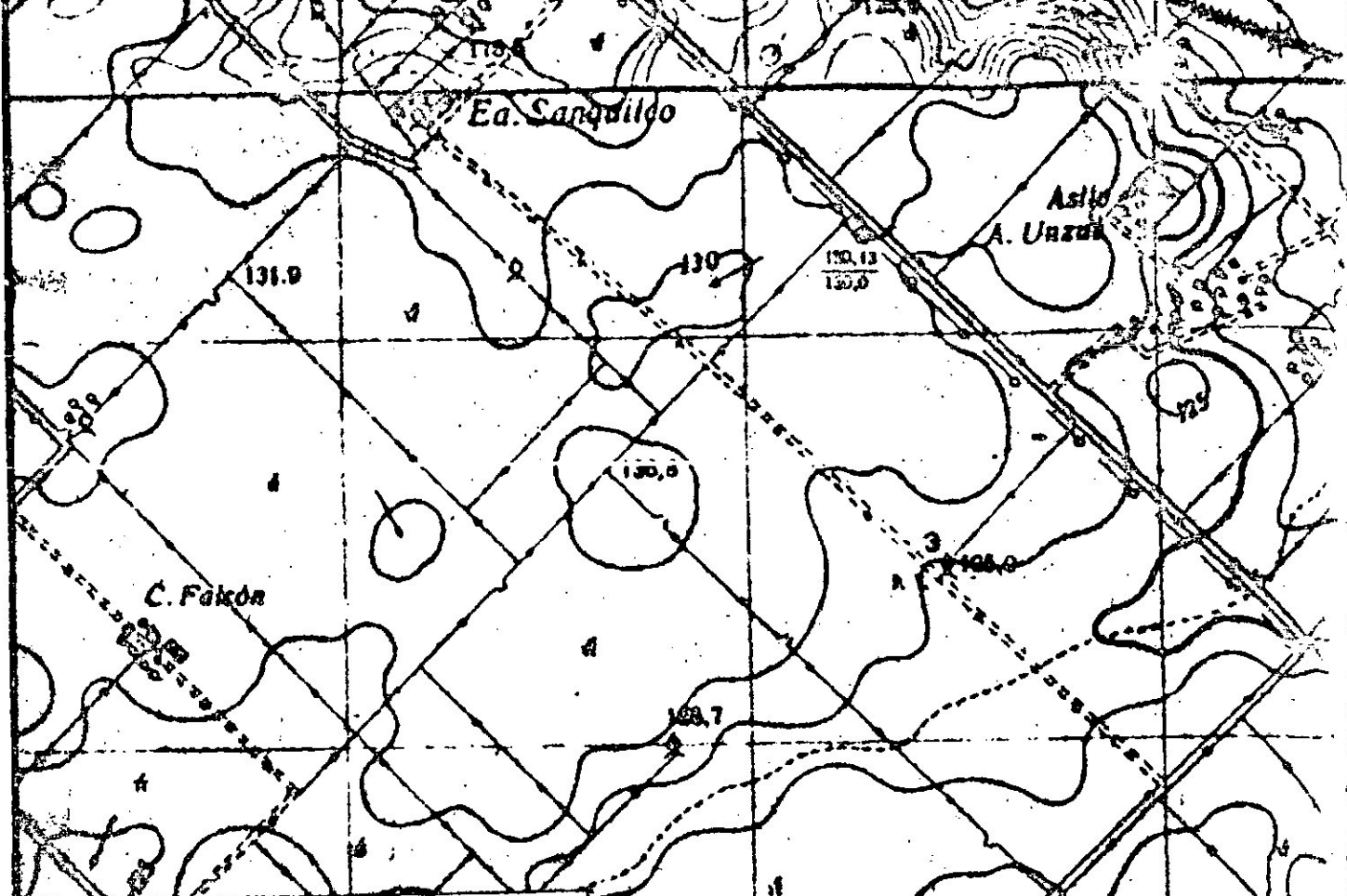
ING. RUBEN GORANSKY - ING. OSCAR NATALE



A GRAFICA







### REFERENCIAS



POTASIO 1mm : 500 mg/ 100 g

SODIO 1mm : 500 mg/ 100 g

MAGNESIO 1mm : 500 mg/ 100g

CALCIO 1mm : 500 mg/ 100g



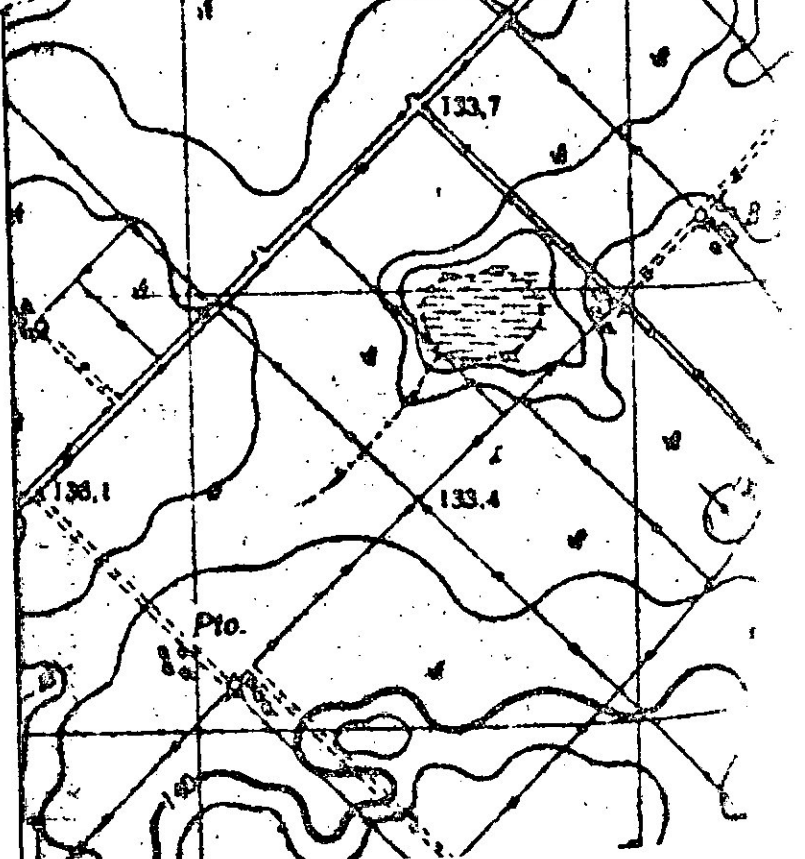
SULFUROS 1mm : 5 mg / g

SULFATOS 1mm : 500mg/ 100g

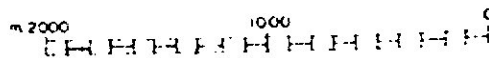
CLORUROS 1mm : 500 mg/ 100g

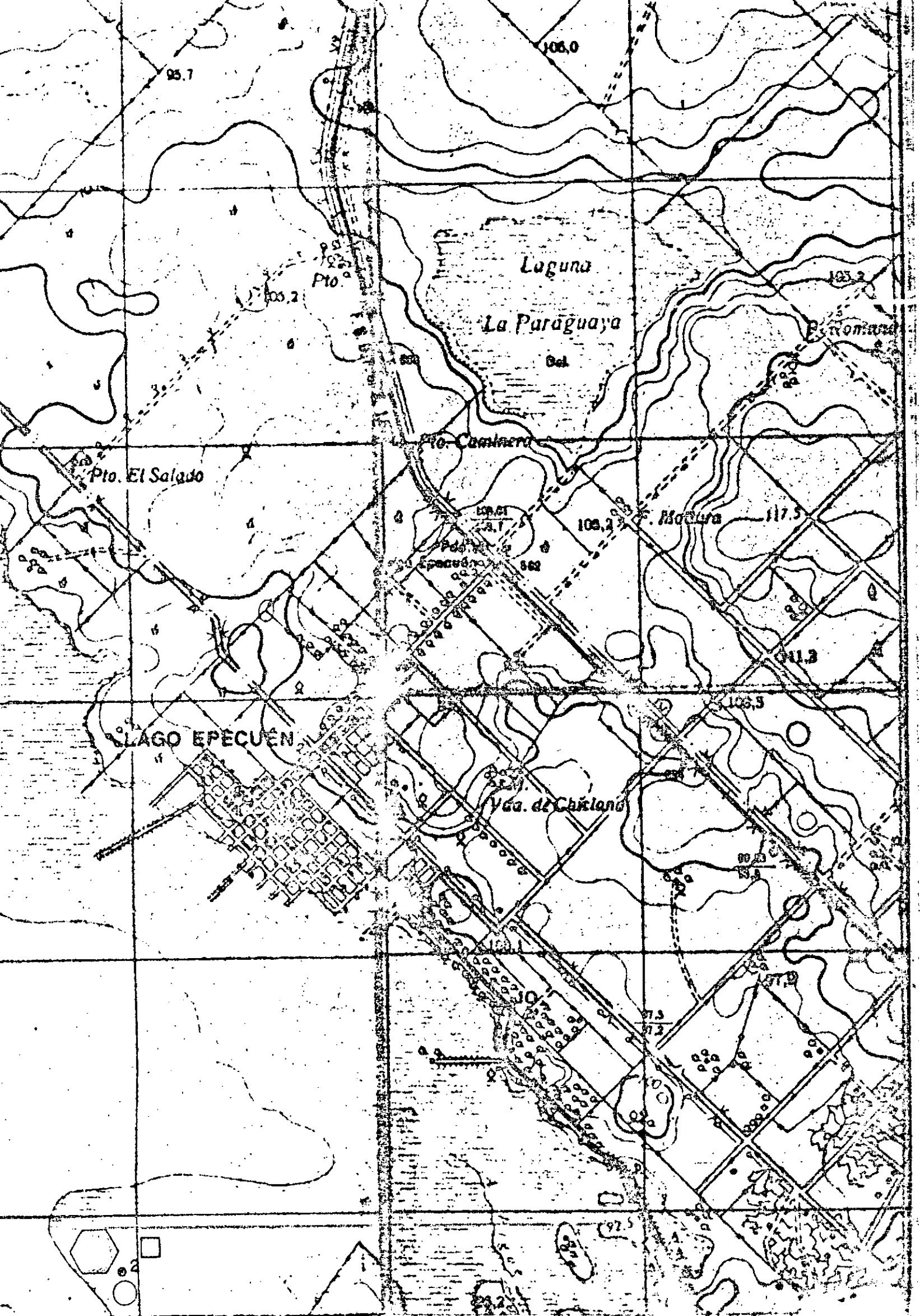


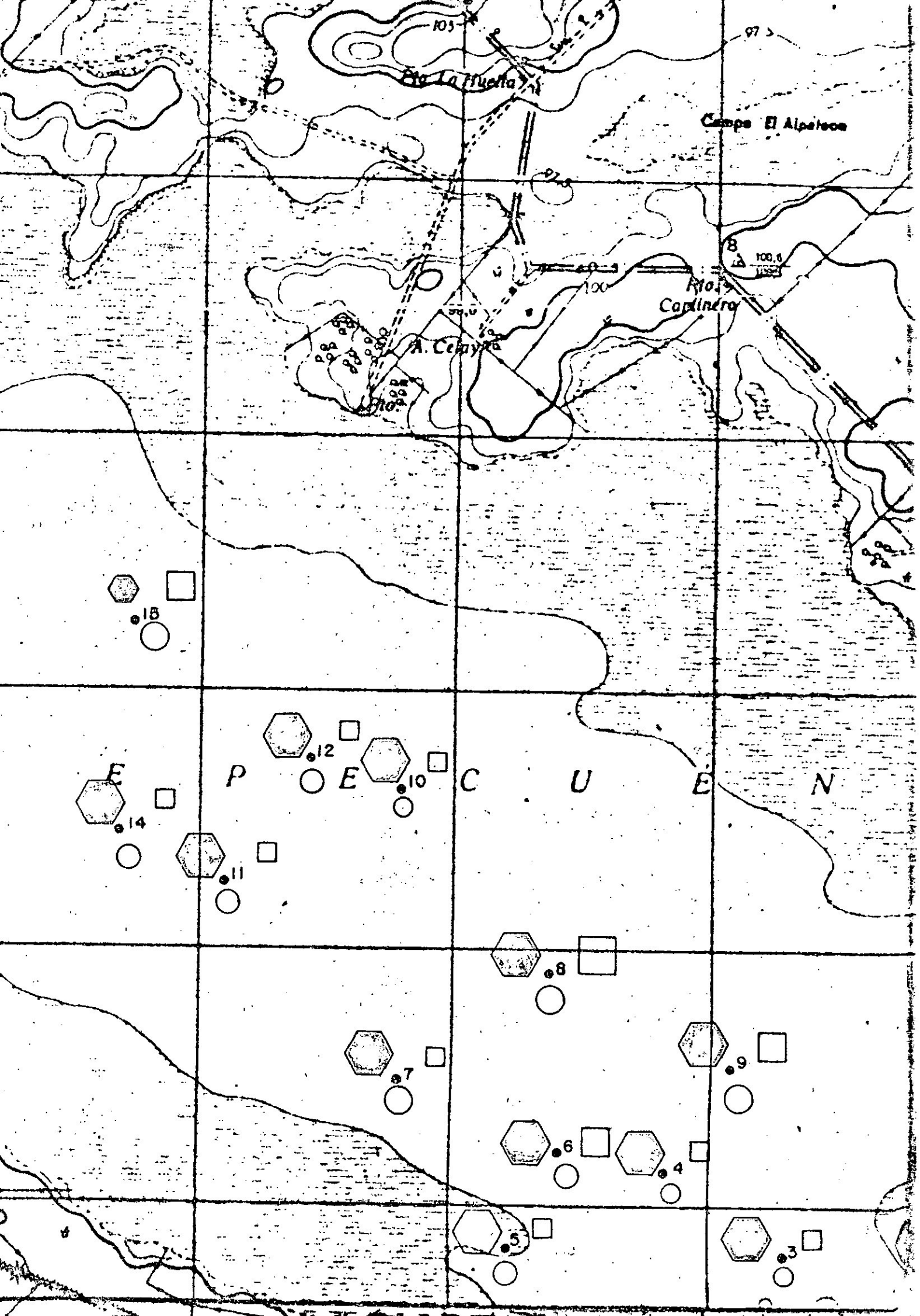
SOLIDOS VOLATILES 1mm : 500mg/ 100g

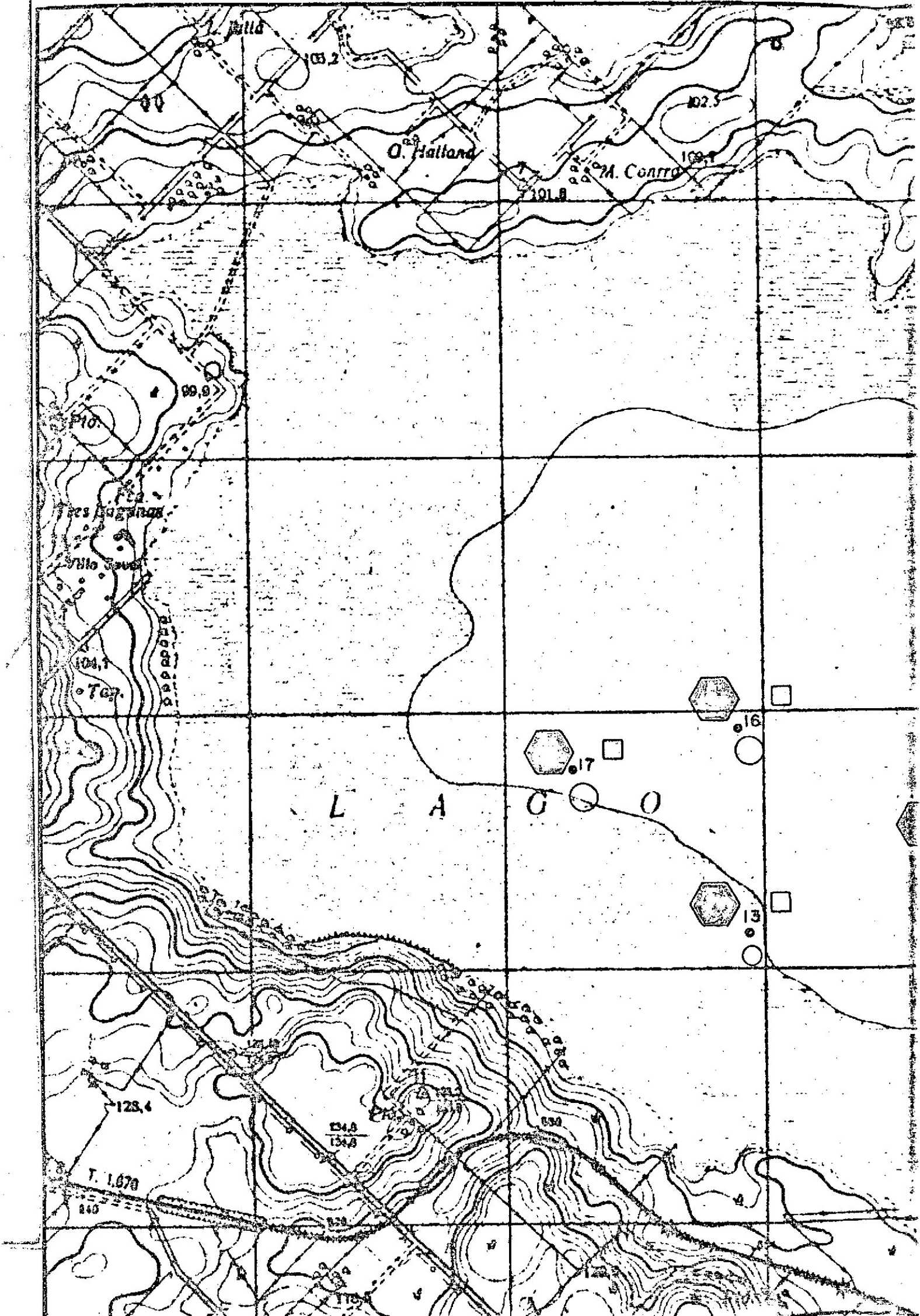


ESCALA

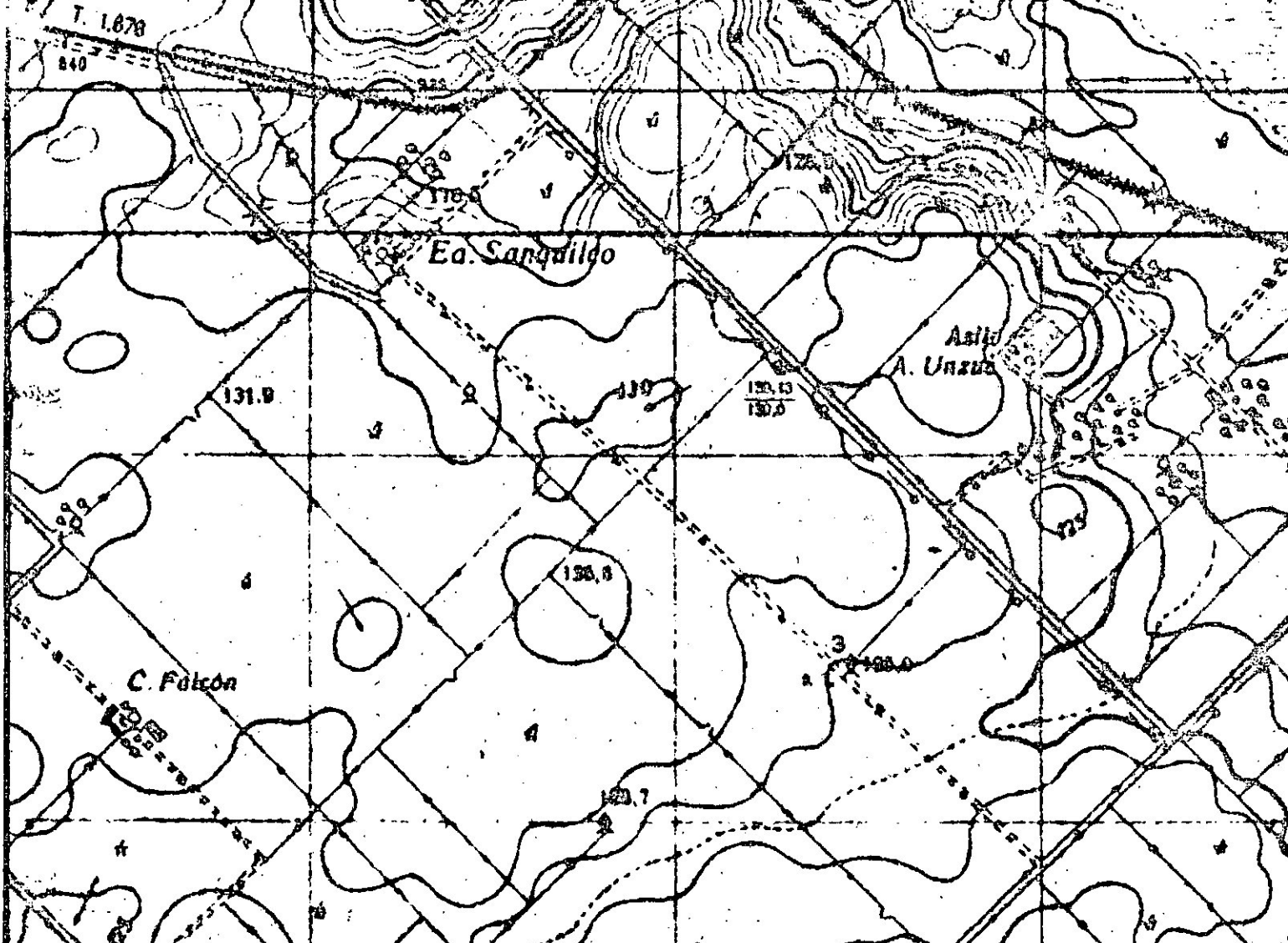












**REFERENCIAS**

CONDUCTIVIDAD  
 $\mu S/cm$

56500 - 58500



58501 - 60500



60501 - 62500



ALCALINIDAD TOTAL  
 (mg Ca CO<sub>3</sub>/l)

900 - 1010



1011 - 1120



1121 - 1230



DUREZA TOTAL  
 (mg Ca CO<sub>3</sub>/l)

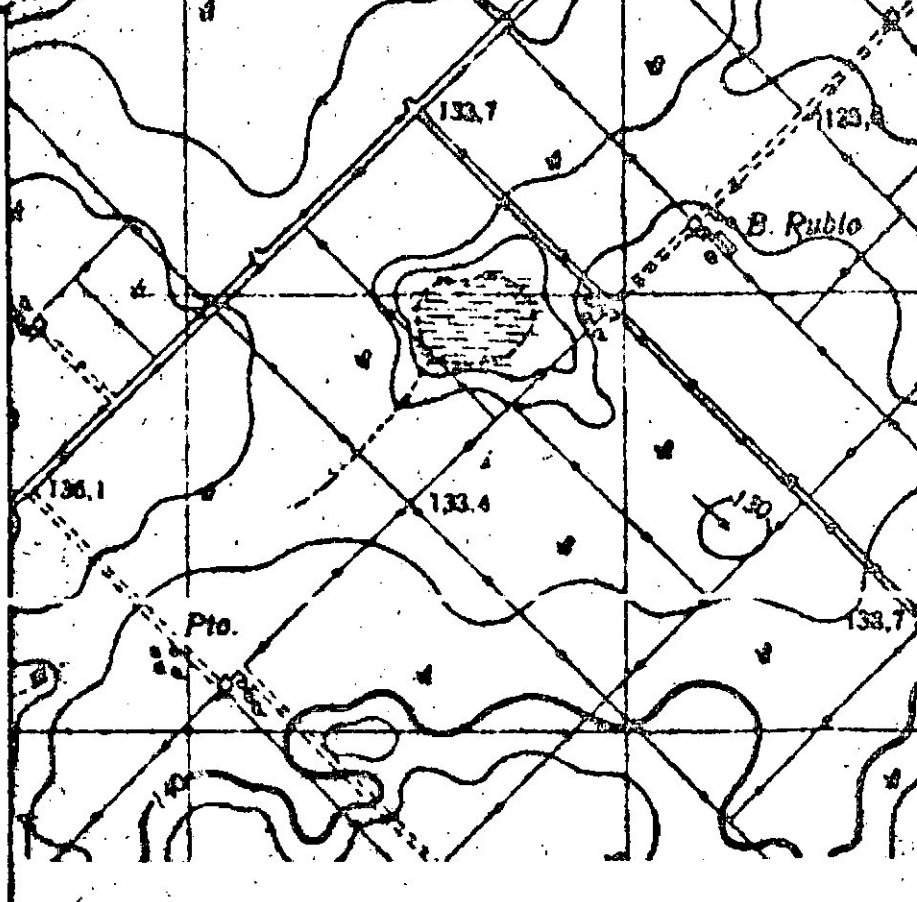
315 - 340



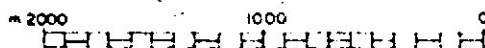
341 - 365



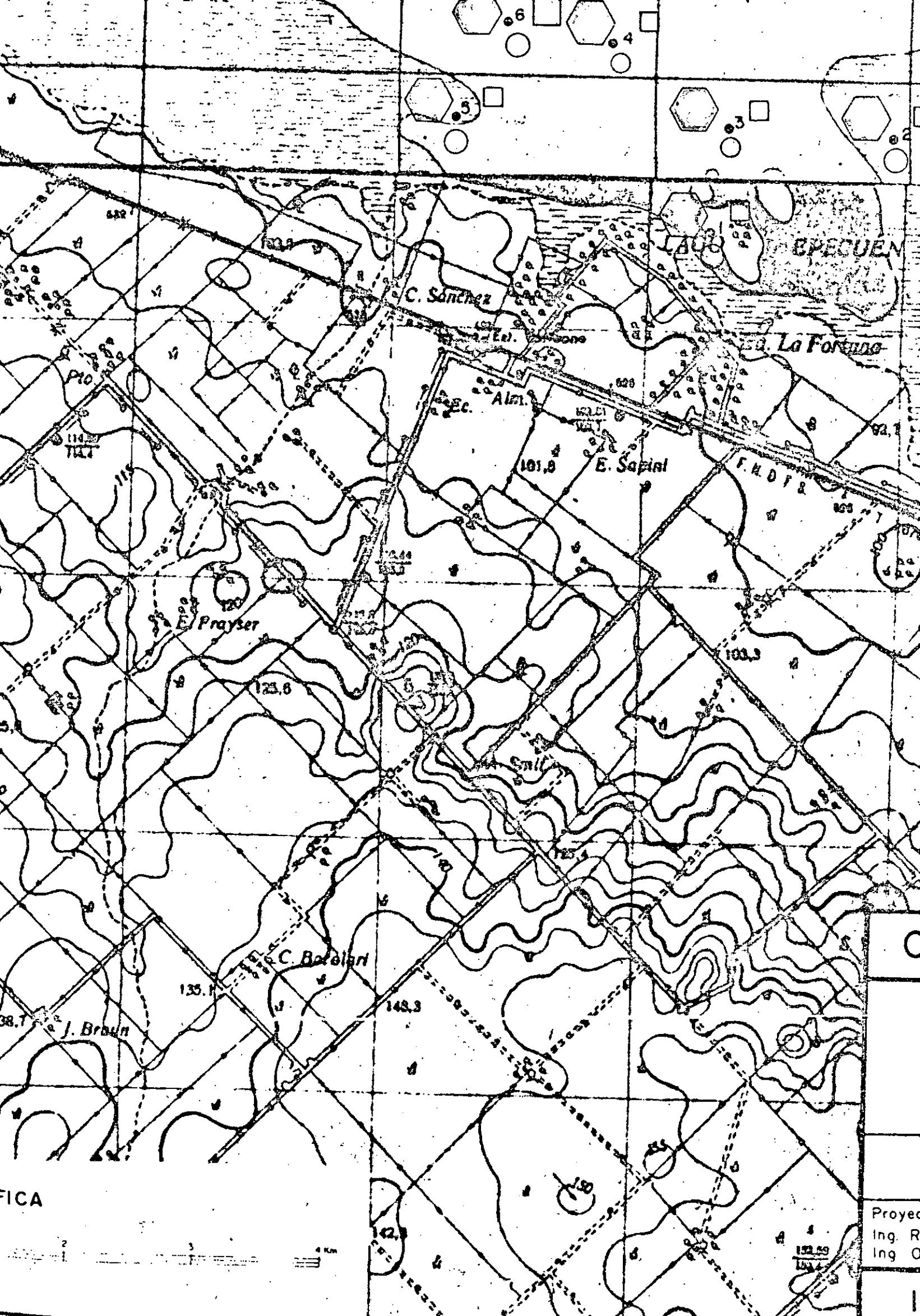
366 - 390



ESCALA GRAFIC







BRUQUEN

C. Sanchez

La Fortuna

E. Sapini

E. Prayser

123.6

C. Borolan

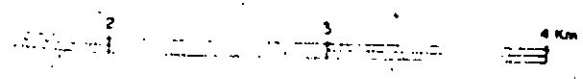
135.1

148.3

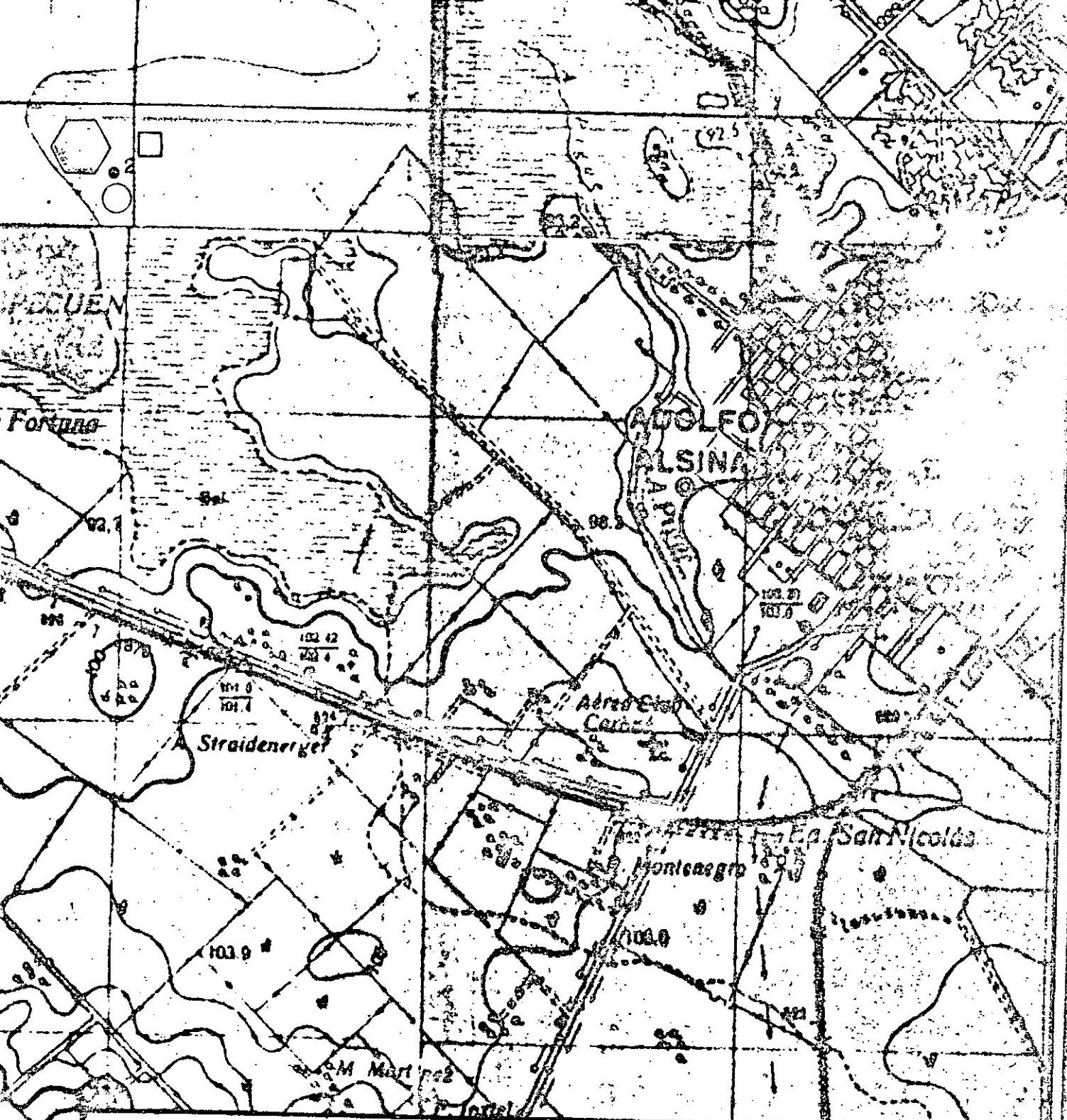
J. Braun

FICA

Proyec  
Ing. R  
Ing. O



152.59  
157.4



# CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

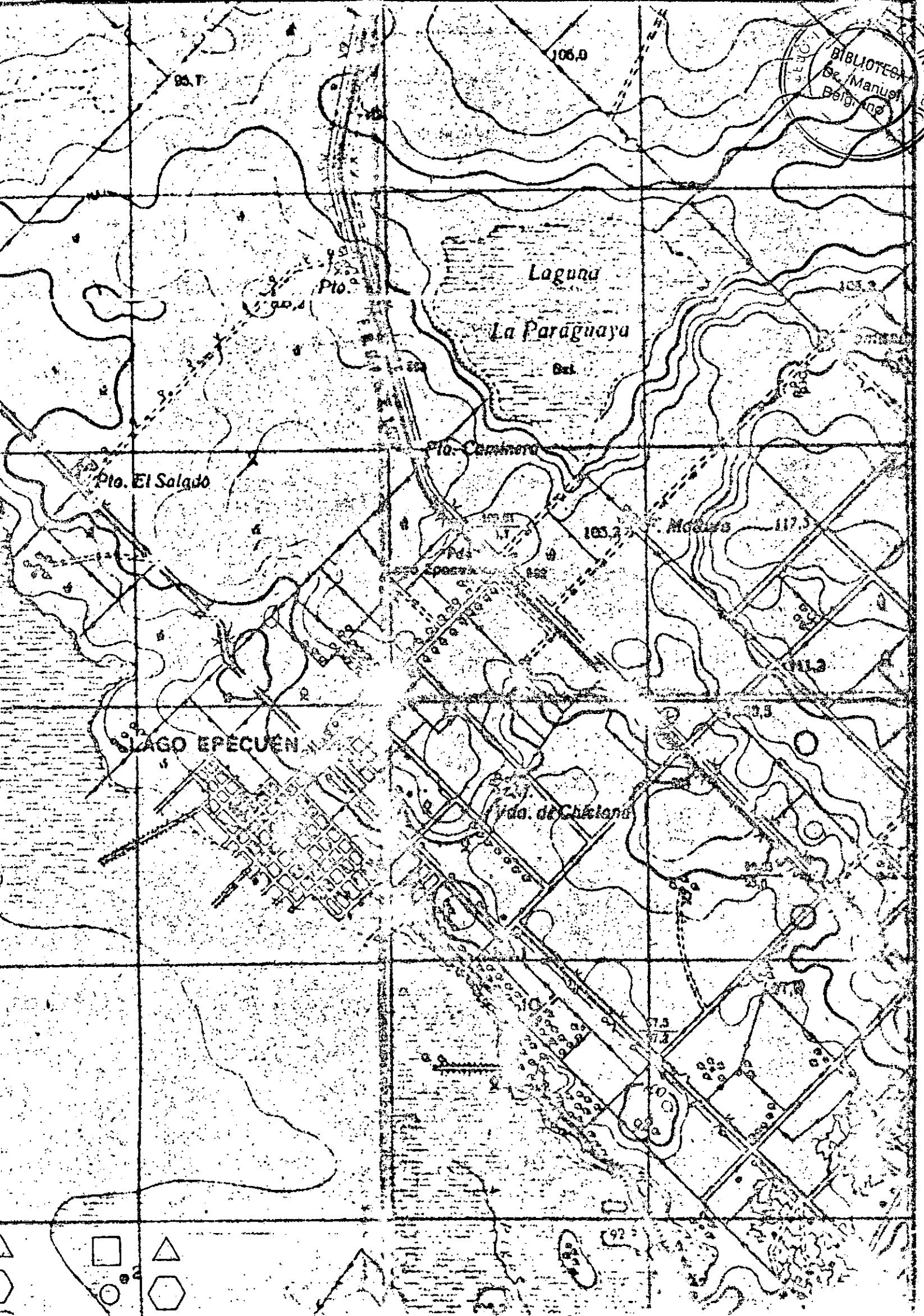
## ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA EPECUEN

### PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Proyecto Ing. R. Goransky Ing. O. Natale	Dibujo Arq. M. Goransky	Escala Gráfico	Fecha Octubre 1987	Plano N° 6
--	----------------------------	-------------------	-----------------------	---------------

ING. RUBEN GORANSKY - ING. OSCAR NATALE

BIBLIOTECA  
de Manuel  
Beltrán



83.7

106.0

103.0

Pto. El Salado

Laguna

La Paraguaya

Pto. Caminero

Pto. Espinosa

117.5

Pto. El Salado

103.2

101.2

SALTO EPECUÉN

Pto. de Chelona

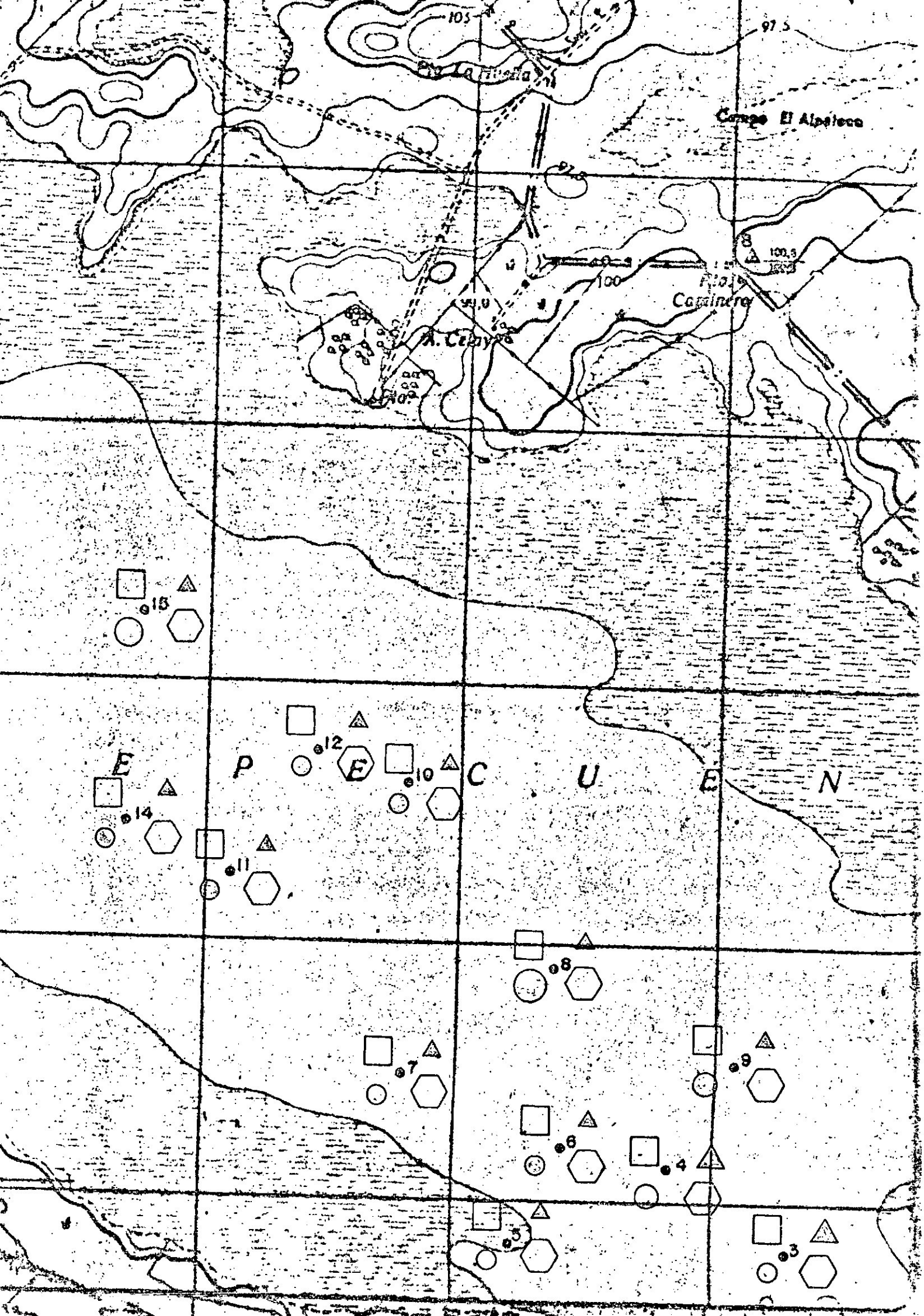
77.5

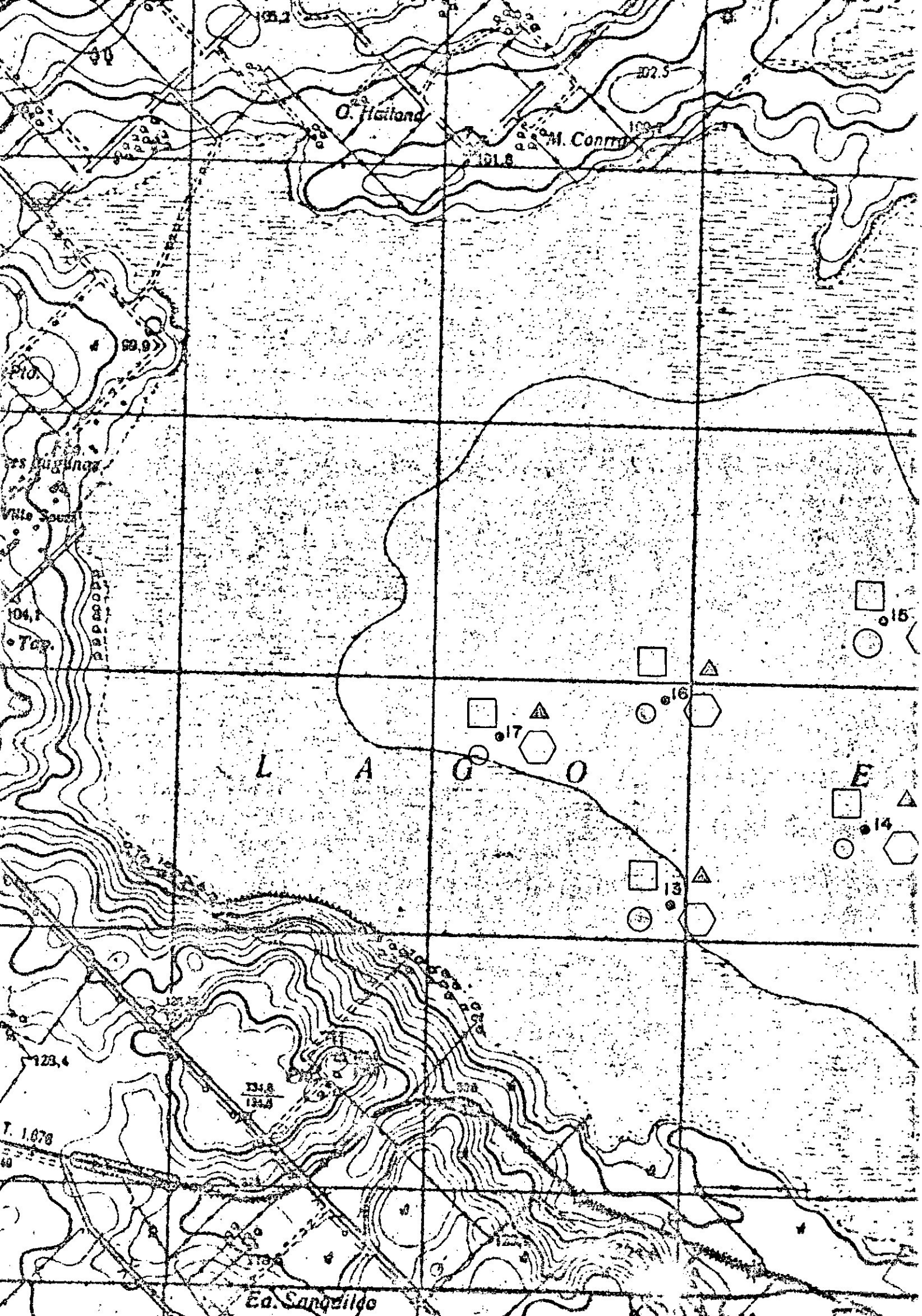
77.3

92



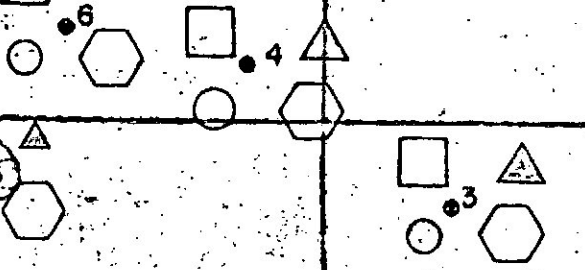
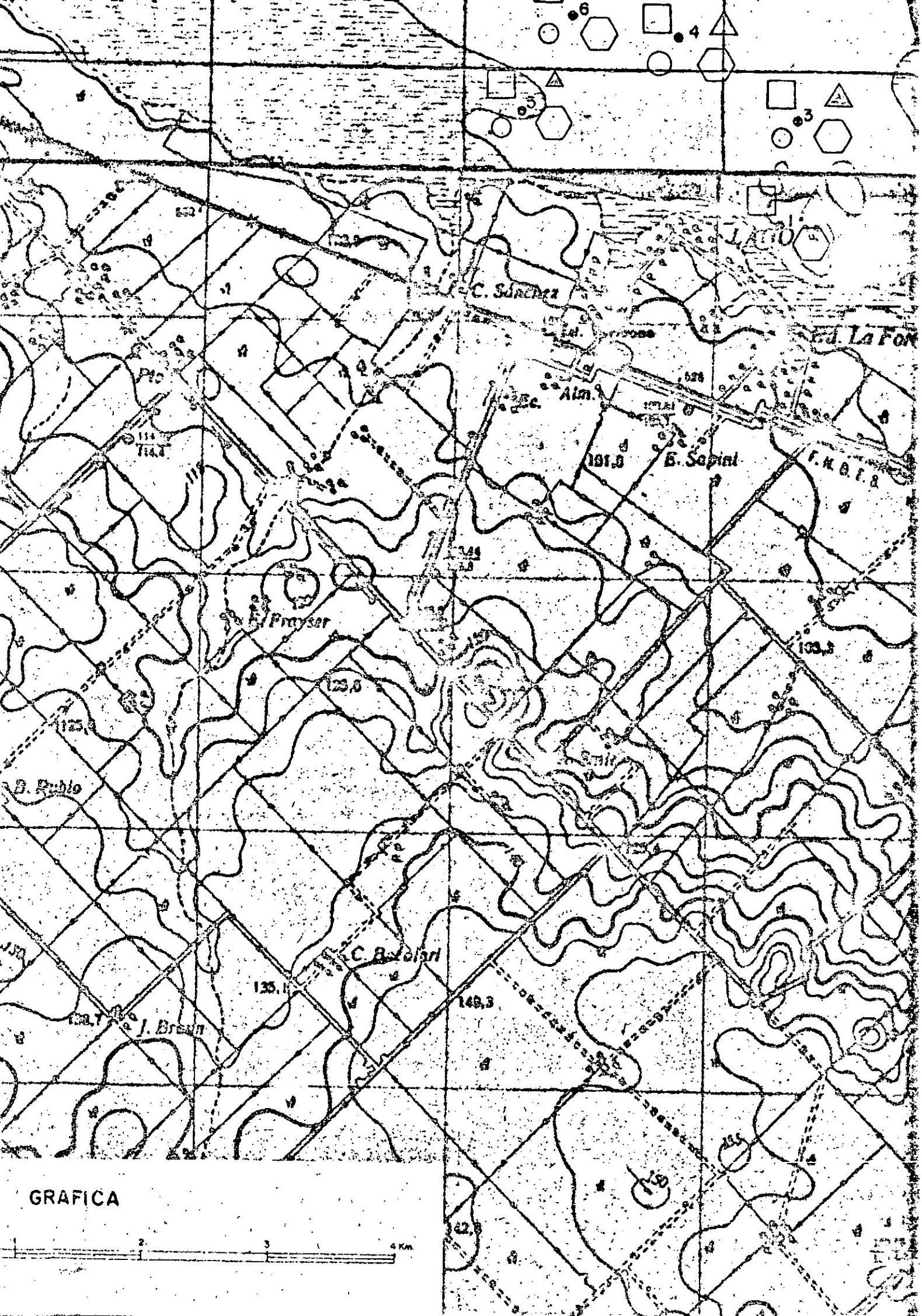




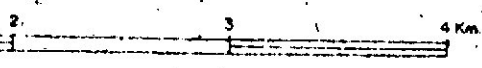


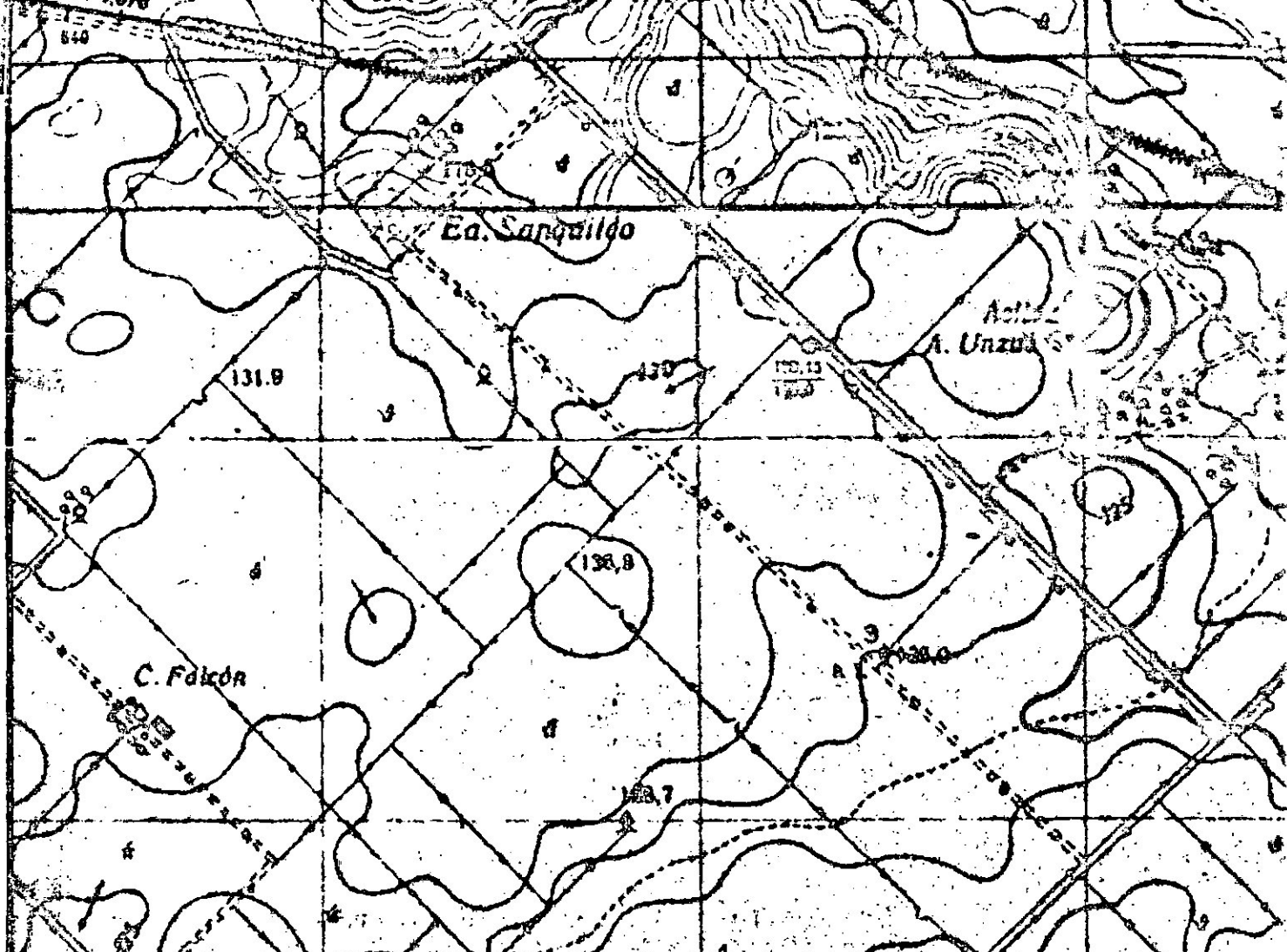






GRAFICA





REFERENCIAS

SULFUROS  
( mg/l )

< 0,05



ARSENICO  
( mg/l )

< 0,05



FLUORUROS  
( mg/l )

4 - 4,4



4,5 - 4,9



LITIO  
( mg/l )

10 - 17,5



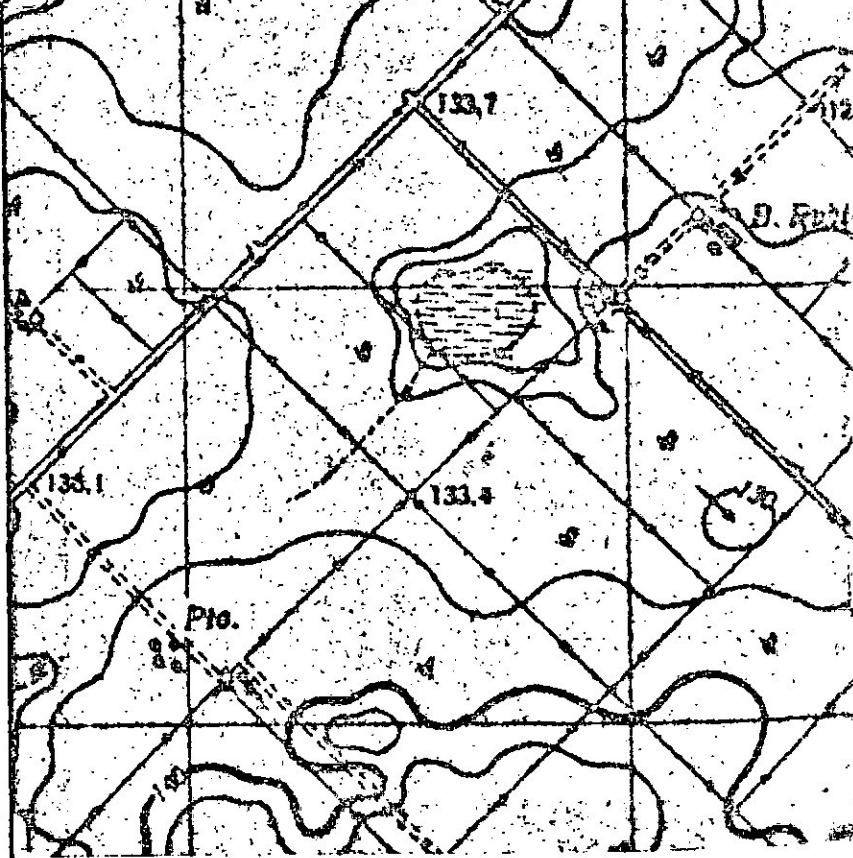
17,6 - 24,6



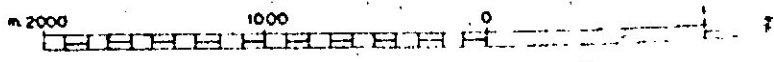
24,7 - 31,7



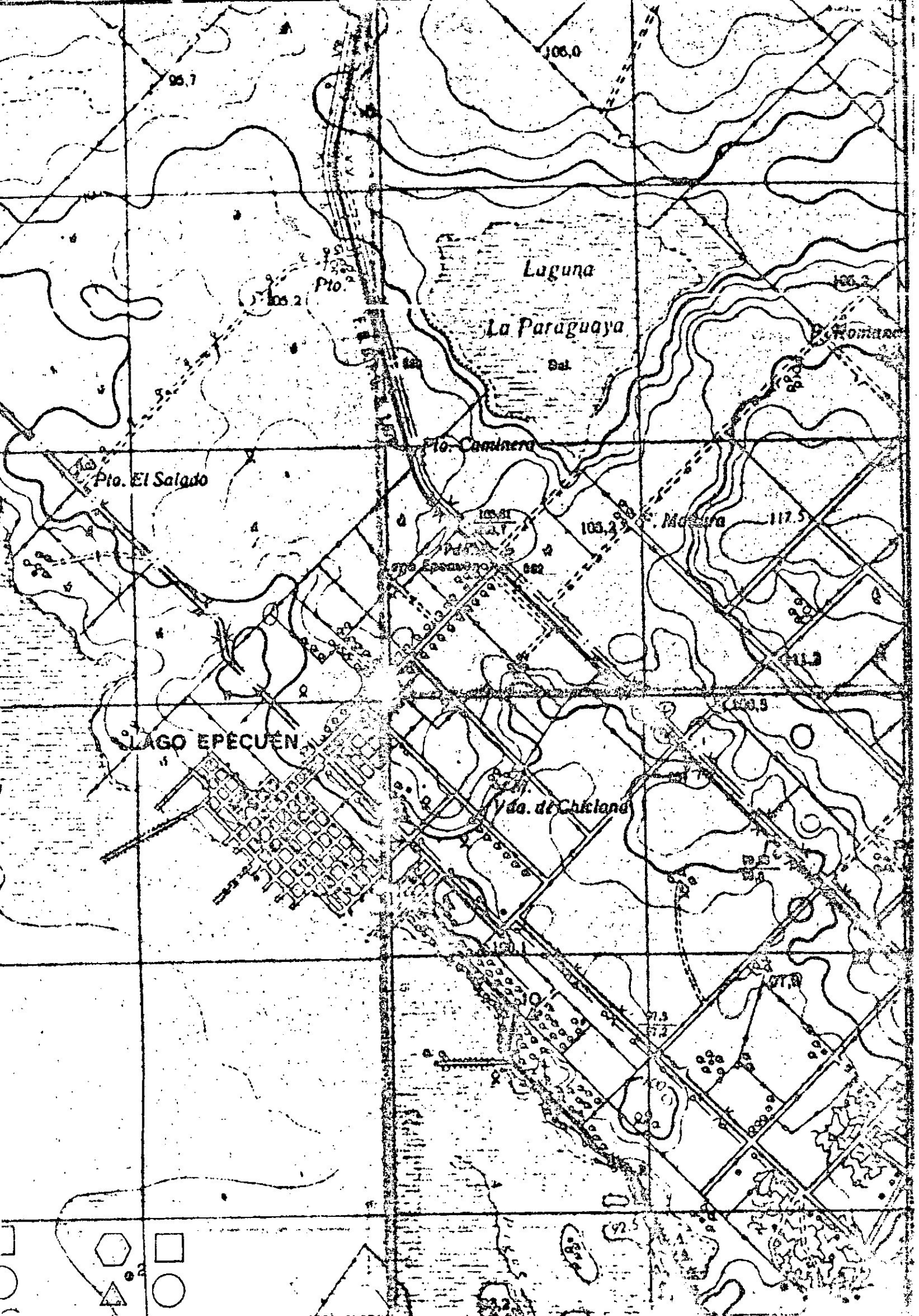
31,8 - 38,8



ESCALA GRA







95.7

100.0

105.2

Laguna

La Paraguaya

108.2

Pto. Montaña

Sal.

Pto. Cominera

Pto. El Salado

108.2

103.2

Pto. Madera

117.5

Pto. Española

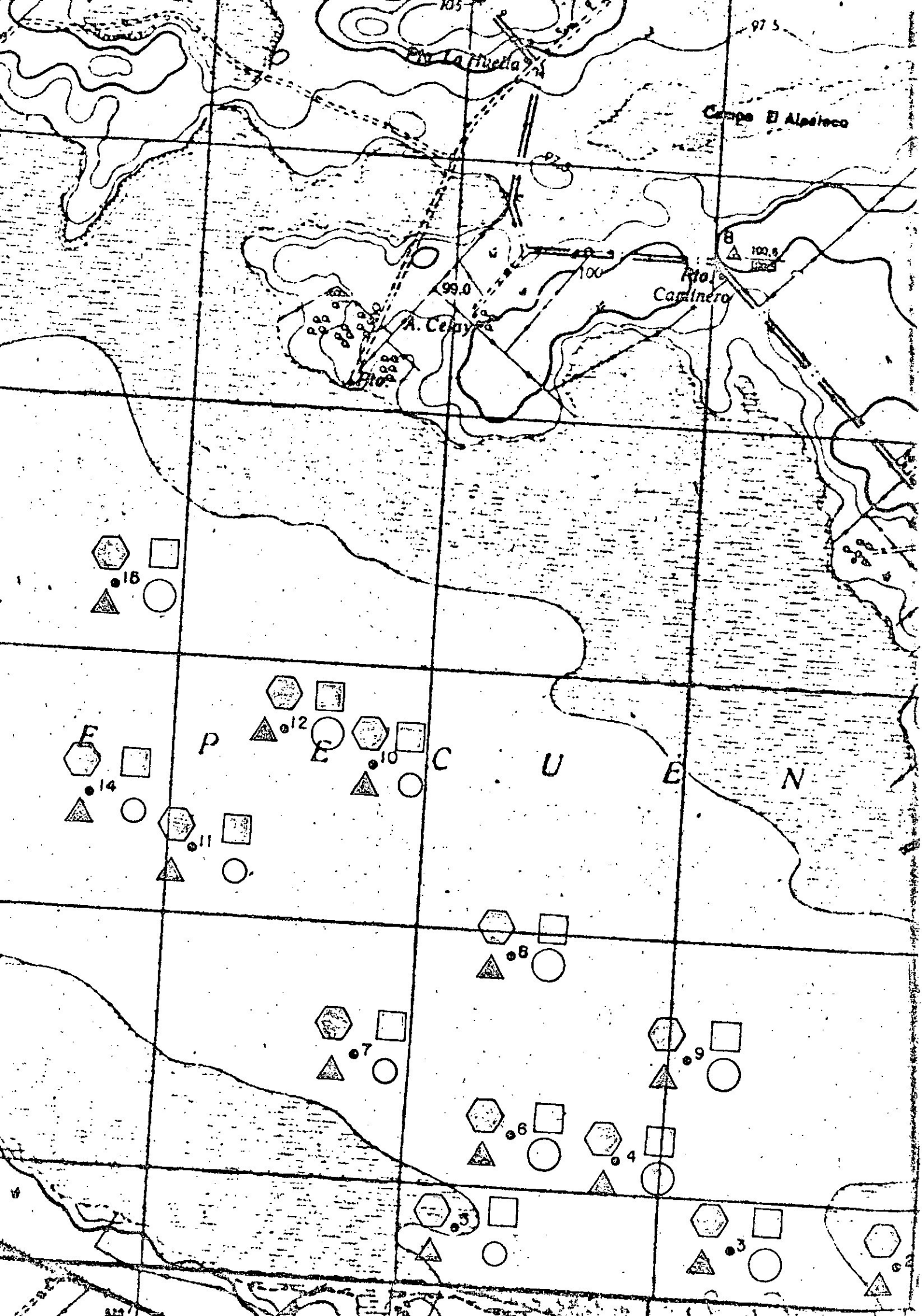
113

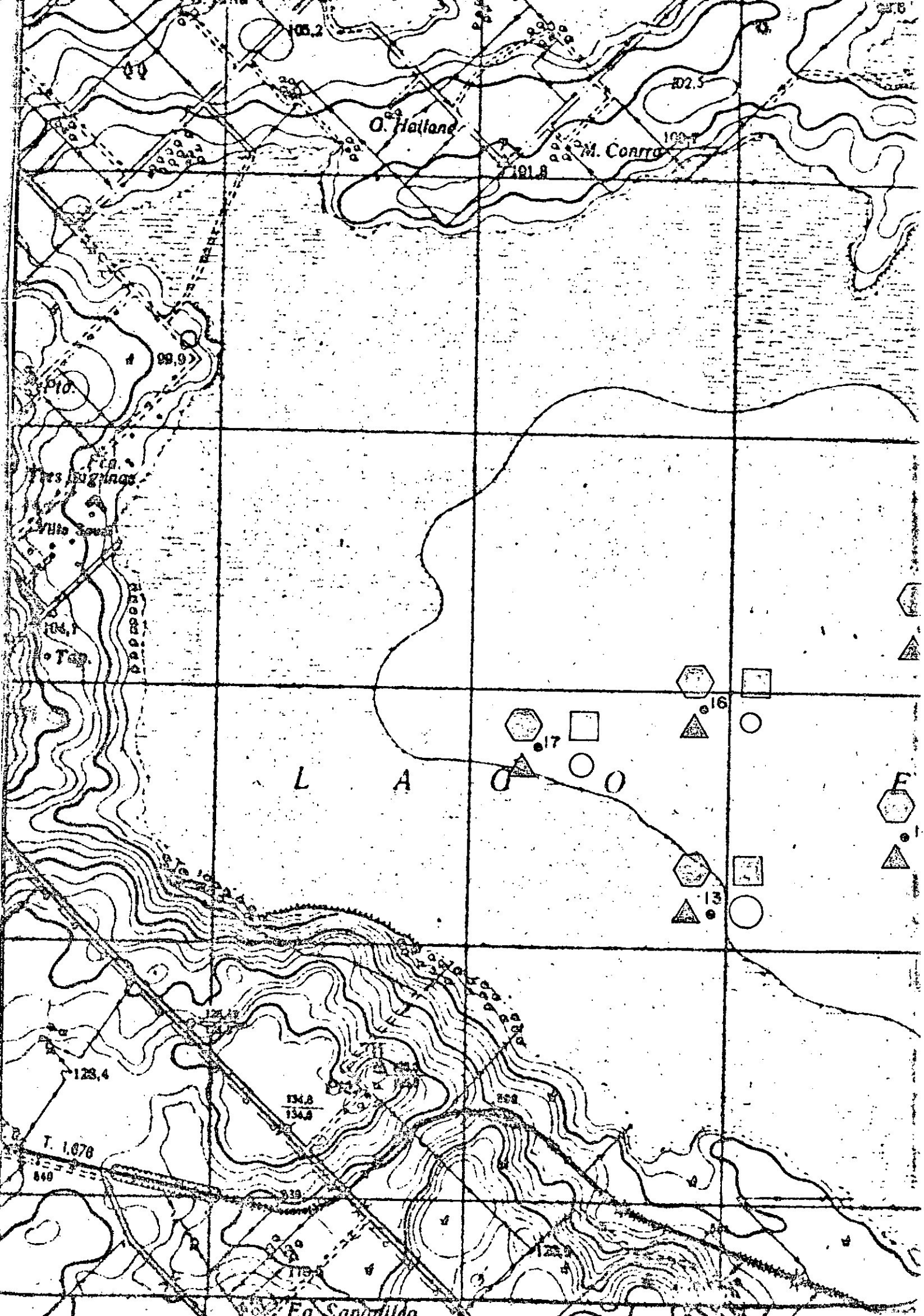
LAGO EPÉCUÉN

Vía. de Chiklana

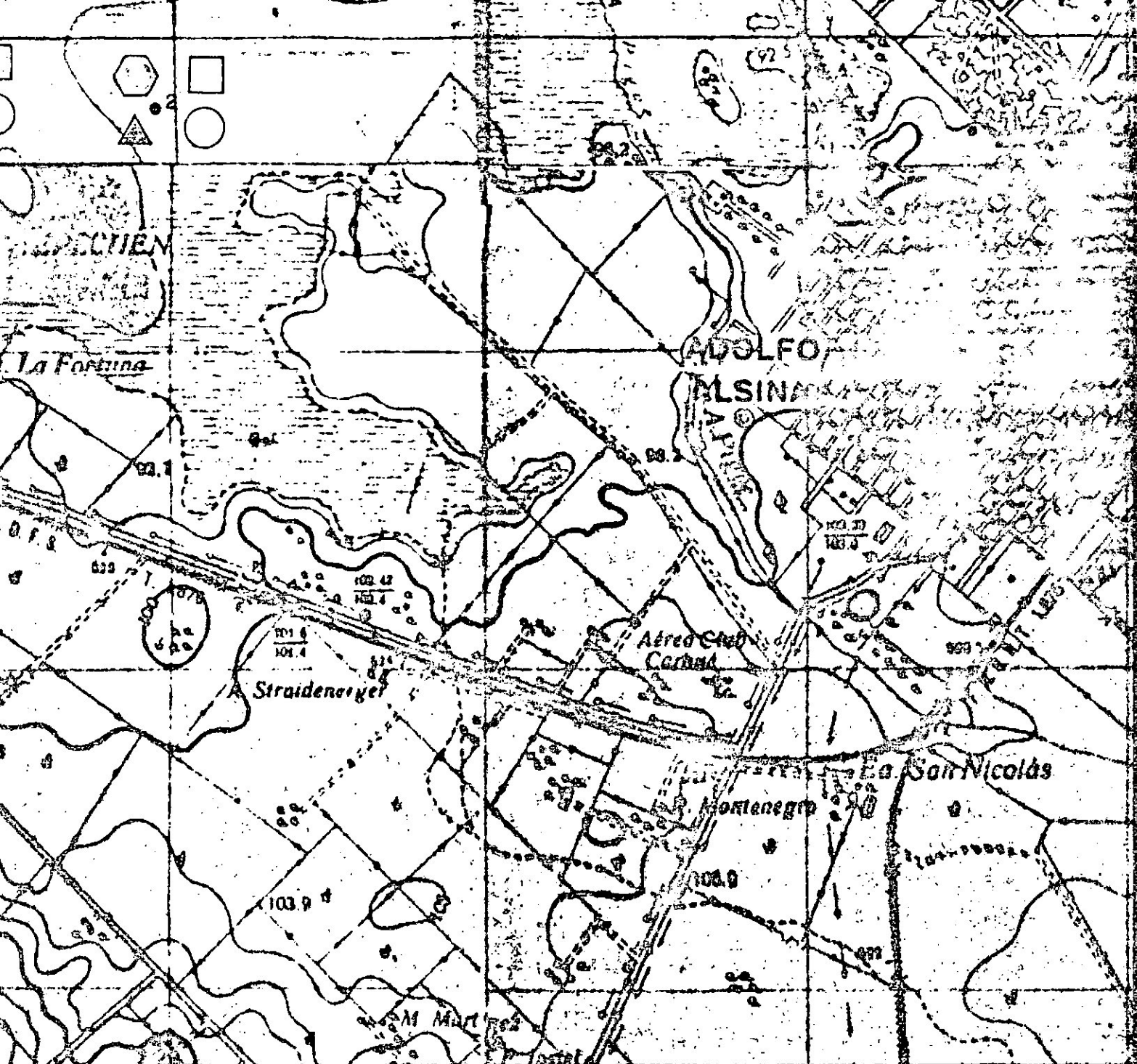
123.9











# CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

## ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA EPECUEN

### PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Proyecto:  
Ing. R Goransky  
Ing. O Natale

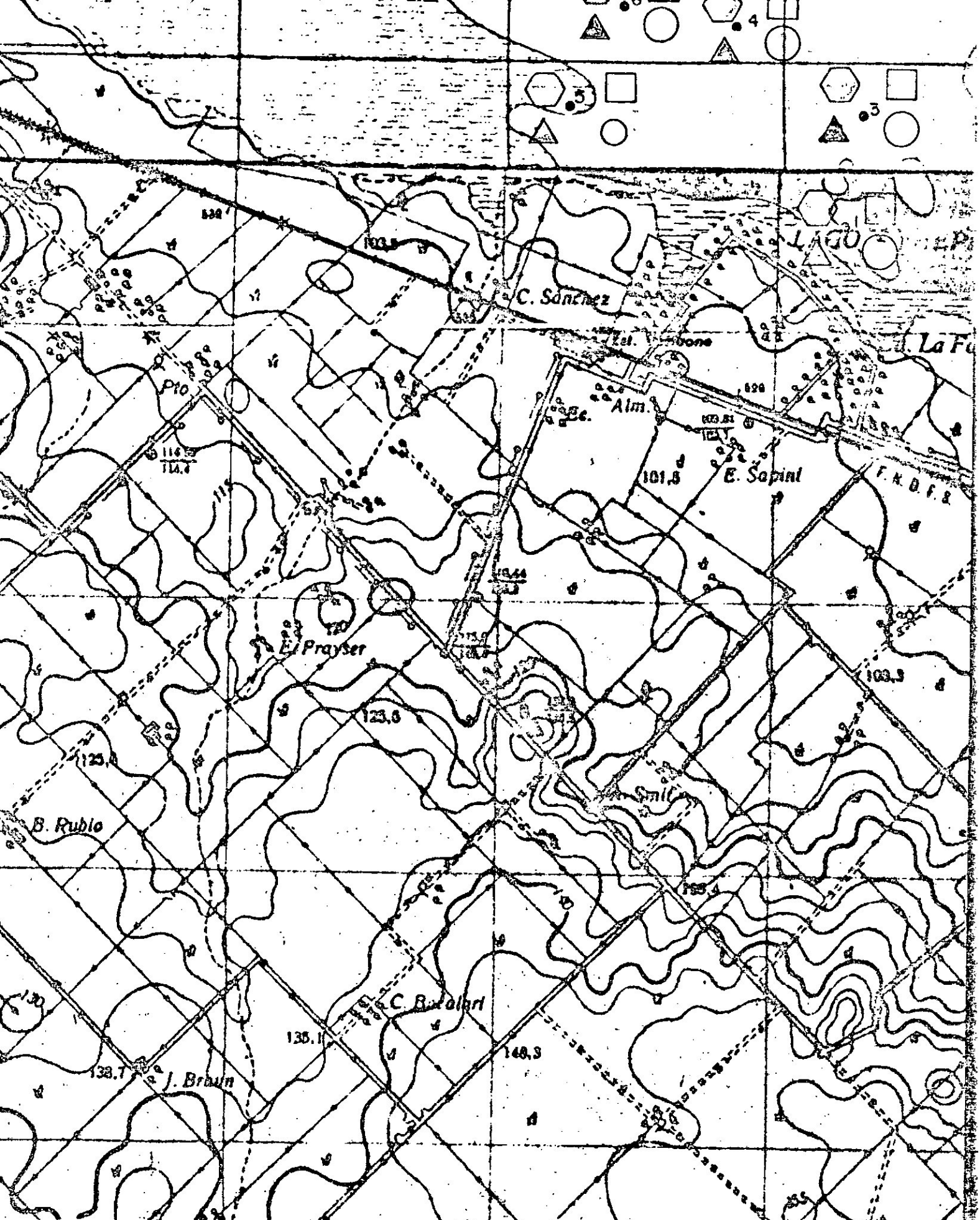
Dibujo  
Arq. M Goransky

Escala:  
Gráfica

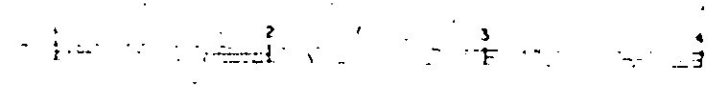
Fecha:  
Octubre 1987

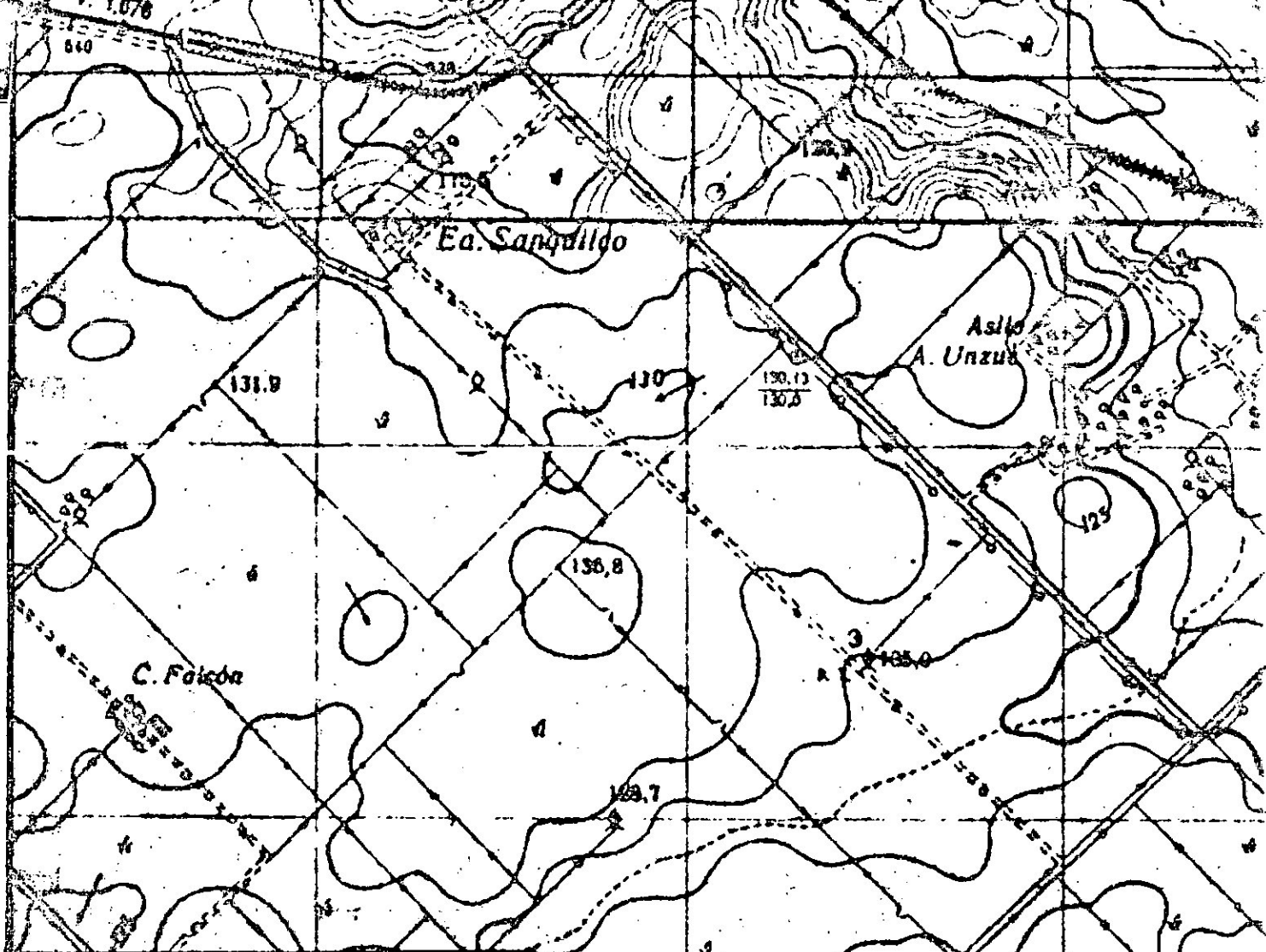
Plano N°  
4

ING. RUBEN GORANSKY - ING. OSCAR NATALE



A GRAFICA






**REFERENCIAS**

NITRATOS  
(mg/l)

< 0,1 


NITRITOS  
(mg/l)


< 0,1 


ION AMONIO  
(mg/l)


< 0,1 

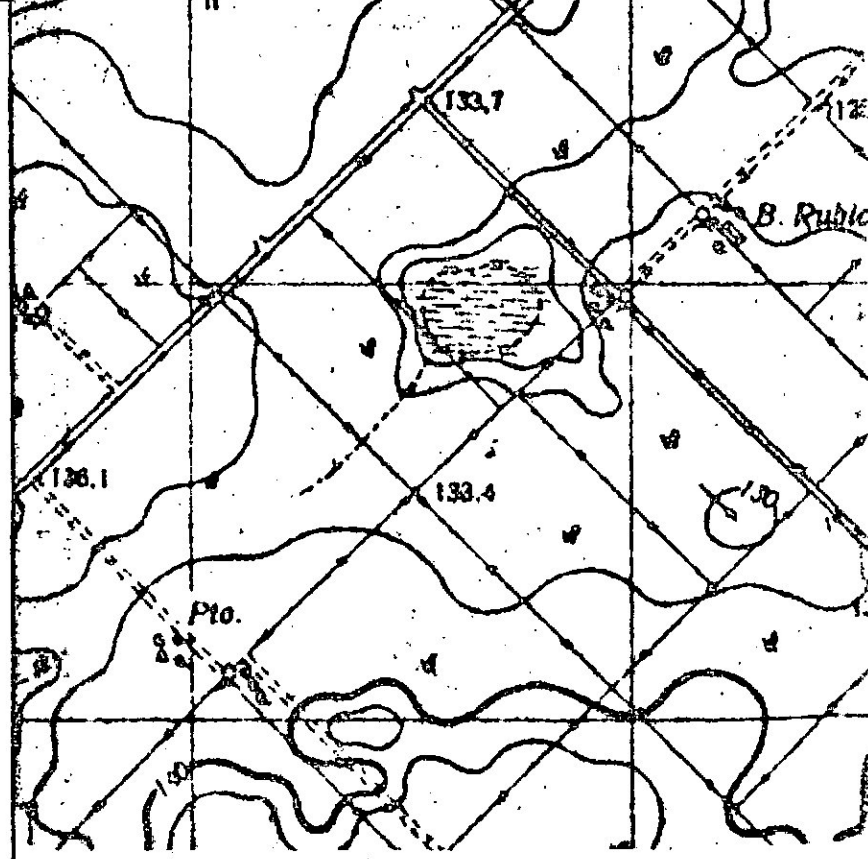
SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES  
(mg/l)

210 - 260 

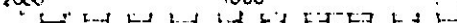
261 - 310 

311 - 361 

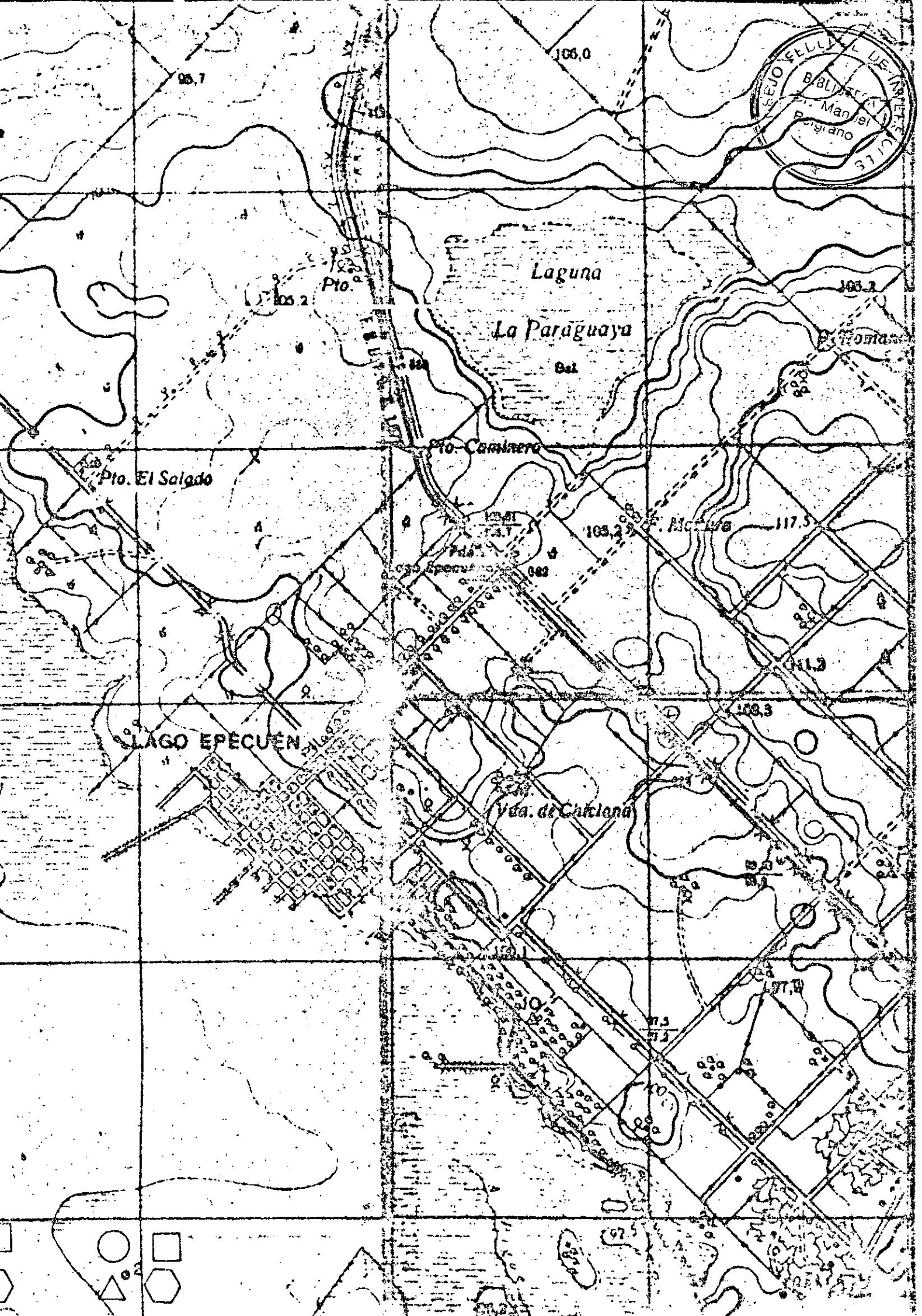
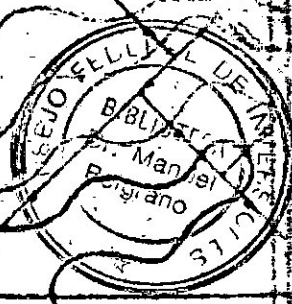
361 - 410 

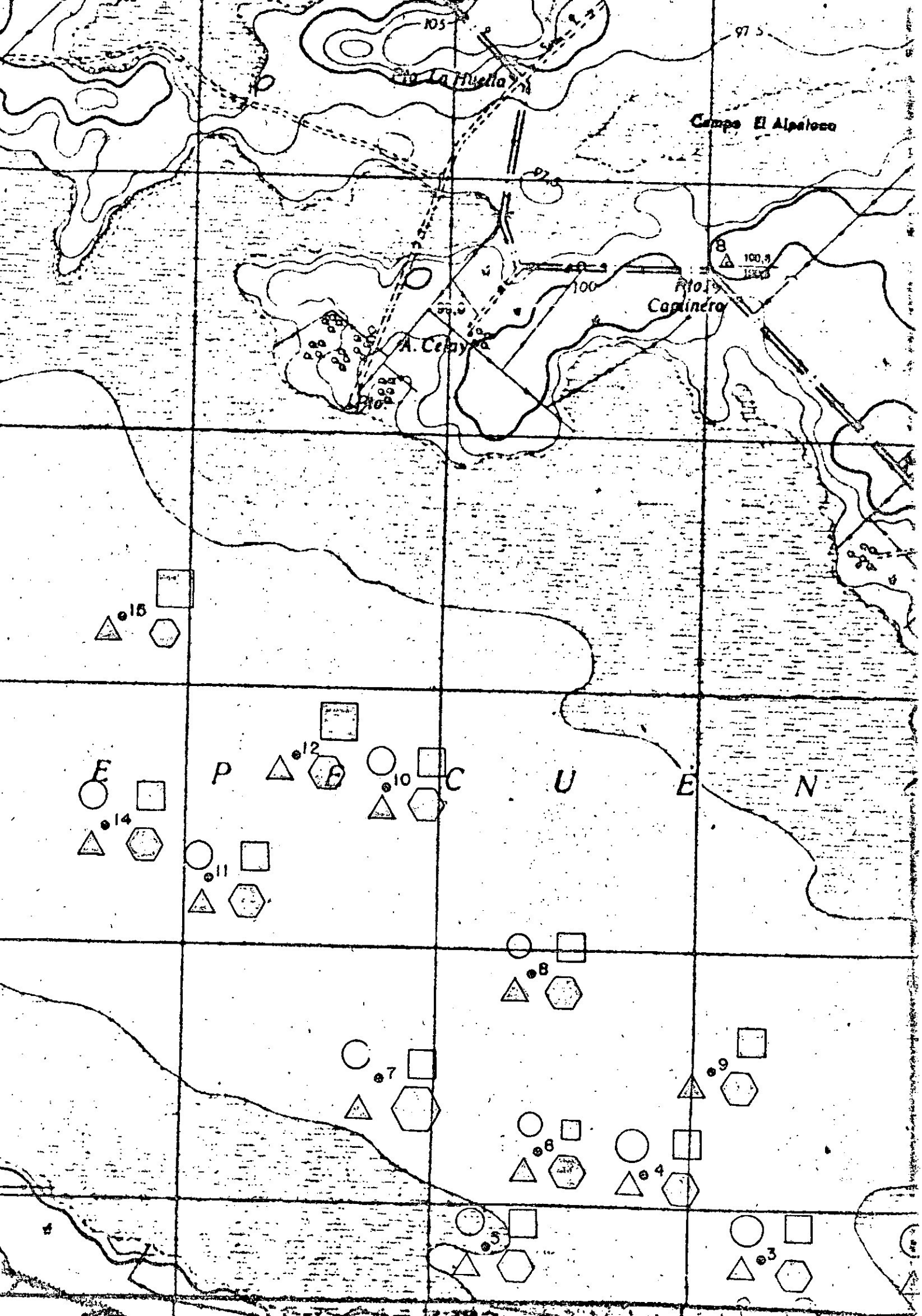


ESCALA GRAFI

2000 1000 0  








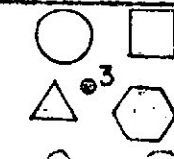
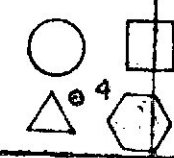
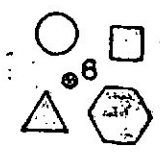
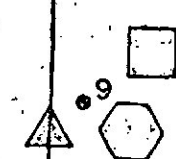
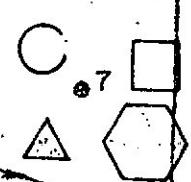
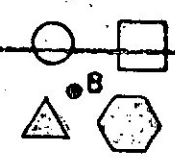
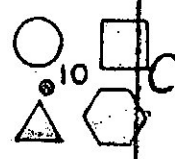
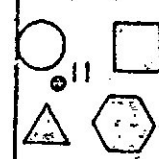
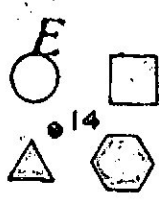
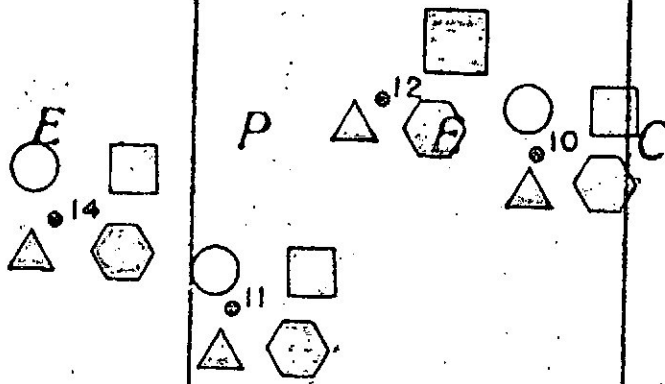
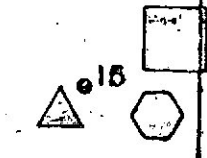
Rio La Huella

Campo El Alpaico

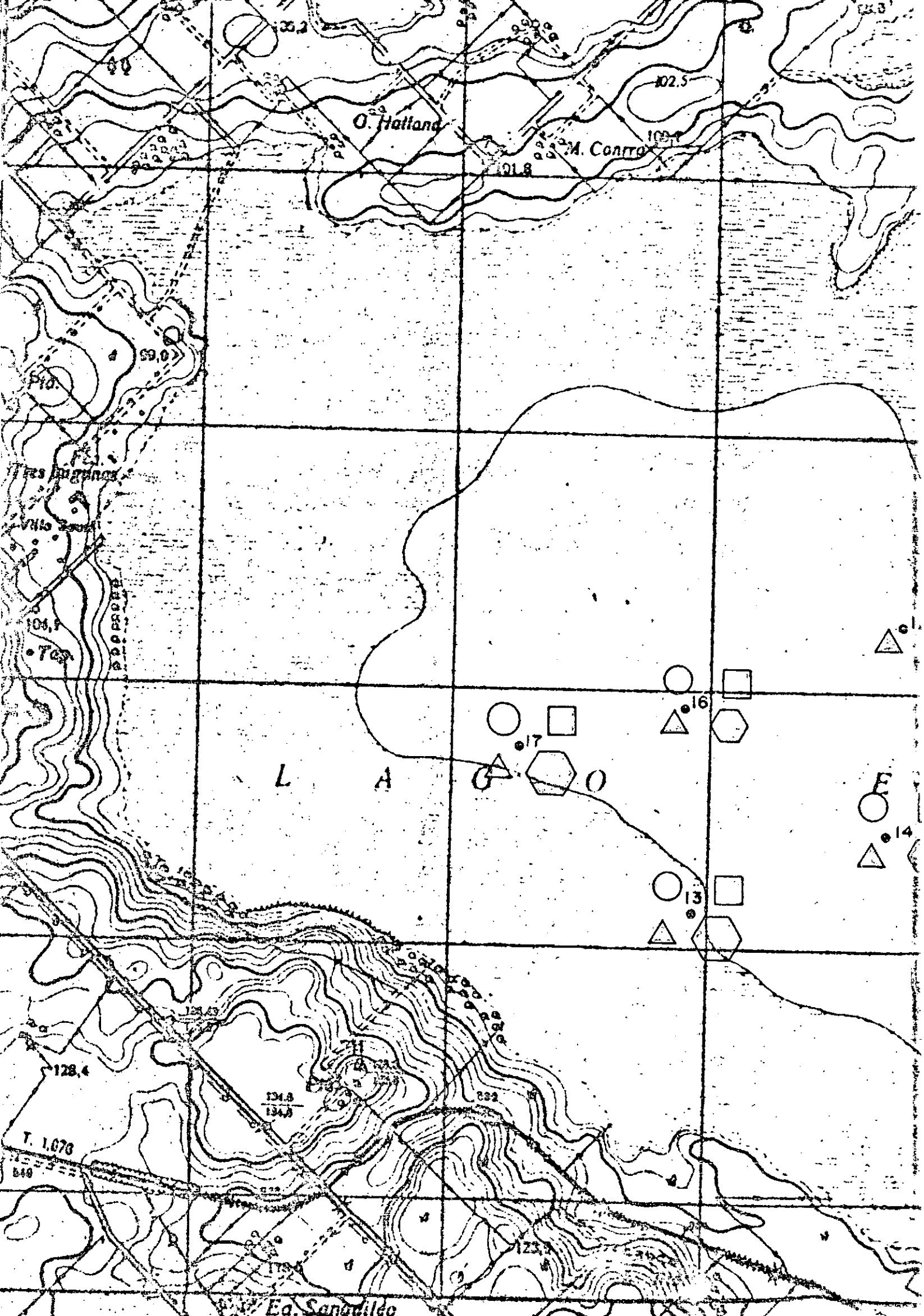
Rio Capinera

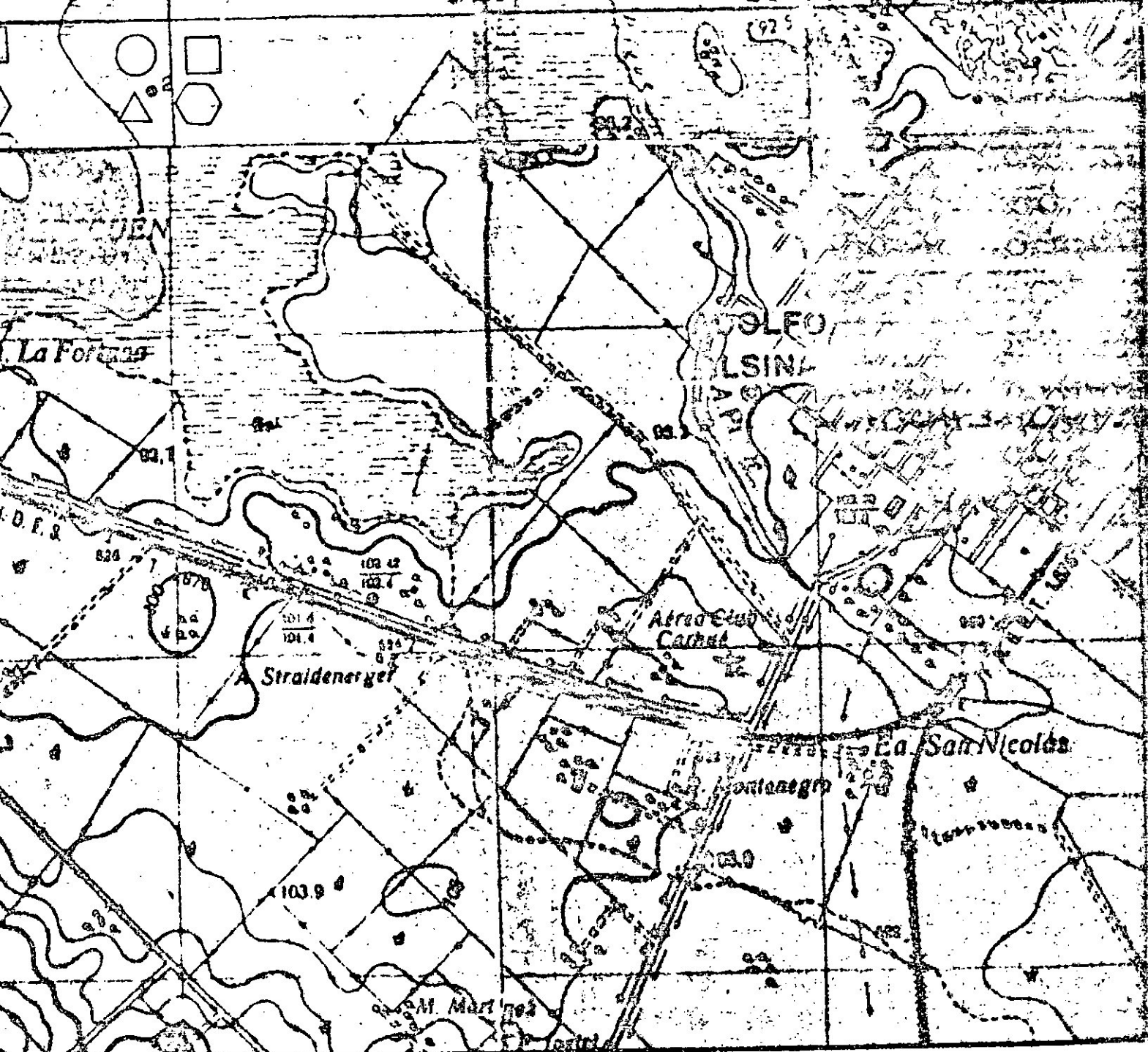
A. Celaya

U E N









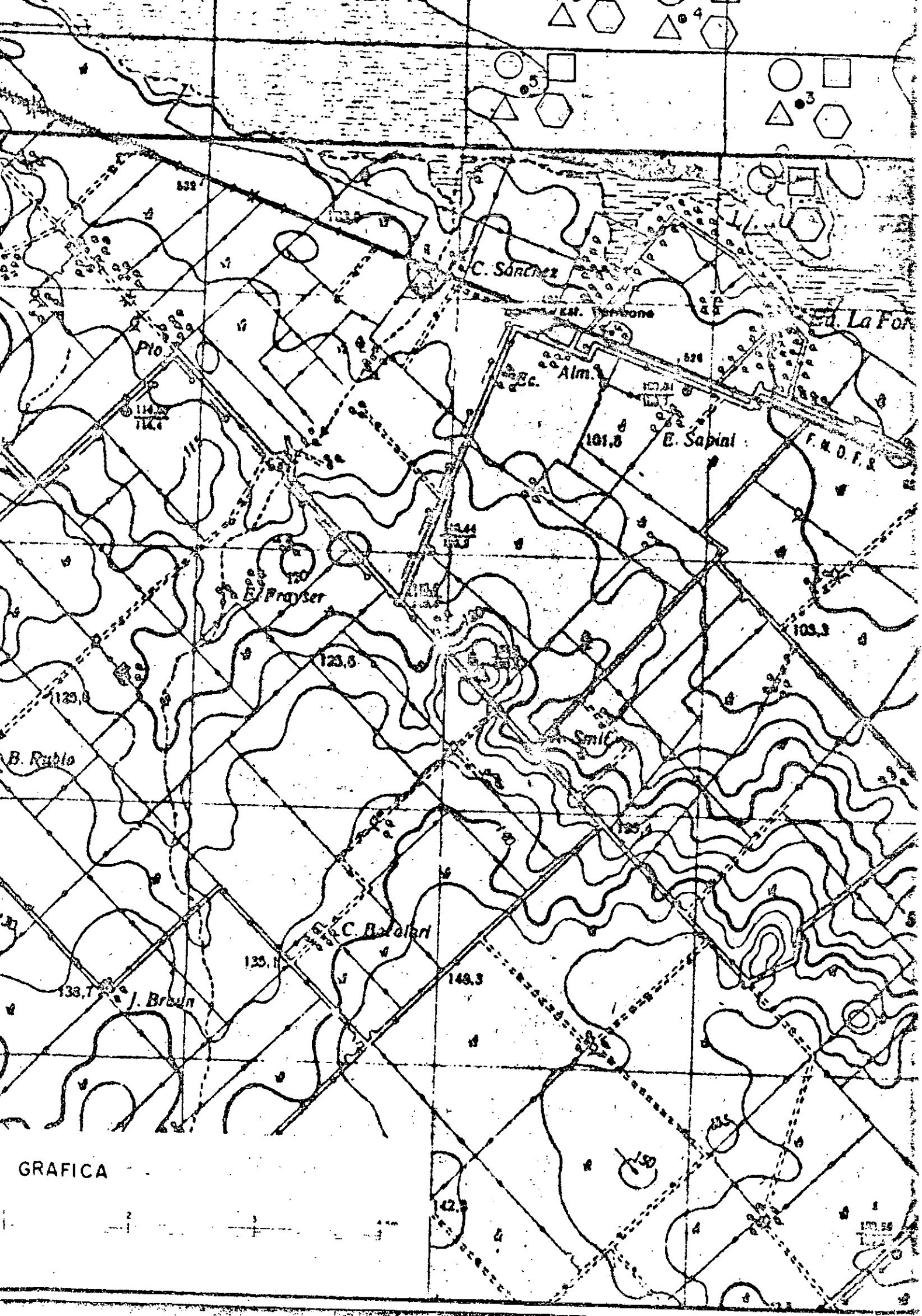
# CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

## ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA EPECUEN

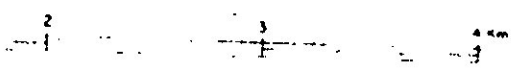
### PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Proyecto Ing. R. Goransky Ing. O. Natale	Dibujo Arq. M. Goransky	Escala Gráfica	Fecha Octubre 1987	Plano N° 3
--	----------------------------	-------------------	-----------------------	---------------

ING. RUBEN GORANSKY - ING. OSCAR NATALE

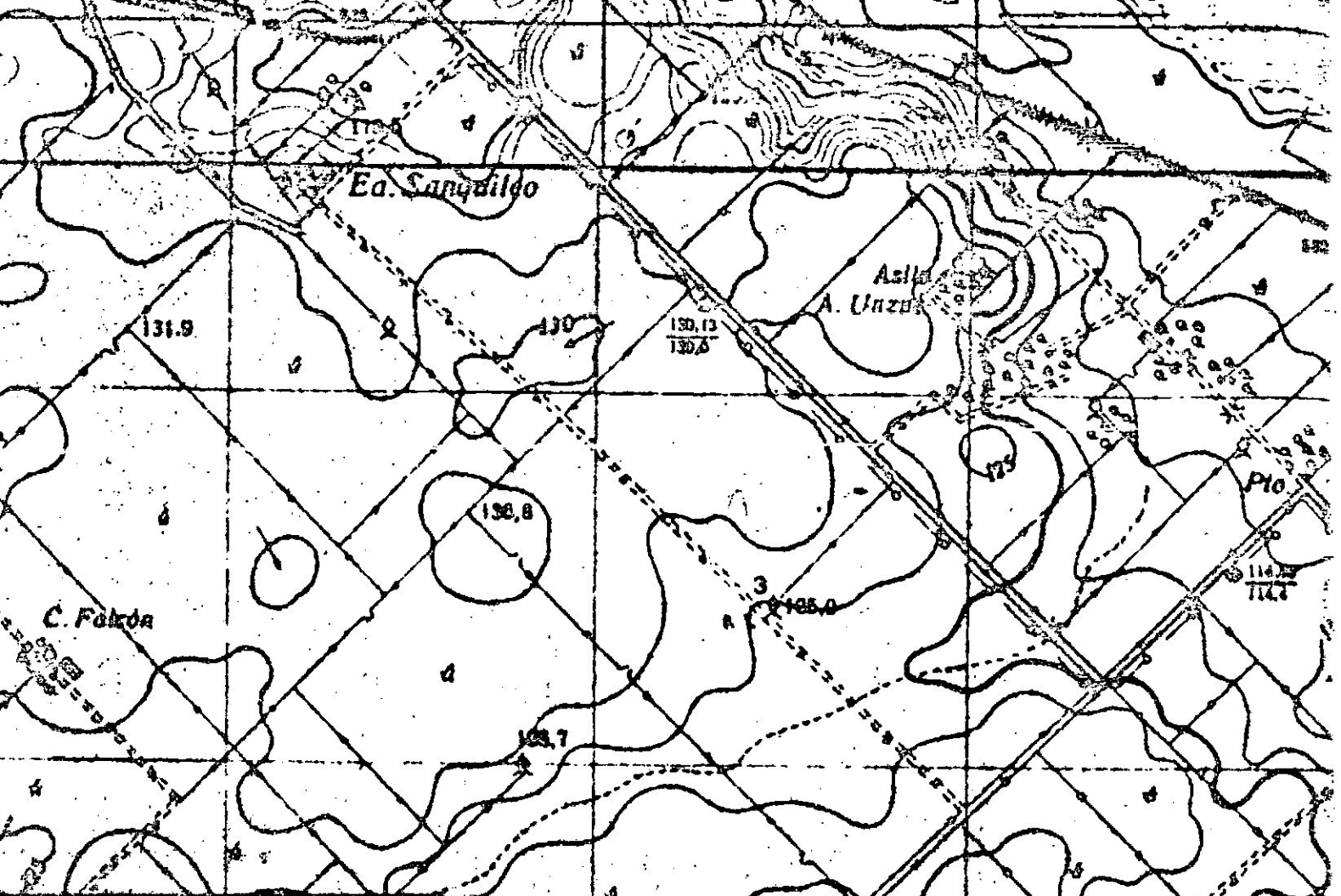


GRAFICA



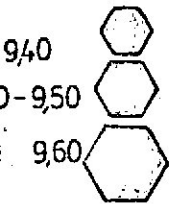
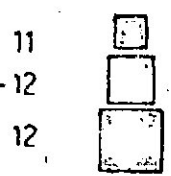
100.55



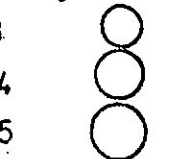


REFERENCIAS

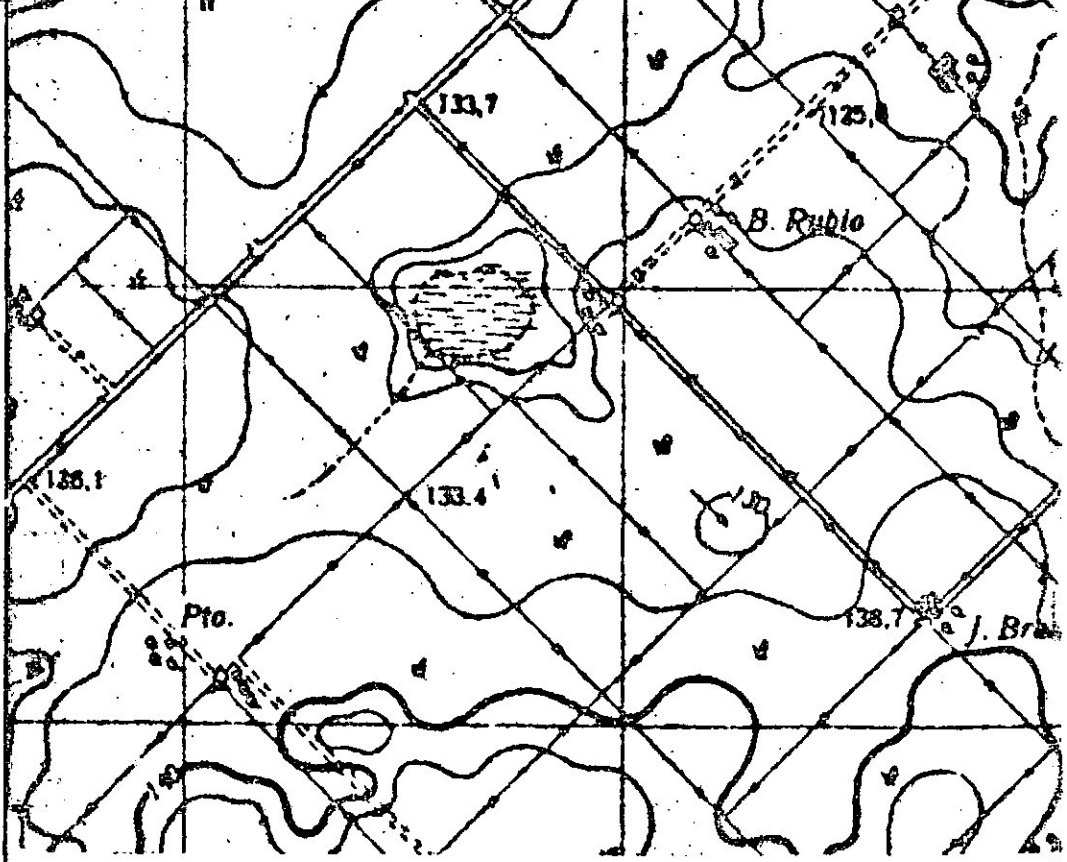
TEMPERATURA  
(°c)



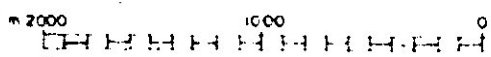
GENO DISUELTO  
(mg/l)

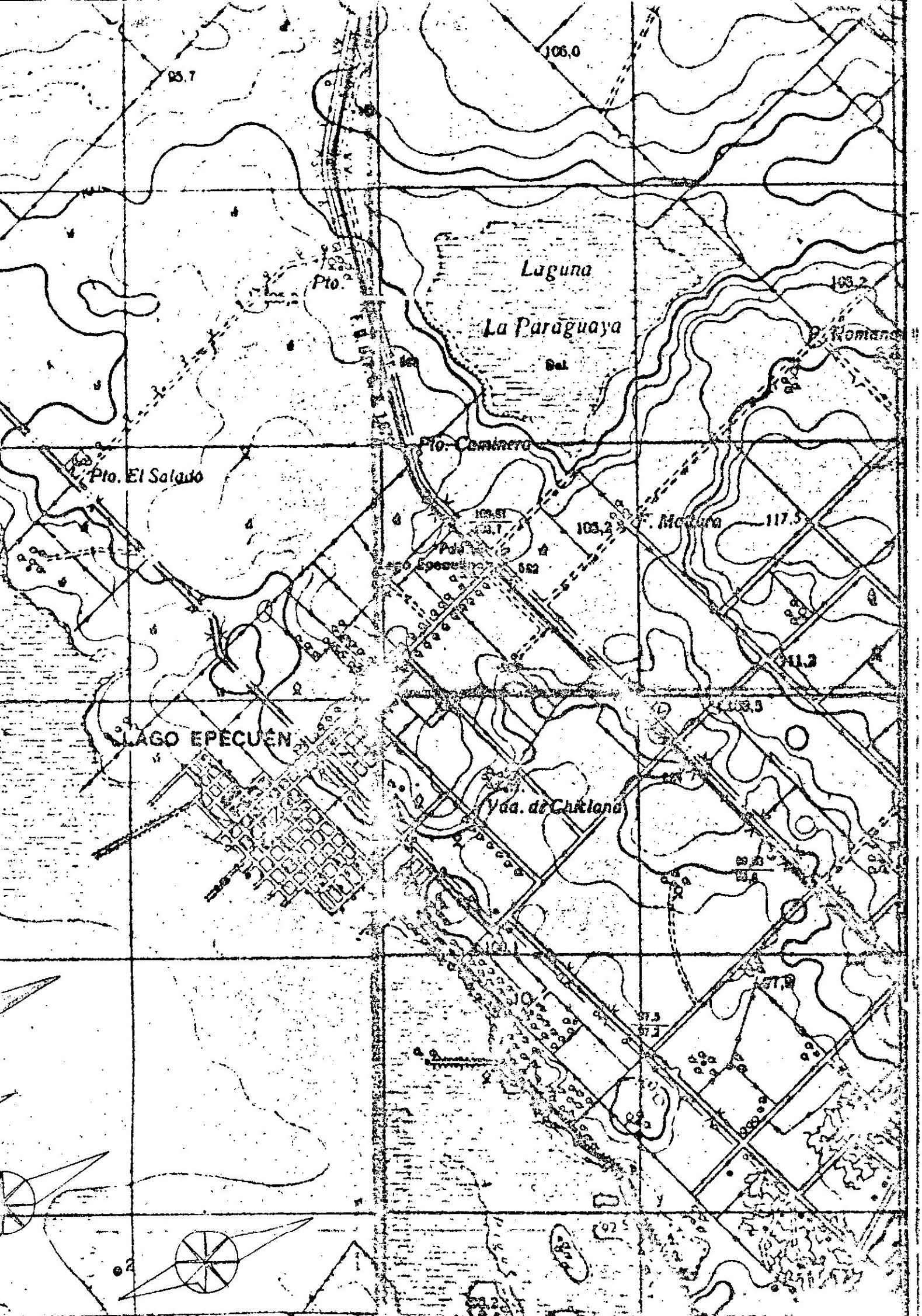


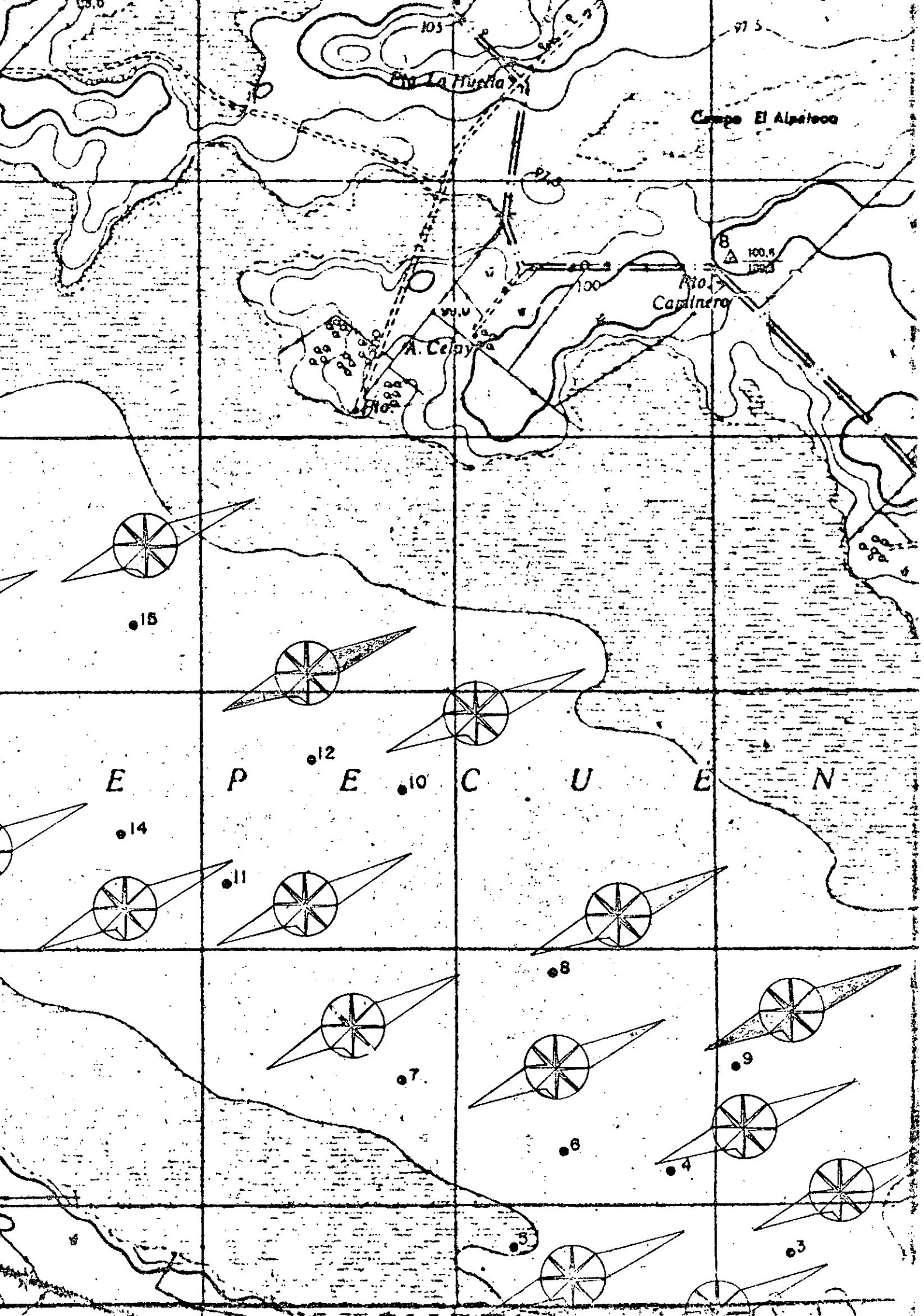
IDOS SEDIMENTABLES  
(mg / l)



ESCALA GRAFICA







E P E C U E N

15

12

10

14

11

8

7

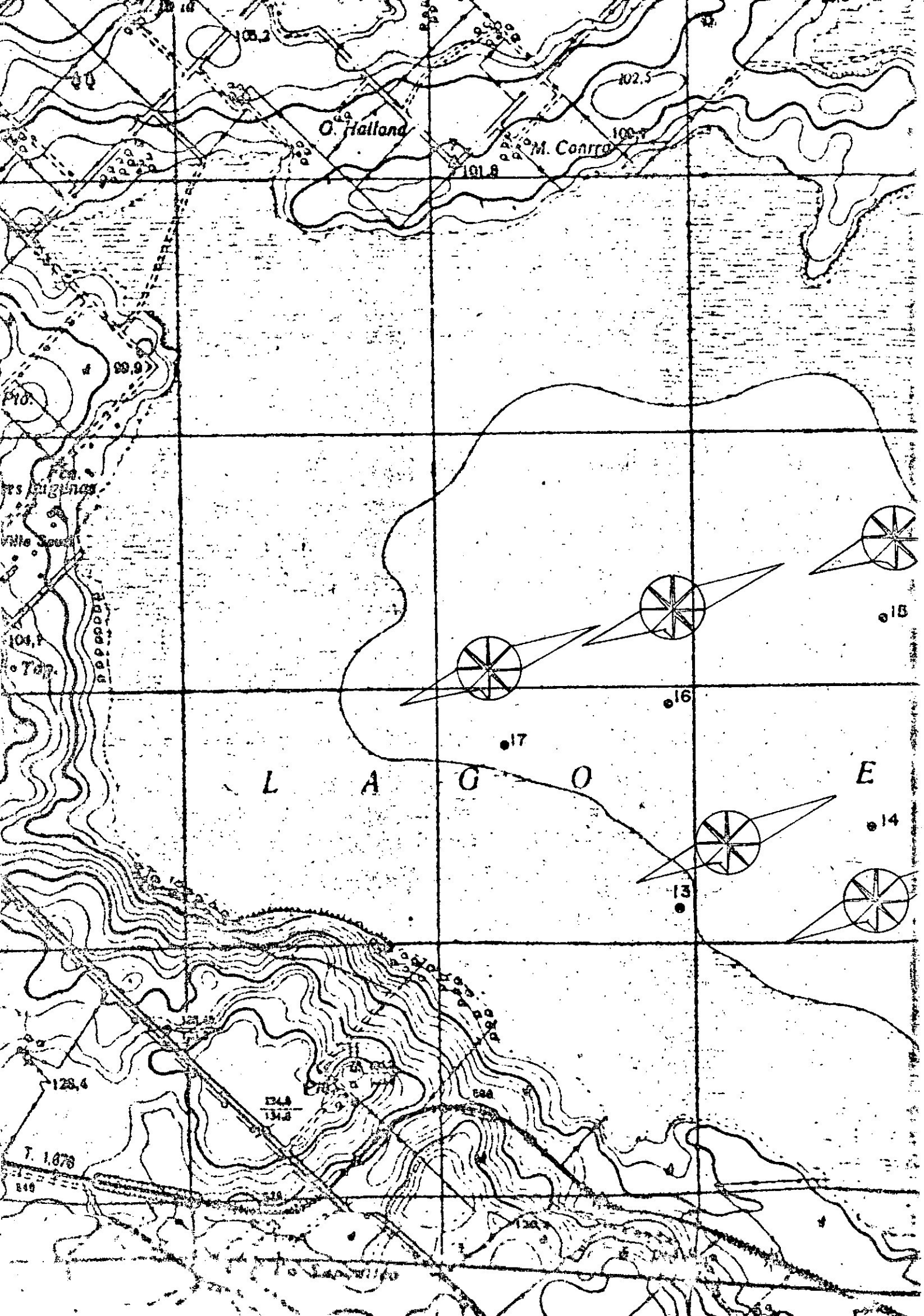
6

9

4

3





C. Halland

M. Conro

L A G O

15

16

17

14

13

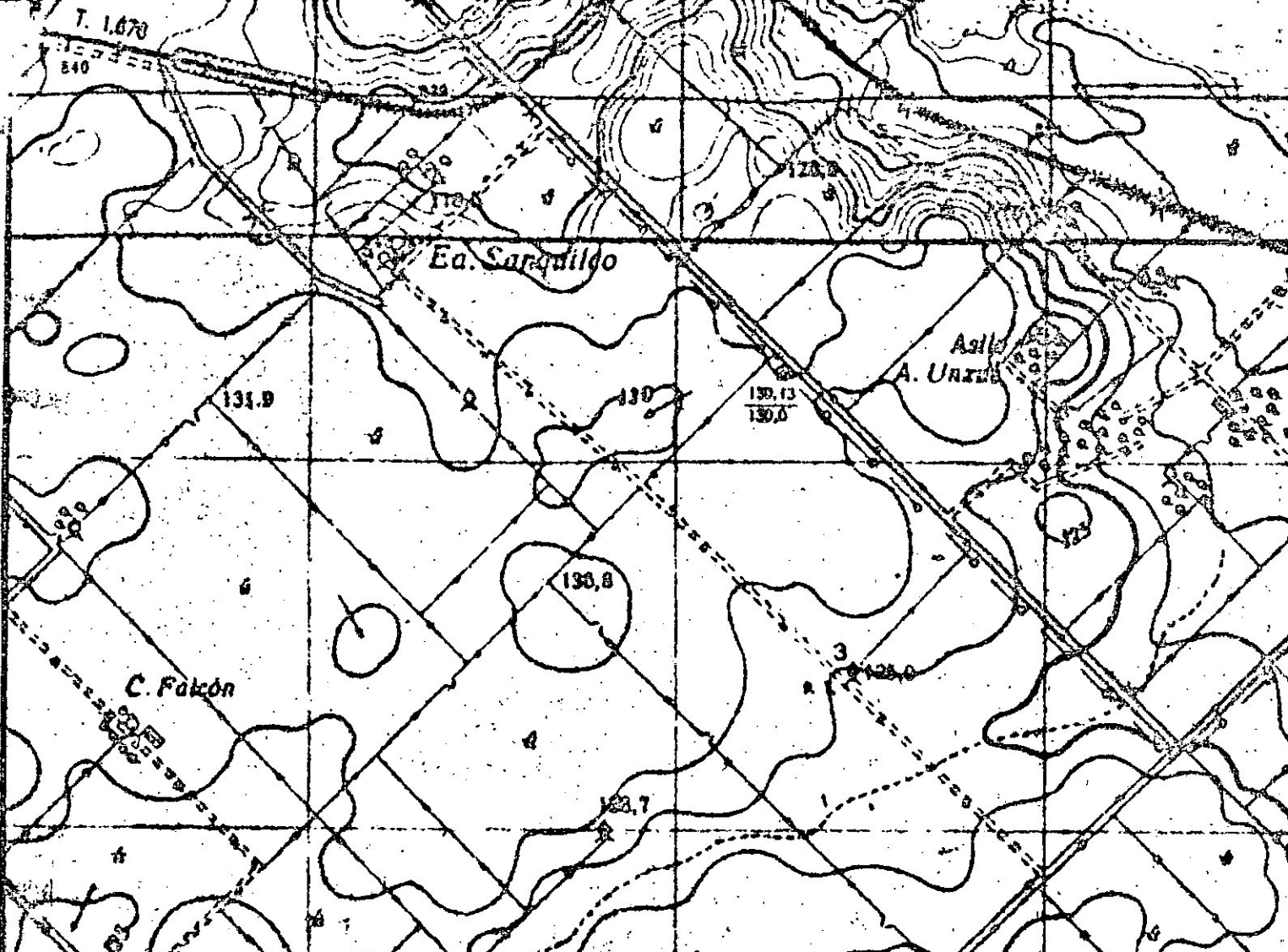
128.4

144.8  
134.8

150.0

7. 1.678

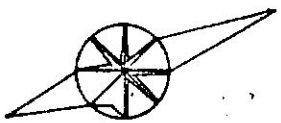
849



**REFERENCIAS**

SOLIDOS DISUELTOS TOTALES  
( mg/l )

36 500 - 38000



38001 - 39500



39501 - 41000

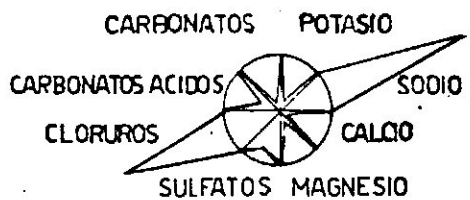
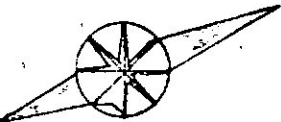
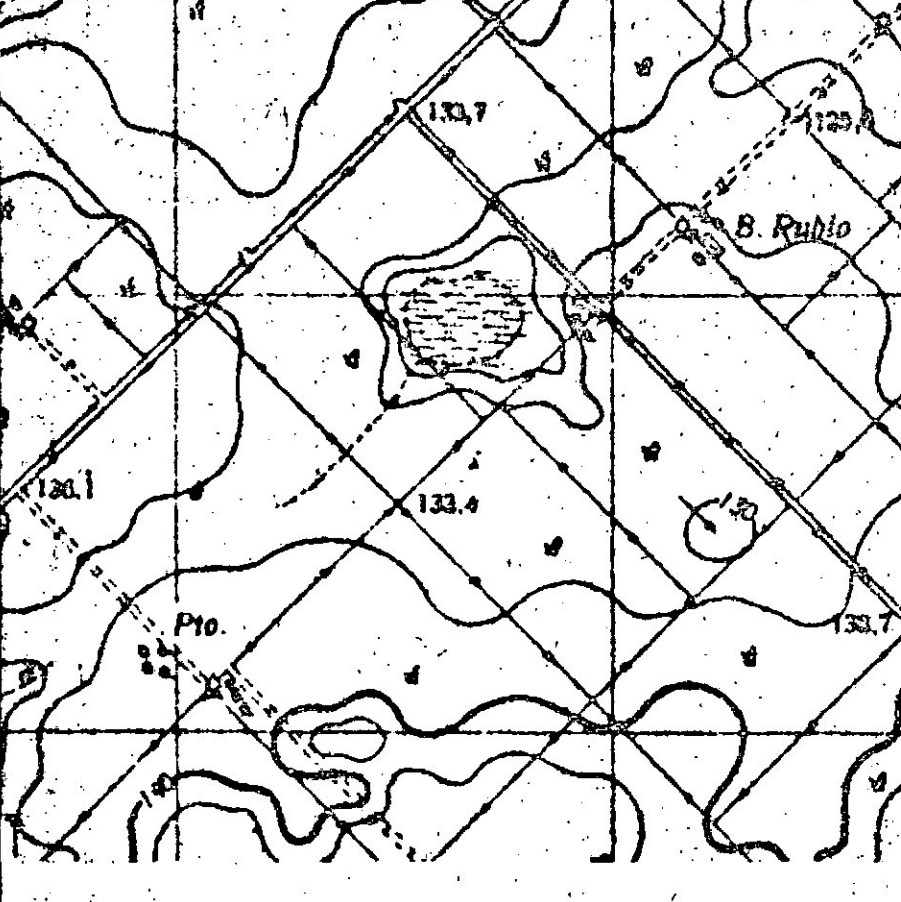
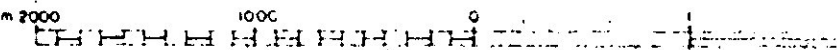


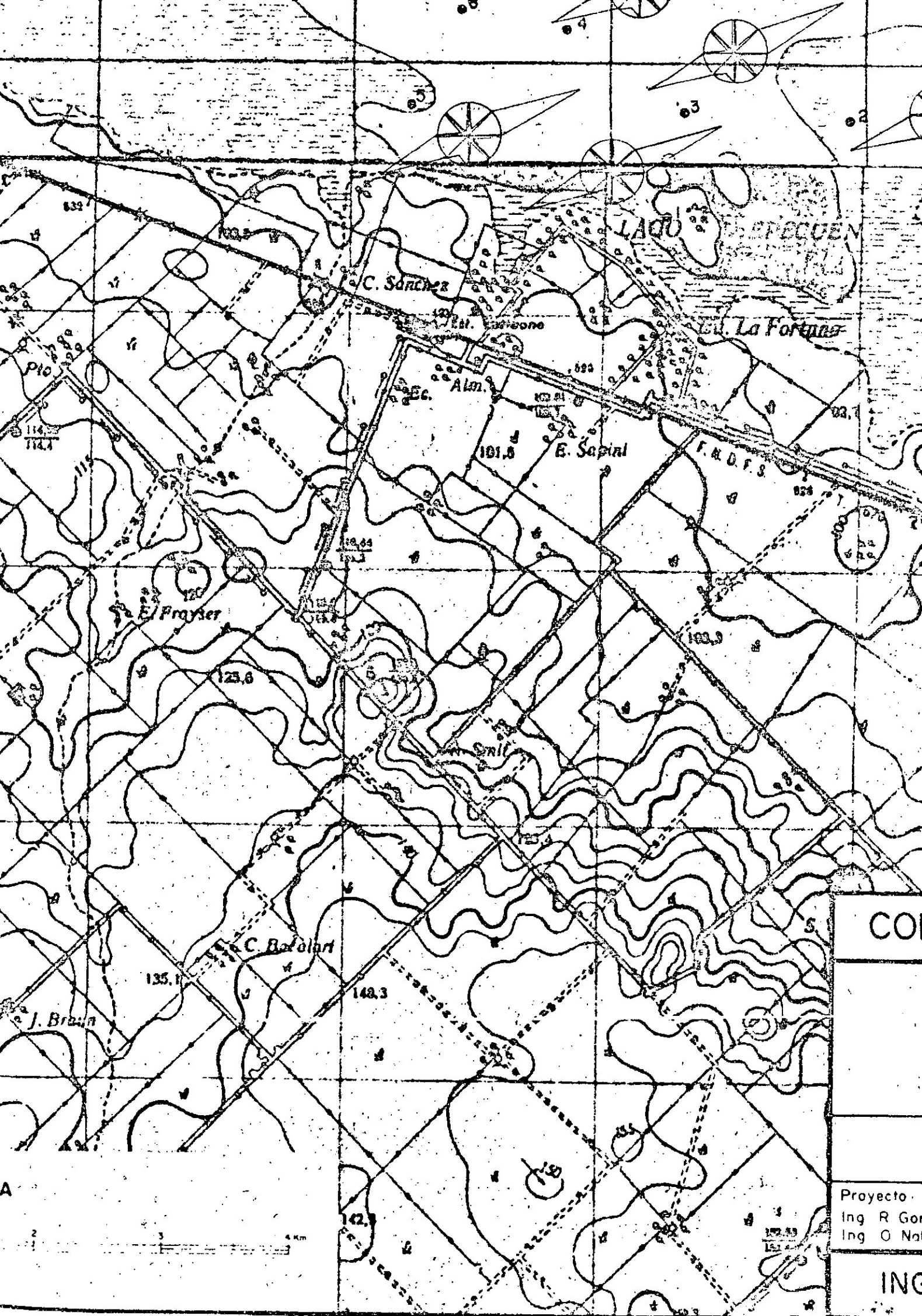
DIAGRAMA DE  
PROPORCIONES IONICAS



ESCALA GRAFIC







C. Sanchez

LAGO ATACAPUEN

E. La Fortuna

Alm.

E. Sapin

E. Frayser

125.6

Smil

C. Basalari

135.1

148.3

J. Braun

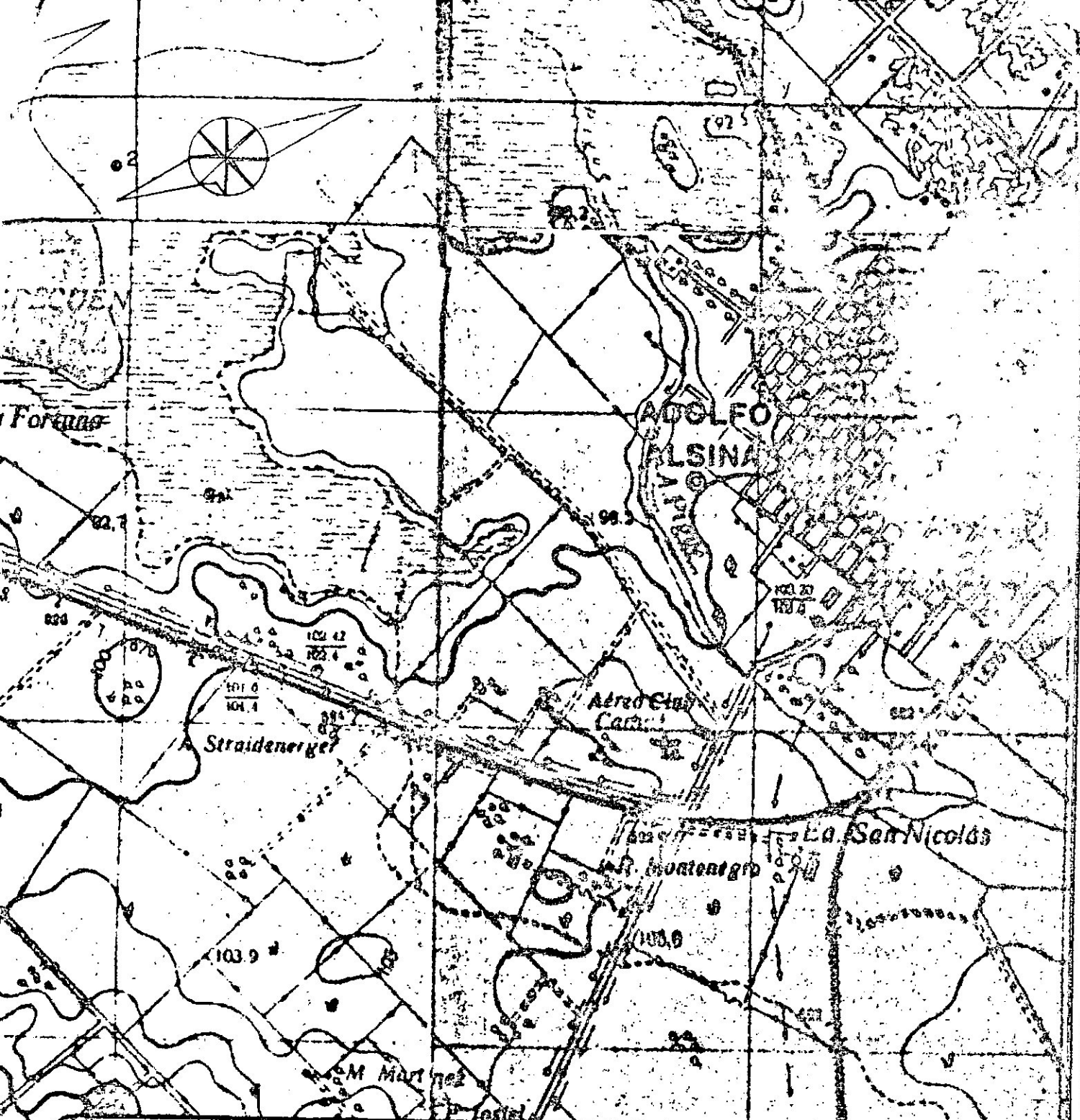
CO

Proyecto  
Ing R Gor  
Ing O Nat

INC

A

4 km



CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA  
DE LA LAGUNA EPECUEN

PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

Proyecto: Ing. R. Goransky Ing. O. Natale	Dibujo: Arq. M. Goransky	Escala: Gráfica	Fecha: Octubre 1987	Plano N°: 2
---	-----------------------------	--------------------	------------------------	----------------

ING. RUBEN GORANSKY - ING. OSCAR NATALE

VII) Consideraciones sobre los parámetros de calidad de agua determinados

Se presentan a continuación comentarios relativos a los parámetros estudiados, haciéndose referencia al rango ambiental de los mismos ( Fuente de información: Water Quality Sourcebook - A Guide to Water Quality Parameters, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 1979 ).

VII-1) Temperatura

La temperatura del agua superficial es función de varios factores, entre ellos: latitud, elevación, estación del año, hora del día, profundidad y velocidad de flujo. La temperatura del agua superficial varía desde 0°C ( bajo cubierta helada ) hasta 40°C.

Las aguas subterráneas tienden a exhibir temperaturas algo menores y más uniformes que las aguas superficiales.

El agua de mar raramente varía por más de 25°C ya sea en un mismo sitio o de un lugar a otro.

La temperatura media del agua de la laguna Epecuén durante el período de muestro resultó igual a 11.76°C.

VII-2) pH

Como índice de la concentración hidrogeniónica el pH se mide en una escala comprendida entre 0 y 14. El valor 7 indica una concentración neutral; valores menores que 7 indican condiciones ácidas y mayores que 7 indican condiciones



alcalinas en un agua. En las aguas dulces naturales están comprendidas en un rango 4-9, controlado por el sistema carbonato-carbonato ácido.

Las aguas superficiales tienden a ser alcalinas, mientras que las subterráneas son más ácidas.

El rango de pH es mayor en el agua dulce que en el agua marina. Para ésta resulta 8-8.3 .

El pH medio del agua de la laguna resultó igual a 9.44 .

VII-3) Conductividad

La conductividad en aguas superficiales naturales está comprendida en el rango 50-1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La conductividad media del agua de la laguna resultó igual a 57676  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

VII-4) Oxígeno disuelto

El valor típico de Oxígeno disuelto en aguas naturales superficiales es menor que 10 mg/l. La solubilidad del Oxígeno atmosférico ( saturación ) en agua dulce varía aproximadamente de 15 mg/l ( 0°C ) hasta 8 mg/l ( 25°C ) al nivel del mar. El valor de saturación para el agua de mar varía entre 11 mg/l ( 0°C ) y 7 mg/l ( 25°C ).

La concentración media de Oxígeno disuelto en la laguna correspondió a 3.47 mg/l.

#### VII-5) Sólidos disueltos totales

Este parámetro es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en un agua. El rango es variable:

<u>[mg/l]</u>	<u>Grado de salinidad</u>
0 - 1000	dulce, no salina
1001 - 3000	levemente salina
3001 - 10000	moderadamente salina
10001 - 100000	salina
> 100001	salmuera

La concentración media para la Laguna Epecuén fue igual a 37796 mg/l.

#### VII-6) Alcalinidad

Es una medida de la capacidad de un agua para neutralizar un ácido. Indica la presencia de carbonatos, carbonatos ácidos e hidróxidos, y menos significativamente, boratos, silicatos, fosfatos y sustancias orgánicas.

La alcalinidad es normalmente interpretada como función de los carbonatos, carbonatos ácidos e hidróxidos.

Los valores de alcalinidad en aguas superficiales naturales raramente exceden de 500 mg/l expresado como Carbonato de Calcio.

El valor medio de la alcalinidad total de la laguna resultó igual a 1209.4 mg/l ( como Carbonato de Calcio ).



## VII-7) Dureza

La dureza es principalmente determinada por la presencia de Calcio y Magnesio. La presencia de otros constituyentes tales como Hierro, Magnesio y Aluminio puede contribuir a la dureza total pero los mismos no están usualmente presentes en concentraciones apreciables.

Los valores de dureza en las aguas dulces están comprendidos en:

[mg/l] ( como Carbonato de Calcio )	Grado de dureza
0 - 30	Muy blanda
31 - 60	Blanda
61 - 120	Moderadamente blanda
121 - 180	Dura
> 180	Muy dura

El valor medio de la dureza total para la Laguna Epecuén fue igual a 352.8 mg/l ( como Carbonato de Calcio ).

## VII-8) Carbonatos - Carbonatos ácidos

El sistema Carbonato - Carbonato ácido en aguas naturales es parte del ciclo del Carbono en la biosfera. En las aguas naturales existe un equilibrio entre los iones Carbonato y Carbonato ácido y el ácido Carbónico.

El ión Carbonato ácido sirve como el buffer principal en los

sistemas de agua dulce y provee el Dióxido de Carbono para la fotosíntesis.

Las cantidades relativas de Carbonatos, Carbonatos ácidos y ácido Carbónico depende del pH.

Los Carbonatos están virtualmente ausentes en aguas superficiales dado que el pH raramente excede el valor 9. Las aguas subterráneas pueden contener 10 mg/l de Carbonatos.

Aguas atípicas, con alto contenido de Sodio pueden contener 50 mg/l de Carbonato.

A pH comprendidos entre 7 y 8, típicos para corrientes de agua dulce, predominan los carbonatos ácidos. Las concentraciones en aguas superficiales son usualmente menores que 500 mg/l y frecuentemente menores que 25 mg/l.

Los valores medios de la concentración de Carbonatos y Carbonatos ácidos para la laguna resultaron, respectivamente: 289.2 mg/l y 876.9 mg/l.

#### VII-9) Sulfatos

Las concentraciones del ión Sulfato en aguas superficiales pueden variar desde muy pocos mg/l hasta miles de mg/l.

Altas concentraciones de Sulfatos se presentan en algunas aguas subterráneas y en aguas superficiales de regiones áridas donde existen minerales de Sulfatos.

El agua de mar contiene Sulfatos en cantidades de 2650 mg/l.

La concentración media de Sulfatos para la Laguna Epecuén resultó igual a 4878.9 mg/l.

#### VII-10) Sulfuros

Se han reportado concentraciones de Sulfuros totales de hasta 0.7 mg/l en depósitos de barros de fondo y niveles de 0.02-0.1 mg/l son comunes en los primeros 20 mm de la columna de agua sobre estos depósitos. Bajo las condiciones normales de pH y potencial de óxido-reducción de un agua aereada los iones Sulfuros son rápidamente oxidados a Sulfatos. Las concentraciones de Sulfuros en aguas superficiales son despreciables.

La concentración media de Sulfuros para la laguna resultó menor que el límite de detección de la técnica analítica ( 0.05 mg/l ).

#### VII-11) Cloruros

Las concentraciones de Cloruros en aguas superficiales varían desde valores < 10 mg/l hasta valores de varios cientos de mg/l.

El agua de mar puede contener Cloruros en tenores de 19300 mg/l.

El valor medio correspondiente a la concentración de Cloruros para la Laguna Epecuén resultó igual a 16033.8 mg/l.

#### VII-12) Fluoruros

Las aguas superficiales pueden contener Fluoruros en tenores que pueden exceder el valor de 50 mg/l, pero las concentraciones típicas son menores que 1 mg/l.

Muchas corrientes naturales de agua dulce contienen Fluoruros en tenores menores que 0.2 mg/l. Las aguas subterráneas usualmente contienen mayores concentraciones de Fluoruros que las superficiales, a menudo del orden de 10 mg/l.

El agua de mar contiene Fluoruros en tenores de 1.3 mg/l.

El valor medio de la concentración de Fluoruros para la laguna fue igual a 4.26 mg/l.

### VII-13) Nitratos

El Nitrato es la principal forma de Nitrógeno combinado encontrado en aguas naturales. El ión Nitrato resulta de la oxidación completa de los compuestos nitrogenados. La nitrificación ( conversión de Amonio o Nitrito a Nitrato ) es el proceso principal del ciclo del Nitrógeno.

La mayoría de las aguas superficiales presenta cierto contenido de Nitratos, no obstante, la presencia de éstos en tenores mayores que 5 mg/l refleja condiciones no sanitarias dado que una fuente importante de Nitratos está constituida por residuos humanos y animales.

Las aguas superficiales raramente contienen Nitratos en tenores >5 mg/l y a menudo presenta concentraciones menores que 1 mg/l.

El valor medio de la concentración de Nitratos para la Laguna resultó menor que el límite de detección de la técnica ( 0.1 mg/l ).

#### VII-14) Nitritos

El ión Nitrito es una forma química del Nitrógeno que es usualmente encontrada en pequeñas cantidades en aguas superficiales. El Nitrito es una forma intermedia entre Amonio y Nitrato ( Nitrificación ) o entre Nitrato y Nitrógeno ( Denitrificación ).

La presencia de Nitritos en agua indica procesos biológicos activos influenciados por contaminación orgánica.

Los Nitritos están normalmente ausentes en aguas superficiales o presentes en cantidades del orden de 0.001 mg/l.

La concentración media para este parámetro en la Laguna Epecuén resultó menor que el límite de detección de la técnica ( 0.1 mg/l ).

#### VII-15) Ión Amonio

Esta es la forma inorgánica más reducida del Nitrógeno en agua.

El Amonio y sus sales son muy solubles en agua. Generalmente el ión Amonio es una forma transitoria.

Los niveles típicos de este parámetro en aguas naturales son menores que 0.1 mg/l. Niveles mayores que 0.1 mg/l pueden ser indicativos de aportes antropogénicos.

El valor medio de la concentración de Amonio correspondiente a la laguna resultó menor que el límite de detección de la técnica ( 0.1 mg/l ).



#### VII-16) Sodio

Todas las aguas naturales contienen Sodio. La concentración en el agua varía en un rango muy amplio.

El agua de mar contiene Sodio en una concentración igual a 10500 mg/l.

Para la Laguna Epecuén el valor medio de la concentración fue igual a 12662.6 mg/l.

#### VII-17) Potasio

La concentración de Potasio en aguas naturales superficiales raramente alcanza el valor de 20 mg/l y generalmente es menor que 10 mg/l.

El agua de mar contiene 380 mg/l de Potasio.

Para la laguna la concentración media de Potasio resultó igual a 216.1 mg/l.

#### VII-18) Calcio

La presencia de Calcio en aguas dulces varía de acuerdo a la proximidad de las fuentes naturales. Las concentraciones típicas son menores que 15 mg/l, mientras que aguas cercanas a rocas carbonatadas pueden estar en el rango 30-100 mg/l.

El agua de mar presenta usualmente una concentración de 400 mg/l.

La Laguna Epecuén presentó un valor medio de concentración igual a 38.5 mg/l.

#### VII-19) Magnesio

Las concentraciones de Magnesio varían entre 1 y 100 mg/l, especialmente en la proximidad de sus fuentes naturales.

En aguas marinas se han encontrado concentraciones de 1000 mg/l.

La concentración media para la laguna fue igual a 62.1 mg/l.

#### VII-20) Litio

El Litio no es abundante en la naturaleza. Sus compuestos son extremadamente solubles y tienden a permanecer en solución.

La mayoría de las aguas superficiales presenta concentraciones menores que 10 mg/l.

El agua de mar presenta un tenor de Litio del orden de 0.17 mg/l.

La Laguna Epecuén presentó una concentración media igual a 18.5 mg/l.

#### VII-21) Arsénico

En ciertas aguas naturales se detectan cantidades pequeñas de Arsénico. En aguas dulces han sido reportadas concentraciones del orden de 0.01 mg/l.

El agua de mar contiene usualmente Arsénico en tenores comprendidos entre 0.002 y 0.006 mg/l.

La concentración media para la laguna resultó menor que el límite de detección de la técnica analítica ( 0.05 mg/l ).

**APENDICE**

**DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS**

PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTRA	FECHA	PROFUNDIDAD [m]	TEMPERATURA [°C]	pH	CONDUCTIVIDAD [µS/cm] 11 C
1S	19/9/87	-	11.5	9.40	57000
1P	19/9/87	7.7	11.5	9.42	56000
2S	19/9/87	-	12.0	9.45	57000
2P	19/9/87	8.0	12.0	9.44	56000
3S	19/9/87	-	12.0	9.42	56000
3P	19/9/87	7.5	12.0	9.44	57000
4S	21/9/87	-	12.0	9.46	56500
4P	21/9/87	8.5	12.0	9.47	57000
5S	19/9/87	-	12.0	9.45	56000
5P	19/9/87	7.0	12.0	9.46	56000
6S	21/9/87	-	11.0	9.49	56000
6P	21/9/87	8.0	10.8	9.41	65000
7S	21/9/87	-	11.7	9.52	56000
7P	21/9/87	9.5	11.5	9.54	57000
8S	21/9/87	-	11.0	9.48	57000
8P	21/9/87	10.5	11.0	9.46	68000
9S	26/9/87	-	12.1	9.47	63000
9P	26/9/87	9.0	11.8	9.49	57000
10S	21/9/87	-	11.0	9.49	57000
10P	21/9/87	7.0	11.0	9.49	57000
11S	21/9/87	-	11.0	9.50	56000
11P	21/9/87	8.0	11.0	9.50	57000
12S	26/9/87	-	14.3	9.46	60000
12P	26/9/87	8.5	13.3	9.48	57000
13S	21/9/87	-	11.0	9.54	57000
13P	21/9/87	9.5	11.0	9.54	57000
14S	21/9/87	-	12.0	9.50	57000
14P	21/9/87	9.0	12.0	9.50	57000
15S	26/9/87	-	15.3	9.30	63000
15P	26/9/87	8.0	13.3	8.30	57000
16S	21/9/87	-	11.0	9.50	56000
16P	21/9/87	8.0	11.0	9.50	56000
17S	21/9/87	-	11.0	9.54	57000
17P	21/9/87	8.5	11.0	9.55	56500
A. Pigüe	20/9/87	-	11.8	9.46	4400
La Paraguaya	20/9/87	-	11.4	9.80	11500

S: Superficie  
P: Profundidad

PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTRA	OXIGENO DISUELTO [mg/l]	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES [mg/l]	SOLIDOS DISUELTOS VOLATILES [mg/l]
1S	4.4	36872	406
1P	3.6	36229	399
2S	5.2	37051	445
2P	4.6	37426	337
3S	4.6	36374	436
3P	4.6	36703	300
4S	4.2	36583	346
4P	4.2	37161	401
5S	4.2	37161	298
5P	3.4	37051	302
6S	3.7	38356	279
6P	0.0	41894	495
7S	3.0	36230	229
7P	3.0	36857	311
8S	2.4	38744	310
8P	0.0	40593	462
9S	4.6	39039	428
9P	5.0	37989	390
10S	2.8	37250	298
10P	3.5	36802	250
11S	3.5	36912	248
11P	4.0	37191	301
12S	4.0	39643	379
12P	4.8	38822	380
13S	3.0	37806	385
13P	3.2	38027	340
14S	3.0	37748	321
14P	3.0	36843	275
15S	4.0	41334	480
15P	5.0	39776	300
16S	3.5	37260	228
16P	4.0	36653	210
17S	4.6	36798	308
17P	4.0	37902	249
A. Pigüe	14.0	2364	35
La Paraguaya	9.0	6335	76



PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

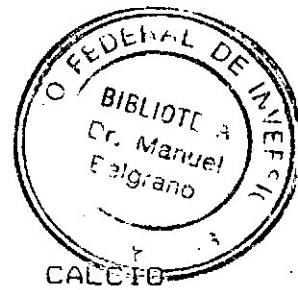
MUESTRA	SOLIDOS SEDIMEN- TABLES [ml/l]	ALCALINIDAD TOT. [mg/l] *	CARBONATOS [mg/l]	CARBONATOS ACIDOS [mg/l]
1S	<1	1213	280	911
1P	<1	1213	292	887
2S	<1	1220	296	867
2P	<1	1220	290	899
3S	<1	1213	268	935
3P	<1	1220	290	899
4S	<1	1215	267	939
4P	<1	1215	270	933
5S	<1	1213	280	911
5P	<1	1213	292	887
6S	<1	1230	313	864
6P	<1	1203	280	899
7S	<1	1213	256	959
7P	<1	1213	262	947
8S	<1	1183	279	876
8P	<1	1261	291	947
9S	<1	1203	361	734
9P	<1	1213	292	887
10S	<1	1210	276	915
10P	<1	1210	270	927
11S	<1	1215	292	888
11P	<1	1210	288	891
12S	<1	1213	431	604
12P	<1	1193	361	722
13S	<1	1213	268	935
13P	<1	1193	291	864
14S	<1	1190	264	793
14P	<1	1195	258	811
15S	<1	1202	302	852
15P	<1	630	0	769
16S	<1	1200	270	915
16P	<1	1210	276	915
17S	<1	1193	268	911
17P	<1	1190	270	903
A. Pigüe	<1	422	70	373
La Paraguaya	<1	868	215	621

\* Como Carbonato de Calcio

PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTRA	DUREZA TOT [mg/l] *	CLORUROS [mg/l]	SULFATOS [mg/l]	FLUORUROS [mg/l]	NITRATOS [mg/l]	NITRITOS [mg/l]
1S	345	15850	4570	5.0	<0.1	<0.1
1P	329	15800	4600	4.7	<0.1	<0.1
2S	368	15750	4720	4.5	<0.1	<0.1
2P	314	15870	4630	4.5	<0.1	<0.1
3S	321	15696	4420	4.5	<0.1	<0.1
3P	338	15700	4800	4.5	<0.1	<0.1
4S	320	15710	4890	4.5	<0.1	<0.1
4P	315	15740	4710	4.5	<0.1	<0.1
5S	368	15700	4560	4.3	<0.1	<0.1
5P	337	15680	4610	4.3	<0.1	<0.1
6S	368	16000	4690	4.0	<0.1	<0.1
6P	320	17350	5580	4.0	<0.1	<0.1
7S	365	15900	4810	4.0	<0.1	<0.1
7P	370	15950	4900	4.0	<0.1	<0.1
8S	368	16100	4990	4.0	<0.1	<0.1
8P	372	17500	5890	4.0	<0.1	<0.1
9S	360	17000	5020	4.0	<0.1	<0.1
9P	373	15850	4737	4.0	<0.1	<0.1
10S	328	16000	4730	4.4	<0.1	<0.1
10P	350	16100	4620	4.4	<0.1	<0.1
11S	360	15950	4705	4.3	<0.1	<0.1
11P	360	16150	4880	4.3	<0.1	<0.1
12S	353	16100	5329	4.0	<0.1	<0.1
12P	345	15900	5338	4.0	<0.1	<0.1
13S	343	15800	4620	4.4	<0.1	<0.1
13P	330	16050	4503	4.5	<0.1	<0.1
14S	337	16070	4529	4.4	<0.1	<0.1
14P	350	16090	4602	4.5	<0.1	<0.1
15S	390	16650	5760	4.0	<0.1	<0.1
15P	384	16000	5690	4.0	<0.1	<0.1
16S	382	15800	4705	4.0	<0.1	<0.1
16P	380	15950	4680	4.0	<0.1	<0.1
17S	372	15600	5164	4.3	<0.1	<0.1
17P	380	15800	4902	4.3	<0.1	<0.1
A. Pigüe	211	820	600	4.0	<0.1	<0.1
La Paraguaya	243	2540	595	4.5	<0.1	<0.1

\* Como Carbonato de Calcio



PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

MUESTRA	SULFUROS [mg/l]	ION AMONIO [mg/l]	SODIO [mg/l]	POTASIO [mg/l]	LITIO [mg/l]	CALCIO [mg/l]
1S	<0.05	<0.1	12628	230.0	17.0	35.0
1P	<0.05	<0.1	11980	232.0	16.0	29.0
2S	<0.05	<0.1	12642	235.6	18.0	60.8
2P	<0.05	<0.1	11790	220.0	15.0	35.0
3S	<0.05	<0.1	12478	198.0	13.0	25.0
3P	<0.05	<0.1	12970	210.0	18.0	29.0
4S	<0.05	<0.1	12600	220.0	20.0	30.0
4P	<0.05	<0.1	13020	210.0	25.0	35.0
5S	<0.05	<0.1	12390	198.0	16.0	39.0
5P	<0.05	<0.1	11990	205.0	15.0	42.0
6S	<0.05	<0.1	11970	195.0	18.0	60.0
6P	<0.05	<0.1	14101	225.0	17.0	32.0
7S	<0.05	<0.1	12920	220.0	21.0	40.0
7P	<0.05	<0.1	13900	225.0	10.0	43.0
8S	<0.05	<0.1	12670	210.0	37.0	42.0
8P	<0.05	<0.1	13427	230.0	40.0	44.0
9S	<0.05	<0.1	13980	238.0	32.0	41.0
9P	<0.05	<0.1	12606	195.0	15.0	62.7
10S	<0.05	<0.1	12500	210.0	18.0	29.0
10P	<0.05	<0.1	12690	220.0	17.0	30.0
11S	<0.05	<0.1	12200	198.0	10.0	41.0
11P	<0.05	<0.1	12670	228.0	10.0	43.0
12S	<0.05	<0.1	13243	195.0	11.0	31.2
12P	<0.05	<0.1	13071	204.0	11.0	34.4
13S	<0.05	<0.1	11592	220.0	23.0	39.2
13P	<0.05	<0.1	12696	715.0	22.0	38.0
14S	<0.05	<0.1	12039	210.0	15.0	39.0
14P	<0.05	<0.1	11870	220.0	19.0	40.0
15S	<0.05	<0.1	13598	240.0	30.0	42.0
15P	<0.05	<0.1	11987	230.0	25.0	52.0
16S	<0.05	<0.1	12657	215.0	10.0	35.0
16P	<0.05	<0.1	13215	195.0	13.0	38.0
17S	<0.05	<0.1	12834	220.0	15.0	24.0
17P	<0.05	<0.1	11607	230.0	17.0	28.0
A. Pigüé	<0.05	<0.1	736	20.9	<0.1	40.0
La Paraguaya	<0.05	<0.1	2125	83.8	<0.1	34.0

PARAMETROS DE CALIDAD DE AGUA

MUESTRA	MAGNESIO [mg/l]	ARSENICO [mg/l]
1S	68.0	<0.05
1P	62.0	<0.05
2S	51.8	<0.05
2P	54.0	<0.05
3S	62.0	<0.05
3P	64.0	<0.05
4S	59.0	<0.05
4P	55.0	<0.05
5S	65.0	<0.05
5P	56.0	<0.05
6S	52.0	<0.05
6P	58.0	<0.05
7S	64.0	<0.05
7P	63.0	<0.05
8S	63.0	<0.05
8P	62.3	<0.05
9S	62.0	<0.05
9P	52.0	<0.05
10S	61.0	<0.05
10P	66.0	<0.05
11S	62.0	<0.05
11P	61.0	<0.05
12S	66.0	<0.05
12P	62.0	<0.05
13S	58.8	<0.05
13P	56.4	<0.05
14S	58.0	<0.05
14P	60.0	<0.05
15S	68.4	<0.05
15P	70.0	<0.05
16S	71.0	<0.05
16P	68.4	<0.05
17S	74.9	<0.05
17P	74.4	<0.05
A. Figüe	26.6	<0.05
La Paraguaya	37.7	<0.05

PARAMETROS DE CALIDAD DE BARROS

MUESTRA

	3	8	12	15	A	B	C
FECHA	19/9	19/9	19/9	19/9	19/9	19/9	19/
PROFUNDIDAD [m]	7.5	10.5	8.5	8	-	-	-
pH	7.1	7.3	7.1	8.1	8.1	7	7
CONDUCTIVIDAD [µS/cm]	600	1000	5300	1400	400	280	100
SOLIDOS VOLA- TILES (1)	6700	9000	8200	8500	6500	6200	3700
SOLIDOS SOLU- BRES (1)	7000	9050	14100	16500	5000	2700	1150
ALCALINIDAD TO- TAL (2)	1000	1250	1750	1500	750	250	200
CARBONATOS (1)	0	0	0	0	0	0	0
CARBONATOS A- CIDOS (1)	1220	1530	2140	1830	460	300	240
DUREZA TOTAL (2)	0	980	1470	0	0	0	0
CLORUROS (1)	1750	3000	500	5000	1000	750	250
SULFATOS (1)	1200	1100	6300	3500	1500	600	200
FLUORUROS (1)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
NITRATOS (1)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
NITRITOS (1)	0.6	1.2	1.2	1	0.5	0.7	0.7
ION AMONIO (1)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
SODIO (1)	2200	2700	4100	5700	1500	900	250
POTASIO (1)	0.25	0.2	1.25	0.25	<0.1	<0.1	0.5
LITIO (1)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
CALCIO (1)	3900	4800	3500	6300	3200	400	200
MAGNESIO (1)	3800	4900	2800	4000	1700	900	100
SULFUROS (3)	<0.05	4	0.5	2	<0.05	<0.05	<0.05
ARSENICO (3)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

(1) mg/100 g muestra seca

(2) mg/100 g muestra seca como Carbonato de Calcio

(3) mg/g muestra seca

**DETERMINACIONES BACTERIOLOGICAS**



MUESTRA	FECHA	BACTERIA AEROBIAS TOTALES [colonias/100 ml]	BACTERIAS COLI- FORMES TOTALES [MNP/100 ml]	BACTERIAS COLIFECALAS [MNP/100 ml]
VATTEONE (margen)	13/9/87	<2000	(-)	(-)
A. PIGUE	13/9/87	<2000	62	13
ESTACION 5	13/9/87	<2000	(-)	(-)
CARHUE (basural c)	13/9/87	<2000	23	(-)
ESTACION 7	13/9/87	<2000	(-)	(-)
L. EPECUEN (margen)	13/9/87	<2000	(-)	(-)
CARHUE (cementerio)	13/9/87	<2000	(-)	(-)
CARHUE (basural)	13/9/87	<2000	690	62

MUESTRA	BACTERIAS PSEUDOMONAS	BACTERIAS CEK
VATTEONE (margen)	(-)	(-)
A. FIGUE	(-)	(-)
ESTACION 3	(-)	(-)
CARHUE (basural c)	(-)	(-)
ESTACION 7	(-)	(-)
L. EPECUEN (margen)	(-)	(-)
CARHUE (cementerio)	(-)	(-)
CARHUE (basural)	(-)	(-)

ADDENDA

DETERMINACIONES DE PARAMETROS  
ADICIONALES

A) Addenda: Determinaciones de Parámetros adicionales

A-1) Parámetros adicionales

De acuerdo a lo solicitado por el comitente se realizaron determinaciones de los siguientes parámetros adicionales:

Aspecto  
Color  
Presión osmótica  
Densidad ( 15°C )  
Residuo sólido ( 180°C )  
Silice  
Cobre  
Cobalto  
Bario  
Estroncio  
Boro

Las determinaciones fueron practicadas sobre muestras de superficie y fondo correspondientes a las estaciones 1, 3, 6, 7, 9, 12, 15 y 17.

A-2) Técnicas analíticas aplicadas

A-2.1) Color (\*)

Se aplicó el método de comparación visual. Color patrón:  
Cloroplatinato de Potasio / Cloruro Cobaltoso.  
Límite de detección: 5 unidades.

A-2.2) Densidad

Se midió con picnómetro. Se expresa la medida a 15°C, referida a 4°C.

A-2.3) Residuo sólido ( 180°C )

Se determinó por gravimetría.

A-2.4) Presión osmótica

Este parámetro se evaluó indirectamente mediante la determinación del descenso crioscópico.

De tal manera, expresando la presión osmótica de un agua por su descenso crioscópico y comparando con el descenso crioscópico del plasma sanguíneo (  $-0.55^{\circ}\text{C}$  ), pueden clasificarse las aguas según:

Hipotónicas : Presión osmótica expresada por descenso crioscópico  $< -0.55^{\circ}\text{C}$

Isotónicas : Presión osmótica expresada por descenso crioscópico  $= -0.55^{\circ}\text{C}$

Hipertónicas: Presión osmótica expresada por descenso crioscópico  $> -0.55^{\circ}\text{C}$

Bibliografía: Panorama Hidrotermal Argentino - INCYTH - Diciembre 1976.

El descenso crioscópico se midió por determinación del punto de fusión. La determinación se efectuó sobre 10 ml de muestra, en baño de enfriamiento, con termómetro Beckmann.

A-2.5) Sílice (\*)

Se determinó por colorimetría, utilizándose como reactivo principal Molibdato de Amonio.

A-2.6) Cobre (\*)

Se determinó por colorimetría, utilizándose como reactivo principal Neocuproína.

A-2.7) Cobalto, Bario, Estroncio y Boro

Se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, tratando las muestras previamente con Acido Nítrico.

\* Referencia bibliográfica: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 15 th Edition, 1980.

A-3) Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas A-1.1 y A-1.2

Tabla A-1.1

PARAMETROS ADICIONALES DE CALIDAD DE AGUA

Muestra	Aspecto	Descenso Crioscópico [°C]	Color [unidades]	Densidad	Residuo sólido ( 180°C ) [mg/l]
1s	(C)(LT)	-1.7	40	1.0268	36747
1p	(C)(LT)	-1.7	40	1.0265	36084
3s	(C)(LT)	-1.7	35	1.0265	36287
3p	(C)(LT)	-1.6	40	1.0267	36694
6s	(C)(LT)	-1.7	40	1.0280	38380
6p	(C)(T)(S)	-1.8	50	1.0328	41783
7s	(C)(LT)	-1.7	40	1.0265	36177
7p	(C)(LT)	-1.7	40	1.0268	36885
9s	(C)(LT)	-1.8	40	1.0290	39009
9p	(C)(LT)	-1.7	45	1.0279	37982
12s	(C)(LT)	-1.7	40	1.0296	39703
12p	(C)(LT)	-1.7	50	1.0289	38889
15s	(C)(LT)	-1.6	40	1.0311	41387
15p	(C)(LT)	-1.5	40	1.0296	39800
17s	(C)(LT)	-1.7	35	1.0267	36746
17p	(C)(LT)	-1.7	40	1.0279	37953



Referencias:

- (C) : coloreada
- (LT): ligeramente turbia
- (T) : turbia
- (S) : sedimentos

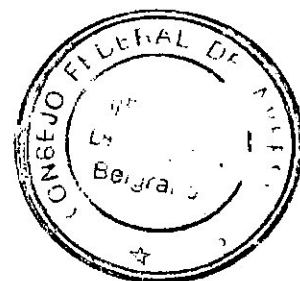


Tabla A-1.1

PARAMETROS ADICIONALES DE CALIDAD DE AGUA

Muestra	Silice [*]	Cobre [*]	Cobalto [*]	Bario [*]	Estroncio [*]	Boro [*]
1s	10	<0.5	<0.1	<0.1	1.1	9.2
1p	12	<0.5	<0.1	<0.1	1.0	8.9
3s	10	<0.5	<0.1	<0.1	1.0	9.5
3p	16	<0.5	<0.1	<0.1	1.2	9.8
6s	8	<0.5	<0.1	<0.1	1.0	9.6
6p	12	<0.5	<0.1	<0.1	1.1	9.3
7s	10	<0.5	<0.1	<0.1	0.8	9.3
7p	14	<0.5	<0.1	<0.1	1.1	9.1
9s	10	<0.5	<0.1	<0.1	1.3	8.7
9p	10	<0.5	<0.1	<0.1	1.2	9.0
12s	12	<0.5	<0.1	<0.1	1.1	9.4
12p	18	<0.5	<0.1	<0.1	1.0	9.6
15s	18	<0.5	<0.1	<0.1	1.4	9.9
15p	16	<0.5	<0.1	<0.1	1.1	9.2
17s	8	<0.5	<0.1	<0.1	0.9	9.8
17p	10	<0.5	<0.1	<0.1	1.2	9.8

Referencias:

- (1) : expresado como Silicio
- [\*] : [mg/l]

A-4) Evaluación de los datos obtenidos

En la Tabla A-2 se presenta la estadística descriptiva de los parámetros determinados.

Tabla A-2

Estadística Descriptiva

<u>PARAMETRO</u>	<u>n</u>	<u><math>\bar{x}</math></u>	<u>s</u>	<u><math>x_{min}</math></u>	<u><math>x_{max}</math></u>	<u>CV</u>
Descenso crioscópico [°C]	16	-1.69	0.072	-1.5	-1.8	0.043
Color [unidades]	16	40.90	4.171	35	50	0.102
Densidad	16	1.0282	$1.86 \times 10^{-3}$	1.0265	1.0328	$1.81 \times 10^{-3}$
Residuo Sólido 180°C [mg/l]	16	38156.6	1816.7	36084	41783	0.048
Silice [mg/l] (*)	16	12.12	3.30	8	18	0.272
Cobre [mg/l]	16	<0.5	0	<0.5	<0.5	0
Cobalto [mg/l]	16	<0.1	0	<0.1	<0.1	0
Bario [mg/l]	16	<0.1	0	<0.1	<0.1	0
Estroncio [mg/l]	16	1.09	0.15	0.8	1.4	0.135
Boro [mg/l]	16	9.38	0.36	8.7	9.9	0.038

(\*) como Silicio

A-5) Consideraciones sobre los parámetros determinados

A-5.1) Presión osmótica

Como se explicó, este parámetro se evaluó indirectamente mediante la determinación del descenso crioscópico.

Al respecto corresponde señalar que se determinaron los puntos de fusión y los de solidificación. Estos últimos presentaron diferencia con los primeros.

La solidificación se produjo a temperaturas menores de -3.5°C. A dichas temperaturas, previo a la solidificación, se verificó una precipitación brusca de sales ( cristalización de sales disueltas ).

Los valores de descenso crioscópico tabulados están calculados en base a los puntos de fusión determinados.

El valor medio de las muestras determinadas resultó igual a -1.69°C. Este valor corresponde a un agua hipertónica.

A-5.2) Residuo sólido (180°C)

El valor medio de este parametro resulto igual a 38156.6 mg/l. Desde el punto de vista de su mineralización el valor anterior corresponde a un agua fuerte ( Residuo > 1500 mg/l ) según se indica en Panorama Hidrotermal Argentino - INCYTH, Dic. 1986.

A-5.3) Cobre

El valor medio correspondiente a las muestras examinadas resultó menor que el límite de detección analítico ( 0.5 mg/l ).

A-5.4) Cobalto

El valor medio correspondiente a las muestras examinadas resultó menor que el límite de detección de la técnica analítica ( 0.1 mg/l ).

A-5.5) Bario

El valor medio correspondiente a las muestras ensayadas resultó menor que el límite de detección analítico ( 0.1 mg/l ).

Las determinaciones analíticas estuvieron a cargo del Ing. Gerardo Arrambide, del Tco. Eduardo Bafaro y de la Lic. Sandra Ortali, de Emisión y Control Laboratorio.

#### Agradecimientos

Se agradece la colaboración prestada para la realización de este trabajo por parte de las autoridades y personal de la Municipalidad de Adolfo Alsina.

Asimismo se agradece la cooperación del personal del Consejo Federal de Inversiones encargado de las tareas de planimetría.

Se manifiesta también el agradecimiento por su colaboración al Ing. Gerardo Arrambide y al Tco. Eduardo Bafaro.