

02741

Ej 2

ATALOGADO

MINERÍA T E A

LEANDRO N. ALEM 424 - OF. 603 - T. E. 31-1433 - BUENOS AIRES

ESTUDIOS INTEGRALES DE RECURSOS NATURALES

EDAFOLOGIA - HIDROGEOLOGIA - GEOLOGIA APLICADA - GEOLOGIA ECONOMICA - PROSPECCION GEOQUIMICA Y GEOFISICA - LABORES DE EXPLORACION



ESTUDIO EDAFOLOGICO E HIDROGEOLOGICO

DE LAS

SIERRAS DE AMBARGASTA Y SUMAMPA

Departamentos OJO DE AGUA y QUEBRACHOS

Provincia de Santiago del Estero

Año 1965

x. 12  
M 19



E S T U D I O

D E   L O S   S U E L O S

D E   L O S   D E P A R T A M E N T O S

O J O   D E   A G U A   Y   Q U E B R A C H O S

Provincia de Santiago del Estero

—oOo—

— — — oOo — — —

Año 1965

## I N D I C E

1.	<u>CARACTERISTICAS GENERALES</u>	
1.1.	Ubicación del área de estudio	1
1.2.	Relieve general de la zona de estudio	2
1.3.	Vegetación natural	3
1.4.	Clima de la zona	6
2.	<u>ESTUDIO DEL SUELO</u>	
2.1.	Geología local	8
2.2.	Características generales de los suelos	9
2.3.	Discusión de los resultados analíticos de los perfiles estudiados	
2.3.1.	Salinidad del perfil	12
2.3.2.	Fertilidad de los suelos	13
2.3.3.	Análisis físico-mecánicos de los suelos	14
2.3.4.	Constantes hídricas del suelo	14
2.4.	Clasificación utilitaria de los suelos	15
2.4.1.	Fundamentación de la clasifica- ción utilitaria	17
3.	<u>USO Y CONSERVACION DEL SUELO</u>	
3.1.	Métodos recomendados para el uso y con- servación de los suelos	18
3.2.	Aprovechamiento del agua de escorrentía para la agricultura y la ganadería	19
4.	<u>CONCLUSIONES</u>	22
5.	<u>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</u>	26

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### MAPAS

- 1.- Clasificación de suelos para riego en base a su capacidad de uso.

### CUADROS

- I - Datos climáticos.
- II - Categorías de suelos.
- III - Análisis químico suelo de Ojo de Agua y alrededores (3 cuadros).
- IV - Análisis de fertilidad.
- V - Análisis mecánico y ó/o de T.F.S.A.
- VI - Cuadro de constantes hídricas de los suelos, localidad "El Arbol".
- VII - Clasificación utilitaria para los suelos de Ojo de Agua y alrededores.
- VIII - PE de los suelos de Ojo de Agua y alrededores.

ESTUDIOS DE LOS SUELOS DE LOS DEPARTAMENTOS OJO DE AGUA Y QUEBRACHOS- PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO.-

El estudio de suelo de los Departamentos Quebrachos y Ojo de Agua, provincia de Santiago del Estero, ha sido realizado con un criterio netamente utilitario basandose especialmente en su capacidad de uso.-

Para la clasificación se ha tomado como guía el "Bureau of Reclamation Manual" Vol V Irrigated Land use. Part. 2 Land classification; en su versión castellana realizada por la División Agronomía del Ministerio de Obras Públicas de la Republica de Venezuela. Por lo tanto esta clasificación esta orientada por normas internacionales que permiten sea integrada en el futuro, en cualquier plan agrícola de crédito de los organismos internacionales de promoción o desarrollo.-

Se adaptaron a las características locales de los suelos, de gran homogeneidad, las recomendaciones sobre densificación de muestras y desarrollo de las tareas de campo del mencionado Manual.-

Fue usada la siguiente relación: Un hoyo de barreno cada 570 has; una calicata para estudio de perfil, obtención de muestras y perforación hasta tres metros, cada 15.000 has.

Se realizaron 193 perforaciones, siete calicatas y siete perforaciones a más de tres metros.-

Una de las calicatas fué usada para determinar las constantes hídricas, las restantes para el análisis químico de los suelos.-

Se usó un plano topografico en escala 1: 100.000 inédito facilitado por el Instituto Nacional de Geología y Minería como base del relevamiento, siendo completado con fotografías aéreas y un plano escala aproximada 1:30.000 producto de la restitución de las mismas.-

Se quiere dejar expresa constancia que para la realización de los estudios de esta especialidad la Empresa contó con el valioso concurso del Ingeniero Agronomo Jorge Chambouleyron que desarrolló toda la tarea de campo y laboratorio.-

I.- CARACTERISTICAS GENERALES

1.1. Ubicación del área de estudio

El área estudiada se encuentra ubicada en la parte Sudeste de la provincia de Santiago del Estero, entre los paralelos 29° 40' - 29° 05' y los meridianos 63° 20' - 64° 05' delimitando una superficie total de 415.000

ha; una parte de esa superficie se está estudiando en su aspecto geológico económico y el resto, aproximadamente 128.000 ha, estudiados desde el punto de vista de la posible utilización agrícola bajo riego compensatorio.-

La zona objeto del presente estudio, está encuadrada dentro de los siguientes límites; al Sud limita con la provincia de Córdoba; al Este con una línea cercana al río Dulce; al Oeste con las Salinas Grandes y al Norte con una línea que, partiendo desde el río Dulce, pasa por la localidad de Uritu Huasi y llega hasta el borde de las Salinas Grandes.-

El área de estudio agrícola, forma una cuña que partiendo desde un punto cercano a Ojo de Agua, se abre hacia el Noroeste llegando hasta el paraje denominado Las Chacras; hacia el Noroeste, sigue en forma paralela a la ruta panamericana hasta el Cerrito. Esta zona cubre un valle delimitado al Oeste por la sierra de Ambargasta y al Este por la sierra de Sumampa, las que se unen al Sud en las proximidades de Ojo de Agua.-

Una segunda zona con aptitudes agrícolas coincide con el valle longitudinal comprendido entre la Sierra de Sumampa y la pequeña cerrillada, a veces interrumpida por llanos, que se levanta al Este de las estaciones de Sumampa y Ramírez de Velasco. En el extremo Norte, el referido valle tiene aproximadamente unos 10 km. de ancho mientras que hacia el Sud se estrecha hasta reducirse a 3-4 km. Su longitud se aproxima a los 60 km.

Otras áreas de interés para este estudio se encuentra ubicada al Oeste de la sierra de Ambargasta y está formada por una pequeña llanura pedemontana con caída al Oeste, limitadas en ese mismo rumbo por las vías del ferrocarril, entre las estaciones Km 88 y Km 96. Al Sud de la zona de estudio, entre Los Algarrobos y el límite con la provincia de Córdoba, se encuentra otra pequeña área que también fue reconocida.-

### 1.2. Relieve general de la zona de estudio

Se puede decir que en general, el 69% de la superficie de estudio, está formada por serranías y por lo tanto ofrece suelos sin ninguna aptitud para el riego y el 31% restante está formado por suelos con buena aptitud para el cultivo bajo riego.-

Toda la zona estaría dividida en tres sectores bien netos; el primero o sea el occidental, situado al oeste de la sierra de Ambargasta con pendientes en ese sentido; está disminuyen a medida que se acercan a las

salinas y por el contrario se hacen mayores a medida que se aproximan a la serranía.-

El segundo sector, situado entre la sierra de Ambargasta y la de Sumampa, con forma de un gran triángulo, tendría el aspecto de una gran llanura cortada en diferentes puntos por arroyos secos y por depresiones topográficas, pero en general con líneas de mayor gradiente en dirección Sudeste-Noreste. Es en esta dirección en la que el terreno experimenta una pendiente general de aproximadamente  $-0,8\%$  ya que en 42 km baja aproximadamente unos 300 m. Esta llanura, si bien en general se la puede denominar así, está interrumpida en el sector Norte por una cadena de sierras con afloramiento de la roca madre en la localidad llamada "El Cerro", así como un poco más al Oeste por una elevación en el punto llamado "La Primavera", por lo tanto no responde a la primera impresión de que se trata de una llanura ininterrumpida de 42 km. de longitud.

El tercer sector de importancia, desde el punto de vista de la posibilidad de riego, es el que queda al Este de la sierra de Sumampa. Si bien es un valle relativamente angosto su longitud de 60 km. le confiere importancia por la superficie que representa. Esta zona contrariamente a la anterior, esta zona cuenta con sectores de pendiente muy leve como la ubicada al Norte de Ramírez de Velazco, y por otros sectores en donde la pendiente se agudiza. Esto, como es lógico, se produce en los lugares en que la sierra avanza sobre el llano.-

En general, sin embargo, se puede decir que en este tercer sector las pendientes llevan una dirección Oeste-Este, o sea desde la sierra de Sumampa hacia el río Dulce. En dos partes de la misma, esta pendiente general está interrumpida por dos formaciones serranas de pequeña elevación: una frente a Ramírez de Velazco y otra frente a Sumampa, pero salvados estos accidentes topográficos la pendiente sigue con un rumbo general como una gran llanura en dirección Este-Noreste.-

### 1.3. Vegetación natural

Como la zona que interesa desde el punto de vista del estudio agro-hidrológico corresponde el ambiente de llanura, en adelante se hará referencia solamente a la superficie de 128000 ha. que la representa.

Este lugar está ubicado desde el punto de vista fitogeo-

gráfico en la zona del monte, por lo tanto las especies aquí encontradas son las típicas de esa región y confirman su clasificación.

Como un estudio de suelos está íntimamente ligado a la vegetación que se encuentra sobre él, porque en un sentido ésta es factor modificante y como así también la explotación que de ella se haga actúa sobre las características del suelo, es que se tuvo especial cuidado en hacer un relevamiento de la vegetación existente en la llanura, así como su estado de crecimiento y desarrollo.-

En general, se puede decir que la vegetación autóctona de la zona está completamente degradada. La explotación irracional de los bosques así como también la transformación en carbón de otras especies útiles, ha incidido para que lo que antaño eran bosques en este momento sean apenas matorrales. A no hay que añadir la influencia del ganado, ya sea bovino, ovino o caprino y la subdivisión excesiva de la propiedad, en otros casos, que han sido factores coadyuvantes para que la vegetación autóctona útil, se haya perdido y que otras especies improductivas hayan invadido el suelo.-

Es por eso que en este momento si bien la zona se encuentra situada en lo que fitogeográficamente se denomina zona del monte, en realidad las especies que han definido esa acepción, no se encuentran, y si aparecen, están tan lejos de los caminos y de la densidad primitiva que es difícil su localización.-

Entre las especies más importantes se pueden mencionar:

Bosque

Quebracho blanco	Aspidosperma Quebracho blanco
" colorado	Schinopsis Lorentizii
Algarrobo negro	Erosopia nigra
" blanco	" alba
Mistol	Ziziphus mistol
Alpataco	Prosopis alpataco
Tintitago	" torquata
Chañar	Geofroea decorticans
Vinal	Prosopis ruscifolia

Matorral

Brea	Cercidium praecox
------	-------------------



Garabato	<i>Acacia praecox</i>
Sombra de toro	<i>Yedina rhombifolia</i>
Atamisqui	<i>Atamisquea emarginata</i>
Espinillo	<i>Acacia praecox</i>
Cardones	<i>Cereus coryne</i>
Ucle	<i>Cereus validus</i>
Cactáceas	<i>Oputia pampeana</i> - <i>O. kirkaloro</i>
Cholos	<i>Trichocereus lamprochlorus</i>
Quimiles	<i>Oputia quimilo</i>
Chaguar	<i>Bromelia hieronymi</i>
Chaguarillo	<i>Deina carthou urbanianum</i>
<u>Gramíneas</u> (recurso forrajero)	
Pasto blanco	<i>Setaria argentina</i>
" colorado	<i>Gouinia paraguariensis</i>
Simbol	<i>Penisetum prutescens</i>
Pasto crespo	<i>Trichloris orinita</i>
Sorguillo	<i>Gouinia latifolia</i>

El proceso que ha seguido la degradación del monte chagueno es muy claro y ha sido explicado por diferentes autores para distintos lugares del país, ya que, por supuesto, ésta no es la única parte en donde el hombre equivocadamente ha usado los recursos que el suelo y la naturaleza le brindó, en vez de aprovecharlos en forma inteligente.-

En primer lugar, un factor de importancia fué la destrucción del bosque. El matorral que hoy invade el campo no se encontraba por efecto de la competencia, por lo que la masa forestal y las pasturas eran más abundantes. Al talarse el bosque, la eficiencia de la lluvia caída, cambió por efecto de que los miles de pequeños diques interpuestos a su paso, desaparecieron y por lo tanto disminuyó el agua de infiltración, desaparecieron las vertientes, y aumentó considerablemente el agua de escorrentía, aumentado también en forma alarmante la erosión del suelo.-

La desaparición del bosque trajo consigo el crecimiento de especies de mediana altura, clasificadas como matorral; como muchas de ellas fueron usadas como recurso para la fabricación del carbón y por ello no han proliferado, lo hicieron en cambio aquellas que no tenían ningún uso, ni forestal, ni industrial, ni ganadero, como la jarilla, los cardones,

los cactus, la brea, y tantos otros que en este momento se encuentran en el campo. La proliferación de estas especies es en este momento intensa en algunos sectores, invadiendo prácticamente toda la superficie; no solamente es perjudicial porque quita posibilidades a plantas útiles, sino que compite en el consumo de la humedad del suelo con el resto de las plantas existentes. Además la lucha es desigual, pues mientras las gramíneas deben buscar agua y además resistir al embate del ganado, el resto de la flora debe solamente subsistir pues no es aprovechado como alimento, ni tiene interés industrial.-

De esta manera la vegetación autóctona arbórea ha sido reemplazada poco a poco por el matorral improductivo. Es importante también dejar sentado que la excesiva densidad de animales a campo, ha incidido para que esta situación se agrave; el pastoreo intensivo deja zonas descubiertas de hierbas y los suelos son fácilmente erodados por las lluvias torrenciales del verano; además no hay sectores en donde la flora se pueda reproducir o formar sementeras, pues el ganado tiene acceso a todas partes.-

Se ha podido observar en las zonas con grandes estancias, que los campos presentan lugares en donde el renoval de quebracho blanco es muy común; no sucede así en los lugares en que debido a la subdivisión excesiva de la tierra, existen pequeñas parcelas que están recargadas de hacienda, en especial caprinos, que talan una gran cantidad de especies, dejando el suelo limpio. Con respecto al renoval de quebracho Colorado se puede decir que prácticamente no existe. Esto es debido, a que los brotes tiernos del mismo son palatables y es un recurso forrajero de la zona, -- siendo comido por el ganado, en épocas de escasez. En los períodos de grandes sequías, los puesteros talan quebrachos colorados que sirven como recurso de pastoreo. Esta mala política ganadera conservacionista, es la que está acabando con los bosques y con la fertilidad del suelo, por efecto de la excesiva escorrentía y la erosión que está trae aparejado.-

#### 1.4. Clima de la zona

Como toda zona de país que se encuentra al Norte del río Colorado, este lugar tiene presencia de lluvias de importancia en el verano, las que comienzan en el mes de octubre y terminan en el mes de mayo. Las precipitaciones invernales son reducidas, correspondiendo por esta ra-



zón , al régimen de precipitaciones de tipo monzónico. Según un registro de 45 años que va del año 1904 a 1959, la zona tiene un promedio de precipitaciones que llega a los 590 mm., con años cercanos a los 900 mm. y otros que bajan a los 400 mm.; la máxima precipitación se registra en los meses de enero y febrero y en algunos años en el mes de marzo.-

Otras de las características de las precipitaciones, además de estar distribuidas en ese período del año, es que son de tipo torrencial, lo que resulta característico en zonas desérticas cálidas como la zona que nos ocupa con gran intensidad de precipitación en pocos minutos. Un ejemplo lo puede dar la copiosa lluvia caída en el mes de febrero de 1963: 245 mm. entre las 14 y las 17 horas.-

Sin lugar a dudas, la gran intensidad de precipitación en suelos de textura franco-arenosa como los que nos ocupan, resultan de gran peligrosidad, pues si no está suficientemente cubierto con vegetación la erosión puede llegar a causar grandes daños por el transporte de grandes cantidades de suelo.-

Las temperaturas media anual para esa región es de 20°C. la frecuencia de heladas se produce en los meses de mayo, junio, julio, agosto y setiembre. La velocidad media del viento en el año es de 8 km por hora.-

En base a un registro de 10 años de observaciones, suministrado por la secretaria de Aeronáutica, se han obtenido los datos climáticos. Con ellos se determinan más adelante las necesidades de riego para los cultivos, como así también, en base al índice climático de Thornthwaite, se ubica climatológicamente a la región que nos ocupa.-

El índice climático de Thornthwaite se basa en los datos de temperatura y de precipitación. Con ellos se hacen dos relaciones; la relación mensual de humedad efectiva (P/E) y la relación mensual de temperatura eficiente (T/E). Las ecuaciones respectivas son las siguientes:

$$P/E = 1,64 \left( \frac{p}{T + 12,2} \right)^{10/9}$$

Relación mensual de humedad efectiva (precipitación sobre temperatura).

$$T/E = \frac{9 \cdot T}{20}$$

Relación mensual de temperatura eficiente (datos de temperatura media mensual).-

Los datos deducidos con estas ecuaciones mes por mes, se

suman, obteniéndose los valores anuales; con ello se encontró la ecuación que define el clima del lugar. La primera ecuación dió un valor igual a 29, lo que sitúa al lugar como SECO; la ecuación T/E dió un valor de 113,2 situando la zona en estudio con un clima SEMICALIDO. La fórmula climática que correspondería a la región sería la siguiente:

D (p.i.o.) B' b'

Lo que significa: D = clima seco; p = primavera seca; i = invierno seco; o = otoño seco; B' = semicalido, con invierno benigno y b' =, concentración término en verano.-

Los datos mensuales de temperatura, lluvias y los dos índices figuran en la tabla I.-

## 2.- ESTUDIO DEL SUELO

### 2.2. Geología local

La zona de estudio está ubicada en el centro de una serranía baja que corresponde al extremo septentrional de las sierras de Córdoba.-

Esta serranía está constituida por basamento cristalino en el que la erosión ha elaborado un paisaje de formas suaves, especialmente hacia el norte, en donde esas ondulaciones se transforman en llanura. En este ambiente, el granito aflora con frecuencia estando cubierto en algunos lugares, por un manto de suelo desarrollado en un material de acarreo aluvio-lacustre, oscilando su profundidad entre los 0,50 y los 7 metros.-

La roca es un granito de cristales bien desarrollados, ligeramente rosado y muy diaclasado. Presenta en algunas zonas una alteración profunda, que se acentúa en los bajos y donde la fisuración del mismo es más intensa. Esporádicamente aparecen incluidos en el granito trozos de distintos tamaños de esquistos cuarzo-micáceos. Estos últimos representan inclusiones de poca importancia, que constituyen el resto del techo del antiguo basamento. Es interesante señalar que, debido a que todos los suelos tienen el mismo origen geológico, acusan homogeneidad en el perfil, que se observa muy bien en las perforaciones de la labor de campo. La zona en donde se encontró una pequeña variación de textura, haciéndose más fina y en vez de franco-arenosa se transformó en limosa, corresponde al lugar cercano al pueble de Sol de Julio, en donde el origen de los sue-

los responde a areniscas cuarcíferas y gneises.

## 2.2. Características generales de los suelos

Como se dijo anteriormente, la uniformidad de textura y perfil es típica en la zona de estudio; esto es debido a que el material primitivo de la formación aluvio-lacustre, tiene el mismo origen geológico.-

Desde el punto de vista de la presencia o no del cal en el perfil, los suelos de "Ojo de Agua" y alrededores, se pueden calificar como "Pedocales", o sea suelos en los que el perfil presenta acumulaciones del calcio. Además se los puede ubicar entre los suelos pardos de desierto, por el tenor elevado de materia orgánica, así como las características generales del perfil que éstos tienen. Si bien son suelos de zona seca, la precipitación de 590 mm. es una cantidad suficiente como para determinar la acumulación de materia orgánica en el perfil.-

Los perfiles analizados presentan todos las mismas características variando fundamentalmente en ellos la profundidad. Se procederá a hacer la descripción de un perfil tipo, en la seguridad de que este se puede generalizar para el resto.-

En las calicatas realizadas, así como en el resto de las perforaciones, se pusieron de manifiesto tres horizontes perfectamente definidos, uno A, uno B, y otro C.-

El horizonte A o superficial, es normalmente bien definido, en suelos de una profundidad mayor de los 0.90 m. y en donde se encuentran todos los horizontes mencionados. Este horizonte A, tiene entre 0,40 a 0,50 m. de profundidad; su límite inferior es muy neto y por lo general determina una zona de transición que es perfectamente visible. Presenta un color pardo oscuro, por la presencia de materia orgánica. Dicho color, como es natural, sufre una disminución en intensidad a medida que se profundiza, hasta llegar al límite con el B. En su parte superior y limitando con la atmósfera es posible localizar una capa A, en donde la materia orgánica está en descomposición; luego le sigue más abajo una capa A<sub>1</sub>, en donde es evidente la presencia de la materia orgánica mezclada ya con el material mineral del suelo. La textura observada en este primer horizonte, fue pareja desde su superficie hasta el límite con el B., siendo de características franco-arenosa. Se corroboró por los análisis mecáni-

cos y por medio del triángulo de texturas (ver planilla analítica).-

Con respecto a coherencia y capacidad de laboreo, se puede decir que este primer horizonte presenta en algunos casos una coherencia mediana y en otros una coherencia moderadamente consistente, pero en todos los casos evidencia una muy buena capacidad de laboreo.-

En ningún momento se encontró en este horizonte, presencia de calcáreo ni yeso, dando la impresión de ser éste un horizonte de eluviación, en el que por la presencia del agua se ha producido una migración de elementos minerales hacia el horizonte B, presunción que fué confirmada luego por los análisis. Con respecto a la estructura del suelo, se puso de manifiesto en la mayoría de los perfiles estudiados, una estructura bloquiforme, aunque también fue común observar estructuras granulares.-

Se observó la presencia de abundantes raíces, en especial finas, pertenecientes a plantas fograjas, así como raíces de mayor tamaño, pertenecientes al resto de la vegetación arbustiva del lugar.-

No se pusieron de manifiesto moteados en el color del suelo, pero en cambio es de importancia la cantidad de poros observados, lo que indica un suelo perfectamente aireado.-

Fue común observar en todos los perfiles estudiados la presencia de un esqueleto grueso de diferentes dimensiones, integrado por arena gruesa o grava que está distribuida uniformemente en el perfil y proviene del material originario de estos suelos, el granito; no sólo es común observarlo en el perfil propiamente dicho, sino que es también común su presencia en la superficie, en especial cuando el suelo está erosionado y el viento o la lluvia han eliminado la parte fina del mismo. Queda ahí entonces la grava, poniéndose de manifiesto en forma de pequeñas manchas.

El horizonte B, por el contrario, presenta características diferentes al A. Estas son más evidentes, especialmente en lo que respecta al color; en el B el color es pardo claro, debido a la ausencia de materia orgánica.-

La profundidad de éste segundo horizonte es de 0,50 a 0,60 m. y tiene en su borde inferior un límite neto con el horizonte C, en donde cambia el color. El material originario de éste banco, es el mismo - que el del anterior, y al igual que en el otro, no existen moteados. La tex-

tura continúa en profundidad con las mismas características que en la parte superficial, entrando en el triángulo de texturas, en base a los datos de los análisis mecánicos, como franco-arenosa (ver los resultados analíticos). En este segundo horizonte el suelo no tiene estructura, y por lo mismo, debido al grado de sequedad, se mostró como muy poco coherente, aunque conservando la capacidad de laboreo. La presencia del esqueleto grueso o grava, prosigue en este horizonte, variando su cantidad según el lugar; así tenemos que es abundante en Yamapampa y por el contrario casi no existe en Sol de Julio. La presencia de concreciones no fue detectada. Es interesante acotar que este horizonte es depósito de las sales que han migrado del A por efecto de la precipitación y por lo tanto le corresponde el nombre de horizonte iluvial. Confirman esta tesis los resultados analíticos que indican una acumulación de sales en la parte inferior de este horizonte, así como en el C. La presencia de raíces es común en algunos lugares mientras que en otros no aparecen. Así son comunes en los perfiles de Yamapampa o del Sol de Julio, mientras que no lo son en la calicata situada camino a El Arbol, en esta profundidad. Ello se debe a la gran concentración salina en este último lugar.

Por último se encuentra el horizonte C, que es el que está cercano a la roca madre; éste presenta variación con los anteriores en lo que respecta al color. Así, es común observar colores ocres claros u ocres rojizos que determinan la presencia de esta capa. No existe en ella el moteado. La textura sigue siendo franco-arenosa, aunque en algunos lugares aumenta la fracción arena gruesa y hay presencia de roca disgregada, como fragmentos poco rodados e pedregullo chico. No se observa estructura.

La profundidad de este horizonte varía entre algunos centímetros, en los suelos superficiales, a varios metros en los profundos. Es un horizonte poco coherente, especialmente estando seco; es poroso y se observa en el mismo la presencia de raíces, aunque en algunos perfiles como el de la Isla se encontraron raíces de árboles de gran tamaño. Esto está relacionado con el bajo tenor de sales en profundidad, de los suelos de ese lugar.

Es interesante dejar constancia que en ninguna de las 193 perforaciones de barreno realizadas, así como en ninguna de las calicatas, se encontraron signos de presencia de freática cercana a la super-

ficie, ni tampoco evidencias de presencia de agua que circunstancialmente se localizara a profundidades negativas para el desarrollo vegetal, lo que indica, sin lugar a dudas, que el drenaje en la zona no está impedido y no tiene importancia su mención en la clasificación utilitaria.

Fue común observar en los suelos superficiales la presencia en profundidad, horizonte C, de rocas cementadas con calcáreo; esto quedó corroborado con los análisis de suelos. Además se debe recordar que el suelo no pasa de una textura franco arenosa a la presencia de la roca. El pasaje es gradual, aumentando en profundidad el material rocoso disgregado, de diferente tamaño, lo que le da al perfil las características de drenabilidad anteriormente mencionadas.-

### 2.3. Discusión de los resultados analíticos de los perfiles estudiados

#### 2.3.1. Salinidad del perfil

El estudio de los análisis de salinidad realizados, indica que en general el perfil de los suelos de la zona tiene tenores de sal, que en algunos casos se les puede, considerar como excesivos.

Teniendo en cuenta la clasificación de Riverside y considerando los resultados logrados en el estudio, los suelos presentes en la zona estarían, en su mayoría, encuadrados dentro de la clasificación de Sódico Salinas, porque la conductividad del extracto a saturación es mayor de 4 milimohs, y porque el "Porcentaje de sodio Intercambiable" P.S.I. es mayor de 15.

Observando la planilla de los datos analíticos se ve, que en general, lo dicho anteriormente no se cumple para la parte superficial del suelo, o sea que el primer metro del mismo estaría libre de sales y el P.S.I. sería bajo sin excepción; solamente en una muestra alcanza 8.230 mmohs, pasando el límite tolerable por las plantas cultivadas, que indica la clasificación de Riverside. Sin lugar a dudas, la salinidad del perfil proviene de la misma roca descompuesta. Como en la zona las precipitaciones son bajas, el agua caída solóha lavado la parte superficial del suelo o sea el primer metro, acumulándose gran parte de las sales en las capas u horizontes inferiores, tal como se mencionó en el punto anterior. Teniendo en cuenta los valores de peso específico aparente para ese suelo, así como las constantes hídricas obtenidas, para llevar a ese suelo de coeficiente de marchitez a capacidad de campo, en un metro de suelo



se necesitan 126 mm. de altura de agua. Si se considera que el mes de mayor precipitación promedio es enero y que en ese lapso el agua caída no sobrepasa los 100 mm., se comprende el porque de la acumulación de sales en el perfil, entre los 0,80 y 1,00 m. de profundidad. Dicho en otros términos el agua caída no alcanza a lavar completamente la totalidad del perfil del suelo. En general, las sales que se encuentran en forma predominante, son los sulfatos de sodio y de calcio y en forma ocasional cloruros de sodio y de calcio, todas ellas como sales solubles. En los suelos en que el P.S.I. es elevado, existe, sin lugar a dudas, el catión sodio en elevada proporción en el extracto de saturación, con respecto a los demás cationes.-

Pese a que a primera vista y en general los valores encontrados son elevados y colocan al suelo de la región en la clasificación de sódico salino, se puede decir que la salinidad del mismo no es peligrosa, porque son suelos que tienen libre drenaje y además la capa freática no se encuentra cercana a la superficie. En esas condiciones, el suelo está provisto de una lámina de agua capaz, de lavarlo y provocar la eliminación del exceso salino. Lo expuesto quedaría demostrado por la lixiviación producida por la escasa agua de lluvia que atraviesa el perfil y que ha lavado las sales del primer horizonte.-

A pesar de los altos valores en sales registrados en los horizontes inferiores del perfil, la fácil drenabilidad del suelo y las posibilidades de su fácil recuperación sin costos adicionales elevados, han permitido establecer que la salinidad no es un factor modificante de la categoría primitiva del suelo.-

Corroborar la apreciación de la no contaminación salina superficial, el hecho de que la flora existente en el lugar de estudio no corresponde a suelos salinos, ya que la misma solo se encuentra en pequeñas áreas próximas al río Dulce, y otras cercanas a las Salinas, Grandes, otra característica es la concentración salina en profundidad, que hace que la mayoría de las aguas subterráneas de las zonas llanas sean salobres y muy duras.-

### 2.3.2. Fertilidad de los suelos

Para la evaluación de la fertilidad de los suelos, se consideró solamente la porción superficial de los mismos, en profundidades

no superiores a los 0,50 m. ya que en ese espesores donde la actividad radicular, microbiana y de intercambio del suelo es más intensa.-

Se analizó nitrógeno, fósforo y potasio, Como los suelos son de zonas desérticas, se usaron para su análisis así como para su interpretación, métodos analíticos apropiados para zonas secas. En general se puede decir que los valores de fertilidad encontrados son elevados, ya sea para el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Tomando como valores medios de interpretación para zonas desérticas, los determinados por el Instituto de Suelos y Riego de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N.C., se puede decir que el nitrógeno en todas las muestras supera las 500 partes por millón cifra que de acuerdo con el antes mencionado el Instituto antes mencionado, define suelos mediante provisto. El fósforo supera ampliamente las 50 partes por millón por lo que se considera como suelo bien dotado y el potasio supera también el tenor de 1000 partes por millón, considerado como valor aceptable. Por lo tanto, se puede afirmar que los suelos estudiados están bien dotados de los macronutrientes necesarios para los cultivos y que hasta que no se haga de ellos un uso intenso, no será necesario la adición de fertilizantes ni mejoradores.-

### 2.33. Análisis físico-mecánico del suelo

El análisis mecánico del suelo dió como resultado porcentajes de arena gruesa, arena fina, limo y arcilla, que trasladados al triángulo de texturas, le asigna al mismo características de suelo franco-arenosos, datos que concuerda con las apreciaciones al tacto realizadas en el campo. La variación de elementos finos en los diferentes perfiles estudiados, no fue lo suficientemente grande como para que la clasificación sufriera modificaciones, por lo que se considera que la textura de los perfiles estudiados estaría comprendida en la categoría de franco-arenosa.

### 2.3.4. Constantes hídricas del suelo

Para tener idea de las constantes hídricas de los suelos se realizó en la estancia de la familia González, en "El Arbol", una experiencia de campo que consistió en colocar agua en una parcela, de modo que ésta tuviera una carga constante hasta incorporar una lámina en exceso, para saturar una profundidad de 1,00 m. Una vez transcurridas 48 horas, se sacaron muestras del perfil a diferentes profundidades y en laboratorio se

determinó capacidad de campo y coeficiente de marchitez. Los valores figuran en tabla aparte, determinándose como promedio para ese perfil un valor de 18% para Capacidad de campo y 9% para coeficiente de marchitez dando un valor de humedad disponible del 9%.-

Se ha considerado para ese suelo una infiltración básica de 25 mm/hora, un peso específico aparente de 1,4 y un espacio poroso del 4,5%. Teniendo en cuenta estos datos, se necesitan 126 mm. de altura de agua para llevar el suelo de coeficiente de marchitez a capacidad de campo, o sea reponiendo el 9% de humedad disponible, para un metro de suelo, lo que indica que para 10 cm. son necesarios 12 mm.

Admitiendo que cuando se riega no se espera que el suelo llegue a coeficiente de marchitez para reponerle el agua, sino que se suministra cuando se ha consumido el 60% de la humedad disponible, es necesario reponer en cada riego la cantidad de 76 mm., que corresponde a un volumen de 76- m<sup>3</sup>/ha.

#### 2.4. Clasificación utilitaria de los suelos.-

Para clasificar en base a su capacidad de uso las tierras del área estudiada, se ha tomado como guía el manual Vol. V Irrigated Land Use, Bureau of Reclamation, Departamentos del Interior U.S.A. Traducido por el Ministerio de Obras Públicas de la República de Venezuela, con el nombre de manual de Clasificación de Suelos con Fines de Riego.

El objeto de seguir la obra mencionada, en un estudio de esta clase, fue el de darle a la clasificación una orientación metodológica internacional, para que en cualquier momento pueda ser interpretada por técnicos de diferentes escuelas. Además, la posibilidad de que este estudio pueda integrar un plan general agrícola con solicitudes de créditos a organismos internacionales, hace más importante aún este enfoque.-

La clasificación del suelo en categorías de uso se basa en el estudio de tres puntos importantes: 1o.- El suelo, análisis de la textura, salinidad, profundidad, pedregosidad. 2o.- Topografía, en su doble aspecto de relieve general, pendientes, ondulaciones, serranía y microrelieve, así como con el concepto del aumento de los costos de las obras necesarias para el transporte del agua hasta el lugar. Asimismo, la eficiencia que se logrará en el riego interior de la propiedad, teniendo en cuenta sus desniveles, incrementados por una posible inversión en nive-

laciones, 3°) El cenaje, a medida que se aumentan las dificultades para drenar el exceso de agua del perfil del suelo, se aumentan las inversiones y disminuyen por otro lado los ingresos.

Para realizar este tipo de estudios, el Bureau of Reclamation, da instrucciones con respecto a densificación de muestras y manera de llevar a cabo la labor de campo. Por naturaleza se ha ubicado a este trabajo en la categoría de "Reconocimiento de suelos y clasificación del mismo por su capacidad de uso".-

Para un estudio de esta naturaleza se aconseja las siguientes normas: un hoyo de barreno cada 256 ha; una calicata para toma de muestras y estudio del perfil cada 10.000 ha. y una perforación a tres metros de profundidad cada 10.000 ha; con esta densificación se logra en el trabajo una eficiencia del 75%.

Estas recomendaciones se dan para suelos de heterogeneidad media; para suelos de mayor heterogeneidad se aumenta la densificación y para los más homogéneos se disminuye.-

Teniendo en cuenta los conceptos vertidos anteriormente y luego de llevar a cabo la exploración de casi 50.000 ha., se llegó a la conclusión de que las tierras con aptitudes agrícolas en nuestra zona, debido a una misma formación geológica y a la presencia de materiales madres similares en toda su extensión, poseen suelos de gran homogeneidad.-

Con este antecedente se decidió disminuir la densificación de las perforaciones y la construcción de calicatas para toma de muestras, quedando la siguiente relación final: hoyos de barreno, uno cada 570 ha., calicatas para estudio del perfil y toma de muestras así como perforaciones a tres metros, una cada 15.000 ha., Al finalizar la labor de campo se había realizado 193 perforaciones, 7 calicatas y 7 perforaciones -- a más de tres metros. (seis calicatas para análisis químico y una para determinación de las constantes hídricas).-

Luego de elaborar el plano de los suelos en base a clases de uso, se han definido las siguientes superficies por categorías: - 1ra. categoría 49.800 ha; 2da. categoría 50.430 ha; 3ra. categoría 28.100 ha. A estas clases se las considera tierras arables, mientras que a las categorías 4ta. 5ta. y 6ta. se las considera no arables y se las agrupa en una misma categoría, sumando una superficie total de 286.670 ha. La superficie total de tierras arables suma 128.330 ha. siendo apenas un 31% del total

El plano adjunto muestra la labor de clasificación desarrollada. Se han ubicado en forma exacta los lugares de toma de muestras, las calicatas, así como también se han colocado todos los caminos y lugares que no figuraban en los planos existentes. La escala del trabajo fué la de 1:100.000, y en su confección se usó como complemento fotografía aérea en escala 1:30.000 y planos realizados en base a las mismas fotografías.-

#### 2.4.1. Fundamentación de la clasificación utilitaria?

Se dijo anteriormente que la base de la clasificación utilitaria residía en tres puntos: suelo, topografía y drenaje. En nuestro caso se ha basado en suelo, topografía, relieve y erosión, ya que debido a las condiciones de perfil y de formación geológica, en ningún momento se comprobó que los suelos tuvieran drenaje impedido. Estos cuatro elementos que definen la categoría, pueden estar afectados por subdivisiones que rebajan o elevan las posibilidades de ubicarlo en una u otra clase de suelo.-

De esta manera, el suelo está definido por textura, -- profundidad, y salinidad (colocándose con las letras St, Sp, Ss).- Las limitaciones con respecto a la profundidad son las siguientes: como el suelo no tiene en profundidad elementos de rápida permeabilidad, como puede ser canto rodado, sino roca disgregada en la mayoría de los casos, las profundidades límites fijadas fueron: para 1ra. Categoría: 1,35 m, para 2da. categoría: 1,10 m y para 3ra. categoría: 0,90 m. Con respecto a la textura, debe ser franco-arcilloso friable o franco-arenoso. Y con respecto a la salinidad, se considera que un suelo de 1ra. categoría no debe tener un pH mayor de 9, así como sales en un porcentaje no mayor del 0,2; la conductividad del extracto no mayor a 4 milimhos, pudiendo ser mayor en suelos profundos permeables y bajo buenas condiciones de drenaje. (ver planilla adjunta de resumen de categorías de suelos).-

Pendientes o topografía: como la zona tiene suelo franco-arenoso y un gran porcentaje de su superficie posee relieve ondulado, hay grandes posibilidades de erosión hídrica, por efectos de que las precipitaciones son torrenciales. Esta circunstancia llevó a reconsiderar pendientes y ser más estricto en las categorías, determinándose para las mismas las siguientes escalas: 1ra. categoría: casi plano, pendientes desde 0 a 0,1%; 2da. categoría, ligeramente ondulado, pendientes desde 1 al

C U A D R O II

C A T E G O R I A S D E S U E L O S

C A R A C T E R I S T I C A

I

II

III

IV a VI

S U E L O S

T E X T U R A

Franco arenoso.  
Franco arcilloso friable

Arenoso franco o arcilloso  
muy permeable

Arenoso franco o arcilloso  
permeable

Arenoso franco o  
arcilloso c/piedras  
de 7,5 cm de Ø

P R O F U N D I D A D  
a la capa de  
roca

1,35 m  
Con una capa de grava de  
15 cm sobre la roca

1,10 m  
Con una capa de grava de  
15 cm sobre roca

0,90 m  
Con una capa de grava de  
15 cm sobre roca.

menos

A L C A L I N I D A D

PH menos de 9, sodio  
cambiable bajo.

PH menos de 9, sodio  
cambiable bajo

PH mayor de 9, sodio  
cambiable mayor 10%

PH mayor de 9, sodio  
mayor 15 intercam-  
biable.

S A L I N I D A D

Sales totales no mayor  
del 2% 4 m ohms o mayor  
si hay gran permeabilidad

Sales totales no mayor  
del 0,5% 8 m ohms o ma-  
yor si hay permeabilidad

Sales totales no mayor  
del 0,5% 8 m ohms o me-  
nor si hay permeabilidad

Pueden exceder de 0,5  
% de sales totales  
bajo conduc. que per-  
miten el lav. periód.

P E N D I E N T E S

Casi plano 0,1 %

Ligeramente ondulado  
1-3 %

Moderadamente ond. 3-7%

Fuertemente ond.  
+ 7 %

T O P O G R A F I A

R E L I E V E G R A L.

Llano

Semi ondulado

Ondulado

Serranía

H I D R I C A

Sin erosión o ligera

Moderada

Severa

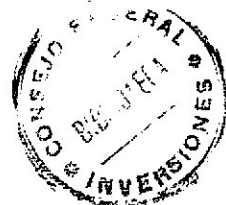
Muy severa

E R O S I O N

C U A D R O I

DATOS CLIMATICOS DE "OJO DE AGUA" Y ALREDEDORES  
TEMPERATURA MEDIA ANUAL 20° FRECUENCIA DE HELADAS:  
MESES DE MAYO, JUNIO, JULIO, AGOSTO, SETIEMBRE  
VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO EN EL AÑO 8 KM/HORA; LATITUD 29°

M E S E S	pp. media	Temp. media	P/E	T/E
enero	99,4	27,8	4,13	12,5
febrero	84,8	26,9	3,85	12,2
marzo	88,3	23,4	4,91	10,5
abril	47,8	20,4	2,5	9,15
mayo	24,3	17,0	1,34	7,7
junio	10,4	14,1	0,59	6,35
julio	8,2	13,6	0,46	6,1
agosto	4,8	15,5	0,23	7,0
setiembre	18,4	19,1	0,88	8,6
octubre	68,9	21,9	3,57	9,9
noviembre	79,0	24,7	3,86	11,0
diciembre	56,6	27,4	2,44	12,3



3%; 3ra. categoría, moderadamente ondulado, pendientes desde 3 al 7% y 4ta categoría: con pendientes mayores de 7%.-

Relieve: para clasificar en base a relieve se hicieron las siguientes categorías: 1ra. categoría: relieve llano; 2da. categoría: semi ondulada; 3ra. categoría: ondulado y 4ta. categoría: serranía.

Con respecto a la erosión del suelo se tomaron los siguientes índices: 1ra. categoría: sin erosión o ligera; 2da. categoría: erosión moderada; 3ra. categoría: erosión severa y 4ta. a 6ta. categoría: muy severa.-

Teniendo en cuenta estos elementos de juicio se analizó cada perforación en forma individual, complementada por las observaciones de vegetación, erosión y relieve, tomadas en cada punto en el campo. Con ellas se elaboraron planillas de clasificación, las que figuran en hoja aparte, y con estos datos volcados al plano general base, se determinaron las zonas de igual categoría. Es importante dejar constancia de que toda la labor se desarrolló, tuvo como base la fotografía aérea, y que la precisión de los límites de cada categoría están relacionadas con el nivel del trabajo.-

### 3.- USO Y CONSERVACION DEL SUELO

#### 3.1. Métodos recomendados para el uso y conservación de los suelos

La zona en estudio está clasificada como semicálida y seca, pues permanece un largo período sin aportes pluviales de importancia. Sin embargo cuando comienza la época de las lluvias, éstas se presentan en forma torrencial provocando grandes láminas en pocos minutos. Esto trae como consecuencia la acción de la erosión hídrica, en especial en aquellos lugares en que por el excesivo pastoreo o por que se han eliminado los árboles que lo protegían, el suelo ha quedado complementamente desnudo.-

Es importante destacar que los suelos más degradados vistos en la región estudiada son aquellos que han sido intensamente divididos por efecto de la herencia; la subdivisión se debería impedir como primer paso para la defensa del suelo. Las tierras de las zonas áridas no pueden soportar un minifundio y en especial cuando ese minifundio está sobrepastorado con cabras, que no sólo talan los pastos, sino los arbustos, así como el renoval de ciertas especies forestales como el quebracho colorado.-



En una etapa posterior a este estudio, es conveniente que el Estado provincial someta la zona a un estudio completo para determinar cuál es el área más económica de explotación en base a las diferentes actividades a desarrollar con el suelo, ya sea con irrigación o con explotación de secano: una vez realizado ésto impedir por vía legal que las tierras se subdividan sin tener en cuenta el patrón establecido para conservar, dentro de lo que sea posible, la riqueza y la fertilidad del suelo.-

Otro de los factores que intervienen en la degradación y erosión del suelo, está dado por la tala indebida de los árboles forestales. al no llevarse a cabo una política de repoblación forestal, así como por recargar en forma excesiva de hacienda los campos de pastoreo.

Esta situación ha provocado en la zona la desaparición de especies que en otros momentos fueron la principal riqueza de la misma, así como la invasión de los campos de especies indeseables, que no son palatables por ningún ganado y sin embargo determinan una competencia desleal con el agua y con el sol para especies que realmente son útiles. Por este motivo la receptividad de hacienda de los campos ha disminuido sensiblemente y tiende a seguir disminuyendo, si no se adopta una política conservacionista que actúe en forma enérgica.-

En resumen, las medidas conservacionistas que se pueden recomendar en este momento para salvaguardar el suelo son: Impedir por vía legal una subdivisión excesiva de la propiedad que posibilite la formación de minifundios; este tipo de propiedad, basado en los recursos naturales, no puede existir en las zonas áridas a costa de la desertización de las mismas. Otros aspecto a considerar es el aprovechamiento de las pasturas por el ganado. Debe reglamentarse la densidad de animales más conveniente para la zona; una excesiva densidad atenta contra la seguridad de la flora y del suelo. Como último punto, es conveniente dejar sentado que una política de regulación forestal aplicada a la región, tendría benéficos resultados en lo que respecta a la incrementación de la eficiencia de la lluvia y a la disminución de la escorrentía, en salvaguarda de la capa superficial de suelo.-

### 3.2. Aprovechamiento del agua de escorrentía para la agricultura y la ganadería.-

El régimen de lluvias torrenciales imperante en la zona,

determina que al estar el suelo desprovisto de pasturas en la densificación correspondiente y despoblado de especies forestales, gran cantidad de agua que debería infiltrarse y humedecer el suelo, así como formar vertientes, corre por la superficie en forma de torrentes esporádicos. Los pobladores de la región aprovechan esas aguas de escorrentía para cauzarlas y conducir las a pequeñas depresiones en donde las almacenan para uso doméstico y para abrevar el ganado.-

Sin lugar a dudas ésta es una de las principales fuentes de agua para el ganado y para el cultivo de pequeñas huertas caseras. La observación de una gran cantidad de ellas durante el trabajo de campo, ha posibilitado arribar a las siguientes conclusiones: Las represas son de una inmensa utilidad en zonas que como ésta, están sujetas a lluvias torrenciales, pero desgraciadamente las encontradas no están hechas en la forma en que la técnica aconseja para un uso más eficiente y para que ellas cumplan con un mejor cometido.-

Las represas observadas, por lo general son muy poco profundas y por lo tanto tienen una gran superficie de contacto y de evaporación, lo que hace que ninguna de ellas, salvo tres de las visitadas, guarden agua por más de tres a cuatro meses. Están construidas de manera tal que el ganado abreva directamente en la represa, en vez de hacerlo en bebederos especiales puestos fuera del área de la misma, y estar ésta completamente cercada para impedir el acceso de los animales al interior. Estas son fuentes de innumerables contagios para el ganado.-

México, Estados Unidos e Israel nos dan innumerables muestras de como almacenar el agua en represas construidas en el campo y que éstas trabajen con la mayor de las eficiencias. Repasando los conceptos fundamentales que estos países dan para la construcción de las mismas, se puede transcribir lo siguiente: Es conveniente que el Estado tome la responsabilidad de la construcción de las represas, poniendo las máquinas pesadas que para ello se usan; el pago de los servicios se hará en forma proporcional al número de cabezas abrevadas, o en caso contrario podría ser organizado en forma cooperativista por el vecindario. El lugar de emplazamiento debe ser perfectamente estudiado, no sólo por las avenidas en épocas de lluvia, sino por los desagües en épocas de crecida; para ello es necesario el uso de la fotografía aérea. Las represas deben

ser comunitarias y no de pertenencia particular, salvo que el propietario del campo abone la construcción de la misma. En la construcción se debe tener en cuenta la relación, superficie de contacto con profundidad, para que la represa guarde durante mayor tiempo el agua y no se elimine por evaporación. Debe estudiarse un vertedero para que en épocas de abundancia de agua no se rompa la muralla. Deben estar completamente cercadas para evitar que el ganado abrevé directamente en las mismas y dotarlas de un caño de salida para que el agua llegue a los bebederos a los fines de controlar las enfermedades. Es necesario distribuir los bebederos en forma estratégica para poder separar la hacienda. Si se quiere proteger la cuenca de la represa para evitar que el material de arrastre la colmare rápidamente, no deben cortarse los árboles en la cuenca ya que éstos sirven de protección. Evitar, en lo posible, el pastoreo en la cuenca de alimentación de la represa, lo mismo que en la zona del canal de desagüe contrarrestar la erosión. Construir a ciertos intervalos, en el canal colector, pequeños diques de palo a pique para que el agua al llegar a ellos disminuya su velocidad, deposite el material en suspensión y el agua no llegue tan cargada del mismo a la represa.-

La consideración de todos estos principios generales hará que la construcción de las represas esté acompañada por una más alta eficiencia de uso y que el ganado de la región tenga lugares seguros en donde abrevar a salvo de las contaminaciones.-

Es recomendable que la construcción de las mismas esté a cargo de una comisión que tendrá que estar capacitada tanto para el cálculo, como para la ejecución de la obra, así como disponer de la maquinaria necesaria para la construcción y limpieza. Según la Secretaría de Recursos Hidráulicos de México, se necesitan para constituir una brigada de cálculo y construcción de represas los siguientes elementos: Un ingeniero especializado en irrigación; dos tractores Caterpillar D.7 con topadora y pala; Tres camiones de 5 m<sup>3</sup> de capacidad de carga; una camioneta para el servicio del personal y del equipo; dos bombas de tres pulgadas para evacuar el agua y una mezcladora de hormigón; además el personal para el manejo del equipo.-

### CONCLUSIONES

1°.- Sobre un área de aproximadamente 415.000 ha. han sido estudiadas 128.330 ha. para una posible utilización agrícola bajo riego compensatorio.-

2°.- Las 128.330 ha., se distribuyen en cuatro zonas:

a) Una, en forma de cuña, que partiendo de Ojo de Agua se abre hacia el Norte en el valle que forman la Sierra de Ambargasta por el Oeste y la Sierra de Sumampa por el Este.-

b) Otra, a lo largo de la vertiente Este de la Sierra de Sumampa y limitada hacia el Este por una pequeña serranía. Es un valle de 60 km de longitud con un ancho medio, en el Norte, de 10 km. y en el sur de 3 a 4 km.

c) Una pequeña llanura pedemontana con caída al Oeste, limitada por la vía férrea, entre las estaciones del km 88 y km 96 y la sierra de Ambargasta.-

d) Una pequeña área del Sur de la zona estudiada, entre Los Algarrobos y el límite con la provincia de Córdoba.-

3°.- La superficie estudiada está ubicada, desde el punto de vista fitogeográfico, en la zona de monte. La vegetación autóctona ha sido completamente degradada por la explotación irracional del monte y de la ganadería. Como consecuencia fué invadida por especies de mediana altura (matorral) no aprovechables industrialmente.-

4°.- No existe agricultura de significación por las insuficientes -- precipitaciones pluviales. El déficit de agua no puede ser suplido por regadío debido al escaso caudal de los pozos.-

5°.- El clima corresponde a una zona desértica cálida con precipitaciones medias anuales de 590 mm. Las lluvias son torrenciales y se producen en verano. La temperatura media anual es de 20° C; son muy elevadas en verano y ocurren heladas entre los meses de mayo y septiembre. La velocidad media del viento es de 8 km/hora.-

6°.- El suelo es un manto de material eólico y de acarreo aluvio-lacustre, con una potencia que oscila entre 0,50 y 7,00 metros, Tiene gran uniformidad de textura en todo su perfil debido a un mismo origen geológico. A pesar de que se trata de una zona seca, el suelo tiene acumulación de materia orgánica y se lo puede calificar como Pedocal debido a

que su perfil presenta acumulaciones de calcio.-

Las calicatas realizadas pusieron de manifiesto tres horizontes perfectamente definidos:

A.- Superficial. Es neto en suelos de más de 0,90 m. de potencia y en donde se encuentran todos los horizontes mencionados. Tiene entre 0,40 y 0,50 m. de espesor con un límite inferior muy definido. Es de color castaño oscuro, debido a la presencia de materia orgánica, que disminuye en intensidad al profundizar y aproximarse al límite con el horizonte B. Es franco-arenoso con buena capacidad de laboreo.-

B.- Suelo de color castaño claro por ausencia de materia orgánica. Tiene una potencia que oscila entre 0,50 y 0,60 m. con un límite neto con C. Es franco arenoso con capacidad de laboreo. En sus niveles inferiores presenta acumulaciones de sales migradas de A por efecto de las precipitaciones pluviales.-

C.- Cercano a la roca madre. Color ocre claro a ocre rojizo. Textura franco arenosa con presencia de roca disgregada, cantos poco rodados y roca cementada por calcáreo.-

7°.- Según los análisis, estos suelos estarían clasificados como sódico-salinos en su mayoría. Pero desde la superficie hasta los 0,80 m, esta condición no se cumple pues las sales han sido lavadas debido al libre drenaje y a la ausencia de una napa frática cercana. Por lo tanto, las sales son fácilmente lavadas y evacuadas. Ello se ve confirmado por la vegetación existente que no es del tipo de suelos salinos.-

8°.- Los valores de fertilidad, determinados hasta una profundidad de 0,50 m, son elevados tanto para el nitrógeno como para el fósforo y el potasio. Los suelos están dotados de los macronutrientes necesarios para cultivos, no haciendo falta fertilizantes ni mejoradores hasta tanto no se haga un uso intensivo de los mismos.-

9°.- Por su textura los suelos fueron clasificados como franco-arenosos.-

10°.- Las constantes hídricas nos indican que es necesario reponer en cada riego un volumen de 760 m<sup>3</sup> por hectárea.-

11°.- Para la clasificación de suelos en base a su capacidad de uso, se utilizó como guía el "Bureau of Reclamation Manual" que toma los siguientes factores: Suelo, topografía y drenaje. De acuerdo con sus reco-

mendaciones, se realizaron 193 hoyos a barreno o sea uno cada 570 ha. Calicatas para el estudio de perfil y toma de muestras y perforaciones hasta tres metros cada 15.000 ha., lo que arrojó un total de siete calicatas y siete perforaciones realizadas. Una de las calicatas fué usada para la determinación de las constantes hídricas.-

Luego de confeccionado el plano de suelos en base a las clases de uso, se han deducido las siguientes superficies por categoría:

1a. categoría	49,800 ha.
2a. categoría	50,830 ha.
3a. categoría	28,100 ha.

Las tres categorías totalizan 128.330 ha. de tierras arables. Las categorías 4a., 5a. y 6a., se consideran no arables y se agrupan todas como una misma categoría que suma 286.670 ha.

La superficie total de tierras arables es apenas el 31% del total estudiado (aproximadamente 415.000 ha).-

12°.o Dado que estos suelos no tienen drenaje impedido, se han tomado cuatro factores, eliminando el de drenaje. Ellos son: suelo, topografía, relieve y erosión, lo que permite clasificarlos en:

a) Por su profundidad:

- 1a. categoría: 1,35 m.
- 2a. categoría: 1,10 m.
- 3a. categoría: 0,90 m.

b) Por su pendiente:

- 1a. categoría: casi plano, 0% a 1% de pendiente
- 2a. categoría: ligeramente ondulado, 1% a 3% de pendiente
- 3a. categoría: Moderadamente ondulado, 3% a 7% de pendiente
- 4a. categoría: Con pendientes mayores de 7%

c) Por su relieve:

- 1a. categoría: Relieve llano
- 2a. categoría: Semiondulado
- 3a. categoría: Ondulado.
- 4a. categoría: Serranía

d) Por su erosión:

1a. categoría: sin erosión o ligera erosión

2a. categoría: erosión moderada

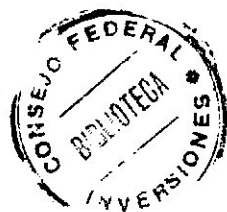
3a. categoría: Erosión severa.

4a. a 6a. categoría: Erosión muy severa.

13°.- El uso indebido del suelo por un intenso pastoreo y la tala de especies forestales sin reposición, unidos al minifundio, atentan contra la conservación del mismo. El Estado debería determinar las áreas a cultivar con irrigación o con explotación de secano e impedir por vía legal la subdivisión de tierras que no se ajusten a un patrón establecido. Resultaría altamente recomendable regular la explotación forestal y reglamentar el pastaje.-

14°.- Se ~~INCREM~~umentaría el aprovechamiento del agua de escorrentía con la construcción planificada de represas profundas y cercadas, con bebederos apropiados, para evitar la propagación de enfermedades (aftosa). Se sugiere la creación de cuadrillas de construcción de represas provistas del material necesario y dirigidas por un técnico capacitado para el cálculo y ejecución de las obras.

Las máquinas y el personal deberán correr por cuenta del estado para la construcción de represas de uso común. Los particulares que soliciten la construcción de represas, correrán con los gastos que la misma demande.-



5.- BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BLANNEY J.J., W.D. CRIDDLE - 1950: Determining water requirement in irrigated areas from climatological and irrigation data. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Technical paper 96. Washington D. C.
- CERSOSIMO J. ALONSO J.: Crecimiento del eucaliptus camaldulensis en la localidad de Fernández, Santiago del Estero. Notas Silvícolas No. 22 Administración Nacional de Bosques.
- FURQUE G. - 1960: Condiciones hidrogeológicas de la Villa "Ojo de Agua". Informe Técnico No. 6. Dirección de Minería y Geología, Buenos Aires.
- FREVAT R.G. SCHWAB 1955: Soil and water Conservation Engineering. John Wiley Sons Inc. New York
- GARDNER LINTON - 1963: La aridez y la agricultura. Capítulo de "El hombre en las tierras áridas". Publicación No. 74 (versión español) American Association for the Advancement of Science. Washington D.C.
- GALLARDO GONZALEZ ALFONSO - 1941: Introducción al Estudio de los Suelos. Banco Nacional de Crédito Agrícola S.A. México
- GIROLA CARLOS - 1910: El cultivo del henequen (agave) Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de La Plata. 7 (dos época) 67-83
- JARAMILLO RIBERTO - 1952: La cabuya (agave) Revista de la Facultad de Agronomía 12 (41) 261-267. Medellín.
- MANUAL DE CLASIFICACION DE TIERRAS CON FINES DE RIEGO: República de Venezuela Ministerio de Obras. Públicas, Dirección de Obras Hidráulicas, División de Agronomía. Traducido de "Bureau of Reclamation Manual" Vol. Irrigated Land Use. Part. 2 Land Classification.-
- MANUAL DE CONSERVACION DE SUELOS: Servicio de lenguas extranjeras. Secretaría de Estado de los Estados Unidos. Washington D.C. Publicación T.C. - 243
- MARTINEZ J.E. GONZALEZ - 1964: Construcción por administración de pequeños almacenamientos para riego y abrevaderos en la región de "Los Altos de Jalisco". II Seminario Latinoamericano de Irrigación, Secretaría de Recursos Hidráulicos, México.
- MORELLO J. SARAVIA TOLEDO - 1959: El bosque Chaqueño. I Paisaje primitivo, paisaje natural y paisaje cultural del oriente de Salta. II La ganadería y el bosque en el oriente de Salta. Revista Agronómica del Noroeste Argentino. Vol. III. Pág 5 a 200. Tucumán.
- RECONOCIMIENTOS EDAFOLOGICOS PARA LA HABILITACION DE TIERRAS - 1954: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma - Italia. Estudios Agropecuarios No. 20
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA - 1962: Diagnóstico y Rehabilitación de



los Suelos Salinos y Sódicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México - Distrito Federal.-

SOIL SURVEY MANUAL: Agriculture Handbook. No. 18 . United States Department of Agriculture.

SUELO Y FLORA - 1963: Serie Evaluación de los Recursos Naturales de la Argentina (Primera etapa) Tomo III. Consejo Federal de Inversiones - Buenos Aires.

VELAZCO MATILDE - 1960: Los aprovechamientos de agua para riego en la región árida de la Argentina. Boletín de Estudios Geográficos - Universidad Nacional de Cuyo.-

C U A D R O III

ANALISIS QUIMICO SUELO DE "OJO DE AGUA" Y ALREDEDORES

S A L I N I D A D

EXTRACTO DE LA PASTA SATURADA

M I L I E Q U I V A L E N T E S P O R L I T R O

REFERENCIAS	N° de Muestra	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	CO <sub>3</sub> H <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K	Suma de iones	Conductividad m ohms 6 a 25° C	P S I
Perf. 41 - 0,00 - 0,60 Yamas Pampa	1	-	5,00	29,55	7,50	11,20	7,15	23,70	42,05	3.360	10
Perf. 41 - 0,60-1,30 Yamas Pampa	2	-	5,00	162,50	82,50	39,25	28,05	182,70	250,00	18.750	31
Perf. 41-1,30-1,50 Yamas Pampa	3	-	5,00	157,65	112,50	29,60	22,95	222,60	275,15	20,150	38
Perf. 65-0,00-0,48 Camino a El Arbol	4	-	7,50	66,50	40,00	53,05	16,30	44,65	114,00	8.230	9
Perf. 65-0,48-0,90 Camino a El Arbol	5	-	7,50	172,35	107,50	49,50	34,15	203,70	287,35	20,150	31
Perf. 65-0,90-1,10 Camino a El Arbol	6	-	5,00	105,90	92,50	33,15	18,85	151,40	203,40	14,654	29
Perf. 70-0,00-0,60 El Cerro	7	-	5,00	4,90	10,00	5,60	2,05	12,25	19,90	790	7
Perf. 70-0,60-1,50 El Cerro	8	-	5,00	44,30	127,50	22,45	9,15	145,20	176,80	12,020	34
Perf. 115-0,00-0,40	9	-	5,00	66,60	12,50	24,50	11,20	48,30	84,00	7.070	13
Perf. 115-0,40-0,90	10	-	7,50	319,15	57,50	34,15	27,55	222,45	284,15	22,400	37
Perf. 115-0,90-1,50	11	-	7,50	258,55	112,50	39,80	38,25	300,50	378,55	27,800	41
Perf. 160-0,00-0,40	12	-	-	-	-	-	-	-	-	4.840	
Perf. 160-0,40-0,90	13	-	5,00	7,40	10,00	11,20	4,60	6,60	22,40	1,755	2





CUADRO IVANALISIS DE FERTILIDAD

MUESTRA YAMASPAMPA	Nitrógeno Total Kieldal en ppm.	Fósforo disponi- ble método Ari- zona P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm	Fósforo disponi- ble Total A. m <sup>o</sup> dif. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm. -	Potasio disponi- ble NO <sub>3</sub> H. N/I K <sub>2</sub> O ppm.
41 - 0,00 - 0,60	812	26,77	92,78	3.177
65 - 0,00 - 0,48 El Arbol	1.554	25,62	93,42	2.259
70 - 0,00 - 0,48 El Cerro	903	25,75	94,68	2.612
115 - 0,00 - 0,40	1.232	62,73	232,05	2.695
160 - 0,00 - 0,40	1.113	25,75	89,25	3.295
174 - 0,00 - 0,40	1.106	32,13	156,82	2.389

FNP

N 500 ppm

K 1.000 ppm

P 50ppm

C U A D R O V

A N A L I S I S M E C A N I C O g % de T.F.S.A.

M U E S T R A	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla
41 - 0,00 - 0,60 Yamaspampa (1)	23,17	40,60	20,53	12,55
174 - 0,00 - 0,40 La Isla (2)	19,08	40,49	22,40	15,95

(1) Franco Arenoso

(2) Franco Arenoso

T.F.S.A. = Tierra Fresca, seca al aire.



C U A D R O VI

CUADRO DE CONSTANTES HIDRICAS

DE LOS SUELOS

LOCALIDAD "EL ARBOL"

	Capacidad de campo	Coefficiente de marchitez
	%	%
0,05	20	10
0,25	20	10
0,50	20	10
0,70	18	9
1,00	13	6
	<u>91</u>	<u>45</u>
	18 %	9 %

Infiltración Básica      25 mm/hora

Espacio poroso      45 %

P.E.A.      1,4 (P.E.A. Peso específico aparente)

$d = 0,09 \cdot 1,4 = 126 \text{ mm.}$       12 mm por c/10 cm

(d= lámina de agua )

C U A D R O VII

CLASIFICACION UTILITARIA PARA LOS SUELOS DE "OJO DE AGUA"  
Y ALREDEDORES

Pozo N°	Prof. y Cat.	Relieve	Pendiente	Erosión	Clase
1	1,00 - IV (1)	Serranía	8 %	Severa	IV Sp. RT
2	1,40 - I	Serranía	2,5 %	"	IV RT
3	1,30 - II	ondulado	2 %	moderada	III RT
4	1,10 - II	llano	1 %	ligera	II Sp.
5	0,65 - IV	llano	1 %	ligera	IV Sp.
6	0,60 - IV	llano	1 %	leve	IV Sp.
7	1,40 - I	ondulado	2%	moderada	II RT.
8	1,40 - I	ondulado	hasta 3 %	moderada	II RT.
9	1,50 - I	llano	1 - 3 %	moderada	II T
10	1,50 - I	llano	mayor 1 %	ligera	I
11	+ 1,50 - I	llano	llano	ligera	I
12	+ 1,50 - I	llano	llano	ligera	I
13	+ 1,50 - I	llano	llano	ligera	I
14	1,50 - I	llano	llano	moderada	I
15		Roca superficial			
16	1 - III	serranía	5 %	severa	IV RT.
17	0,15 - IV	serranía	5 %	severa	IV Sp. RT
18	0,05 - IV	serranía	5 %	severa	IV Sp. RT
19	0,70 - IV	serranía	3 %	severa	IV Sp. RT
20	0,10 - IV	serranía	5 %	severa	IV Sp. RT
21	1,20 - I (1)	serranía	4 %	severa	IV Sp. RT
22	0,10 - IV	serranía	5 %	severa	IV Sp. RT
23	1,20 - II	ondulado	1 - 2 %	moderada	II Sp. RT
24	1,00 - IV (1)	ondulado	1,5 %	mod. a sev.	IV Sp. RT
25	0,70 - IV	accidentado	llano	severa	IV Sp. RT
26	1,90 - III	accidentado	llano	severa	IV R
27	1,000 - III	ondulado	1 %	moderada	III Sp. R
28	0,10 - IV	accidentado	5 %	muy sev.	IV Sp. RT
29	0,40 - II	serranía	5 %	severa	IV Sp. RT
30	0,10 -	accidentado	5 %	severa	IV Sp. RT
31	1,50 - I	ondulado	2 0 + %	moderada	II RT
32	1,40 - I	semi ond.	mayor 1 %	ligera	I
33	1,00 - III	ondulado	4 - 5 %	mod. a sev.	III Sp. RT
34	1,20 - II	ondulado	1 %	ligera	II Sp. RT
35	1,10 - II	ond. suave	1 %	ligera	II Sp.
36	1,35 - I	llano	mayor 1 %	ligera	I
37	1,10 - II	ond. suave	3 %	moderada	II Sp. T

(1) Pozo no representativo.



CUADRO VII

CLASIFICACION UTILITARIA PARA LOS SUELOS DE "OJO DE AGUA"  
Y ALREDEDORES

- 2 -

Pozo N°	Prof. y Cat.	Relieve	Pendiente	Erosión	Clase
38	1,10 - II	serranía	5 %	severa	IV RT
39	1,40 - I	serranía <sup>2</sup>	3 %	moderada	III R.
40	0,10 - IV	serranía	3,5 %	severa	IV Sp RT
41	1,40 - I	ond. suave	1,5 %	ligera	II RT
42	1,40 - I	semi. ond.	2,5 %	ligera	III RT
43	0,70 - IV	semi ond.	5 %	severa	IV Sp RT
44	1,35 - I	llano	1 %	ligera	I
45	0,60 - IV	llano	llano	ligera	IV Sp
46	0,45 - IV	llano	llano	ligera	IV Sp
47	1,10 - I	ond. serr.	2,5 %	severa	IV RT
48	0,35 - IV	ondulado	5 %	severa	IV Sp RT
49	0,80 - IV	queb. accid.	3-4 %	severa	IV Sp RT
50	1,40 - I	lev. ond.	1 %	ligera	I
51	0,80 - II	serranía	5 %	severa	IV Sp. RT
52	0,80 - I	serranía	5 %	severa	IV Sp. RT
53	1,00 - II	serranía	4 %	severa	IV RT
54	1,10 - II	serranía	3 %	moderada	IV RT
55	0,20 - IV	serranía	fuerte	severa	IV Sp. RT
56	1,40 - I	serranía	5 %	moderada	IV RT
57	1,40 - I	ondulado	1 %	ligera	III R
58	0,40 - IV	serranía	3 %	severa	IV Sp. RT
59	1,40 - I	ondulado	1 %	severa	III RT
60	1,40 - I	semi ond.	+ 1 %	ligera	I
61	1,40 - I	llano	+ 1 %	sin	II Ss
62	1,00 - I	ondulado	3-5 %	moderada	III R P
63	0,50 - IV	accidentado	5 %	severa	IV Sp RT
64	0,90 - III	llano	llano	sin	III Sp.
65	1,00 - III	llano	llano	sin	III Sp.
66	1,20 - I	llano	llano	sin	II Sp.
67	1,40 - I	llano	llano	sin	I
68	1,40 - I	llano	llano	ligera	I
69	1,40 - I	llano	llano	ligera	I
70	1,40 - I	llano	llano	sin	I
71	0,30 - IV	serranía	5 %	severa	IV Sp. RT
72	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
73	1,40 - I	llano	ligera	mod. sev.	II RT
74	1,40 - I	llano	suave	ligera	I
75	1,35 - I	llano	suave	ligera	I
76	0,20 - IV	serranía	fuerte	severa	IV Sp. RT
77	1,40 - I	llano	2,5 %	ligera	II T
78	1,40 - I	acciden.	1,5 %	ligera	II TR
79	1,20 - II	ondulado	2-3 %	moderada	II Sp. TR
80	1,40 - I	llano	suave	ligera	I
81	1,40 - I	llano	2 %	ligera	I
82	1,40 - I	llano	suave	ligera	I
83	1,40 - I	llano	suave	ligera	I
84	1,20 - II	ondulado	2-3 %	moderada	II Sp. TR
85	0,30 - IV	serranía	-	-	IV Sp. TR
86	1,40 - I	ondulado	1-3 %	moderada	II TR
87	1,40 - I	ondulado	1-3 %	moderada	II TR
88	1,20 - II	llano	+ 1 %	ligera	II Sp.
89	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I

Pozo N°	Prof. y Cat.	Relieve	Pendiente	Erosión	Clase
90	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
91	1,10 - II	llano	+ 1 %	ligera	II Sp.
92	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
93	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
94	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
95	sup - IV	ondulado	fuerte	severa	IV Sp. TR
96	1,40 - I	ondulado	3-5 %	mod. sev.	III Sp. TR
97	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
98	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
99	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
100	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
101	1,40 - I	llano	1 %	moderada	I
102	1,40 - I	llano	1 %	ligera	I
103	1,40 - I	llano	0,5 1 %	ligera	I
104	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
105	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
106	0,80 - IV	llano	+ 1 %	ligera	IV Sp.
107	Sup - IV	ondulado	3,5 %	severa	IV Sp. TR
108	1,40 - I	semi ond.	suave	mod. a sev	II S.D
109	1,40 - I	llano		ligera	II S.D
110	Sup. - IV	ondulado	fuerte	severa	IV Sp. RT
111	0,60 - IV	llano	suave	moderada	IV Sp.
112	1,20 - II	semi ond.	3 %	moderada	III Sp. RT
113	1,40 - I	colina	2-3 %	moderada	III RT
114	1,40 - I	ond. colina	2 %	moderada	II RT
115	1,40 - I	llano	suave	ligera	I
116	1,40 - I	llano	1 a 2 %	ligera	I
117	1,20 - II	llano	+ 1 %	ligera	II Sp.
118	1,40 - I	llano	suave	ligera	I
119	1,20 - II	ondulado	1 a 3 %	moderada	II Sp. TR
120	1,00 - III	llano	suave	ligera	III Sp.
121	1,00 - III	semi ond.	suave	-	III Sp.
122	1,20 - II	serranía	1 a 3 %	severa	IV R.
123	Sup. - IV	serranía	-	-	IV
124	Sup. - IV	serranía	-	-	I
125	1,40 - I	llano	suave	ligera	I
126	1,40 - I	ondulado	1 a 5 %	mod. a sev.	III TR
127	Sup. - IV	serranía	-	-	IV
128	1,40 - I	ondulado	3,5 %	moderada	III RT
129	0,90 - III	llano	1,2 %	moderada	III Sp.
130	1,40 - I	llano	1,2 %	ligera	I
131	0,5 - IV	ondulado	1,6 %	moderada	IV
132	1,00 - III	ondulado	1 a 3 %	moderada	III Sp.
133	0,90 - III	ondulado	1 a 3 %	moderada	III Sp.
134	0,80 - IV	serranía	5 %	severa	IV Sp.
135	0,80 - IV	serranía	2,5 %	severa	IV Sp.
136	1,30 - II	serranía	5 %	severa	IV RT
137	1,40 - I	serranía	5 %	severa	IV RT
138	1,40 - I	serranía	1 a 3 %	severa	IV RT
139	1,20 - II	serranía	1,2 %	moderada	IV R
140	0,90 - III	colina	3 %	moderada	IV
141	0,90 - III	llano	0,7 %	ligera	III Sp.
142	Sup. - IV	-	-	-	IV
143	1,40 - I	llano	0,7 %	ligera	I
144	1,40 - I	ondulado	1,6 %	moderada	II RT
145	0,90 - III	ondulado	1,6 %	moderada	IV Sp.
146	Sup. - IV	-	-	-	IV
147	1,50 - I	llano	1,6 %	moderada	I

Pozo N°	Prof. y Cat.	Relieve	Pendiente	Erosión	Clase
148	1,40 - I	llano	0,5 %	ligera	I
149	1,40 - I	llano	+ 1 %	moderada	V
150	1,05 - III	llano	-	ligera	III Sp.
151	1,40 - I	semi ond.	1,4 %	moderada	II R
152	1,40 - I	ondulado	1 %	severa	II R
153	1,40 - I	ondulado	2,5 %	moderada	II R
154	1,40 - I	serranía	5 %	severa	IV RTE
155	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
156	1,50 - I	semi ond.	1 %	ligera	II R
157	1,40 - I	llano	0,6 %	ligera	I
158	1,35 - I	llano	0,6 %	ligera	I
159	1,40 - I	llano	0,5 %	ligera	I
160	1,00 - II	llano	0,5 %	ligera	III Sp.
161	1,40 - I	llano	0,5 %	ligera	I
162	1,40 - I	semi ond.	1-2 %	moderada	II R
163	1,40 - I	ondulado	2,5 %	moderada	II R
164	1,40 - I	ondulado	2,5 %	moderada	II R
165	0,70 - IV	serranía	5 %	severa	IV RT Sp.
166	0,70 - IV	meseta ond.	5 %	severa	IV RT Sp.
167	Sup. - IV	serranía	5 %	severa	IV RT Sp.
168	Sup. - IV	serranía	5 %	severa	IV RT Sp.
169	Sup. - IV	serranía	5 %	severa	IV RT Sp.
170	0,90 - III	ondulado	1-2 %	moderada	III RT Sp.
171	1,00 - III	llano	1-2 %	moderada	III RT Sp.
172	0,70 - IV	llano	1-2 %	moderada	IV Sp.
173	1,40 - I	llano	+ 1 %	ligera	I
174	1,00 - III	llano	+ 1 %	moderada	III Sp.
175	1,40 - I	llano	0,2-0,5 %	ligera	I
176	Sup. IV	serranía	+ 5 %	severa	IV RT Sp.
177	1,00 - III	ondulado	1-2 %	moderada	III Sp.
178	0,50 - IV	ondulado	2-3 %	severa	IV Sp.
179	Sup. - IV	accident.	3-5 %	severa	IV Sp.
180	Sup. - IV	llano	1-2 %	severa	IV Sp.
181	Sup. - IV	llano	+ 1 %	severa	IV Sp.
182	Sup. - IV	llano	+ 1 %	severa	IV Sp.
183	Sup. - IV	llano	+ 1 %	severa	IV Sp.
184	Sup. - IV	llano	+ 1 %	severa	IV Sp.
185	Sup. - IV	serranía	3-5 %	severa	IV RT Sp.
186	Sup. - IV	ondulado	2-3 %	severa	IV Sp. T
187	Sup. - IV	serranía	+ 5 %	severa	IV Sp. RT
188	1,20 - II	semi ond.	3-5 %	moderada	III TR
189	0,80 - IV	ondulado	2-3 %	moderada	III TR
190	0,50 - IV	ondulado	2-3 %	severa	IV Sp.
191	Sup. - IV	serranía	+ 5 %	severa	IV Sp. RT
192	1,30 - II	muy ondul.	2-3 %	moderada	III RT
193	Sup. - IV	ondulado	2-3 %	severa	IV Sp. RT

## C U A D R O VIII

### PH DE LOS SUELOS DE "OJO DE AGUA" Y ALREDEDORES

<u>Perfil</u>	<u>Profundidad</u>	<u>PH</u>
41	0,00 - 0,60	8,0
65	0,00 - 0,48	8,0
65	0,48 - 0,90	8,6
65	0,90 - 1,50	8,6
174	0,00 - 0,40	8,6

El PH en superficie, es un poco elevado pero normal para ese suelo; se incrementa en profundidad llegando a 8,6, confirmando con este tenor alcalino, la acumulación de sales, así como su clasificación en suelo sódico salino.

### MATERIA ORGANICA DE LOS SUELOS DE "OJO DE AGUA"

<u>Perfil</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Valor en Grm %</u>
41	0,00 - 0,40	1,38
174	0,00 - 0,40	2,51
174	0,40 - 0,90	0,99

Los análisis confirman la apreciación de que los suelos están bien provistos de materia orgánica en superficie; tenores mayores de 1 % para suelos de zona árida son elevados.

### NECESIDADES DE YESO PARA SU INTERCAMBIO CON SODIO

<u>Perfil</u>	<u>Profundidad</u>	<u>Valor en Grm %</u>
65	0,00 - 0,48	0,36
65	0,48 - 0,90	3,13

Los valores encontrados indican que hay suficiente calcio en el suelo para intercambiar con el sodio; los valores superficiales son menores debido a la lixiviación del perfil. De todos modos a esa profundidad son bajos también los valores de sodio. La cantidad de calcio aumenta en profundidad a medida que aumentan sus necesidades, por la mayor presencia de sodio.

ESTUDIO            HIDROGEOLOGICO

DE            LAS

SIERRAS DE AMBARGASTA Y SUMANPA

Departamentos OJO DE AGUA Y QUEBRACHOS

Provincia de Santiago del Estero

--- oOo ---

--- oOo ---

Año 1965

# I N D I C E

I - <u>INTRODUCCION</u> .....	7
1.- Propósitos y alcance de la investigación.....	1
2.- Ubicación y extensión del área.....	1
3.- Investigaciones anteriores.....	1
4.- Métodos de investigación.....	2
5.- Técnicos especializados en la materia.....	2
6.- Consideraciones generales.....	3
II - <u>CLIMA</u> .....	4
1.- Régimen pluviométrico: Tipos de lluvias.....	4
2.- Lluvia estacional.....	6
3.- Densidad de lluvia.....	6
4.- Régimen de evaporación.....	6
III - <u>DRENAJE</u> .....	7
IV - <u>AGUAS SUBTERRANEAS</u> .....	8
1.- Geología en relación con el agua subterránea.....	8
2.- Presencia, captación y uso del agua subterránea.....	9
3.- Recarga y descarga del agua subterránea.....	12
4.- Carácter químico de las aguas subterráneas.....	14
V - <u>ENSAYOS POR METODOS GEOFISICOS</u> .....	29
a. Instrumental, métodos y formas de representación.....	29
b. Desarrollo del plan de trabajo.....	30
c. Zona del kilómetro 88.....	30
d. Zona de San Ignacio.....	32
e. Zona de Manchín.....	34
f. Conclusiones y recomendaciones.....	35
VI - <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u> .....	36
<u>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</u> .....	38

## L I S T A   D E   I L U S T R A C I O N E S

### MAPAS

1. Mapa Hidrogeológico, escala 1:100.000
2. Mapa Geoquímico en escala 1:100.000

### LAMINAS

- I. Sondajes geoelectricos No. 1 y 2
- II. Sondajes geoelectricos No. 3 y 4
- III. Sondajes geoelectricos No. 5 y 6
- IV. Sondajes geoelectricos No. 7 y 8
- V. Sondajes geoelectricos No. 9 - 11 y 12
- VI. Sondajes geoelectricos No. 10 y 13
- VII. Sondajes geoelectricos No. 14 y 17
- VIII. Sondajes geoelectricos No. 15
- IX. Sondajes geoelectricos No. 16

### TABLAS

1. Lista de Perforaciones
2. Lista de Pozos
3. Analisis Quimicos (Perforaciones)
4. Analisis Quimicos (Pozos)
5. Caudal y Capacidades Especificas
6. Valores de RAS y Conductibilidad electrica

### FIGURAS

1. Mapa de ubicacion de la zona estudiada
2. Clasificacion climatica
3. Precipitacion
4. Precipitacion y evaporacion
5. Representacion de la composicion quimica (Metodo Schoeler)
6. Representacion de la composicion quimica (Metodo Schoeler)
7. Representacion de la composicion quimica (Metodo Schoeler)
8. Nomograma para determinar la relacion adsorcion-sodio del agua
9. Clasificiacion de las aguas para riego (Pozos y Vertientes)
10. Clasificacion de las aguas para riego (Perforaciones)

## INTRODUCCION

### 1.-Propósitos y alcance de la investigación.

La preocupación constante de las autoridades provinciales por conocer los recursos naturales ha dado lugar a un estudio geológico integral de las sierras de Ambargasta y Sumampa, que permitirá evaluar la minería, principal tema del trabajo, conjuntamente con las aguas subterráneas y el suelo.

La hidrogeología de las sierras de Ambargasta y Sumampa constituye un aporte al conocimiento de las aguas subterráneas de estas sierras pampeanas, que por sus características fisiográficas y morfoestructurales son similares a otras regiones serranas de las provincias de Córdoba, Santiago del Estero y Catamarca.

El conocimiento de las aguas subterráneas se considera de fundamental importancia pues prácticamente es el único recurso hídrico de esta región semi-árida que se caracteriza por sus exiguos valores pluviométricos.

La presente descripción es una reseña general emprendida después de las observaciones y trabajos diversos realizados en un viaje de reconocimiento a la zona, durante los meses de mayo y junio de 1965.

### 2.-Ubicación y extensión del área.

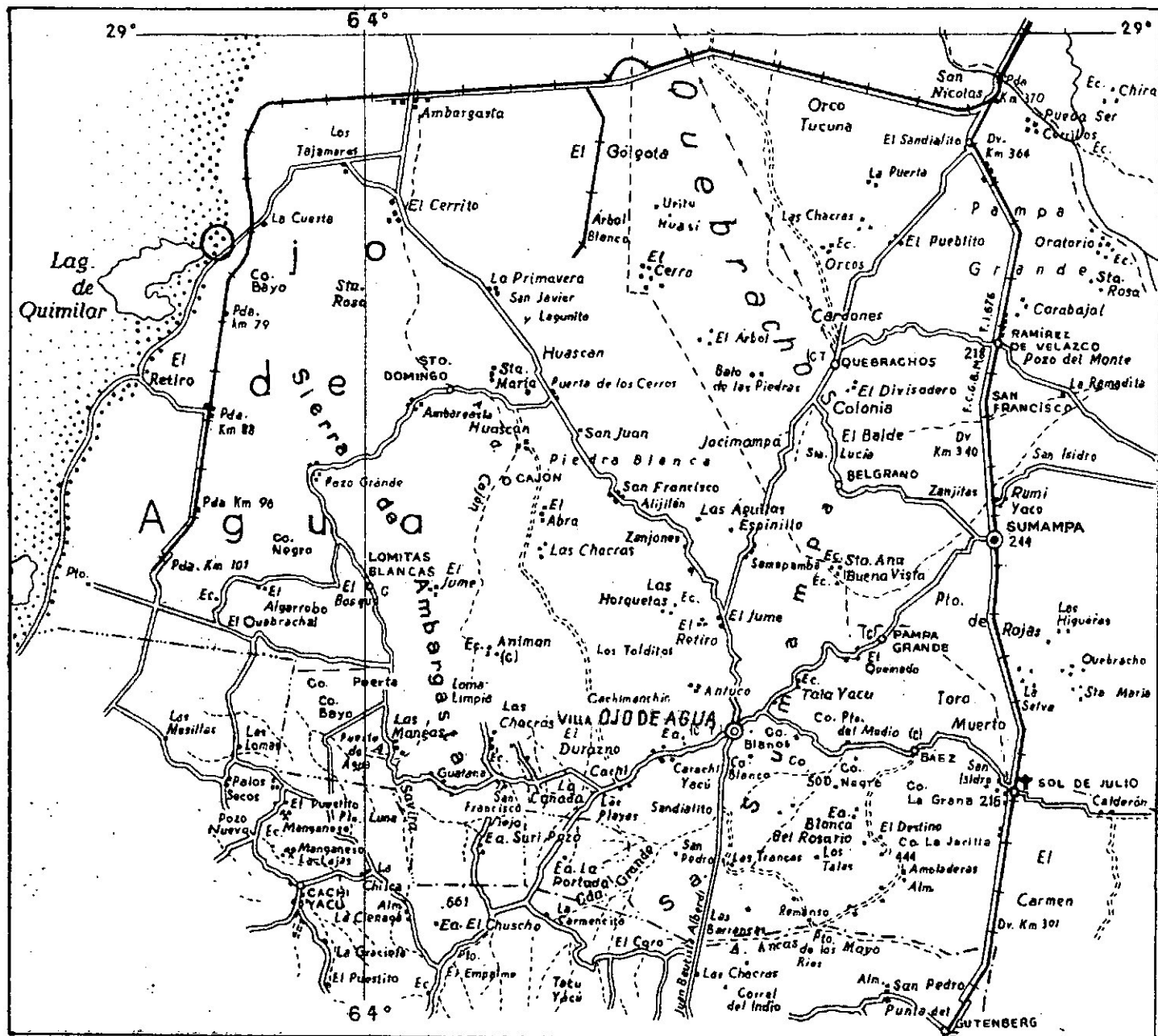
El sector norte de las sierras de Ambargasta y Sumampa, tema de este estudio, está ubicado en los Departamentos Ojo de Agua y Quebrachos de la provincia de Santiago del Estero. La villa Ojo de Agua, sobre la ruta panamericana N° 9, y las estaciones ferroviarias Sumampa, Sol de Julio y Ramírez de Velazco, en el este, son los centros poblados más representativos.

La ubicación del área, que abarca unos 4.800 Km<sup>2</sup>., se puede ver en la figura 1.

### 3.-Investigaciones anteriores.

Hasta la fecha no se conoce un estudio hidrogeológico que trate sobre la región del epígrafe en forma más o menos detallada. Sin embargo, en la obra de Stappenbech (1926) las referencias que se hacen sobre Santiago del Estero sirven para tener una idea general acerca de las características hidrogeológicas de esta zona. El reconocimiento hidrogeológico de furgue ( ) tuvo como finalidad la provisión de agua a la villa Ojo de Agua. En ese trabajo no se aconseja la ejecución de perforaciones para resolver





ESCALA 1: 500 000

Fig. 1. Mapa de ubicación de la zona estudiada.

el problema de la falta de agua. Se indica como mas conveniente la construcción de un dique de embalse en el arroyo Lezcano.

Lucero (1954), al ocuparse de la descripción geológica de la hoja 16h, hace mención de las aguas subterráneas del borde occidental de la sierra de Ambargasta cuando destaca la buena calidad del agua descubierta en el pozo del Km. 88, del desvío industrial del F.C.N.C.Mitre.

#### 4.-Métodos de Investigación.

Para efectuar el reconocimiento hidrogeológico de la región se utilizó un vehículo liviano (jeep) que realizó notablemente el trabajo. Este reconocimiento consistió fundamentalmente en un censo de pozos y manantiales, con el objeto de obtener información acerca de las características hidráulicas de los acuíferos subterráneos y de las propiedades químicas del agua. Datos complementarios relativos al uso del agua subterránea fueron obtenidos de los dueños de los pozos.

Se censaron mas de 100 pozos y se realizaron análisis químicos orientativos sobre la marcha y análisis químicos cuantitativos de las muestras remitidas al laboratorio central de Córdoba y Buenos Aires. En el lugar se determinó la concentración de los iones hidrógenos (PH) y la resistencia eléctrica específica, para lo cual se utilizó un método colorimétrico rápido, sencillo y comparable, de resultados bastante exactos, en el primer caso; y un equipo electrónico de precisión, basado en el puente de Wheatstone-Kohlrausch, en el segundo. Los pozos se ubicaron en la base topográfica escala 1:100.000 y en las fotografías aéreas, con el objeto de facilitar su búsqueda en estudios posteriores y su correcta ubicación en un mapa a escala mas detallada que se hará en base a la restitución. Por medio de un altímetro de precisión se obtuvo la altura de la boca de pozo referida al nivel del mar. El bosquejo geológico fue hecho en base a observaciones de campo y fotografías aéreas. Asimismo se realizaron trabajos complementarios de geofísica (sondeos geoseléctricos), los que serán considerados en el capítulo correspondiente.

#### 5.-Técnicos especializados en la materia.

Se quiere dejar expresa constancia que para la realización de los estudios de esta especialidad, la Empresa contó con el valioso concurso del Dr. Oscar J. Ruiz Huidobro, siendo necesario destacar además la contribución del Doctor Ernesto Ruiz Huidobro, quién realizó la gran ma-

yoría de los análisis químicos.

Asimismo se desea agradecer al Instituto Nacional de Geología y Minería por haber facilitado el mapa topográfico inédito en escala - 1:100.000, base que se utilizó en el relevamiento.-

#### 6.4 Consideraciones Generales

No se han dibujado las curvas que muestran la superficie freática pues la presencia de las mismas, es consecuencia de la permeabilidad secundaria dada por las fisuras y fallas del basamento cristalino. En otras palabras, un mapa confeccionado en base a esta información, no representaría la realidad de superficie freática. Sólomente en las zonas de relleno aluvional, fuera del relieve de la sierra, hubiera sido factible esta representación pero no se lo ha hecho para no presentar un mapa incompleto.-

La omisión queda salvada con la acotación que se hace en cada pozo, referente a la profundidad que se encuentra el agua desde la superficie y también referida a la cota del lugar.-

El informe técnico ha sido complementado con un bosquejo geológico y un mapa con curvas de equisalinidad, en escala 1:100.000, como así también con figuras y tablas que facilitan su lectura.-

## II - C L I M A :

Los Departamentos de Ojo de Agua y Quebrachos participan de un clima cuyo rasgo destacado, es sin duda la aridez; pero las variantes en el relieve dan origen a diferencias climáticas significativas. Es decir, que hay un clima de los llanos, diferente al que impera en las sierras de Ambargasta y Sumampa, que a su vez muestra cambios debidos al relieve. En la sierra de Ambargasta el clima es un poco más húmedo que en la sierra de Sumampa que tiene un porcentaje de alturas mucho menor que aquella otra elevación.

El relieve serrano se diferencia de las planicies del este y del oeste por las temperaturas de verano y la suma de las precipitaciones.

El carácter continental del clima determina oscilaciones térmicas pronunciadas. El invierno tiene días templados y noches muy frías.

La gran diafanidad del aire favorece estas oscilaciones térmicas tan marcadas a la vez que da un alto coeficiente de heliofanía.

En los llanos durante el verano hay temperaturas del tipo tórrido intenso.

Como las precipitaciones son el recurso hídrico fundamental de la zona, se darán detalles sobre el régimen pluviométrico, que tiene relación directa con la presencia, movimiento y distribución de las aguas subterráneas.

### 1 - Régimen Pluviométrico:

#### Tipos de lluvias

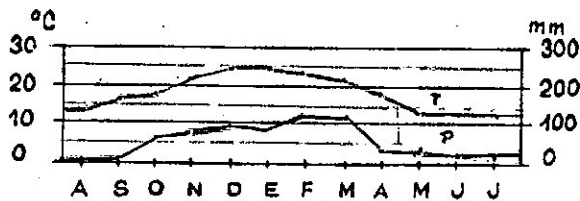
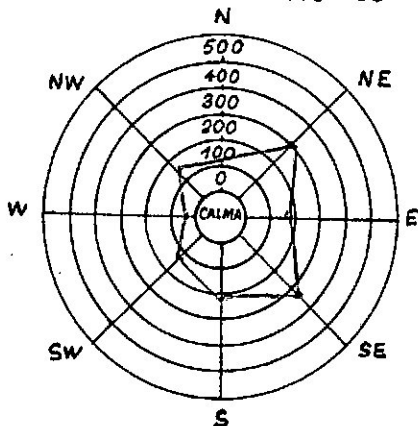
En la región chaqueña, la marcha anual de la precipitación permite individualizar la existencia de tipos de lluvias característicos. El que corresponde a Ojo de Agua, zona occidental de la región chaqueña o sea provincias de Santiago del Estero y Córdoba, sería el 4° tipo. Son lluvias de verano y tienden a una marcada igualación de los totales mensuales de los meses de noviembre a marzo. Los promedios mensuales de Ojo de Agua, muestran los rasgos más salientes de este tipo.

Para determinar las características pluviométricas de la zona de Ojo de Agua, se han tomado en consideración los datos pluviométricos de seis estaciones de la red oficial del Servicio Meteorológico Nacional. En el croquis adjunto, se encuentran ubicadas las siguientes estaciones:

OJO DE AGUA  
RAMIREZ DE VELAZCO  
SUMAMPA  
SOL DE JULIO  
LOS TELARES  
VILLA MARIA (Río Seco)

# Ojo de Agua

Frecuencia de Vientos



Temperatura = Precipitación.....

## CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA según KNOCHE

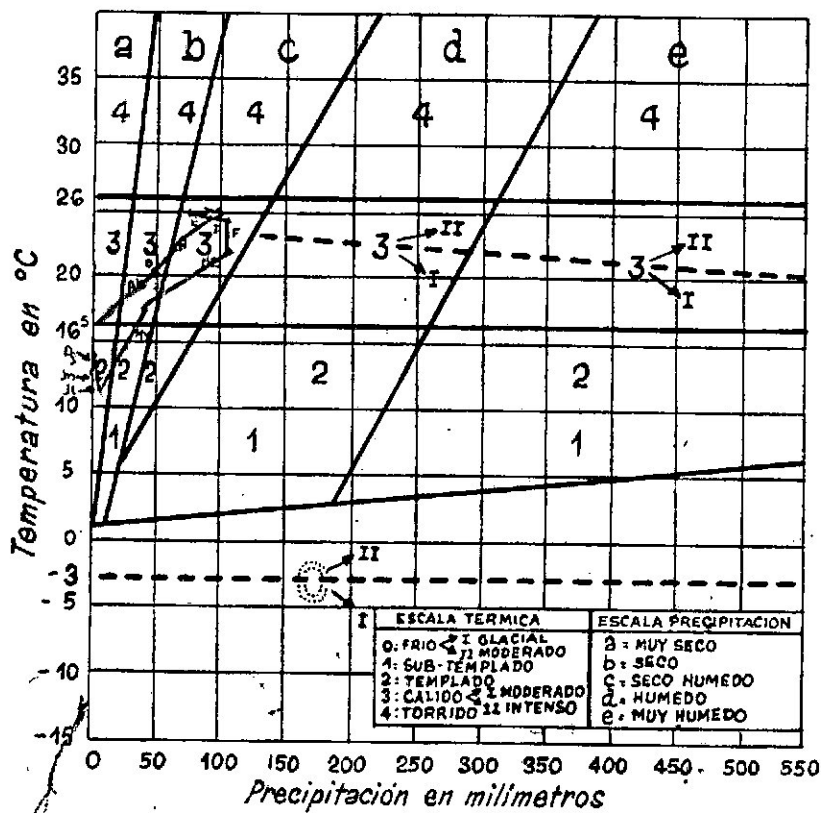
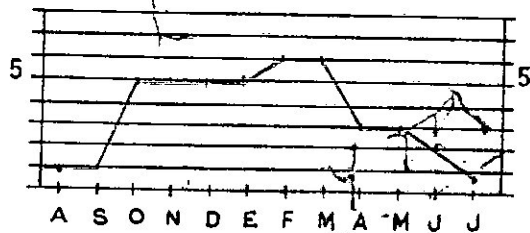
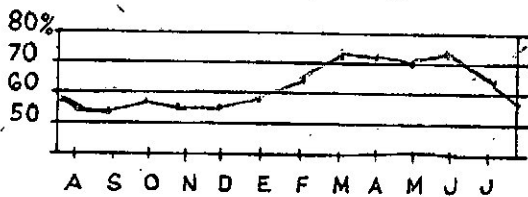


Diagrama Climático Período

Índice de Aridez



Humedad Relativa



Las series de datos disponibles son uniformes dentro de un período de treinta o más años de observación. Así tenemos de Villa de María un record de casi sesenta años; en cambio, las demás estaciones son de una iniciación más reciente (1935).

La zona en cuestión, es más bien de escaso número de estaciones pluviométricas, no obstante lo cual, se estima que con las seis estaciones elegidas es posible obtener los datos que caracterizan el régimen pluviométrico local.

Si nos referimos primeramente a la estación Ojo de Agua, puede decirse que en todo el período de observaciones que data de 1930, con una interrupción de cuatro años en 1949 al 53, se han observado los siguientes datos de precipitación (véase los gráficos adjuntos).

Máxima anual . . . . . 760 mm.  
 Mínima anual . . . . . 310 mm.  
 Promedio anual . . . . . 564 mm.

Las demás estaciones tienen un régimen de precipitación muy similar, pues aparte del desarrollo de la precipitación a lo largo del período total, los promedios de lluvia anual son muy semejantes como puede apreciarse en los gráficos pluviométricos y en las siguientes cifras:

Villa de María . . . . . 605 mm.  
 Sumampa . . . . . 541 mm.  
 Ramirez de Velazco. 509 mm.  
 Sol de Julio . . . . . 565 mm.  
 Los Telares . . . . . 510 mm.

Analizando los datos mensuales de un período de veinte años, encontramos que la distribución de la precipitación a lo largo del año se desarrolla en la siguiente forma:

El período crítico de precipitación se produce en los meses de mayo a setiembre en que las lluvias tienen escaso valor; en cambio entre los meses de noviembre a abril se producen precipitaciones abundantes como puede apreciarse en el cuadro siguiente, con datos promedios de una serie de veinte años:

Enero . . . . .	74 mm.	-	Julio . . . . .	6 mm.
Febrero . . . . .	102 mm.	-	Agosto . . . . .	3 mm.
Marzo . . . . .	104 mm.	-	Setiembre . . . . .	2 mm.
Abril . . . . .	28 mm.	-	Octubre . . . . .	46 mm.
Mayo . . . . .	19 mm.	-	Noviembre . . . . .	64 mm.
Junio . . . . .	7 mm.	-	Diciembre . . . . .	92 mm.

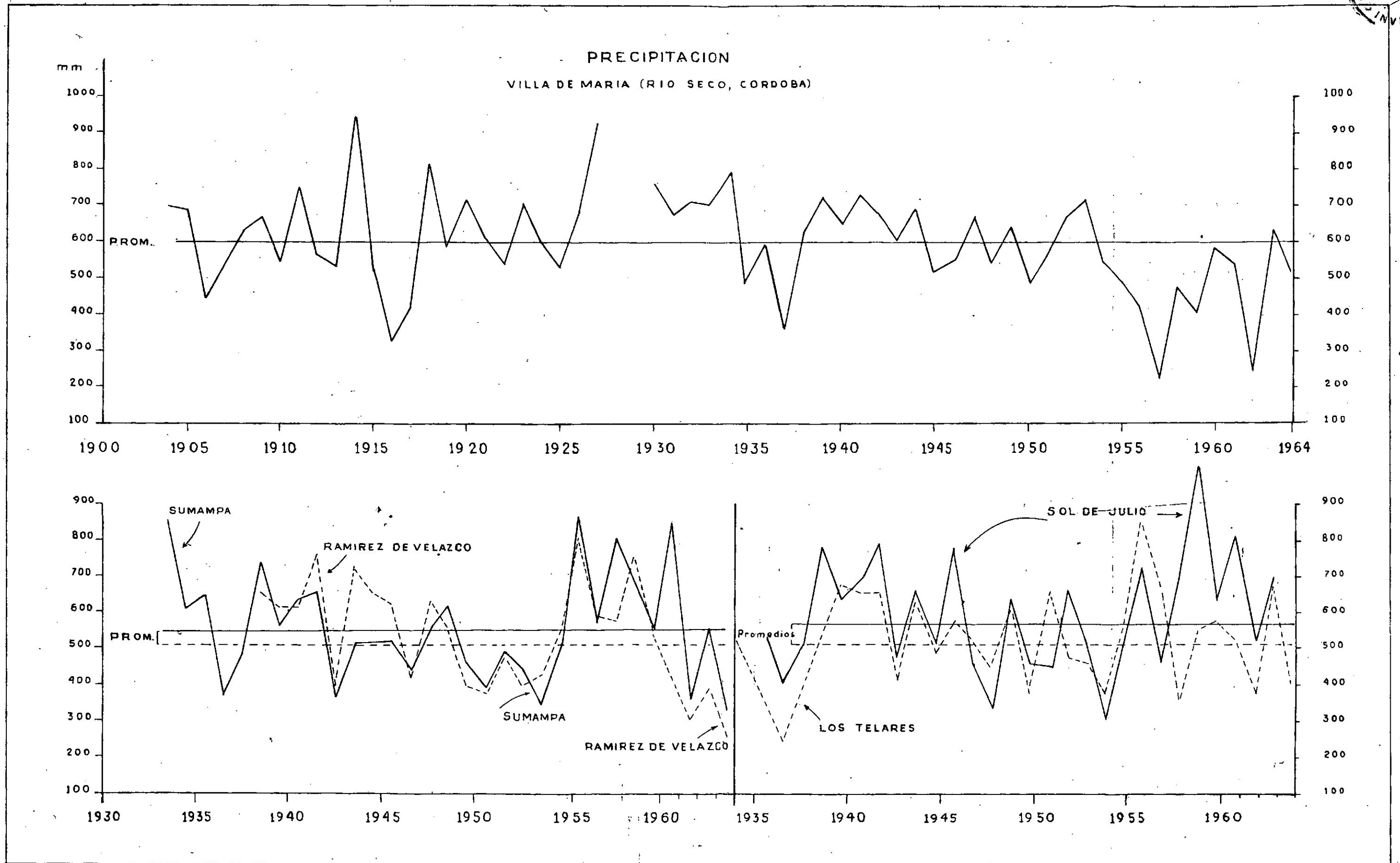


Fig. 3 - Precipitación

De manera que podría caracterizarse la zona de Ojo de Agua con un régimen pluviométrico de 550 a 600 mm de lluvia anual, con totales mensuales de 0 a 7 mm en los meses de sequía y de 50 a 110 mm en los meses de abundancia de lluvias.

## 2 - Lluvia estacional

En cuanto a la lluvia estacional puede citarse los siguientes valores de una estadística realizada para Santiago del Estero que da para Ojo de Agua:

Verano . . . . .	250 mm -	Invierno . . . . .	19 mm.
Otoño. . . . .	148 mm -	Primavera . . . . .	121 mm.

## 3 - Densidad de lluvia

Para apreciar la abundancia de la precipitación podría considerarse el valor de la densidad de lluvia, es decir, la cantidad media de la precipitación por día (promedio de lluvia dividido por el promedio de frecuencia).

Este valor, para la zona de Ojo de Agua, puede estimarse entre 9 y 10 mm como promedio anual, con un máximo de densidad de 13 mm en los meses lluviosos y mínima de 2 mm en los meses secos (promedio mensual).

## 4 - Régimen de evaporación:

La evaporación superficial que se produce en la zona de Ojo de Agua habrá que ponderarla con los únicos datos que es posible tener de la estación de evaporación más cercana, es decir, la ubicada en el Dique de Pisco Huasi-Sórdoba, perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional.

Si bien esa estación dista del lugar alrededor de 100 km, puede admitirse que los datos observados en la misma pueden ser aplicados a la zona de Ojo de Agua en forma aproximada teniendo en cuenta que ambos lugares tienen características climáticas similares y sobre todo por no existir otra fuente de información más próxima.

La evaporación observada en Pisco Huasi se extiende al período 1952 a 1965 con datos diarios de altura de evaporación tomados en un tanque tipo A de superficie libre.

Un resumen de las observaciones se insertan en la tabla siguiente que contienen los promedios mensuales de observación directa y los promedios mensuales del total mensual de evaporación.



# PRECIPITACION OJO DE AGUA SANTIAGO DEL ESTERO

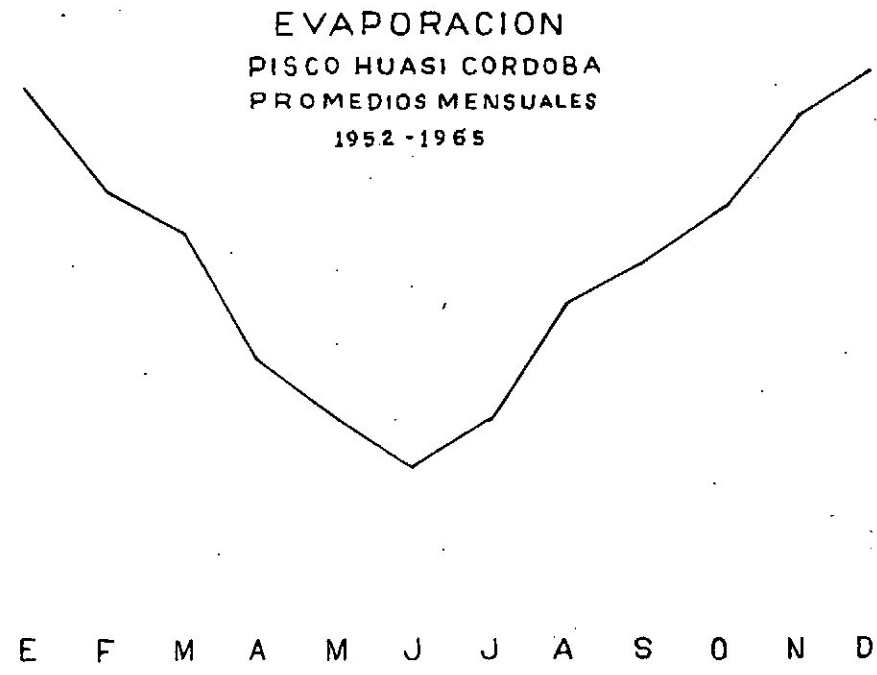
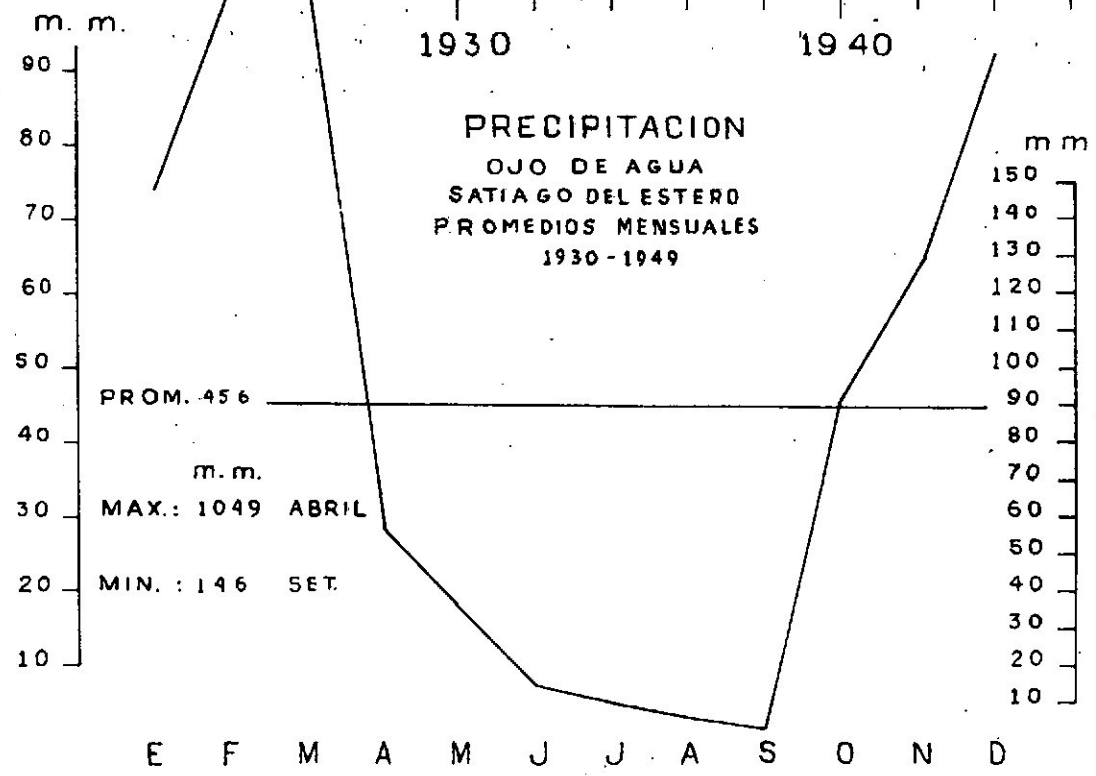
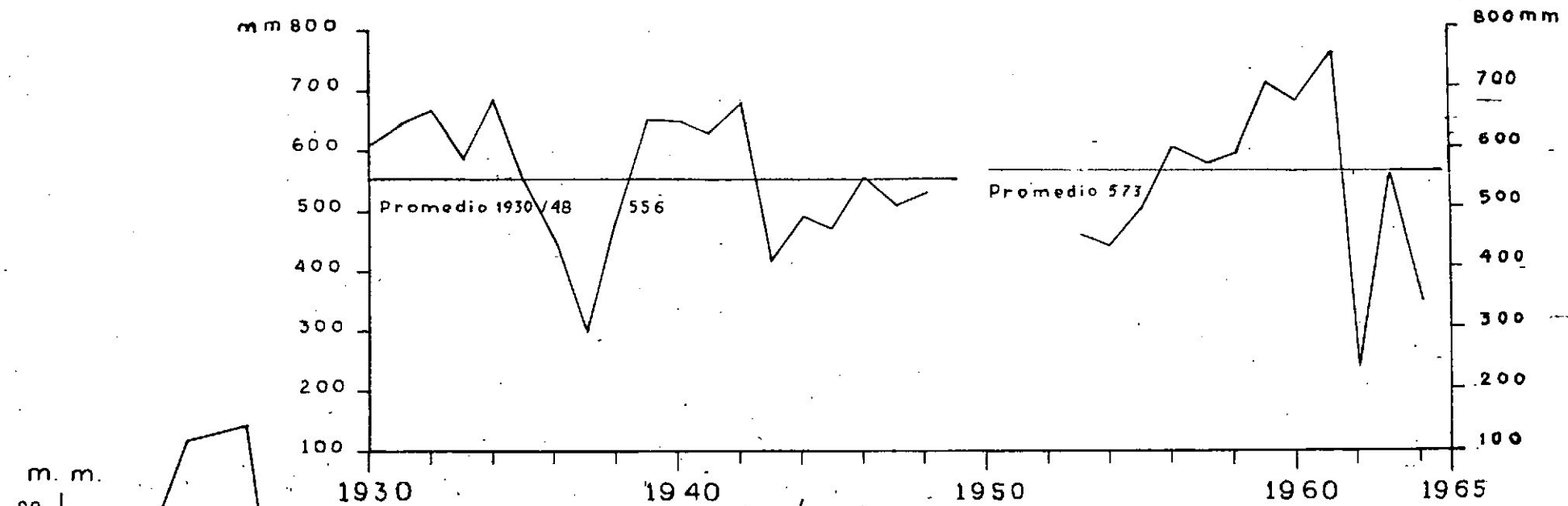


Fig. 4 - Precipitación y evaporación

Fig. 4

P E R I O D O		M E S E S				
1952-1965	E <sub>2</sub>	F	M	A	M	J
Promedio diario	4,76	4,29	3,51	2,46	1,85	1,54
Promedio total mensual	247,5	120	109	74	57,5	46

P E R I O D O		M E S E S				
1952-1965	J	A	S	O	N	D
Promedio diario	1,88	2,90	3,32	3,68	4,65	4,91
Promedio total mensual	48,5	90	99,5	114	139,5	152

PROMEDIO ANUAL DE EVAPORACION: 1.207,5 mm

De acuerdo con el cuadro que antecede y el gráfico adjunto, se deduce que la evaporación anual en superficie libre, en Ojo de Agua, puede estimarse en 1.200 mm. aproximadamente, y en cuanto a la mensual se presenta un mínimo en invierno, en julio, con 58,5 mm. y un máximo en verano, en diciembre, con 152 mm.

### III.- DRENAJE

El drenaje de la zona se distribuye en dos cuencas principales: la de la Salinas de Ambargasta (Salinas Grandes) y la del Río Dulce (Mar Chiquita). La línea divisoria de las dos cuencas está dada por la sierra de Sumampa que corresponde a un pequeño pilar testónico que no alcanza los metros de altura.-

La estructura de bloques ha determinado un drenaje de carácter consecutivo, que muestra un diseño rectangular como resultado del control estructural. No hay en toda la superficie estudiada un solo curso de carácter permanente; todos son de régimen transitorio. Las corrientes de mayor importancia son las de los arroyos Savira, Oncán y Pozo Grande que después de lluvias torrenciales pueden dar lugar a crecientes muy violentas, pero de escasa duración.-

Como fuente de suministro de agua superficial se puede citar las Vertientes de Baez; que son captadas por el dique del mismo nombre que tiene una capacidad de 50.000 metros cúbicos. El destino de este depósito es dotar agua para bebida a Sol de Julio. A fin de reforzar el caudal exiguo de las vertientes (4 a 5 litros por segundo) se ha construido un canal de 2 kms. de longitud de sección trapezoidal (0,80 mts. de base y 1 metros de altura) que capatará el agua que eventualmente lleva el arroyo Zimbal durante el período de lluvias.-

La Vertiente de Oncán tiene un caudal de 2,5 litros por segundo - (9.000 litros /hora) medido en junio de 1965.-

#### IV.- AGUAS SUBTERRANEAS

##### 1.- Geología en relación con el Agua Subterránea

Las formaciones geológicas de las sierras de Ambargasta y Sumampa, unidades que están representadas en el mapa geológico, constituyen un conjunto de rocas de distinta naturaleza y edad que, desde el punto de vista de su propiedad para almacenar y transmitir agua, tienen diferencias bien marcadas.-

Las rocas consolidadas pre-cuaternarias que afloran en la región son esquistos cristalinos, granitos y cuarcitas.-

Estas rocas, desde el punto de vista hidrogeológico son impermeables; sin embargo permiten la circulación del agua subterránea a través de fracturas. Esta permeabilidad secundaria, juega un papel muy importante como fuente de dotación de agua potable.-

Los sedimentos no consolidados del cuaternario, están representados por depósitos aluviales que han rellenado, conjuntamente con los sedimentos terciarios localizados en profundidad, las zonas intermontanas deprimidas correspondientes a bloques hundidos de las sierras de Ambargasta y de Sumampa, por el Oeste y Este respectivamente. Asimismo, estos depósitos fluviales cubren áreas del basamento que fueron erosionadas en otros tiempos. El material vecino a la sierra, de grano más grueso y sedimentación caótica, disminuye de tamaño con el paulatino alejamiento de aquella.-

El relleno aluvial de los cursos de agua está compuesto esencialmente por grava, gravilla y arena gruesa. Estos depósitos son de alta permeabilidad y contienen agua subterránea que circula por el subálveo siguiendo la línea de mayor pendiente.-

El mapa geológico señala que hay una serie de fracturas longitudinales que han provocado un paisaje de bloques fracturados, que si bien evidentes, no son tan típicos como en otras regiones. La fuerte fracturación longitudinal fué acompañada en su proceso estructural por fracturas transversales que han seccionado en trozos menores los bloques principales. La posición inclinada de los bloques da lugar a que, tanto las aguas superficiales como las subterráneas, sigan la inclinación de las pendientes hasta chocar con la escarpa de falla y continuar posteriormente a lo largo de la misma hasta encontrar una salida y manifestarse en superficie como una vertiente (Vertientes de Baez, Vertiente de Oncán, etc.). Otras vertientes se originan por descarga de la capa freática que circula sobre la roca im-

permeable del basamento cubierto por una delgada capa detrítica que facilita la infiltración de las aguas meteóricas (vertiente del Monasterio, - etc.)

La importancia que tiene la estructura en la circulación del agua subterránea, ha sido puesta de manifiesto por Lucero (1954, pág. 30) cuando se refiere a la falla del arroyo Savira que controla las aguas subterráneas que vienen de la sierra de Ambargasta en dirección a las salinas del Oeste. Esta importante corriente subterránea, alojada en el potente depósito aluvial, es consecuencia de la descarga del agua subterránea que circula en las fisuras (o diaclasas) del basamento granítico que aflora en Pozo -- Grandé. En este lugar se ha comprobado que la circulación del agua subterránea tiene un rumbo de este a oeste, que es el rumbo dominante de las diaclasas.-

La circulación de agua en fisuras ha sido también estudiado por Rigal (1948, pág. 261), con motivo de la provisión de agua a la Villa de Ancasti (Catamarca).-

## 2.- Presencia Captación y uso del agua subterránea

### a) Pozos

La primera capa de agua que se encuentra en los depósitos aluviales de relleno o en la base del material arcósico o similar, producto de la meteorización de las rocas antiguas del Basamento pre-Terciario, es de naturaleza libre, es decir, sin presión hidrostática.-

Todos los pozos han alcanzado la zona de saturación, que en las sierras de Ambargasta y Sumampa, coincide con el nivel de erosión de las rocas antiguas del substrato impermeable. Muchas veces esta superficie freática recibe agua a través de las fisuras y fallas de las rocas consolidadas del subyacente. En este caso los pozos tienen buen rendimiento.-

En la zona pedemontana vecina, la capa freática está limitada por un nivel arcilloso o limo-arcillosos prácticamente impermeable que detiene la percolación directa de las aguas de lluvia, que es la única fuente de recarga en este caso. -

Las profundidades a que se encuentra la capa freática, que es variable según las zonas, están indicadas al pie del símbolo de los pozos mediante dos valores superpuestos que se refieren a la superficie y a la cota, respectivamente.-

Asimismo el dato figura en las tablas de Pozos y Perforaciones.

La influencia de las Salinas de Ambargasta es tan notable que la capa freática ubicada a escasa profundidad evidencia tenores muy elevados de cloruros y sulfatos que su utilización queda descartada. A medida que los pozos se aproximan a la Salina la capa freática está más cerca de la superficie y el contenido de sales aumenta de manera considerable.

Hacia los límites con Córdoba el agua subterránea logra posiciones cada vez más profundas al tiempo que adquiere más salinidad por el lavado de los sedimentos terciarios que afloran fuera de los límites de la zona bajo estudio.-

#### b) Perforaciones

El agua subterránea en la región serrana está relativamente a escasa profundidad, por lo que su captación está al alcance de los vecinos del lugar, mediante sencillos pozos cavados a profundidades que oscilan entre 5 y 20 metros.-

En la zona llana del naciente, que está bajo la influencia del ferrocarril, el agua subterránea está presente a profundidades que solo pueden ser alcanzadas mediante perforaciones.

Esto ha llevado conjuntamente con la mala calidad de la napa freática, a buscar acuíferos más profundos, a fin de resolver la provisión de agua de los núcleos de población que se ha instalado en Sol de Julio, Sumampa, Ramirez de Velazco, El Naranjo, Santa María, Villa Quebracho y Km. 88 del ramal industrial de las Salinas Grandes.-

A fin de completar la información hidrogeológica se han consultado los perfiles de otras preparaciones que están fuera de la zona bajo estudio, como ser: (El Bordito No. 1 (268,50 m); Bella Selva No. 1 (291,50 m) El Ayudante No. 1 (127,93 m) y Coronel Fernández No. 1 (181,86 m).-

La perforación Santa María No. 1, ubicada a unos 10 Km. al Noroeste de Sol de Julio, alcanza los 500,50 metros de profundidad.-

Hasta los 236 metros se atravesaron una sucesión de sedimentos aluvionales cuaternarios, esencialmente arenosos con intercalaciones de gravas, gravillas y areniscas, que continen una serie de acuíferos inapropiados para todo uso, por exceso de mineralización.-

Entre los 236 y los 550,50 metros los sedimentos referidos al Terciario, son de una granometría menor y más seleccionada, con intercalaciones arcillosas y con nodulitos calcáreos. Hacia la base comienzan las intercalaciones yesíferas.-

Los acuíferos descubiertos en el techo del Terciario (capas Nos. 12, 13, 14 y 15) son los que se explotan, aunque su calidad es mediocre ya que el tenor de sulfatos sobre pasa el límite tolerable para bebida humana. Sin embargo, los vecinos se tienen que abastecer de este pozo perforado por el Gobierno Nacional en el año 1949, ya que es la única fuente aprovechable de esta inhóspita región (Rám. y Tabla )

En Sol de Julio la perforación atravesó sedimentos cuaternarios hasta los 162 m. y pliocenos hasta los 405 metros, profundidad final del sondeo.- Se descubrieron 13 capas de agua, dejándose en explotación las capas No. 7, 8 y 9 con un rendimiento en conjunto de 5.000 l/h.-

El pozo fué perforado por la D.H.G.M. (Ex-Dirección Gral. de Industria Minera) ... y el servicio está a cargo de Obras Sanitarias de la Nación, quién periódicamente determina la potabilidad del agua mediante análisis químico y bacteriológico. Desde el punto de vista del contenido de sales el agua es apropiada para bebida, aunque la presencia de bacterias determina que el dictamen del 15-9-1964 la considere deficiente.-

Las perforaciones de Sumampa (Sumampa No. 2 y Sumampa No. 3) alcanzaron el Basamento Cristalino a los 100 metros aproximadamente.-

El rechazo de la falle que limita el borde oriental de la sierra de Sumampa queda evidenciado por la perforación El Naranjo No. 1 cuando toca pórfiro granítico a los 186 metros de profundidad. En esta perforación se han descubierto cuatro capas de agua; explotándose las números 2 y 3 con un rendimiento en conjunto de unos 2.000 litros por metro de depresión.

#### c) - Capacidad Especifica

La capacidad especifica es el término que se sabe utilizar para expresar el rendimiento de un pozo, expresado en metros cúbicos por hora, cuando el nivel piezométrico desciende 1 metro. Se ha demostrado que esta no es una relación lineal y solamente da una idea aproximada del rendimiento; - sin embargo es útil para estimar la permeabilidad y eficiencia del acuífero. Un valor real de la permeabilidad y capacidad de almacenaje de un acuífero - se consigue solamente mediante el ensayo de bombeo de un pozo con una batería de pozos de observación preparados para tal fin.-

Las perforaciones y pozos tienen por lo general un rendimiento pobre, que guarda relación directa con la escasez de precipitación y con el exceso de evapotranspiración que caracteriza a la zona. Rendimientos excep-

cionales son debidos a razones puramente geológicas, que, como las diaclasas y fallas, determinan características hidráulicas especiales en cada caso.-

Los acuíferos descubiertos en las perforaciones tienen rendimientos específicos que oscilan entre 300 y 7.000 litros por hora. En la perforación Santa María, donde se habrían descubierto 21 capas de agua, hay caudales que van desde los 16 hasta los 6975 litros por hora. Sin embargo los caudales se han calculado en base al "cuchareo" método poco apropiado para obtener valores reales. Hoy en día las capas No. 13 y 14 de la perforación Santa María rinden en conjunto por metro de depresión; caudal aforado con un recipiente de volumen conocido y un cronómetro.-

La perforación de Sol de Julio, rinde 2.400 l/h y la de El Naranjo 4.000 l/h con 2,15 m. de depresión.-

El concurso de las aguas superficiales de eventuales arroyos que descienden de la Sierra de Ambargasta hacia las Salinas y de las aguas subterráneas que circulan siguiendo líneas estructurales de rumbo este-oeste (rumbo de las diaclasas en Pozo Grande y Sudeste-Noroeste [falla del arroyo Savira, etc.]), determinan que una importante masa hídrica subterránea llegue prácticamente sin cargarse de sales hasta el borde mismo de la Salina en el área vecina al Km. 88 del ramal industrial del F.C.N.G. Mitre. En la playa de carga del citado lugar hay una rica capa de agua subterránea que fue localizada a los 34 metros con un nivel piezométrico de 22 metros, alcanzó los 35,26 metros de profundidad. Se ha estimado que este acuífero tiene una capacidad específica de unos 6.000 litros por hora por metro de depresión. El caudal potencial, si se considera una tercera parte de la columna de agua, sería de unos 24.000 litros con una depresión de 4 metros. No hay dudas que esta es la perforación que rinde más agua subterránea y de mejor calidad en toda la zona. Asimismo está demostrando la buena permeabilidad de los sedimentos, que serían de una granulometría equivalente a sedimentos pséfticos de origen fluvial (gravas, gravillas, etc.).-

### 3.º Recarga y descarga del agua subterránea

La recarga del agua subterránea proviene de dos fuentes principales, a saber:

a) Las precipitaciones caídas directamente en las sierras de Ambargasta y de Sumampa y en los depósitos aluviales de pie de monte son de cierta consideración (550-600 mm. por año), de modo que deben ser consideradas co-

mo la fuente más importante de recarga.-

b) Las corrientes superficiales de los eventuales arroyos que descienden de las zonas topográficamente más elevadas hacia los bajos se pierden en los estratos permeables que forman el lecho o en las estructuras abiertas (fallas y diaclasas) de las rocas consolidadas del Basamento. Por lo tanto estas corrientes contribuyen en gran medida a engrasar el agua subterránea.-

En escasa medida contribuyen las aguas meteóricas almacenadas en represas de tierra.-

La descarga del agua subterránea se manifiesta en las vertientes del lugar. Agua y Energía de la Nación ha efectuado algunas observaciones del caudal en la Vertiente de Baez, durante los años 1945 - a 1949 utilizando un vertedero triangular. Los resultados obtenidos oscilan entre 2 y 5 litros por segundo (7.200 y 18.000 l/h, respectivamente).

Por otra parte, el que escribe estas líneas, ha agorado la Vertiente de Oncán en dos oportunidades, obteniendo 2,5 litros por segundo (9.000 l/h) y 2,16 l/s (7.860 l/h) respectivamente.-

El porcentaje anual de descarga no es posible calcularlo pues faltan observaciones y registros periódicos en la sierra y en los bajos. Sería conveniente tener aforos de las crecidas periódicas de los arroyos más importantes de la zona (Oncán, Ancoches, Savira, etc.)

En la tabla que sigue se dan caudales y capacidades específicas.-



T A B L A 5CAUDALES Y CAPACIDADES ESPECIFICAS

No. de orden	Nombre de la perforación o pozo	Profundidad (en m)	Nivel piezométrico (en m)	Caudal m <sup>3</sup> /h	Depresión (en m)	Capacidad específica (m <sup>3</sup> /h/m)
1	Santa María No.1 (capas 13 y 14)	278-291	- 85,00	10.560	5	2.112
2	Sumampa No.2 (capa No. 1)	18-20,50	- 16,60	8.050	2,50	3.220
3	Sol de Julio (capas 7-8 y 9)	252-288	-115,00	2.400	10,00	240
4	El Naranjo (capas 2 y 3)	110,15 95,50-	- 83,85	4.000	2,15	1.865
5	Km. 88	35,65	- 22/25	6.000	1	6.000
6	Ojo de Agua (O.B.N.)		- 1.99	4.800	0,55	2.640
7	Pozo Grande (W. Gutierrez)	12,90	- 9.65	3.490		3.490
8	Puesto el Simbol	15.90	- 14,33	5.500		5.500

#### 4.- Caracter Químico de las Aguas Subterráneas. Conceptos Generales.

El agua subterránea es una solución que contiene principalmente bicarbonatos, sulfatos y cloruros de los metales alcalino-terrestros-alcalinos. La cantidad de sólidos disueltos depende de varios factores, como son: el origen del agua, la composición de las rocas y suelos adyacentes y el tiempo que ha estado el agua en contacto con el medio.-

Las aguas meteóricas, es decir, las de origen atmosférico, contienen dióxido de carbono y pequeñas cantidades de sustancias disueltas procedentes de la atmósfera. Al penetrar en el suelo y en las rocas adquieren primeramente los compuestos solubles, tanto inorgánicos como orgánicos del suelo. El agua subterránea cargada de dióxido de carbono es un poderoso agente meteorizante, capaz de disgregar casi todos los minerales y de formar compuestos nuevos a base de carbonatos, bicarbonatos y sulfatos de sodio, potasio, calcio y magnesio, silicatos solubles alcalinos y sílico libre en solución verdadera o caloidal. Por el contrario, la mayor parte de aluminio, hierro y sílico permanece en el residuo insoluble.-

La velocidad de descomposición depende de la composición química y de las propiedades físicas de los minerales de las rocas y de la temperatura. El sodio y potasio son extraídos rápidamente por lixiviación, mientras que en el caso del calcio y del magnesio el proceso es más

lento.

El agua subterránea se "ablanda" por intercambio de bases cuan-

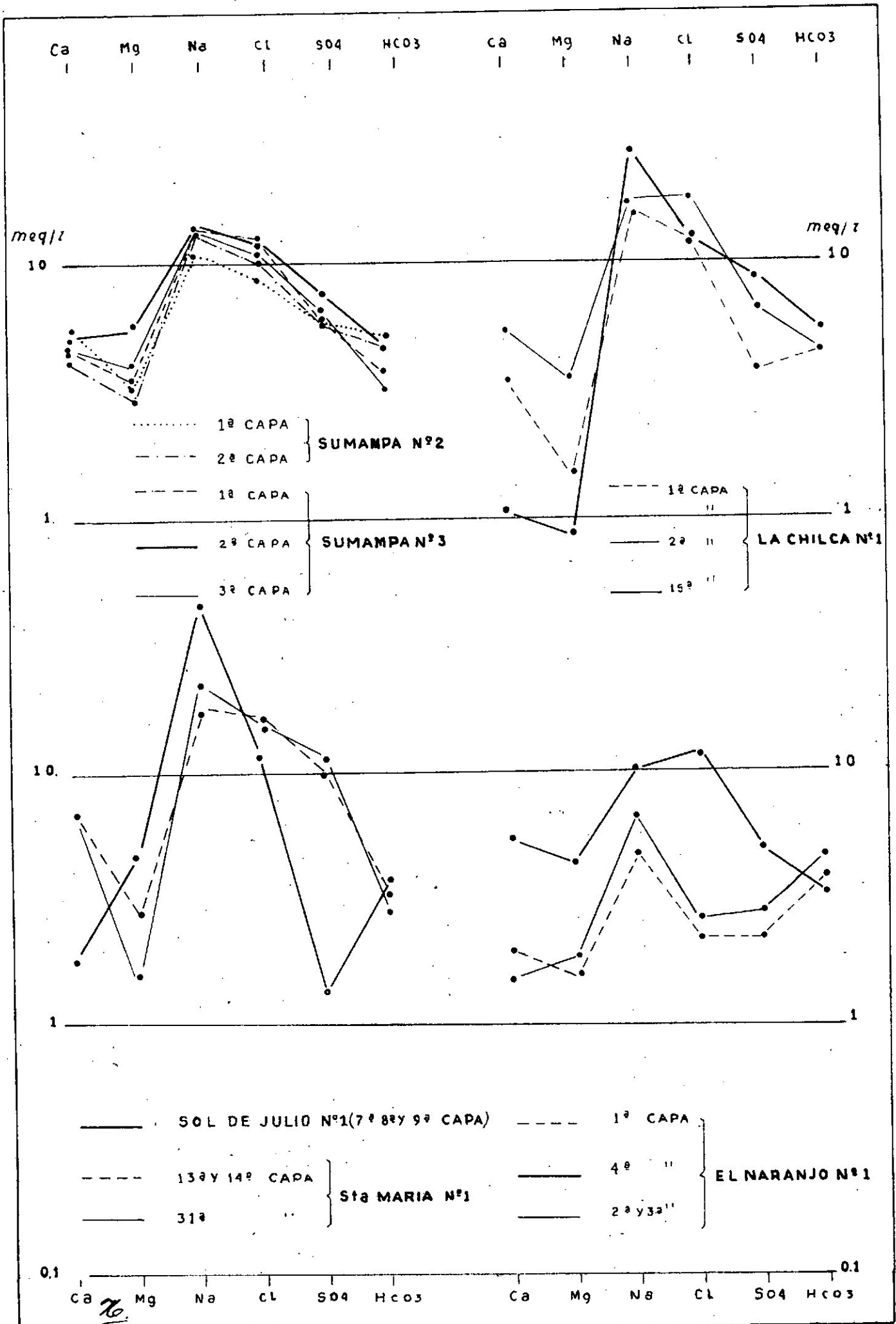


Fig. 5 - Representación de la composición química (Método Schoeller)

Fig. 5

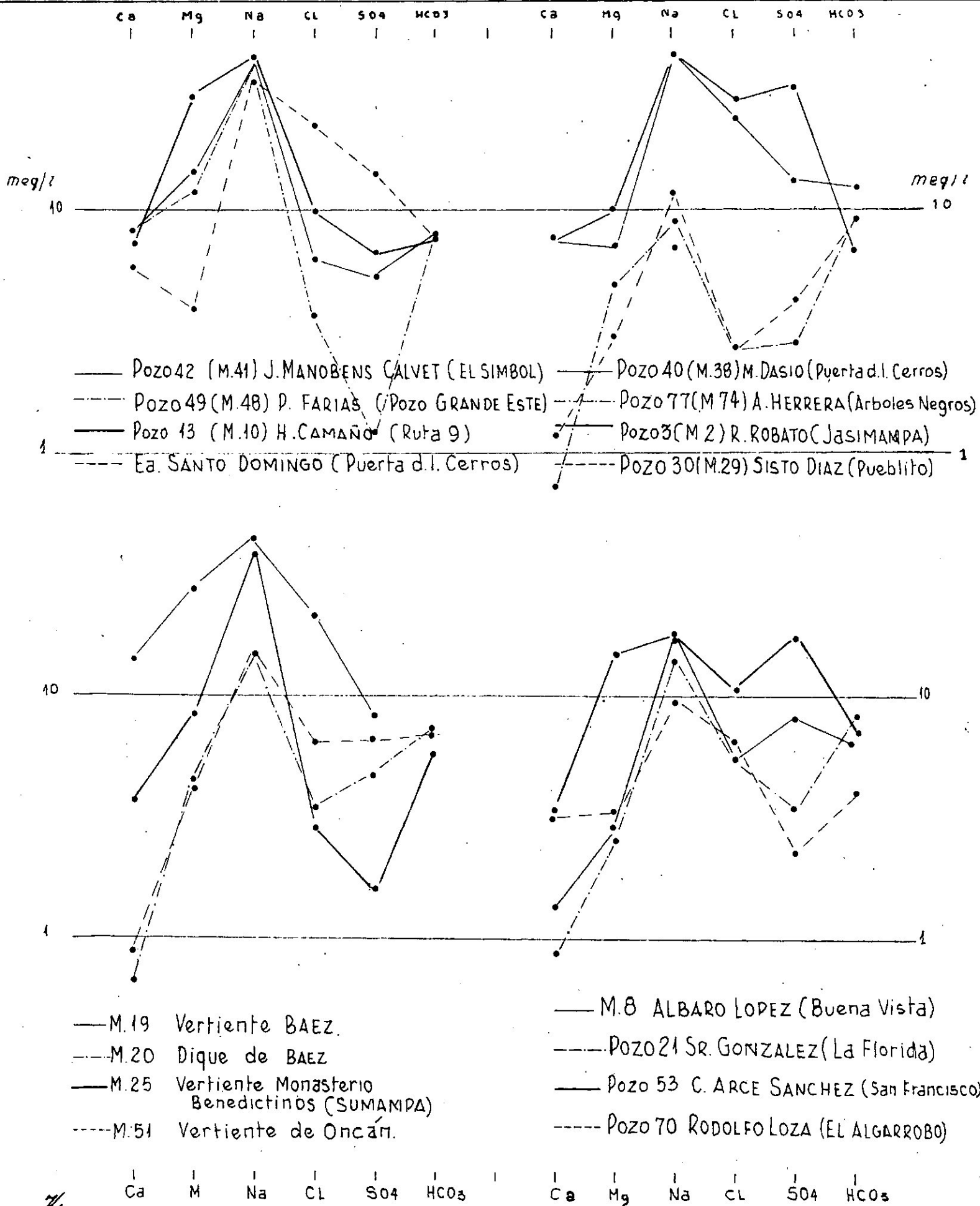


Fig. 6 - Representación de la composición química (Método Schoeller)

El agua que contiene menos de un gramo por litro de sólidos disueltos es apropiada para usos domésticos, excepto cuando la dureza y el hierro están en cantidades excesivas. El límite máximo de sólidos disueltos que se recomienda que tenga el agua es de 2 gramos por litro; aunque probablemente contendrá exceso de algunas sales que la hace inapropiada para la bebida u otros usos.

El total de sólidos disueltos en 92 muestras coleccionadas en la zona bajo estudio, está comprendido entre 291 y 6.700 mg/l; 41 de los cuales contienen valores entre 291 y 1.000 mg/l; 27 muestras tienen un residuo entre 1.000 y 2.000 miligramos; valor este último considerado por el Instituto Nacional de Geología y Minería, como límite tolerable para bebida humana.

Las 21 muestras restantes, consideradas inapropiadas para uso domésticos, tienen límites comprendidos entre 2.000 y 6.700 mg/l, predominando los tenores salinos correspondientes a 3 gramos por litro. Las muestras coleccionadas en la zona de influencia de las salinas del oeste tienen valores muy altos, que llegan a 30 gramos en la muestra 62.

#### b) Dureza

La dureza del agua es reconocida comúnmente por su efecto cuando el jabón es usado con el agua. Las sales de calcio y de magnesio son las que causan casi toda la dureza de las aguas comunes. Esta es convencionalmente expresada en términos de una cantidad equivalente de carbonatos de calcio. Muchas veces es expresada en grados, correspondiendo 1 grado francés a 10 mg/l de carbonatos de calcio.

Para calcular la dureza se ha preferido usar el método colorimétrico EDTA en vez del clásico método del jabón. La solución EDTA (sal disódica del ácido etilene-diamino-tetracético); es el reactivo y el negro de eriocromo el colorante. Además utilizando la murexida como indicador y de EDTA se ha calculado calcio, obteniéndose el magnesio por diferencia.

La dureza total, que incluye la dureza temporaria o carbonatada y la dureza permanente o no carbonatada, está dada en la tabla 3 y 4 de análisis químico.

Cuando el agua tiene una dureza de 60 mg/l es clasificada como blanda. La dureza comprendida entre 60 y 180 mg/l no tiene mayor importancia en los usos que habitualmente se da al agua; no obstante aumentará la cantidad de jabón utilizado para lavar. Sin embargo se podrá "ablandar" el agua calentándola. Aguas que tienen más de 180 mg/l son muy duras e inapropiadas para lavado.

Las aguas de la zona bajo estudio tienen dureza total comprendida entre 100 y 2.100 mg/l. Siete ejemplos entre los comprobados por análisis y los estimados por comparación de valores de conductibilidad, tienen dureza menor de 120 mg/l; seis muestras tienen un valor intermedio entre 120 y 180 mg/l; y las restantes o sea 76 muestras, tienen más de 180 mg/l.

Las aguas más blandas son aquellas que circulan en las rocas consolidadas del Basamento Cristalino y del Paganzo. Por el contrario las más duras corresponden a los pozos y perforaciones que están ubicadas en las zonas donde no hay rocas de Basamento, correspondiendo los acuíferos a niveles sedimentarios del Cuartario y Terciario. Los rangos de dureza más elevados han sido observados en las muestras de los pozos 65, 66, 67, 78, 39 y 52; los tres primeros ubicados sobre la línea del ferrocarril correspondiente al ramal industrial que se utiliza para explotar los bosques del oeste.

En el cuadro siguiente se puede ver la aptitud del agua de acuerdo a las normas de O.S. N.

RANGOS DE DUREZA		A P T I T U D
MG/L	GRADOS FRANC.	
Hasta 250	hasta 25	Apta para bebida y demás usos domésticos.
250 a 300	25 a 30	Apta para bebida y demás usos domésticos, aunque algo dura.
300 a 600	30 a 60	Previo ablandamiento se puede destinar para usos domésticos.
más de 600	más de 60	Inapropiada para toda clase de usos. Su ablandamiento resulta antieconómico.

Esta clasificación no puede considerarse rígidamente preceptiva, pues las condiciones prácticas de aplicación dependen de la naturaleza de las sales que determinan la dureza.

### c) Cloruros

Como se sabe, los cloruros están presentes en las rocas ígneas y metamórficas en pequeña proporción en relación con los otros constituyentes minerales. Por lo tanto, la concentración de cloruros en las aguas que circulan en el Basamento Cristalino es pequeña. Más importantes es la concentración de cloruros en las rocas sedimentarias, principalmente en las evaporitas y en las de origen marino.

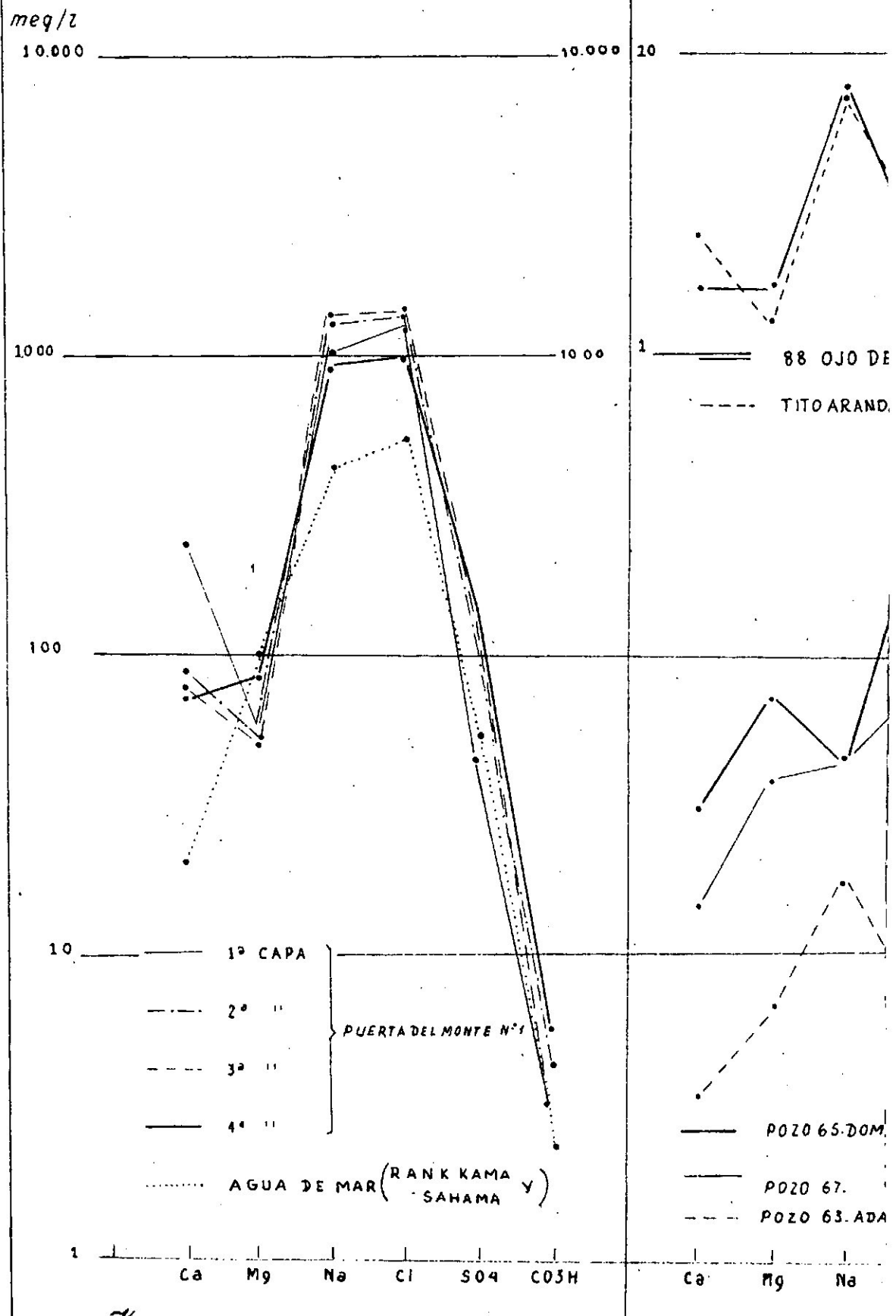


Fig. 7 - Representación de la composición química (Método

Los valores en cloruros correspondientes a los análisis de agua de los pozos ubicados en el Basamento contrastan con aquellos de la zona pedemontana y de las depresiones estructurales, donde hay una cubierta sedimentaria bien desarrollada.

El contenido de cloruros de las aguas coleccionadas en el ambiente serrano de las sierras de Ambargasta y Sumampa está comprendido entre 700 mg/l; límite admitido por Obras Sanitarias de la Nación. Estos valores se incrementan en la zona intermontana ubicada al norte de Ojo de Agua y alcanzan sus valores máximos en los acuíferos artesianos del Terciario (perforaciones Sumampa, Puerta del Monte, Santa María, etc. (Tablas 1) y en los pozos que están sobre el ramal industrial del ferrocarril que corre muy próximo a las Salinas Grandes. En este caso los cloruros están comprendidos entre 1.088 y 303 mg/l; aunque este valor es mucho mayor en el caso de la muestra 62 (km 88) con 10.000 mg/l (Fig. )

La perforación realizada en Villa Quebrachos descubrió cuatro acuíferos donde los cloruros de sodio alcanzan tenores del orden de los 45.000 miligramos por litro, valor cuatro veces superior al agua de mar.

El agua con exceso de cloruro de sodio tiene un gusto desagradable. Es posible beber aguas hasta con 1.000 miligramos por litro; pero su uso continuado determina trastornos estomacales.

Las calderas no pueden usar agua con cloruros de sodio en exceso pues esta sal es muy corrosiva.

En calderas modernas de alta presión no se tolera más de 5 miligramos por litro.

#### d) Sulfatos

En las rocas ígneas y metamórficas, del mismo modo que los cloruros, los sulfuros están presentes en muy escasa proporción. Los sulfuros de minerales pesados, que son los que aparecen en aquellas rocas, son transformados en sulfatos solubles durante el proceso de meteorización y llevados, finalmente por las aguas. Por esta razón, los sulfatos están presentes en muy escasa proporción en las aguas subterráneas vinculadas a las rocas cristalinas.

En las evaporitas, en cambio, los sulfatos son abundantes, presentándose como yeso y anhidrita. Los sulfatos pueden acumularse en las aguas

subterráneas en proporciones elevadas porque los cationes tomados en solución de las rocas, generalmente no forman compuestos insolubles con sulfatos.

Los sulfatos de la mayor parte de los componentes metálicos comunes son rápidamente solubles en agua. El ión sulfato, una vez formado, es químicamente estable en la mayoría de los ambientes a los que está sometidas las aguas naturales. Estos dos hechos son de importancia básica en el manejo del comportamiento de los iones sulfatos en el agua.

Las concentraciones de sulfatos en las aguas de esta región se pueden ver en las figuras 1 a 3, y en el mapa.

La concentración máxima admitida para el ión sulfato, de acuerdo a las normas de potabilidad exigidas, es variable según los países. El Servicio de Obras Sanitarias de la Nación establece límite de 300 miligramos por litro para las aguas destinadas para bebida y usos domésticos. El 37 % de las muestras coleccionadas en la zona sobrepasarían el límite de potabilidad exigido, por lo que se deduce que concentraciones mayores son toleradas por los vecinos del lugar. Sin embargo, 15 muestras que contienen más de 500 mg/l se utilizan solamente para abreviar ganado. Concentraciones de más de 1.000 mg/l no se recomiendan ni siquiera para este uso; tal es el caso de las muestras 16, 21, 30, 53, 62, 73, y 75.

#### e) Fluoruros

Los fluoruros están presente en las aguas subterráneas solamente en pequeñas cantidades, pero un conocimiento del contenido de estas sales es importante, pues un exceso de 2 mg/l es perjudicial para los niños durante la formación de la dentadura definitiva. Si el contenido de los fluoruros es tanto como 4 mg/l, alrededor del 90% de los niños que usaron esta agua tienen el esmalte de los dientes manchado. Por otra parte, las investigaciones de Dean en 1941 (Lane 1960) han demostrado que concentraciones de alrededor de 1 mg/l en las aguas son beneficiosas pues evitan las caries de la dentadura.

La concentración de fluoruros en aguas subterráneas de la zona está comprendida entre 0.3 y 3 mg/l. Concentraciones de más de 1,5 mg se han observado en las muestras 12, 13, 20, 38, 41, 44, 47, 48, 57, 60, 61, 71, 74 y en los análisis del agua correspondiente a las perforaciones profundas.



f) Nitratos

La cantidad de nitratos en el agua subterránea es normalmente baja; generalmente bajas de 10 miligramos por litro en las aguas naturales. Las concentraciones altas de nitratos en las aguas subterráneas son debidas al aporte directo de las aguas superficiales. Los suelos, especialmente durante el otoño e invierno, contienen concentraciones más elevadas de nitratos solubles derivados de desechos animales o vegetales. Corrales, inodoros, cloacas y pozos ciegos son posibles fuentes de contaminación del agua subterránea mediante la incorporación de nitrógeno orgánico y bacterias nocivas para la salud.

Durante la putrefacción de los cadáveres de los animales y de las plantas, las bacterias descomponen sus compuestos orgánicos nitrogenados complejos. La descomposición es debida principalmente a las bacterias proteolíticas que producen primero aminoácidos, después amoníaco, nitritos y, por último, nitrato. Por otra parte hay otras bacterias que son capaces de reducir los nitratos a amoníaco y otras que convierten los nitritos y nitratos en sustancias orgánicas (Rankama y Shama, p. 541).

Por lo general en los análisis químicos de las aguas se determinan nitratos, nitritos y amoníaco. Desde el punto de vista sanitario estas determinaciones son de importancia pues indican la posible contaminación de las aguas destinadas a bebida.

Las concentraciones de nitratos superiores a 45 mg/l en las aguas destinadas a bebida no son recomendables, por los efectos tóxicos que puede producir en el sistema circulatorio de los niños. Las concentraciones elevadas de esta sal produce la enfermedad conocida como cianosis, que se manifiesta en el niño por un estado de modorra y somnolencia, llegando al extremo que la piel toma una tonalidad azul característica (Metzler y Statemberg, 1950). En los adultos, si bien no se manifiesta esta enfermedad, el exceso de nitratos en el agua para bebida produce trastornos digestivos.

En los análisis químicos de las aguas de la zona que se trata, no se han determinado nitratos, nitritos ni amoníaco por cuanto se comprobó en los pozos abiertos la presencia de residuos orgánicos vegetales. Por otra parte, es muy probable que los pozos privados de las vallas del lugar estén contaminados por ausencia de cloacas o construcción defectuosa de pozos ciegos. Esa es la razón por la que O.S.N. clorifica el agua de la población de Ojo de Agua, destinada para bebida fundamentalmente.

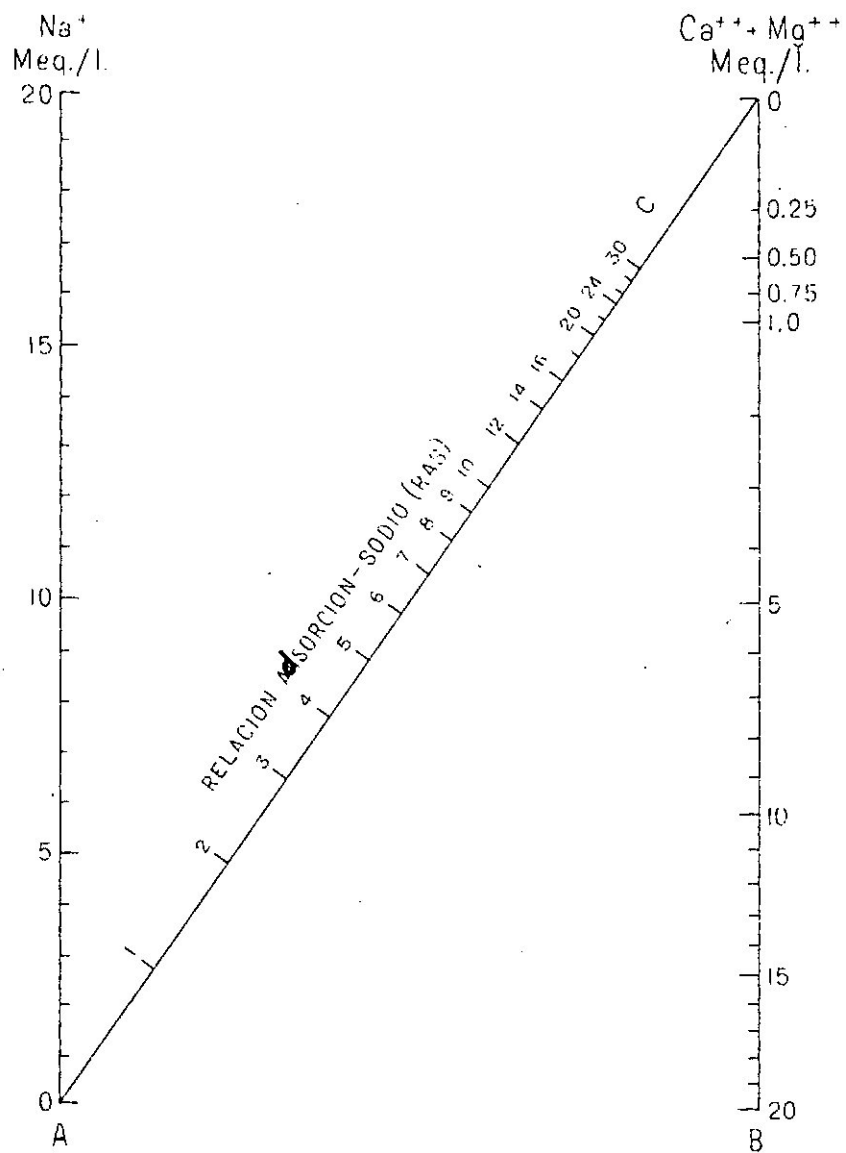


Fig. 8 - Nomograma para determinar la relación adsorción-Sodio del agua

### Constituyentes químicos en relación con el riego

Las consideraciones siguientes acerca de la conveniencia del uso del agua subterránea para riego se adapta a lo recomendado en el - Agriculture Handbook 60 del Departamento de Agricultura de los EE.UU. de Norteamérica (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954). Para el desarrollo y mantenimiento exitoso de un proyecto para riego es necesario tener en cuenta no solamente la cantidad de agua sino también las condiciones de drenaje y el control de la salinidad y del sodio (alcali). Suelos originariamente fértiles con contenido de sales y alcalis bajo se hacen improductivos por incorporación de exceso de sales e intercambio dañoso de cationes, principalmente cuando las condiciones de riego y drenaje no son adecuados.-

Las características químicas del agua para riego que parecen ser las más importantes en determinar son: 1) total concentración de sales solubles; 2) proporción de sodio en relación con los otros cationes (magnesio, calcio y potasio); 3) concentración de boro y otros elementos que pueden ser tóxicos para las plantas; y 4) la concentración de bicarbonato de sodio residual.-

La concentración total de sólidos disueltos en aguas para riego pueden ser expresadas en términos de su conductividad eléctrica, facilitando de este modo el dictamen y la clasificación. Como se ha indicado precedentemente, los valores de conductividad están dados en micromhos por centímetros (m.nhos/cm) a 25° C.-

Asimismo, la conductibilidad puede ser obtenida multiplicando el total de equivalentes por millón o miliequivalentes (meq) de calcio, magnesio, sodio y potasio por 100, o dividiendo el total de sólidos disueltos por un factor comprendido entre 0,5 y 1,0. En este informe se ha utilizado el factor 0,641 para calcular el valor de conductividad en los análisis de agua correspondientes a estudios anteriores. Este factor es el mismo que se ha usado para calcular los sólidos disueltos en las muestras cuya conductibilidad se midió en el laboratorio cuando se realizaban los trabajos de campo.-

En general un agua para riego que tenga un valor de conductibilidad menor de 750 micromhos es apropiada. Aguas con valores comprendidos entre 750 y 2.250 micromhos/cm. son muy usadas, obteniéndose buenas cosechas bajo condiciones adecuadas de riego y drenaje. El uso del

CONDUCTIBILIDAD ESPECIFICA EN MICROMHOS A 25°C

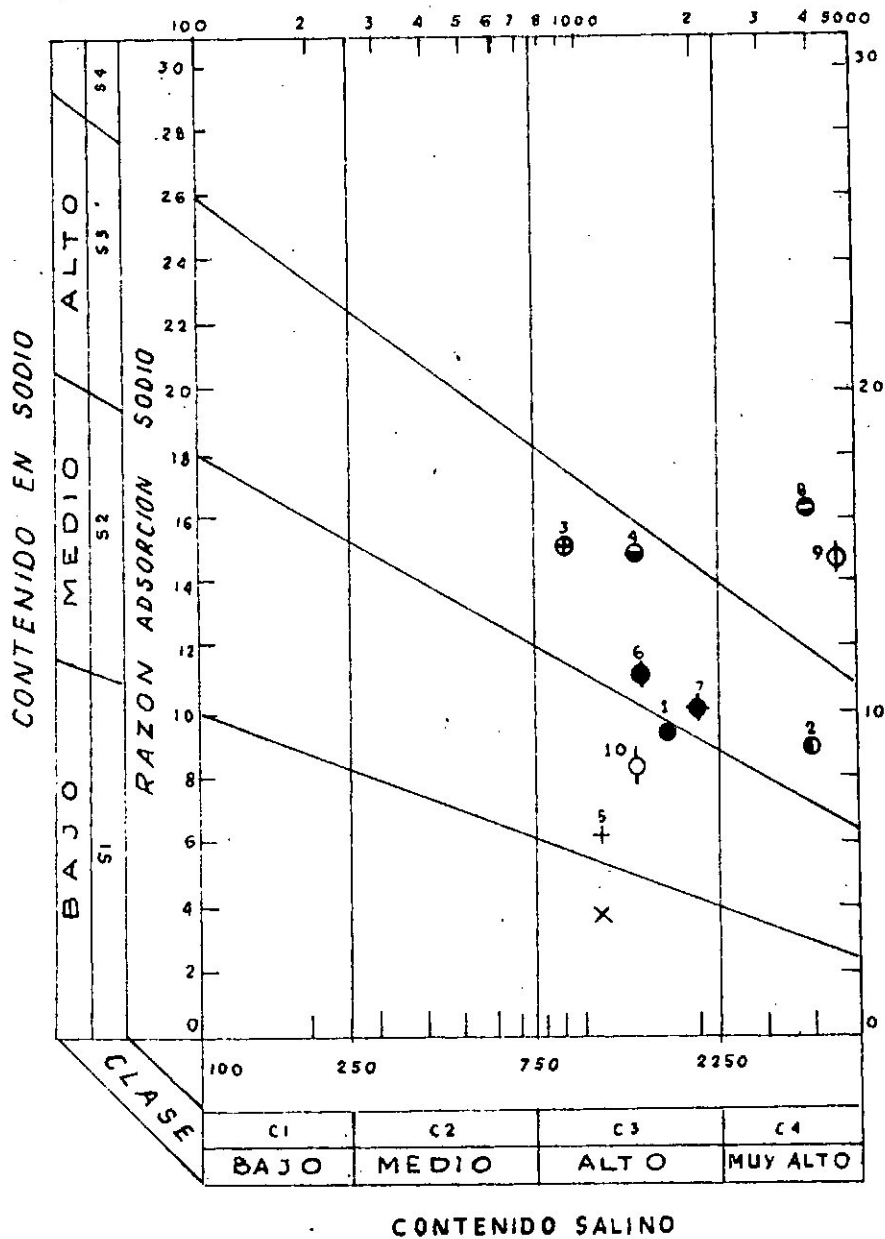


DIAGRAMA UTILIZADO EN LA INTERPRETACION DE LA APTITUD DEL AGUA PARA RIEGO

REFERENCIAS

- 1 DIQUE DE BAEZ (M.20)
- ⊙ 2 VERTIENTE MONASTERIO BENEDICTINOS (M.25)
- ⊕ 3 VERTIENTE DE ONCAN (M.51)
- ⊙ 4 POZO 42 J.M. CALVET (ELSIMBOL)
- + 5 OJO DE AGUA (O.S.N)
- ◆ 6 POZO 49 P.FARIAZ POZO (GRANDE)
- ◆ 7 POZO 13 H.CAMAÑO (RUTA 9)
- ⊙ 8 POZO 40 M.DASIO (PUERTA D.L.CERROS)
- ⊕ 9 POZO 77 A.HERRERA (ANEGRS)
- ⊕ 10 POZO 3 R.ROBATO (JASIMAMPA)
- × 11 LOMITAS BLANCAS

*Ho.*

Fig. 9 - Clasificación de las aguas para riego (Pozos y vertientes)

agua con conductibilidad mayor de 2.250 micromhos/cm no es nada común; sin embargo en muchos casos ha dado resultados satisfactorios. Experiencias realizadas en la U.R.S.S., con aguas que tienen valores de conductibilidad del orden de los 5.000 micromhos/cm. han permitido cosechar ciertos cultivos.-

La relativa proporción de sodio con respecto a los otros cationes, expresada como un porcentaje, se consideraba en otros tiempos como factor para reconocer la aptitud del agua para riego. Ahora se estima más conveniente tener en cuenta la actividad de los iones de sodio en las reacciones de intercambio con los iones del suelo. La relación adsorción-sodio puede ser determinada por la fórmula siguiente:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

donde las concentraciones iónicas están expresadas en miliequivalentes.

Los valores de conductividad y de RAS nos dan, mediante el gráfico de la figura , la aptitud de las aguas para riego.ⓐ

Relación adsorción-sodio (RAS) y conductividad calculada y conductividad medida de muestras de agua cuyos análisis son dados en la Tabla 3 y 4.

T A B L A

Nº de Pozo	Nº de muestra	Propietario del lugar	RAS	Conductividad	Aptitud para riego
3	2	R. Robato	8,3	1.300	Mediocre
10	8	Alvaro Lopez	4,2	1.440	Apta
21	21	La Florida	10,2	1.591	Inepta
30	29	Sisto Diaz	5,3	1.443	Apta
40	38	Mateo Dasio	16,3	3.985	Inepta
53	54	San Francisco	6,1	2.962	Inepta
63	61	Adalberto Alf	2,0	1.190	Apta
70	67	Rodolfo Loza	10,9	1.846	Mediocre-Inepta
77	74	Arbol Negro	15,0	4.728	Inepta
-	88	Ojo de Agua (O.S.N.)	6,2	1.190	Mediocre
-	-	Lomitas Blancas	4,0	1.110	Apta
-	19	Vertiente Baez	9,2	1.419	Inepta
-	20	Dique de Baez	8,8	1.689	Mediocre
-	51	Vertiente de Oncan	2,0	889	Apta

Las aguas con valores de RAS bajo ( $S_1$ ) pueden ser utilizadas para riego en casi todos los suelos con poco peligro de intercambio dañoso de cationes; las aguas con valores de RAS medio ( $S_2$ ) se usan en suelos orgánicos o de textura gruesa que tiene permeabilidad alta; y las aguas con valores altos ( $S_3$ ) pueden producir en los suelos niveles intercambiables perjudiciales. Por lo tanto, requieren un manejo adecuado, un buen drenaje, lavado y adición de materia orgánica. Los valores de  $S_4$  dan concentraciones muy altas de sodio intercambiable por lo que generalmente son inapropiadas para riego, salvo que se agregue yeso al suelo.-

Por otra parte las aguas que tienen salinidad baja ( $C_1$ ) y mediana ( $C_2$ ) pueden usarse para riego en la mayoría de los cultivos que tengan cierta tolerancia a la sal. Las aguas de salinidad alta ( $C_3$ ) no deben ser usadas en suelos con mal drenaje; y las aguas de rango ( $C_4$ ) no son aconsejables para riego bajo circunstancias ordinarias. Pueden ser usadas en cultivos muy tolerantes a la sal (ver tabla ).-

En las aguas que tienen una concentración alta de bicarbonatos hay una tendencia del calcio y del magnesio a precipitar, quedando un exceso de sodio. El calcio y el magnesio son precipitados como carbonatos; y el exceso de carbonato de sodio residual (CSR) puede calcularse del siguiente modo:

$(Na_2CO_3) + (CO_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$ , donde las concentraciones iónicas están expresadas en miliequivalentes por litro (meq/l) o equivalentes por millón (epm). Las aguas que contienen más de 2,5 meq/l de CSR no son apropiadas para riego. Las aguas que contienen entre 1,25 y 2,50 son marginales, y las que contienen menos de 1,25 son seguras. Las aguas de la zona tienen valores que sobrepasan los límites apropiados para riego, con excepción de las que circulan en las rocas fisuradas del Basamento Cristalino.-

CONDUCTIBILIDAD ESPECIFICA EN MICROMHOS A 25°C

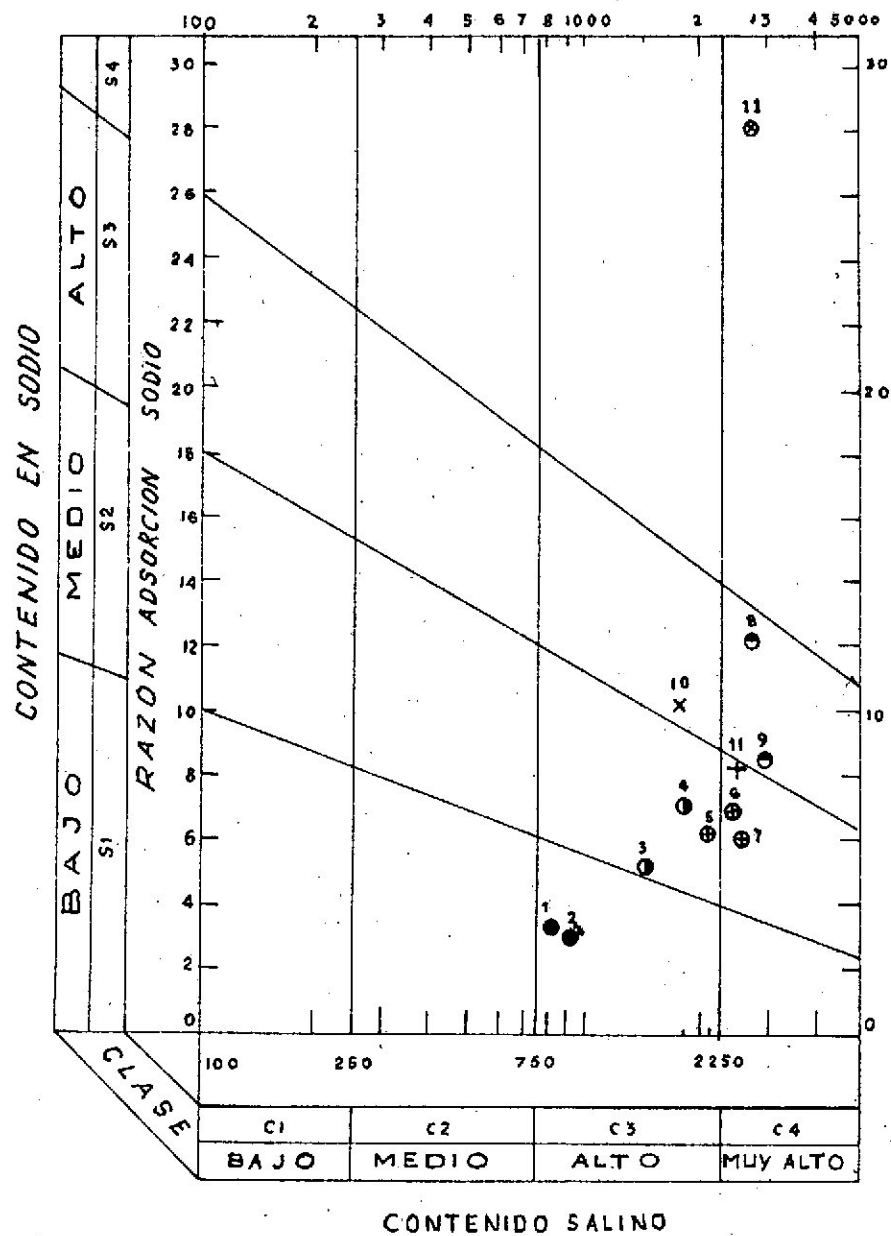


DIAGRAMA UTILIZADO EN LA INTERPRETACION DE LA APTITUD DEL AGUA PARA RIEGO

PERFORACIONES

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| 1 ● EL NARANJO N°1 | 8 ● SANTA MARIA N°1 |
| 2 ● (2CAPAS)       | 9 ● CAPA N°31       |
| 3 ● SUMAMPA N°2    | " " 13Y14           |
| 4 ● (2CAPAS)       | LA CHILCA N°1       |
| 5 ● SUMAMPA N°3    | 10 X 1ª CAPA        |
| 6 ● (3CAPAS)       | 11 + 2ª "           |
| 7 ●                | 12 ● 15ª "          |

*76*

Fig. 10 - Clasificación de las aguas para riego (Perforaciones)

Fig. 10

### Condiciones Sanitarias

Los análisis de agua que se dan en la Tabla ... muestran solamente cantidad de sólidos disueltos y de aniones y cationes más comunes. Solamente en los análisis realizados por O.S.N. se hace mención de la calidad desde el punto de vista sanitario. Un porcentaje anormal de ciertos constituyentes, como ser nitratos, nitritos o amoníaco, pueden ser una indicio que las aguas están contaminadas. Como se indicó anteriormente, no se efectuaron aquellas determinaciones pues en el caso de los pozos abiertos, éstos estarían contaminados desde la superficie, principalmente aquellos que están ubicados próximos a los corrales de ganado y en las villas del lugar donde no hay una red cloacal que cumpla con los mínimos requisitos de salubridad.

El suministro de agua para bebida en Ojo de Agua, Sol de Julio y Sumampa lo realiza Obras Sanitarias de la Nación, mediante el sistema conocido como "Servicio reducido". En el caso de Villa Ojo de Agua, el agua para bebida proviene de dos pozos poco profundos, que podrían estar contaminados por los pozos ciegos vecinos. Como medida de seguridad el agua es sometida a un proceso de purificación mediante la adición de cloro.

### Tratamiento de las aguas

El necesario cumplimiento de las condiciones mínimas que debe reunir un agua para ser potable no excluye hoy día la posibilidad de su uso, pues pueden ser aplicados diversos métodos para la corrección de sus defectos.

Los procedimientos de corrección o tratamientos previos del agua se clasifican en: a) mecánicos; b) físicos; c) químicos y d) mixtos.

Entre los tratamientos mecánicos los más generalizados son la agitación, la decantación y la filtración. Los dos primeros procedimientos consisten en operaciones mecánicas bien definidas por su propia designación y mediante las cuales se produce la reducción del carbonato de calcio por eliminación de anhídrido carbónico que determinaría su exceso, y de la precipitación hacia el fondo, de sólidos y conjuntamente de los microorganismos en suspensión.

El reposo y la consiguiente decantación no bastan para la completa depuración del agua, es necesaria la filtración. La filtración se realiza haciendo pasar el agua a través de arenas y gravas de distinto tamaño.

El tratamiento por el calor es el tratamiento físico más común. La ebullición del agua para su depuración es seguramente el procedimiento más antiguo conocido y usado por el hombre. Para mejorar el agua tratada por este medio y, sobre todo, para hacerla más agradable al paladar y tolerable, se recurre a su aromatización mediante el uso del té o de la yerba



mate y otras hierbas naturales.

Con la elevación de la temperatura se consigue la destrucción de los microbios en suspensión, aconsejándose, para la mayor eficacia del sistema, la ebullición durante diez minutos.

Los procedimientos químicos para tratar las aguas son muy numerosos y variados. Aquí se hará mención sólo de aquellos de uso más frecuente. Estos procedimientos permiten eliminar bacterias nocivas para la salud, corregir la dureza, la salinidad excesiva, la coloración y sabor de las aguas.

#### a.- Clorización

El tratamiento por el cloro, introducido con tanta eficacia y fortuna por los servicios sanitarios mundiales, es de montaje y sostenimiento sumamente sencillos. Se aprovecha para el caso la acción bactericida del cloro libre o de los elementos activos de algunos compuestos de cloro.

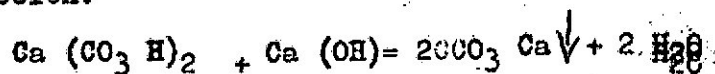
Se ha comprobado que solamente en Ojo de Agua el servicio público de Obras Sanitarias de la Nación agrega cloro al agua, que extrae de dos pozos someros cavados en el Basamento Cristalino.

Esta medida de salubridad tiene gran importancia, en esta villa donde todavía no hay una red cloacal. Del mismo modo se debería proceder en los servicios de provisión de aguas en las localidades de Sol de Julio y Sumampa.

Para aguas claras, la dosis de cloro suele ser de 0,1 a 0,5 gramos por metro cúbico de agua tratada. Una vez efectuada la mezcla, conviene mantenerla depositada algún tiempo antes de que entre en la distribución.

#### b.- Tratamiento de la dureza

El tratamiento de la dureza es uno de los más importantes. La dureza temporal o carbonatada se reduce mediante el empleo de lechada de cal en cantidad determinada por medio de análisis, de acuerdo con la siguiente reacción:



La dureza permanente, debida a los sulfatos de calcio y cloruro de calcio y magnesio, se rebaja o desaparece con el empleo de carbonato neutro de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). La reacción con el sulfato de sodio-sal que da un gusto desagradable al agua, al tiempo que no quita la sed, es la siguiente:



Para la reducción simultánea de las durezas temporal y permanente o sea la dureza total, se han vulgarizado los filtros de zeolitas (silicatos dobles de alúmina y otras bases), que ceden los metales alcalinos y fijan los alcalinos térreos, como el calcio. Para regenerar los filtros se emplea una solución de cloruro de sodio (Salmuera).

Asimismo, el agua con exceso de bicarbonato de calcio se puede tratar con glauconita, mineral que esencialmente es un hidrosilicato de hierro y potasio, y que tiene la propiedad de intercambiar bases. La glauconita es tratada con salmuera antes y después de ser usada para ablandar el agua.

### Clasificación de las aguas

Para agrupar los distintos tipos de agua se utilizará la clasificación de Shoeller (pág. 316, 1962), que se basa en la concentración de cloruros, sulfatos y bicarbonatos, expresados en miliequivalentes, de acuerdo al siguiente orden:

#### a).- Concentración en cloruros

- 1a. Aguas hipercloruradas : cuando la concentración es mayor de 700.  
 2a. Aguas clorotalásicas : cuando la concentración está comprendida entre 700 y 420. Estas aguas tienen un tenor de cloruros que oscila alrededor de la concentración del mar (r Cl= 560  
 3a. Aguas cloruradas fuertes : r Cl entre 420 y 140.  
 4a. Aguas cloruradas medianas: r Cl entre 140 y 40.  
 5a. Aguas oligocloruradas : r Cl entre 40 a 15.  
 6a. Aguas normales : r Cl menor de 10.

#### b).- Concentración en sulfatos

- 1b. Aguas hipersulfatadas : r  $SO_4$  mayor de 58; r  $SO_4 = 58$  es el tenor en iones del agua de mar.  
 2b. Aguas sulfatadas : r  $SO_4$  de 58 a 24. Donde r  $SO_4 = 24$  es el límite superior de potabilidad permanente.  
 3b. Aguas oligosulfatadas : r  $SO_4$  de 24 a 6.  
 4b. Aguas sulfatadas normales: r  $SO_4$  menor de 6.

#### c).- Concentración en bicarbonatos más carbonatos

- 1c. Aguas hipercarbonatadas : r  $HCO_3$  mayor de 7.  
 2c. Aguas carbonatadas normales: r  $HCO_3 + CO_3 =$  comprendidas entre 7 y 2.  
 3c. Aguas hipocarbonatadas : r  $HCO_3 + CO_3 =$  menor de 2.

De acuerdo a esta clasificación, las aguas subterráneas y superficiales de la zona que se trata se pueden considerar del siguiente modo:

La concentración de bicarbonatos, cloruros y sulfatos guarda relación con la concentración total de sales, indicada por las isoconas o curvas de isoconcentración que se pueden ver en el mapa correspondiente.

Las aguas subterráneas de la sierra de Sumampa son carbonatadas cloruradas y sulfatadas normales. Sin embargo a medida que los acuíferos se alejan del Basamento Cristalino, la salinidad aumenta. Tal es así que en los bordes occidental (Jasimampa), Norte (Pueblito, Las Chaclas), y oriental (La Florida, Vertiente de Baez,) las aguas son hipercarbonatadas, cloruradas y sulfatadas normales, sódicas, pero en algunos casos por aumento en la concentración de sulfatos pasan a ser oligosulfatadas (Pozo N°10 Vertiente y Dique de Baez).

La zona incluida entre las isoconas de uno y dos gramos por litro, donde se encuentran las perforaciones de Sol de Julio, Santa María y Sumampa, tienen una composición química diferente al del ambiente serrano. El agua que consume actualmente la población de Sol de Julio es oligoclorurada sódica, carbonatada y sulfatada normal.

La perforación de Santa María, que surte de agua a una población dispersada entre leguas a la redonda, tiene un tenor de sales totales que sobrepasa en algunos miligramos los límites tolerables para bebida humana. Es un agua oligoclorurada y oligosulfatada sódica con bicarbonatos y carbonatos de calcio en proporción normal.

Las perforaciones efectuadas por el Instituto Nacional de Geología y Minería (ex Dirección General de Industria Minera) en los años 1949 y 1950, han localizado tres acuíferos que, explotados en conjunto, brindan agua un poco más sulfatada que la de Sol de Julio, pero de composición similar al pozo de Santa María.

En Ramírez de Velasco aumenta el tenor de sulfatos lo que resulta intolerable para bebida humana. Por lo tanto es necesario suministrar agua a la población, mediante el uso del ferrocarril que acarrea periódicamente agua potable desde La Banda.

Sobre el mismo ramal ferroviario, en el Sandialito (km. 366), la concentración de cloruros y sulfatos aumenta pasando las aguas subterráneas a ser oligosulfatadas y oligocloruradas fuertes.

El agua de las vertientes y pozos de las elevaciones ubicadas frente a Sumampa y Ramírez de Velasco (Vertiente del Monasterio de los Benedictinos, muestra 25) se clasifica como hipercarbonatada, oligoclorurada y oligosulfatada magnésica-cálcica.

Las sierras de Ambargasta tienen agua subterránea de buena calidad. La isocona de un gramo por litro abarca prácticamente toda la sierra. En la zona de Lomitas Blancas (Escuela N° 20) y del puesto Rosario las aguas tienen un contenido total de sales que no llega al medio gramo.

En el norte de la sierra de Ambargasta, donde afloran las ortocuarcitas rojas paleozoicas, las aguas subterráneas son carbonatadas y cloruradas sulfatadas normales sódicas (Santo Domingo, Puesto El Simbol). La misma composición tienen las aguas de Ambargasta (Pozo 43), Mina La Clemira (Pozo 44), Los Ancoches (Pozo 45), etc., aunque el tenor de sales baja considerablemente (Ver tabla 4) por lo que resultan apropiadas para todo uso (Pozo Tito Aranda, Lomitas Blancas, Pozo 61, Pozo Grande, etc.)

## ENSAYOS POR METODOS GEOFISICOS

Inmediatamente después de haberse realizado el censo de pozos de agua y la determinación del contenido en sólidos disueltos en la misma, se decidió desarrollar una investigación por métodos eléctricos aplicables a los fines de definir las zonas de aguas clasificadas como buenas, situadas en las inmediaciones de los pozos denominados, en este estudio, como 63, 79 y 22 (en el Km. 88, San Ignacio y Manchín, respectivamente).

Por lo tanto el objeto de los ensayos de geoelectrica tenían un doble propósito:

1ª Determinar por métodos geofísicos la posibilidad de definir zonas con aguas de muy mala calidad, de las zonas con agua de buena calidad para delimitar esas áreas aprovechables y corroborar el trazado de las isocomas.

2ª Determinar por los mismos métodos la posibilidad de definir zonas con aguas de mala calidad de zonas con aguas de buena calidad para los propósitos enunciados anteriormente.

a) Instrumental, método y formas de representación usadas en esta prospección:

El instrumento usado fué un Bicomensador alimentado por una fuente de envío de corriente continua a baterías secas. Se utilizaron como electrodos de tensión dos estacas de acero inoxidable y como electrodos de envío de corriente dos estacas de acero.

Se desarrolló el método para determinar la resistividad aparente del subsuelo según una variante del sistema Wenner.

Los valores obtenidos se han representado de la siguiente forma:

Con sentido horizontal, la resistividad aparente en ohms por metro y con sentido vertical la profundidad en metros de los diversos valores obtenidos.

Se han considerado adecuadas las siguientes escalas:

1 mm. = 1 ohms/metro y 1:200 para la profundidad en metros. Unicamente en la lámina XXI se ha variado la escala de ohms/metro llevando a 1 mm. = 2 ohms/metro.

En las láminas han sido unidos con trazo continuo los valores de la resistividad aparente obtenidos usando la variante del sistema Wenner. Han sido unidos con líneas de trazos los valores obtenidos con una variante en el cálculo de los mismos y que refuerzan en algunos casos las anomalías existentes y sirven como un artificio para la mejor interpretación del perfil.



b) Desarrollo del plan de trabajo:

En primer término se prospectó la zona del Km. 88 por ser ideal como campo de ensayo para definir la practicabilidad del método en el primer de los propósitos enunciados en la introducción.

La existencia de pozos con alto contenido en sólidos disueltos en agua en la proximidad de pozos de agua de buena calidad permitirían realizar el cotejo de valores.

Posteriormente se realizaron sondajes en las zonas de San Ignacio y Manchín donde la diferencia de salinidad entre aguas buenas y malas no sobrepasa en general los 3 gramos por litro, con lo que se trataría de cumplir con el segundo de los propósitos. Esta segunda etapa del trabajo se desarrolló después de y durante fuertes precipitaciones pluviales (en total más de 150 mm.) que habían hecho variar el nivel de los pozos anteriormente censados. El agua de infiltración de las represas inmediatas a los mismos han dado registros en un nó del todo acordes con los obtenibles en épocas normales, en donde la humedad media del terreno es sensiblemente inferior.

c) Zona del Kilómetro 88:

Se dió comienzo por el pozo 65 del Km. 80 donde los ensayos acusaron más de 30 gramos por litro de sólidos disueltos en el agua (calificada como muy mala). El sondaje N° 1 se realizó unos 50 metros al E. de la vía férrea y a unos 100 metros al N.E.W. de otro pozo con iguales características.

Sondaje N° 1:

La noche anterior se produjo una precipitación pluvial de 20 mm. que había humedecido el suelo salino. Los valores de resistividad desde la superficie hasta los 4 metros son muy bajos. Una idea de la conductividad del terreno la dan las eflorescencias de sales observadas en la superficie del mismo.

Observando la lámina I podemos ver que los valores de la resistividad aparente escasamente superan los 10 ohms/metro debido a la presencia de agua con alta concentración de sales.

Entre los 11 y 12 metros de profundidad tenemos un pequeño aumento de resistividad coincidente con un posible horizonte de material más compacto que debe corresponder a una "tosca" encontrada con bastante frecuencia en los perfiles de la zona.

Sondaje N° 2:

Realizado en franco tren de aproximación a la zona de agua calificada como muy buena. Ubicado a unos 100 metros al W. de la vía férrea frente al poste telefónico N° 7 del Km. 82 o sea a unos 2.500 metros del anterior.

En la superficie del terreno no se observaron eflorescencias salinas pero cotejando en la lámina I tenemos un registro igual al anterior hasta los 18 metros de profundidad. Luego un aumento en la resistividad indicaría un cambio en el terreno (tosca?) apareja de a una inversión en el sentido del envío de corriente y de compensación nos permite especular en la presencia de una napa de agua a los 28 metros de profundidad, posiblemente de menos salinidad. Por debajo de los 30 metros se insinúa el mismo fenómeno.

#### Sondaje N° 3:

Ubicado a 35 metros al E. de la vía férrea, entre el poste 13 del Km. 83 y el poste del Km. 84 o sea a 1.500 metros del anterior sondaje.

La lámina II nos muestra un perfil completamente diferente. El subsuelo no se encuentra impregnado por soluciones con alto contenido en sólidos. Aparentemente está compuesto por arena y rodados con algunos horizontes de tosca.

A los 21 metros una zona de baja resistividad (agua?, arena húmeda?) sobre un horizonte menos conductible (tosca?). Inmediatamente por debajo de este último, a los 25 metros, existiría una napa de agua con poco contenido en sólidos disueltos. Por debajo de los 30 metros se insinúa el mismo fenómeno.

#### Sondaje N° 4:

Unos 30 metros al E. del pozo 63, en el Km. 88 se realizó este sondaje. El pozo tiene una profundidad de 42 metros, de los cuales 30 metros son de antepozo y los 12 restantes una perforación entubada. El nivel del agua en el momento del registro estaba a 32 metros de profundidad, aproximadamente. El bombeo del pozo durante las mediciones ha causado una ligera perturbación en las mismas entre los 34 y 42 metros, posiblemente debido al agua en movimiento, que se manifestaron en dificultades para compensar los envíos de corriente (lámina II). El acuífero sigue, aparentemente, por debajo de los 60 metros.

#### Sondaje N° 5:

Ubicado en el pozo 68, del Km. 89, con agua de similar calidad a la del pozo anterior. Este registro reviste particular importancia por permitir corroborar algunos datos que en los cuatro sondajes anteriores habían sido inferidos. El señor Rivero, que practicó este pozo, nos ha proporcionado algunos datos del perfil del mismo. Según sus manifestaciones, desde la superficie hasta los 20 metros aproximadamente, hay arena mediana y gruesa con "planchas", "bochas", etc. de tosca. Luego hasta los 27 metros, tosca. Inmediatamente por debajo, arena con rodados de tosca y de roca hasta el actual fondo del pozo

(30,50 m.) donde se tropezó nuevamente con tosca, de fácil perforación, pero el caudal de agua impedía su laboreo a mano.

Observando las curvas de valores en la lámina III notamos la existencia de un horizonte con arena húmeda o agua a los 18 metros e inmediatamente por debajo del mismo entre los 18 y los 20 metros, un aumento de resistividad correspondiente a la tosca que disminuye bruscamente entre los 26 y los 28 metros, donde comienza el acuífero actualmente en explotación y que aparentemente prosigue por debajo de los 50 metros de profundidad.

#### Sondaje No 6:

Situado al lado de un pozo abierto a 200 metros hacia el Este de la vía férrea en el Km. 91.

La superficie del agua se encuentra a 28 - 30 metros de la superficie y el fondo a 32 metros.

Según lo que se observa en la lámina IIII luego de un posible horizonte de tosca entre los 14 y los 24 metros, nos encontraríamos con agua por debajo de los 26 metros. El acuífero proseguiría por debajo de los 50 metros de profundidad con un posible enriquecimiento del mismo a los 46 metros, en un subsuelo no tan permeable como el de los pozos 63 y 68.

El agua es buena, según los habitantes del lugar, aunque ligeramente "desabrida", por lo que se presume de inferior calidad que las de los pozos anteriormente citados.

De la comparación de estos seis perfiles de la zona del kilómetro 88 queda demostrada la diferencia evidente que acusan los registros de pozos con agua de muy mala calidad (del orden de los 30 grs. por litro) de las muy buenas (0,5 a 1,5 grs. por litro).

El método usado ha satisfecho los propósitos para el cual había sido desarrollado, es decir en lo que respecta a poder discriminar entre registros en zona con alta concentración de sales en el agua de las zonas con aguas de muy buena calidad.

En todos los casos se ha determinado con suficiente aproximación los horizontes de mayor resistividad aparente y los posibles acuíferos existentes en el subsuelo.

#### d) Zona de San Ignacio:

Comprobado el éxito del método en el Km. 88 se trató de investigar el área de los pozos 77 (Arbol Negro), 79 (San Ignacio) y 80 (El Espinillo) en donde el agua muy buena de San Ignacio (575 mgr/l) difiere en pocos gramos de la de Arbol Negro (3.600) y El Espinillo (no ensayada).



Observando las láminas V, IV y VII correspondientes a los sondajes Nº 7, del pozo 77 y Nº 8, del pozo 79, respectivamente, no encontramos gran diferencia entre estos registros, lo que nos permite decir que cuando la diferencia de salinidad entre los distintos acuíferos no es grande, el método no es aplicable por lo menos en las circunstancias actuales.

El estudio del sondaje Nº 8 no permite especular sobre una disminución o cesación del acuífero a los 32 metros de profundidad. Posiblemente nos encontramos ante la presencia de una formación menos permeable.

En la lámina VIII, están representadas las curvas de los sondajes 9 y 11 ubicados al W. y al N. de San Ignacio. Los mismos fueron realizados luego de una intensa precipitación pluvial.

En el caso del sondaje 9 nos encontraríamos en un suelo completamente mojado por el agua infiltrada. No descartamos sin embargo la presencia de agua salina entre los 10 y los 20 metros; creemos que los resultados obtenidos en este sondaje no son claros y no sabemos si es atribuible a efecto de las lluvias.

No así en el sondaje 11 donde se estima la presencia de un acuífero a los 24 metros de profundidad, en medio posiblemente de una formación poco permeable.

En la lámina VI se han representado los valores obtenidos en el sondaje Nº 10, al norte de San Ignacio, en el cruce del camino con la línea telegráfica. Luego de una formación de bastante resistividad relativa (granito alterado?), tenemos una zona húmeda o con agua que aumenta desde los 18 a los 30 metros donde un acuífero es evidente. Por debajo, a los 40 metros se repetiría el fenómeno.

En la misma lámina, tenemos el sondaje Nº 13, El Espinillo, pozo 80, de agua de mala calidad. Dada la gran precipitación pluvial escasamente se ha determinado el nivel actual del agua pero sí el fondo del acuífero que estaría a los 26 metros de profundidad.

Entre San Ignacio y El Espinillo, el sondaje Nº 12, cuyos valores se han dibujado en la lámina V, nos indican la presencia de agua entre los 12 y los 26 metros y posiblemente por debajo de esta profundidad un subsuelo muy húmedo o también con agua.

Creemos con bastante fundamento que aunque en este ensayo ha sido imposible distinguir entre aguas poco salobres de aguas buenas o muy buenas, no se debe descartar el método y emplearlo en épocas de estiaje, cuando las represas tienen poco volumen de agua y no luego de precipitaciones intensas. En los casos de San Ignacio, Arbol Negro y El Espinillo, las represas inmediatas a los pozos aportan a los mismos, por infiltración, gran cantidad de agua enmascarando su real nivel y disminuyendo su salinidad.

c) Zona de Manohín:

Un problema similar al de los pozos de San Ignacio es el que se presente en Manohín, aunque este pozo está totalmente practicado en granito, que en niveles superiores aparece bastante alterado.

El sondaje NA 14, (lámina VII) en las inmediaciones del pozo 22 (Manohín), nos indica la presencia de agua desde la terminación del relleno moderno hasta los 18 metros aproximadamente. Lamentablemente la lluvia y la presencia de una represa no nos permiten determinar si la misma corresponde a un juego de diaclasas o fisuras entre la superficie y los 18 metros o a fisuras o fallas subhorizontales posiblemente también situadas a esa profundidad.

En la misma lámina hemos representado el sondaje NA 17, frente al Puente Negro, en la ruta de Sol de Julio a Sumampa. 10 metros al W. existe una represa y un pozo de 5 metros de profundidad y con nivel de agua (mala) a los 3,40 metros de la superficie.

El registro nos indica agua posiblemente salina desde la superficie hasta los 10 metros, luego sigue la resistividad en aumento pero lo mismo se presume la existencia de agua (salina?) hasta los 28 metros.

No se descarta la posibilidad de que este registro coincida con una zona afectada por movimientos tectónicos o en las inmediaciones de un resalto de falla cubiertos por relleno moderno.

El sondaje NA 15 (lámina VIII), ubicado en las inmediaciones de la Escuela del Bajo, nos indicaría la presencia de agua entre los 24 y 32 metros, a los 44 metros, a los 54 y los 58 metros. Estas dos últimas napas posiblemente salinas.

Unos 300 metros al N.W. de este sondaje, se ha practicado un pozo de 5,60 metros de profundidad, cuya agua de mala calidad (los animales la beben) está a 1,40 metros de la superficie. Se encuentra situado cercano al escalón de falla del borde sudoriental de la sierra y próximo a un antiguo ojo de agua o vertiente, de buena calidad, según un poblador.

Un kilómetro al norte de Manohín, en una lomada, se ha realizado el sondaje NA 16 (lámina IX) para verificar la presencia de acuíferos hacia el norte, pues en La Clemira existe agua de buena calidad. Se ha podido corroborar la cercana presencia del granito, aflorante en algunas zonas, pues los valores de resistividad obtenidos son lo suficientemente altos como para poder asignarlos a esta roca.

En definitiva tampoco se ha podido discriminar con seguridad las zonas de aguas de muy buena calidad de las de mala calidad (no más de 3 a 4 grs. de sólidos disueltos por litro), aunque algunos registros de la zona alientan

a pensar que el método es practicable en otra época del año.

f) Conclusiones y recomendaciones.

En la zona del Km. 88 ha quedado demostrada la diferencia que acausan los registros de sondajes por el método de resistividad aparente en las zonas de agua muy mala calidad (del orden de los 30 grs./litro de contenido en sólidos disueltos) con los de aguas muy buenas (0,5 a 1,5 gramos/litro). Por lo tanto se ha cumplido con el propósito perseguido en este caso y se ha determinado, a lo largo de la vía, la zona de agua buena.

Se han localizado con suficiente aproximación los acuíferos existentes en el subsuelo.

No ha sucedido lo mismo en la zona de San Ignacio y Manchín donde ha sido imposible diferenciar con seguridad los valores de los registros de zonas con aguas malas (3 a 4 Grs./litro). En general los registros han sido perturbados por la infiltración del agua de las represas cercanas a los pozos; aumentadas estas últimas por las intensas precipitaciones pluviales. En casi todos los casos se han podido determinar los acuíferos existentes.

En consecuencia, el método utilizado resulta apto para distinguir zonas de aguas con muy alta salinidad de zonas con aguas muy buenas.

Se recomienda no descartar totalmente el método para el caso de diferenciar entre aguas buenas con aguas de mala calidad, pues existe la posibilidad de que en condiciones más propicias pueda llegar a resultados prácticos.

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio hidrogeológico de los Departamentos Ojo de Agua y Quebrachos ha demostrado que la zona está favorecida, en comparación con otras regiones de la provincia de Santiago del Estero, por la cantidad y calidad del agua subterránea.-

a) Las aguas meteóricas, con un promedio de 550-600 milímetros anuales, son una fuente importante de abastecimiento de agua potable, principalmente en las zonas vecinas al ferrocarril; a las Salinas de Ambargasta y a la planicie aluvial del norte donde son de mala calidad, por lo que su utilización queda descartada (zona comprendida entre las curvas isocóncas de más de 3.000 miligramos por litro).-

b) Las vertientes o manantiales de Oncan (Sierra de Ambargasta) y de Baez (Sierra de Sumampa) son fuente permanentes, sino muy abundantes, de agua subterránea parcialmente aprovechadas.-

c) Las aguas subterráneas de las Sierras de Ambargasta y Sumampa se encuentran a profundidades comprendidas entre 5 y 20 metros y tienen una salinidad menor de 2.000 miligramos por litro por lo que resultan apropiadas para todo uso (doméstico, ganado y riego).-

Las aguas subterráneas de las planicies aluviales que circundan el relieve montañoso de las sierras citadas tiene una concentración salina que sobrepasa el límite tolerable para bebida humana y riego, pero que puede usarse para abrochar ganado siempre que el tenor de sulfatos no sobrepase los 2,500 miligramos por litro.-

d) Las aguas superficiales y subterráneas de las sierras de Ambargasta y Sumampa son carbonatadas, cloruradas y sulfatadas normales; pero pasan a ser hipercarbonatadas, oligocloruradas y oligosulfatadas a medida que se alejan de las rocas consolidadas del basamento cristalino y que aumenta su profundidad.-

e) La captación del agua subterránea se realiza mediante sencillos pozos cavados a mano en aquella zona donde los depósitos aluvionales cubren al basamento cristalino. Se favorece la salida del agua mediante tiros de dinamita que abren las fisuras por donde circula. En la zona deprimida del este y oeste el agua subterránea está muy profunda por lo que es necesario recurrir a perforaciones con equipos especiales.-

f) Se ha comprobado la existencia de una importante corriente subterránea que proviene de la sierra de Ambargasta y que llega prácticamente sin sales hasta el borde de las Salinas del mismo nombre y determinando un área favorable para perforar entre los Km 84 y 91 del ramal industrial del ferro-

carril.

En el Departamento quebrachos las posibilidades de encontrar agua subterránea en cantidad y calidad aceptables son mucho menos favorables que en el Departamento Ojo de Agua.-

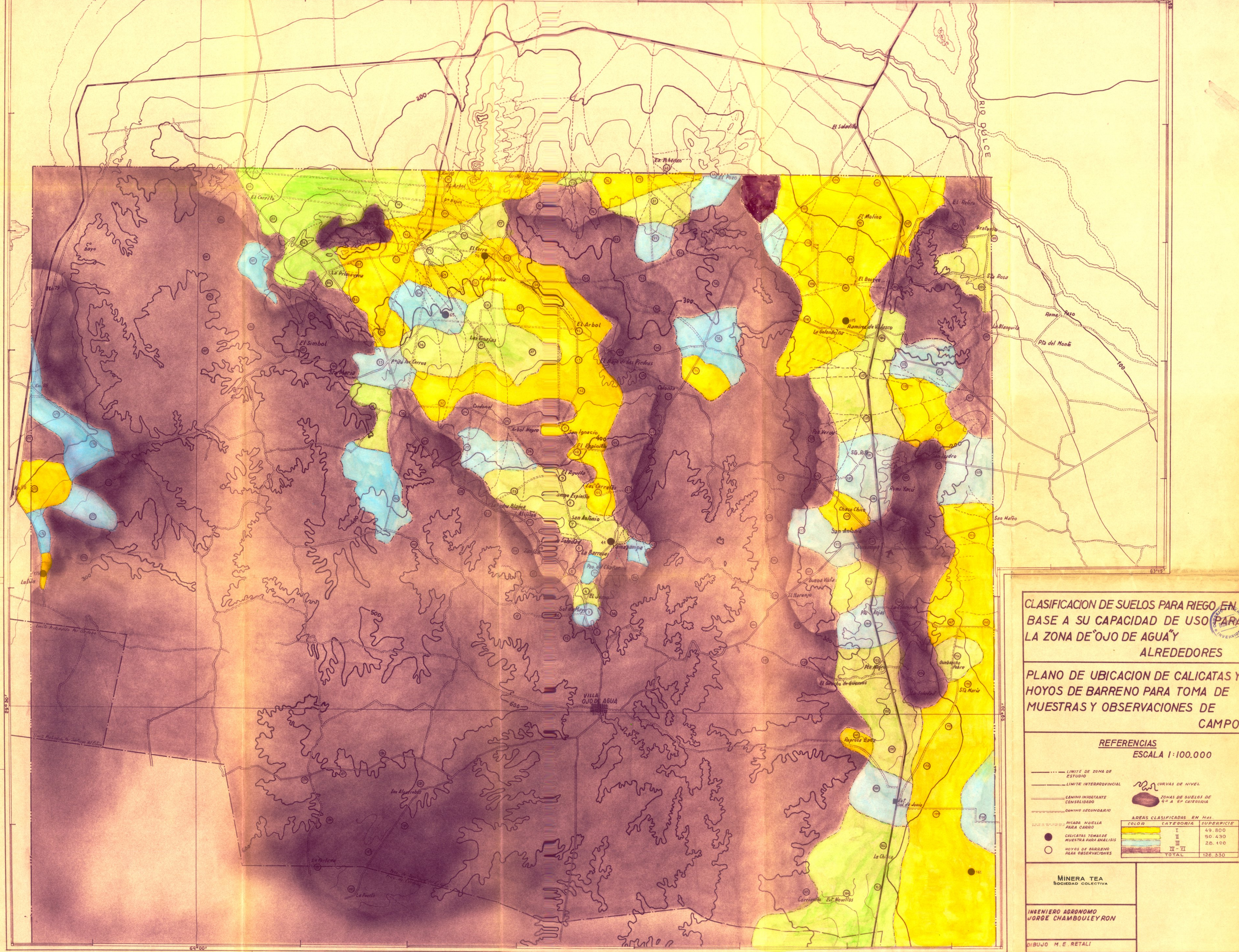
### RECOMENDACIONES

Para el mejor aprovechamiento de las aguas es necesario:

- a) Construir represas, tajamares y aljibes para captar las aguas meteoricas donde la calidad del agua subterránea no es aconsejable para bebida. Utilizar a su vez el agua de las represas previo filtrado y clorización.-
- b) Construir tomas superficiales y/o diques subálveos en las vertientes y arroyos; y conducir el agua por canales impermeables (Vertientes de Oncan, Monasterio, Arroyos Oncan, Pozo Grande, Lescano, etc.).-
- c) Utilizar las aguas para bebida humana siempre que no tengan una salinidad que sobrepase los límites recomendables por Obras Sanitarias de la Nación. El agua de los pozos antes de ser ingerida debería ser hervida o sometida a un proceso de clorización.-
- d) Las aguas subterráneas cuyo tenor de sales disueltas sobrepase los límites tolerables (Sales totales 2.000 mg/l; sulfatos 300 mg/l; cloruros 700 mg/l y fluor 3mg/l) deben ser destinadas para abrevar ganado.-
- e) Utilizar ablandadores cuando el agua para usos domésticos tenga una dureza mayor de 30 grados franceses (300 mg/l).
- f) Emplear el agua subterránea para riego cuando la relación sodio-calcio mas magnesio y conductibilidad eléctrica tengan valores bajos.-
- g) Efectuar perforaciones y realizar ensayos de bombeo con una batería de pozos en la zona vecina al Km 88, a fin de conocer los valores reales de transmisibilidad (T), permeabilidad (P) y almacenaje (S) del acuífero.-
- h) Captar el agua subterránea alojada en los sedimentos altamente salinizados del Terciario (aguas hipermarinas) y utilizarlas con fines terapéuticos (balneoterapia) etc.).-
- i) Materializar el estudio de fotointerpretación y prospección hidrogeológica y geofísica perforando en las zonas que estructuralmente han resultado más favorables.-

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- FURQUE, G. (1960) - Condiciones Hidrogeológicas de Ojo de Agua, Prov. de Santiago del Estero, D.N. de Geología y Minería, Inf. Técnico No. 6, Buenos Aires.-
- HEM, J. D. (1959) % Study and Interpretation of Chemical Characteristics of Natural Water, U.S. Geological Survey, Water Supply Paper 1473, 1-269, Washington D.C.
- LUCERO, (1954) % Descripción Geológica de las Hojas 16h y 17h. (Pozo - Grande y Chufiahuasi), Prov. de Córdoba y Santiago del Estero, Dirección N. de Geología y Minería, Buenos Aires (inédito).-
- RANKAMA, K y  
SAHAMA, TH. G. (1954)- Geoquímica, Aguilar S.A. - Madrid
- RIGAL, R. (1948)-% Provisión de Agua a la Villa de Ancasti, Prov. de Catamarca, Rev. Soc. Geológica Argentina, III, 261-269, - Buenos Aires.-
- SCHOELLER, H (1962)- Les Eaux Sauterraines, Masson y Cia, Paris.-
- STAPPENBECH, R. (1939) % Geología e hidrogeología de La Pampa.% (traducción del original "Geología und Ground Wasserkunde Der Pampa", Stuttgart 1926, por A.J. Caviezel).-
- LANE, C. W. (1960) - Geology and Ground-Water Resources of Kingman County, Kansas. Univ. of. Kansas State Geological Survey of Kansas, Bull. 144.-



**CLASIFICACION DE SUELOS PARA RIEGO EN BASE A SU CAPACIDAD DE USO PARA LA ZONA DE OJO DE AGUA Y ALREDORES**

**PLANO DE UBICACION DE CALICATAS Y HOYOS DE BARRENO PARA TOMA DE MUESTRAS Y OBSERVACIONES DE CAMPO**

**REFERENCIAS**  
ESCALA 1:100.000

- LIMITE DE ZONA DE ESTUDIO
- LIMITE INTERPROVINCIAL
- CAMINO INSTANTANE CONSOLIDADO
- CAMINO SECUNDARIO
- PICADA MUELLA PARA CARRO
- CALICATAS TOMAS DE MUESTRA PARA ANALISIS
- HOYOS DE BARRENO PARA OBSERVACIONES

--- CURVAS DE NIVEL

--- ZONAS DE SUELOS DE 4ª a 6ª CATEGORIA

AREAS CLASIFICADAS EN HAS		
COLOR	CATEGORIA	SUPERFICIE
Yellow	I	49.800
Light Blue	II	50.430
Dark Blue	III - VI	26.100
TOTAL		126.330

**MINERA TEA**  
Sociedad Colectiva

**INGENIERO AGRONOMO**  
JORGE CHAMBOULEYRON

DIBUJO M. E. RETALI

T A B L A I - P E R F O R A C I O N E S

No. de ord	Nom bre de la Peff	Fechas		N. de capas de agua	Profundidad (en m.)		Nivel piezo metr. (enm)	Caudal (l/h)	Depre sión (enm)	Ca li dad	Profun didad perf. (enm)	Entuba miento (en mm)	Bomba	Capa cidad bomba	Fuer za mo triz	HP	Obsrvaciones		
		Inic.	Term.		Desde	Hasta													
1	Villa Ojo de Agua No. 1	3/22	9/22	1a.	7.00	?	3.30	5000	12.70	A	24.42	253-267 147-159	Motor a Nafta	5 m <sup>3</sup>		2	Ubic. calle 8 entre 12 y 1. Est. próxima Sol de Julio.		
2	Sol de Julio No. 1	9/41	9/43	1a. 2a. 3a. 4a. 5a. 6a. 7a. 8a. 9a. 10a. 11a. 12a. 13a. 7a. 8a. y9a. 7a. y8a.	134.30 146.20 172.00 200.40 205.10 211.10 252.70 259.00 287.00 303.50 348.80 368.60 396.70	135.50 147.20 175.50 203.00 206.80 213.20 256.40 260.00 288.00 304.50 350.00 369.20 397.20	127.80 127.40 119.60 132.80 131.90 124.00 117.00 116.70 110.80 116.00 116.00 123.00 157.00	1440 6120 2880 2400 1860 1800 4560 3800 3800 3040 2400 1560 900	Total Total 2.10 Total Total 2.00 5.00 10.60 84.00 10.00 197.00 Total 2400 3610	M M I M A A A M M I I I A A	405.00		147-159 179-193 Rellena do has ta los 296.50 metros	a Pistón	3 m <sup>3</sup>	Diesel	5 6	Ubic. manzana No. 37 Est. de agosto Sol de Julio	
3	El Borrito No. 1	4/45	4/46	1a. 2a. 3a. 4a. 5a. 6a. 7a. 8a. 9a. 10a.	62.50 87.00 101.20 115.50 182.00 214.00 240.00 244.30 249.60 267.20	77.10 93.60 112.20 117.70 186.20 216.20 242.70 245.20 251.20 268.30	60.00 61.20 61.80 62.50 63.10 63.20 65.60 56.70 52.90 55.70	4080 6650 6650 7030 3960 4200 3120 4440 4260 3600	1.00 0.40 3.95 2.50 3.40 2.65 44.40 7.80 21.50 48.10	I I I I I I I I I I	268.50	179-193 Rellena do has ta los 77.85 metros						En explotación 1a. capa.	
4	El Naranjo No. 1			1a. 2a. 3a. 4a. 2a. y3a.	84.00 95.50 105.55 155.70	88.50 99.50 110.15 160.55	85.05 84.25 83.85 97.00	1026 3990 4051 2850	Total 2.15 - Total 3.30	A A A A A	186.00		Moli no	1.4 m <sup>3</sup>	Viento fuerte			A 186 metros, firo granítico SAMENTO)	
5	Santa Maria No. 1	4/46	6/49	1a. 2a. 3a. 4a. 5a. 6a. 7a. 8a. 9a. 10a. 11a. 12a. 13a. 14a.	105.50 112.00 120.50 151.60 170.00 184.00 231.80 233.50 245.80 265.00 266.30 269.80 278.30 287.70	110.00 114.80 121.60 154.60 170.50 184.70 232.20 236.60 247.70 265.60 268.60 270.70 281.60 291.40	98.00 98.10 98.30 97.85 98.00 97.80 94.10 94.30 87.15 86.00 83.60 85.65 85.20 83.90	3936 4656 4592 4756 4680 4860 4140 6400 4320 4320 5580 5040 3480 4320	2.95 1.40 - 1.40 1.20 16.40 50.60 3.10 5.85 1.47 0.80 52.55 31.30 6.00	I I I I I I I I I I I PU PU PU	500.50	253-267 215-229					Rellenado hasta los 297.00 m		
5	Santa Maria No. 1 (cont)			15a. 16a. 17a. 18a. 19a. 20a. 21a.	302.80 371.20 391.30 400.20 420.60 490.60 499.60	303.80 371.80 392.40 401.70 421.00 492.30 500.50	99.00 83.50 89.70 82.20 86.60 55.00 70.20	2760 3480 2400 2760 2040 1960 1400	134.40 34.10 73.90 37.50 126.40 100.00 128.10	A I I I I I PU									
6	Villa Quebrachos No. 1	11/21	12/21	1a.	34.40	59.27	30.50	7000	3.00	I	58.27	215-229 179-193						Rellenado totalmente	
7	Puerta del Monte No. 1			1a. 2a. 3a. 4a.	11.70 84.30 241.20	16.15 87.20 241.80	9.00 9.80 9.00 30.00	1368 1268 7125 3150	Total 0.35 73.00	I I I I	274.40							Rellenado totalmente	
8	Su mam pa No. 1	6/24	9/25	1a. 2a. 3a. 4a. 5a. 6a. 7a.	6.70 10.65 26.50 30.00 40.70 78.60 116.00	8.00 17.30 28.30 32.20 47.50 79.30 121.40	6.00 6.00 6.75 6.25 7.40 5.80 7.80	1338 3400 3363 4200 3080 1428 3100	Total 1.50 5.45 1.25 Total 9.20 2.20	I I I I I I I	14 1.00								Rellenado totalmente
9	Su mam pa No. 2	7/48	3/49	1a. 2a.	18.00 90.00	20.50 93.45	16.60 19.10	8050 6339	2.50 16.50	A I	109.00	179-193	a Pistón	2 m <sup>3</sup>		6	Ubicación: Manzana 12. Rellenado hasta los 26.75 m		
10	Su mam pa No. 3	3/49	4/50	1a. 2a. 3a.	25.50 50.15 61.75	31.05 52.50 65.70	14.20 13.75 13.90	3543 2649 8900	Total Total 33.90	A I I	113.80	215-229	A Pistón	7 m <sup>3</sup>	Diesel	6	En explotación: 3a. capa. Rellenado hasta los 69.10 m.		
11	La Chilca No. 1			1a. 2a. 3a. 4a. 5a. 6a. 7a. 8a. 9a. 10a. 11a. 12a. 13a. 14a. 15a.	130.20 150.00 165.00 172.00 179.20 183.40 206.40 211.00 225.40 286.20 338.30 425.80 442.30 474.30 552.80	133.30 151.50 166.50 173.50 181.80 184.40 207.60 211.70 226.50 287.80 339.10 427.50 442.50 474.60 555.00	127.75 126.45 126.65 126.55 126.40 126.40 120.40 121.10 120.60 117.20 213.50 120.80 72.00 93.50 54.70	2880 2240 2400 2560 2400 2400 3040 2400 2880 1980 1200 800 1188 930 1357	Total 2.65 1.35 4.85 4.85 2.60 14.40 52.90 6.00 29.00 10.50 31.00 87.00 151.50 95.30	A I I I I I I I I I I A A A	573.00						Pozo rellenado		

REFERENCIAS:

En la columna de CALIDAD se han utilizado las siguientes abreviaturas:

A por APTA  
I por INEPTA  
PU por PUEDE USARSE  
M por MEDIOCRE

En las columnas de FECHAS lo que se indica es el mes y el año de iniciación y terminación de la perforación.





TABLA 3 - ANALISIS QUIMICOS (Sólidos disueltos en miligramos por litro)

No. de capa	Fecha	Residuo seco A	Dureza total CO <sub>3</sub> Ca	Alcalinidad de bicarbonatos	Bicarbonatos CO <sub>3</sub> H	Cloruros Cl	Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Nitratos NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Calcio Ca	Magnesio Mg	Sodio Na	Potasio K	Fluor F mg/l.	RAS	Aptitud del agua		
															BH	G	R
<b>VILLA OJO DE AGUA</b>																	
1a.	14/11/22	905		280		C <sup>1</sup> Na:	58	V	135	25							
<b>SOL DE JULIO No. 1 (DNGM)</b>																	
2a.	27/12/41	2.320		140		1.150	221		264	61							M B M
5a.	17/3/42	1.080		122		39	468	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>7</sub> :	48	17			Vest.				A A A
7a.	5/5/42	1.036		195		248	288		54	12							A A A
7a, 8a.	9/9/43	1.100		207		269	311	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>7</sub> :	500	17		K <sub>2</sub> O:	Vest.				A A A
7a, 8a. y 9a.	6/4/43	1.258		183		326	365	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sub>10</sub> :	52	19							A A A
13a.	20/11/42	3.800		177		1.135	1162		146	47							I I I
<b>EL BORDITO No. 1 (DNGM)</b>																	
1a.	5/8/46	3.190	1.640	120	146	1.489	457	4	500	98			1,4				I I I
2a.	4/8/45	5.512	3.040	105	128	2.837	415	9	820	128			1,4				I I I
8a.	22/11/45	10.480	510	75	91	6.383	280	3	132	43			Vest.				I A I
10a.	28/1/46	1.980	28	1.075	262	762	291	1	6	3			Vest.				IP/riego Coef. Alc. en mm. 47,53 Apt. pobre
<b>SANTA MARIA No. 1 (Dpto. Quebrachos)</b>																	
1a.	5/8/46	17.800	10.900	65	79	10.638	448	1	3.800	611			0				I I I
2a.	6/8/46	27.200	12.570	65	79	16.311	829	1	4.200	895			0				I I I
3a.	29/10/46	26.600	5.000	95	116	14.893	1646	-	1.260	428		440	0				I I I
11a.	17/12/46	2.850	1.000	90	110	1.170	620	7	304	59			0				I M I
31a.	9/3/49	1.888	400	141	172	546	581	1	134	18		51	2	12,2			M A I
13a. y 14a.	27/8/49	1.860	475	178	217	574	483	Vest.	132	35	468		0,08	8,2			M A M
<b>VILLA QUEBRACHOS No. 1 (DNGM) (Dpto. Quebrachos)</b>																	
1a.	9/2/22	3.854		427		C <sup>1</sup> Na:	1720	-	230	6							I I I
<b>PUERTA DEL MONTE No. 1 (DNGM) (Dpto. Quebrachos)</b>																	
1a.	17/7/52	76.450		160	195	44.502	2187	0	4.530	682	23422						I I I
2a.	18/8/52	83.660		205	250	46.453	5720	0	1.730	646	29273						I I I
3a.	24/10/52	88.200		155	189	48.048	6370	Vest.	1.560	627	31164						I I I
4a.	16/7/53	67.980		280	341	35.637	6627	Vest.	1.472	1049	22741						I I I
<b>SUMAMPA No. 1 (DNGM) (Dpto. Quebrachos)</b>																	
1a.	1924	15.460				C <sub>1</sub> Na:	490		442	2							I I I
4a.	1924	64.080				76.764			2.213	665							I I I
7a.	1925	86.939				56.707	9464		1.236	532							I I I
<b>SUMAMPA No. 3 (DNGM) (Dpto. Quebrachos)</b>																	
1a.	27/7/49	1.485	185	240	293	454	279	11	96	43	333		1,25	6,8			A A A
2a.	26/7/49	1.662	550	240	293	440	381	17	108	68	331		0,75	6,15			A A M
3a.	13/5/50	1.362	430	160	195	429	312	20	92	48	313		1	6,1			A A M
<b>SUMAMPA No. 2 (DNGM) (Dpto. Quebrachos)</b>																	
1a.	11/1/52	1.280	450	260	317	323	288	15	110	39	271		0,75	5,5			A A A
2a.	30/12/48	1.226	365	186	227	370	292	11	86	36	303		6	6,9			I A A
<b>EL NARANJO No. 1 (DNGM) (Dpto. Quebrachos)</b>																	
1a.	20/11/50	516	190	195	238	75	104	Vest.	38	18	109		0,5	3,3			A A A
4a. y 2a. y 3a.	10/4/51	1.417	465	160	195	411	222	0	104	50	233		1,6	4,5			A A M
3a.	21/12/51	580	240	220	268	87	125	Vest.	28	21	147		0,8	5,1			A A M
<b>LA CHILCA No. 1 (DNGM) (Dpto. Ojo de Agua)</b>																	
1a.	30/3/50	1.184	230	205	250	425	166	20	62	17	353		0,5	10			A A I
3a.	16/5/50	1.600	490	185	220	645	196	15	114	49	375		0,5	8			I A M
7a.	16/6/50	1.628	450	120	146	610	303	15	110	41	397		Vest.				I A I
9a.	9/6/52	1.202	380	150	183	550	416	20	94	31	465		0,8				I A I
13a.	9/6/52	1.202	430	90	110	234	487	Vest.	132	24	228		0,75				A A I
15a.	7/12/53	1.790	100	260	320	440	420	10	20	10	620		1,25	28			I A I
<b>Agua de Mar (tomado de RANKAMA y SAHAMA).. 34.378</b>																	
					142	18.980	2560		400	1272	10560	380	1,4				

Análisis químicos efectuados por el Instituto Nacional de Geología y Minería (ex-Dirección Nacional de Geología y Minería)  
Muestras de agua de perforaciones. 0

TABLA 4 ANALISIS QUIMICOS (Sólidos disueltos en miligramos por litro)

Muestra	No. de Pozo	PROPIETARIO	Residuo seco	Dureza Total	Alcalinidad de bicarbonatos	Cloruros	Sulfatos	Calcio	Magnesio	Sodio	Potasio	Fluor	Arsenico	C. E.	Sólidos disueltos	Aptitud para
																BHGR
4	5	Juan J. González	-	110		154	350	45	39	977	8	1.4		2080	1330	I A A
5	7	Córdoba Rojas		320		73	75	96	136	909	9	1.5		1112	712	I A A
7	9	Eduardo Bulacio		270		48	75	77	117	909	5.6	1.4		898	576	A A A
9	12	Petrona de Herrera	660	410	333	97	105	144	159	825	7.4	1.4	0.08	898		I A A
10	13	Horacio Camaño	1148	720	370	346	324	144	352	930	19	1.4	0.06	2040		I A I
11	14	Las Lomas	320	330		219	520	83	162	977	6			2115	1356	I A M
12	15	Dir. de Hidr. Prov.	908	380	310	164	250	99	159	930	11.5	1.6	0.04	1367	876	I A A
13	16	Eligio Lencinas		300		133	150	71	139	954	10	1.6		1347	863	I A A
15	--	Perforac. Sol de Julio	914	130	180	412	63	35	58	930	7.2	1	0.04	1648		A A M
16	20	Misen Bravo	1100	1160		2111	1200	368	420	1022	24			7840	5035	I M I
21	23	Pabla Rodan		1200		897	1300	375	501	1045	31.4	1.2		8230	5280	I M I
22	24	Perf. Sta. María	2080	640	150	1093	454	170	285	976	14.5	0.6	0.06	3179		I A I
23	25	Frigorif. Sumampa	400	440		584	700	112	189	1000	11.7			3041	1948	I A I
24	26	Roberto Colombo		960		1310	900	320	194	1000	16.6	1.2		5015	3210	I A I
25	--	Monasterio Benedictinos		850		788	400	288	341	1000	12.5			3368	2158	I M I
27	28	Ramírez de Velazco		640		679	550	124	313	1000	10.2			3350	2145	I A I
28	29	A. Chulman	780	330	360	164	109	51	169	907	17.4			1212		I A A
30	31	Ceferino Roldán		880		873	1200	80	486	1023	22	1.2		4665	2989	I M I
31	32	Otilio Bitar	3042	760	630	1492	701	304	277	976	25.5	1	0.04	4335		I M I
32	33	Bernardino Iturrez		140		133	200	51	54	972	6.2	1.2		1628	1042	A A M
33	35	Otilio Espíndola		140		51	300	180	36	977	27.7			1613	1034	A A M
34	36	J. Mancense	6681	840	590	1319	2448	512	199	1023	17.4	0.8	0.04	7180		I I I
36	38	Sr. González		220		279	375	80	145	974	9.7			2687	1724	I A I
37	39	A. González		1160		285	1200	320	500	976	14.2	1		4220	2720	I M I
41	42	S. Manubens	1037	440	380	248	244	160	170	907	14.9	1.6	0.04	1386		I A M
43	44	Grassi y Cía.		190		43	50	128	37	909	4.3	1.4		728	467	A A A
44	45	Rodolfo Aranda		200		103	99	128	44	883	10.6	1.8	0.04	866	556	A A A
47	48	Rodolfo Ríos		320		48	40	192	77	809	3.4	1.6	0.12	952	610	A A A
48	49	P. Farías	643	390	370	127	53	160	139	883	2.5	2	0.04	1102		I A A
51	--	Vertiente Oncan	522	240	290	103	77	73	101	883	4.7	1.2	0.12	889		A A M
53	52	Dr. Olmedo		1120		964	1200	318	481	1000	19.0	1.4		4445	2848	I M I
55	54	Juan Sandaz		220		118	1000	106	645	976	12			2395	1534	I M I
57	58	Fidelmina S. de Flores					520					1.6		1803	1156	I A I
58	59	Juan Ramirez		400		73	470	112	75	833	4			1148	736	I A M
60	61	Werfil Gutiérrez		220		113	200	64	95	829	8			963	617	A A A
61	63	Adalberto Alf	820	200	280	236	114	65	82	883	6.4	1.8	0.04	1190		A A A
62	65	D. Rossi	30677	2100	970	10000	3021	609	908	1146	57.4	2	0.36	28800		I I I
64	67	D. Rossi	6157	1088	292	1088	449	296	479	1000	19.6	1.2	0.04	7930		I I I
65	68	Leovino Rivero		200		303	225	96	63	954	6.2			1420	910	A A M
66	69	M. de Corvalán		126		262	550	112	7.5	954	21			2239	1434	I A I
69	72	Rodolfo Carrizo		160		104	65	106	33	909	9			887	570	A A A
71	74	Guadalupe Leiva		160		41	65	106	33	841	12.8	1.8	0.08	454	291	A A A
73	76	Daniel Ferreira		1160		1298	1300	320	510	1068	13.2			5390	3455	I M I
75	78	Doroteo Morales		2320		2305	300	898	246	1091	25.6			10100	6465	I I A
76	79	Juan Coria e hijos	575	360	388	23	30	82	107	832	6.6	1.4	0.04	740		I A A
80	--	Luis O. Dreossi		400		109	75	102	62	927	7.7			1032	661	I A I
84	--	Hospital Regional		320		31	75	112	126	605	5.3			709	455	I A A
85	--	Vialidad Nacional		210		53	75	112	78	829	4.4			911	588	A A A
86	--	Suc. Sánchez		480		305	120	255	136	903	21			2020	1295	I A I
87	--	Hostería Tío Tom		240		167	120	166	45	926	27.5			1754	1124	A A I
88	--	Perforac. O. S. N.	802	276	388	78	85	96	109	878	6.6	1.2	0.04	1126		I A I

En las muestras donde no se ha determinado el residuo seco, los sulfatos se han calculado por métodos empíricos (semicuantitativos). Sodio y potasio calculados con el fotómetro de llama de Caamaño (valores de sodio muy exagerados).

BH: Bebida Humana; G: Ganado; R: Riego; I: Inepta; M: Mediocre; A: Apta.

C. E. - Conductibilidad en micromhos por centímetro a 25° C.

Análisis Químicos efectuados por el Dr. Ernesto Ruiz Huidobro (Córdoba, Junio 1965). -

TABLA 4. ANALISIS QUIMICOS (continuación)

MUESTRA	N° DE POZO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	RESIDUO SECO	DUREZA TOTAL	ALCALINIDAD DE BICARBONATOS	CLORUROS	SULFATOS	CALCIO	MAGNESIO	SODIO	FLUOR	ARSENICO	C.E.	APTITUD PARA		
														BH	G	R
2	3	R. Robato	944	207	457	93	205	23	36	274		-	1300	A	A	A
8	10	Alvaro López	792	329	203	232	109	64	41	212		-	1440	A	A	A
17	21	Consález	964	168	426	193	171	17	31	327		-	1591	A	A	M
19	—	Vertiente Báez	972	256	365	124	230	13	54	332		-	1419	I		M
20	—	Dique de Báez	1184	249	355	232	314	17	50	350	2 y 3	-	1689	I	A	I
29	30	Díaz	884	278	477	93	134	14	59	216		Vest.	1443			
38	40	Puerta de los Cerros Mateo Dasio	3056	692	629	852	619	141	83	963	1.5 y 2.0	0.08 y 0.12	3984	I	A	I
54	53	Cristóforo Arce S.	2192	912	426	387	828	69	180	424			2961			
62	65	Domingo Rossi	30377	2104	970	10100	3021	609	908	1046	2	0.36	28800	I	I	I
64	67	El Retiro	6157	1.088	292	2950	449	296	479	1000	1.2	0.04	7930	I	M	I
67	70	Rodolfo Loza	1304	212	386	193	397	27	35	396		-	1846			
74	77	Angel Herrera	3600	860	320	1040	1100	150	120	960	2 y 3	0.08	4728	I	M	I
88	—	Ojo de Agua (O.S.N.)	704	175	343	80	133	35	21	193	3	o	1126	I	A	A
—	—	Puerta de los Cerros	2520	484	394	731	634	116	47	736	1.5 y 2	-	-			
—	—	Tito Aranda Lomitas Blancas	678	198	303	95	123	52	16	169	1.5 y 2	o	-		A	

C.E. Conductibilidad en micromhos por centímetro a 25° C.

Análisis químicos efectuados por el Instituto Nacional de Geología y Minería

