

**VERSION PRELIMINAR
SUJETA A CORRECCION**

29340

SITUACION HIDROGEOLOGICA EN EL ACUIFERO FREATICO

Area: COLONIA SANTA ROSA

(Provincia de Salta)

1189

PROYECTO NOA HIDRICO

SEGUNDA FASE

Realizado por: Zeev L. Shiftan
Hidrogeólogo
Asesor Técnico Principal
Naciones Unidas

CATALOGADO

X. 12
Salta

AÑO : 1981

I N D I C E

	<u>Pág. N°</u>
1. <u>Introducción</u>	1
2. <u>Metodología</u>	2
3. <u>Recolección de datos</u>	3
3.1 Red de observaciones	3
3.2 Realización y registración de las observaciones	4
3.3 Posibles fuentes de errores	5
4. <u>Análisis de los hidrogramas de los pozos de observación</u>	7
4.1 Zona A - Ribera del Río Colorado	7
4.2 Zona B - Franja Norte, Laguna Cantero, Planta Piloto	10
4.3 Zona C - Franja Central	14
4.4 Zona D - Franja Sur	17
4.5 Zona E - Terrenos altos del oeste	18
4.6 Resumen del análisis de los hidrogramas	19
5. <u>Niveles Freáticos</u>	19
5.1 Niveles freáticos máximos - 1980	19
5.2 Niveles mínimos - 1980/81	21
5.3 Diferencias de niveles	22
5.4 Profundidad del nivel freático	23

	<u>Pág.</u>
6. REGIMEN DEL FLUJO SUBTERRANEO	25
6.1. Ingresos, salidas y direcciones del flujo subterráneo	25
6.2. Cuantificación del flujo subterráneo	28
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30
ANEXO 1 - TENDENCIA PLURIANUAL DE LA PLUVIOSIDAD	
ANEXO 2 - PRECIPITACIONES DIARIAS MAXIMAS EN LA ESTACION PLUVIOMETRICA CHACRA EXPERIMENTAL	

INDICE DE MAPAS

Mapa N° 1 - Distribución de freaómetros y diferencia de niveles freáticos 1979 - 1980.

Mapa N° 2 - Máximo nivel freático 1980 y direcciones del flujo subterráneo

Mapa N° 3 - Mínimo nivel freático 1980 y direcciones del flujo subterráneo.

INDICE DE GRAFICOS

- Gráfico N° 1 - Hidrograma del pozo N°38
Gráfico N° 2 - Hidrograma del pozo N°118
Gráfico N° 3 - Hidrograma del pozo N°67
Gráfico N° 4 - Hidrograma del pozo N°3
Gráfico N° 5 - Hidrograma del pozo N°46
Gráfico N° 6 - Hidrograma del pozo N°123
Gráfico N° 7 - Hidrograma del pozo N°128
Gráfico N° 8 - Hidrograma del pozo N°114

1. INTRODUCCION

Una investigación del régimen hidrogeológico en los terrenos de la Colonia Santa Rosa tiene interés práctico en relación con los problemas causados por altos niveles freáticos que se manifiestan en algunas zonas. Por esto, se realizó un estudio de las condiciones hidrogeológicas, con los siguientes objetivos:

- a) Determinar la tendencia del cambio del nivel freático dentro del espacio de observaciones;
- b) Determinar zonas amonazadas por un ascenso del nivel freático en el futuro previsible;
- c) Conocer el régimen del flujo subterráneo y cuantificarlo, por lo menos en aquellas zonas que se encuentran seriamente afectadas por altos niveles freáticos;
- d) Destacar algunas observaciones y conclusiones que puedan servir de criterios en el diseño de la futura red de drenaje.

Como se explica a continuación, no se lograron en esta fase de los estudios todos los objetivos mencionados. Una continuación de las observaciones en el campo para completar el estudio en el futuro, se considera importante para la planificación de un sistema de desagüe y drenaje, y se elaboraron recomendaciones a este efecto.

El contenido salino de las aguas subterráneas y su relación con el régimen hidrológico ha sido tratado ya en un informe anterior ⁽¹⁾.

(1) Proyecto MOA Hídrico, Estratigrafía e Hidrogeoquímica, Colonia Santa Rosa, Octubre de 1980.

2. METODOLOGIA

En base a las observaciones freaticométricas realizadas en el campo, se prepararon hidrogramas para los puntos de observación: pozos cavados y freaticómetros. Estos hidrogramas fueron analizados, definiéndose la incidencia de los máximos y mínimos anuales, el rango de fluctuaciones, tendencias de ascenso y descenso, así como anomalías, tratándose de lograr explicaciones razonables de éstas, considerando las condiciones y acontecimientos hidrológicos en el campo.

Los hidrogramas y los registros numéricos sirvieron después para la preparación de una serie de mapas: máximo y mínimo anual absolutos (con referencia al nivel del mar), profundidad máxima y mínima del nivel con relación al terreno, y diferencias de niveles máximos y mínimos anuales.

Los mapas fueron analizados para definir direcciones del flujo subterráneo y el gradiente del flujo en varias partes del terreno.

Se realizaron intentos de una primera cuantificación, se subdividió el terreno en zonas o franjas perpendiculares a la dirección del flujo y se asumieron valores para la conductividad hidráulica en los primeros 3-5 m de la superficie, basándose en mapas de suelos y en los perfiles observados durante la perforación de pozos y freaticómetros, así como en los resultados de los ensayos de conductividad hidráulica realizados en varios freaticómetros. Por razones de incertidumbre acerca del parámetro conductividad hidráulica (permeabilidad) estos intentos no se completaron en esta fase del estudio.

3. RECOLECCION DE DATOS

3.1. Red de observaciones

En marzo de 1978 se realizó un censo de pozos cavados y se observaron: ubicación, propietario, profundidad, altura del brocal, tipo de construcción, información acerca del uso del agua y del comportamiento del pozo. En esta oportunidad se realizó también una primera medición de los niveles. Asimismo, se observó el nivel del acuífero somero en algunos de los pozos perforados (profundos) que se ubican en los terrenos de la Colonia.

En total, esta primera red de observaciones abarcó unos 30 pozos cavados. La altura del terreno para una parte de estos pozos fue determinada en base a un mapa topográfico con equidistancia de contornos de 1 m.

A partir de mayo de 1978, esta red se completó progresivamente con instalación de frentímetros, cuyo diseño fue experimental. Hasta septiembre de 1978 se instalaron 13 frentímetros. Hasta el fin de 1978, la cantidad de frentímetros instalados llegó a 21.

En el transcurso del año 1979, se perfeccionaron algunos frentímetros, instalándose caños ranurados.

En noviembre de 1979, según asesoramiento de Agua y Energía Eléctrica, se determinó una transecta para la instalación de frentímetros, desde los terrenos altos al noroeste de la población (propiedad Ortiz, Lorente, etc.) en dirección oeste-este, hacia los terrenos más planos. En los terrenos altos se encontraron dificultades técnicas de excavación por razón de la presencia de "tosca" dura o de grandes piedras, de modo que el frea-

Dr. I.

tímetro más occidental fue uno instalado al lado del N°41 ya existente. Se realizaron las excavaciones de los pozos de esta transecta, pero no se instalaron freotímetros adicionales, porque en la mayoría de los casos no se pudo llegar al nivel. En noviembre-diciembre de 1979 toda la red anterior de pozos cavados y freotímetros fue reestructurada, instalándose freotímetros que reunían las condiciones indicadas por Agua y Energía Eléctrica (caño ranurado y filtro de polipropileno). Una vez instalada esta red de freotímetros, se reorganizó también el régimen de observaciones, discontinuándose las observaciones en casi todos los pozos cavados (a excepción de los pozos N° 4, 38 y 42).

En abril de 1980 empezó la nivelación de la red actual de freotímetros.

El total de puntos de observación del nivel es 73 en la actualidad, de los cuales 38 cuentan con observaciones a partir del año 1978 (entre mayo y diciembre) y 35 a partir de diciembre de 1979. La densidad de esta red es de aproximadamente dos puntos de observación por cada kilómetro cuadrado (Véase mapa N°1).

3.2. Realización y registración de las observaciones

Las observaciones del nivel se realizan mensualmente, y casi simultáneamente en todos los puntos (en dos o tres días). Las planillas de campo contienen los siguientes rubros que se deben completar en el campo:

- lectura desde la boca del caño;
- altura del caño;
- profundidad de la napa.

Además, las planillas contienen:

- cota boca del frea-tímetro;
- cota de la napa.

En algunas planillas se cambió "cota boca de frea-tímetro" por "cota terreno".

Las observaciones se registran en gabinete en fichas individuales para cada frea-tímetro o pozo, en forma numérica y en forma de un hidro-grama.

3.3. Posibles fuentes de errores

En el transcurso de la revisión de los datos registrados en las planillas de campo y en los hidrogramas se observaron posibles fuentes de errores que deben ser consideradas cuando se trata del grado de confiabilidad de los datos básicos:

- a) En los puntos de observación instalados en 1978, la "cota de la napa" se calculó antes según una altura aproximada del terreno, fijada en base a un mapa. Cuando ya existía nivelación, no se corrigieron los datos anteriores.
- b) En varios casos, se observan cambios en la cifra "altura del caño" de una observación a otra. Estos se deben a daños que afectaron la altura del caño, o a cambios en el brocal de los pozos cavados (antes de diciembre de 1979), o a cambios en el terreno alrededor del frea-tímetro o del pozo.

A estas dudas se agrega el hecho de que en el momento de la nivelación

de los frentímetros no se marcó ningún punto de referencia. Las planillas de nivelación contienen tres rubros: boca del frentímetro, base del caño y cota del terreno. El no establecer un solo punto de referencia estandarizado, probablemente da lugar a diversos errores e inconsistencias.

- c) Cuando se reestructuró la red de observaciones, en diciembre de 1979, no se observó la diferencia en el nivel entre los puntos de referencia anteriores (brocal pozo, o boca frentímetro anterior) y los puntos nuevos (frentímetros nuevos). Por consiguiente, cualquier comparación de los niveles del tiempo anterior y posterior a diciembre de 1979 está sujeta a posibles divergencias e imprecisiones.
 - d) En oportunidad de la instalación de la nueva red frentimétrica (diciembre de 1979), el nivel se observó en muchos casos antes de la colocación del caño, en el pozo abierto ("altura del caño: 0,00"). Estas observaciones carecen de un punto de referencia fijo y no pueden ser comparadas con otras sino dentro de márgenes de errores de hasta algunas decenas de centímetros.
 - e) Algunas anomalías en los hidrogramas así como "saltos" hacia arriba o abajo, son difíciles de explicar por razones naturales. Siempre debe considerarse la posibilidad de que un riego fuerte provoque ascensos temporarios del nivel. Sin embargo, los niveles extremadamente bajos registrados en casi todos los pozos en julio de 1978 se deben, probablemente, a algún error sistemático.
- Algunos de los frentímetros se comportan en forma anormal. En algunos se nota un ascenso continuo del nivel, sin fluctuaciones estacionales o anuales. En otros, el nivel está por encima de la cota del

terreno sobre todo en la estación lluviosa, y en terrenos anegadizos. Si bien se puede considerar como explicación un artesianismo temporario, una inundación del terreno u otra causa natural, hay que contar con alguno que otro caso también con la posibilidad de un mal funcionamiento técnico.

En el futuro, conviene agregar a las mediciones del nivel cualquier observación acerca de fenómenos anómalos en el freáticometro o en sus alrededores, a fin de conseguir explicaciones para niveles anómalos.

4. ANALISIS DE LOS HIDROGRAMAS DE LOS POZOS DE OBSERVACION

Un análisis de los hidrogramas condujo a una agrupación de los pozos y freáticos en zonas. En cada una de estas zonas, los hidrogramas muestran características comunes, así como similares profundidades del nivel o similares rangos de fluctuaciones estacionales, etc. Las zonas están marcadas en el mapa N°1.

4.1. Zona A - Ribera del Río Colorado

a) Grupo occidental - pozos N°5, 38 y 37

Los hidrogramas de estos pozos se caracterizan por:

- i) niveles profundos, a 4-10 m bajo la superficie del terreno;
- ii) fluctuaciones anuales de 0,5-1 m (Gráfico N°1).

En los tres pozos, el hidrograma del año 1979 es relativamente plano y no se notan ascensos marcados del nivel durante la estación lluviosa. En cambio, en los tres pozos se nota un ascenso fuerte del

nivel como consecuencia de las lluvias de marzo de 1980 (casi un metro en el N°37, 0,70 m en el N°5 y 0,50 m en el N°38). Los niveles no volvieron a descender a los mínimos del año 1979, y se mantuvieron a 0,1-0,4 m por encima de los mismos a fines de 1980.

El ascenso de los niveles se debe más probablemente a las lluvias que a una recarga mayor de la normal por filtración en el Río Colorado. La razón es que el lecho del río está en esta zona varios metros por encima del nivel freático y, aunque haya una filtración mayor de la normal en el lecho, ésta no se manifestaría tan pronto en los pozos que estén a 300 m o más de la orilla⁽¹⁾.

La salinidad de las aguas en estos pozos se mantiene baja (400 - 800 ppm SDT).

b) Grupo oriental - pozos N° 39, 126, 17, 16 y 118

El hidrograma del pozo N°39 es similar a los del grupo anterior, pero muestra fluctuaciones anuales más reducidas (0,50 m) entre máximo y mínimo. Los niveles del año 1980 parecen ser iguales, y aún menores que los de 1979. Es posible que esta tendencia no sea natural sino que se deba a los cambios introducidos en la red de observaciones en diciembre de 1979, o al hecho de que el pozo se encuentra en un terreno relativamente arcilloso. Es poco probable que el nivel tenga relación con el subálveo del cauce del río. El nivel se mantiene entre 3 y 4 m de profundidad. Las lluvias de marzo de 1980 no produjeron ningún ascenso excepcional del nivel. En cambio, los pozos N°126, 17, 16 y 118 se caracterizan por notables fluctuaciones estacionales del

(1) Proyecto NOA Hídrico, Estratigrafía e Hidrogeoquímica, Colonia Santa Rosa, Octubre de 1980.

nivel, que llegan hasta 2 m y aun más. Las lluvias de marzo de 1980 provocaron fuertes ascensos del nivel, de hasta 1,5 m. En la mayoría de los hidrogramas se notan picos adicionales en los meses de julio a noviembre, debidos probablemente al riego. Sólo los hidrogramas de los pozos N°17 y 16 abarcan observaciones de los años 1979 y 1978, y resulta que los hidrogramas son esencialmente paralelos, pero el del año 1980 es aproximadamente 0,50 m más alto que el del año anterior y esta diferencia se mantiene hasta el presente (diciembre de 1980). El pozo N°16 se destaca por su nivel alto en relación con los vecinos (N°17, 18, 118) y hay que averiguar si esto se debe a un error de nivelación del punto de referencia, o si refleja una situación natural. La situación en este pozo tiene mucha importancia para la elaboración del régimen del flujo subterráneo en esta zona (Véase 5.1.) (Gráfico N° 2).

En la mayoría de estos pozos, las lluvias de marzo de 1980 provocaron, junto con el ascenso del nivel, un ascenso brusco de la salinidad, aunque los niveles máximos en todos los casos se mantienen por debajo de la profundidad de 2 m de la superficie del terreno. Por lo tanto, la salinización debe atribuirse al lavado de sales acumuladas en los suelos.

4.2. Zona B - Franja Norte, Laguna Cantero, Planta Piloto

a) Grupo extremo oeste - pozos N° 32, 41, 4, 67 y 68

Este grupo de pozos se caracteriza por hidrogramas que muestran fuertes fluctuaciones estacionales del nivel, así como fluctuaciones anuales, las cuales alcanzan hasta más de 1 metro. En este sentido, se parecen a los hidrogramas de los pozos del grupo A-2. En los pozos

Nº 32, 67 y 68 el nivel se mantiene por debajo de 2 m mientras que en los pozos Nº 4 y 41, ubicados en terrenos más bajos, el nivel está a menos de 2 m de la superficie (Gráfico Nº 3).

Los niveles máximos del año 1980 (abril) son 0,50-1,00 m más altos que los máximos de 1979. Los niveles mínimos también se mantienen algo más altos que los de 1979 (0,20-0,30 m), pero se nota un rápido decaimiento de los picos provocados por las lluvias de marzo de 1980, (a excepción del pozo Nº42, en el cual el nivel se ha mantenido alto hasta la fecha - diciembre de 1980 - y el ascenso del mínimo fue de más de 1,00 m).

El contenido de sólidos disueltos se mantiene bastante constante en los pozos más occidentales (Nº42 y 32). En los pozos Nº67, 68 y 41 se notan ascensos temporarios del contenido salino (pozos Nº67 y 68 - agosto de 1979; pozo Nº41 - noviembre-diciembre de 1979 y febrero de 1980), posiblemente como efecto de un lavado del suelo por fuertes lluvias o riego intensivo.

Se concluye que los terrenos de esta zona tienen un buen drenaje interno (predominio de materiales arenosos). Sin embargo, el extraordinario ascenso del nivel en el pozo Nº41 durante el año 1980, con un máximo de 0,50 m de la superficie, debe llamar la atención a esta zona, sobre todo porque el nivel no volvió a bajar a la posición mínima del año anterior. Hay que tener presente también la poca profundidad del nivel bajo la superficie del terreno, y el nivel absoluto alto en el pozo Nº132, justo al este del pozo Nº41 (véase mapas de niveles máximos y mínimos, 1980 - Mapas Nº2 y 3).

b) Enclave - pozos N° 132, 43, 24, 3 y 6

Los hidrogramas de estos cinco pozos se distinguen por su forma extremadamente plana. Aun las lluvias de marzo de 1980 no causaron un gran ascenso de los niveles, a excepción del pozo N°24. Los niveles se mantienen bastante fijos entre 1,5 (pozo N°6) y 0,50 m (pozo N°132) de la superficie (Gráfico N°4).

Se duda que los niveles del año 1980 registrados en el pozo N°43 sean realmente más bajos que los del año 1979 - es más probable que esto se deba a un error que radica en los cambios introducidos en la red de observaciones en diciembre de 1979.

El único perfil disponible, el del pozo N°132, demuestra la presencia de arcillas, y es razonable que la baja permeabilidad del terreno sea la causa de la estabilidad de los niveles.

Otra explicación sería el control del nivel por la evapotranspiración, ya que la profundidad del nivel bajo la superficie en temporada del máximo anual es menos de 1 m (véase mapa N°4).

El contenido de sólidos disueltos varía entre 500 y 900 ppm, pero se destacan ascensos de hasta 1.700 ppm en marzo-abril de 1980 (pozo N°3).

Este enclave tiene drenaje interno deficiente y un nivel freático muy cercano a la superficie y, por estas razones tanto como por las frecuentes inundaciones, debe definirse como extremadamente perjudicada. Exige una red de drenaje más densa que las zonas anteriores.

c) Oeste de la planta piloto - pozos N°125, 36, 127, 18, 7 y 20

Los datos disponibles permiten las siguientes observaciones:

1. Los niveles varían entre 0,50 y 2,00 m de la superficie del terreno. En los alrededores del pozo N°127 (como en el pozo N°24 vecino) el nivel máximo del año 1980 se acercó a 10 cm de la superficie.
2. Las fluctuaciones estacionales son de algo menos que 1,00 m (0,8m) hasta 1,50 m.
3. Los hidrogramas de los años 1979 y 1980 (pozos N°7 y 20) son paralelos, siendo los del año 1980 de 0,30 a 0,50 m por encima de los del año anterior.

A pesar de la proximidad del nivel a la superficie, el contenido salino del agua es bajo. Sólo en el pozo N°7 se produjo un ascenso temporario de la salinidad en enero-febrero de 1980.

Los perfiles de los freáticos N°125, 127 y del pozo N°20 muestran terrenos areno-limosos, y esto, junto con el comportamiento del hidrograma y de la salinidad, indican un relativamente buen drenaje interno de la zona. Sin embargo, la poca profundidad del nivel debajo de la superficie exige un eficiente sistema de drenaje, para prevenir un empeoramiento de la situación.

d) Zona B(d) planta piloto - pozos N°19, 46, 48, 22 y 23

Las características de los hidrogramas de los pozos N°19, 46, 48 y 22 son las siguientes:

1. Fluctuaciones estacionales de 0,50 a 1,00 m.

2. Ascenso fuerte de los niveles en marzo-abril de 1980 (excepción: pozo N°46). Los niveles se mantienen 0,30 a 0,50 m más altos que en 1979 (pozos N°48, 19, 22) (Gráfico N° 5).
3. El contenido salino del agua se mantiene relativamente bajo en el pozo N°19 (400-700 ppm) y está en ascenso en los otros pozos. En los pozos N°46 y 48 varía entre 1.200 y 1.600 ppm, en el pozo N°22 entre 300 y 800 ppm.

Los suelos arcillosos a franco-limosos dan lugar a suponer un drenaje interno reducido.

El pozo N°23 - el más oriental de esta franja - constituye un caso aparte. El nivel fluctúa entre 3,00 y 4,50 m de la superficie y el hidrograma es irregular y distinto en su marcha de los demás. En 1979 tanto como en 1980 se nota un ascenso fuerte del nivel (¡1 m!) entre agosto y octubre, posiblemente debido a un riego intensivo. La salinidad es baja.

4.3. Zona C - Franja Central

a) Norte de la Colonia, pozos N°21, 146, 106, 47, 130, 123 y 25

Se distinguen dos tipos de hidrogramas - los de los pozos occidentales (21, 47, 146) y los de los orientales (106, 25, 123, 130).

El pozo N°146 se observa solamente a partir de abril de 1980. En este pozo, así como en el N°47, el nivel fluctúa prácticamente dentro del primer metro de la superficie del terreno, alcanzando las fluctuaciones estacionales un rango de un metro. A esta situación corresponde un alto contenido salino del agua y la presencia de te-

terrenos abandonados en la zona. En el pozo N°21 el nivel fluctuó hasta junio de 1979, alrededor de los 2,50 m de la superficie. En julio de 1979 se produjo un ascenso de 1 metro y, a partir de esta fecha, el nivel se ha mantenido entre 1 y 2 m de la superficie. Es probable que el ascenso del nivel se deba al riego de una nueva plantación en las cercanías del pozo. El pozo N°47 se caracteriza por fluctuaciones fuertes del nivel dentro de los 1,50 m de la superficie del terreno.

Los terrenos de esta zona son arcillosos a franco-limosos y no tienen buen drenaje interno. Por esto, la zona está altamente perjudicada y exige probablemente una red de drenaje relativamente densa.

El segundo grupo (pozos N°106, 123, 25 y 130) se sitúa al este del anterior, y se distingue por niveles muy cercanos a la superficie del terreno (1,00 - 0,50 m) e hidrogramas planos (Gráfico N°6).

La peor situación se encuentra en el pozo N°106, donde el nivel está a 0,50 m de la superficie, con pequeñas fluctuaciones durante 1980 (único año de observaciones) y con alto contenido salino (1.600 - 1.850 ppm). El nivel es tan alto también en el pozo N°130, pero tiende a descender en los últimos meses de 1980 (0,50 m entre julio y noviembre de 1980). La salinidad suele aumentar temporariamente, como consecuencia de fuertes lluvias, de 600 hasta 1.500 ppm. El pozo N°123 presenta un hidrograma parecido, con un nivel que fluctúa alrededor de 1 m de la superficie. La salinidad del agua es baja. Como en el pozo N°130, se nota un marcado descenso del nivel (0,30m) entre agosto y octubre de 1980.

Los terrenos arenosos de los alrededores de los pozos N°130 y 123 son la razón para un flujo subterráneo relativamente rápido que drena esta zona, y es posible que las mismas condiciones se encuentren también en el pozo N°25. En cambio, el terreno franco-limoso de los alrededores del pozo N°106 da lugar a un mal drenaje interno, a evaporación y evapotranspiración desde el nivel freático y desde la franja capilar con concentración de sales en la superficie.

b) Sur y este de la Laguna Cantero - pozos N°124, 119 y 26

El hidrograma del pozo N°124 se parece al del pozo N°123 vecino, pero el nivel se encuentra a una mayor profundidad, alrededor de los 2 m. Se notó una salinización temporaria en abril de 1980. El nivel absoluto es alto en comparación con los pozos vecinos (véanse mapas N°2 y 3), de lugar a dudas acerca de la nivelación del punto de referencia, o debe explicarse por riegos intensivos en los alrededores.

Los pozos N°119 y 26 se encuentran en terrenos franco-arenosos a franco-limosos, los niveles fluctúan alrededor de los 2 y 2,50 m, con amplitud anual de unos 0,60-0,80 m. Se notan ascensos temporarios de la salinidad.

c) Centro Colonia - pozos N°15, 122, 31, 14, 8, 30, 40 y 128

Los hidrogramas de la zona central alrededor del pueblo se agrupan de la siguiente forma:

1. Pozos N°14, 30, 128 - hidrogramas planos, niveles muy altos (a menos de un metro de la superficie).

2. Pozos N°31, 40, 15, 122 y 8 - fluctuaciones de 1 m y más, niveles entre 0,30 y 2,0 m (Gráfico N° 7).

El contenido salino es alto en los pozos N°40, 14, 30, 128 y 8. En el pozo N°15, la salinidad asciende temporariamente en épocas de lluvias, y es posible que lo mismo ocurra en el pozo N°122. En el pozo N°31, la salinidad se mantiene todavía baja (¿flujo subterráneo desde terrenos irrigados al oeste del pozo?).

Es posible que el carácter plano de los hidrogramas de los pozos N°14, 30 y 128 (como de otros más) se deba a la continua proximidad del nivel a la superficie y al hecho de que el nivel simplemente no puede subir más, siendo controlado en gran medida por el ascenso capilar y la evapotranspiración. Los terrenos predominantemente franco-limosos de esta zona exigen probablemente una red de drenaje relativamente densa.

d) Colonia, zona este - pozos N°9, 60, 61, 62, 10, 145, 33, 65, 13, 12, 29, 44, 11, 27, 120, 114, 117, 110, 1

En los pozos N°60, 61 y 62, los hidrogramas se caracterizan por:

1. Niveles cercanos a la superficie del terreno (0,5 - 2 m).
2. Ascensos fuertes en marzo-abril de 1980 (y 1979).
3. Descenso rápido del nivel en estación seca. Los niveles mínimos de 1980 se acercaron a los de la estación seca de 1979, manteniéndose de 15 a 35 cm más altos.

En el pozo N°29 los niveles se mantuvieron por encima (30-10 cm) de los de 1979.

El pozo N°120 tiene un solo año de observaciones - se nota un ascenso fuerte en 1980 y un descenso al mínimo anterior (1979).

En los pozos N°13, 65, y 27, los hidrogramas de 1979 y 1980 son paralelos, los de 1980 son 0,20-0,50 m más altos. Las fluctuaciones anuales son de 1-1,50 m. En el pozo N°145 (registro de un solo año) la fluctuación llegó a 2,0 m. Los niveles alcanzaron entre 2,0 y 0,5 m. El pozo N°44 tuvo un comportamiento similar y el nivel llegó a la superficie en abril de 1980; la fluctuación fue de 2 m. En el pozo N°11 el hidrograma de 1980 se mantuvo 0,40 m por encima del de 1979.

El área de los pozos N°44 y 13 ya está salinizada. Existe peligro de ascenso en el área de los pozos N°11, 12, 27 y 65.

En general, la zona contiene terrenos arenosos a franco-arenosos con algunas manchas arcillosas (pozos N°61, 62).

4.4. Zona D - Franja Sur

Pozos N°114, 138, 136, 111, 110, 129 y 115

Los pozos de esta zona tienen hidrogramas completamente diferentes de los que se registraron en otras partes del área, en el sentido de que se nota un ascenso continuo del nivel.

El pozo N°129 muestra un ascenso de casi 2 m en 1980.

El pozo N°111 tiene un nivel profundo (5,50-4,50 m) y tendencia de ascenso continuo con pico certo en abril de 1980. La salinidad fue de baja a mediana (Gráfico N° 8).

Otro hidrograma irregular se manifiesta en el pozo N°110, siendo el nivel muy alto (0,20-0,80 m) y el agua altamente salinizada.

Por el momento no se ofrece ninguna explicación de este fenómeno. Asumiendo que el buen funcionamiento de los frentímetros está comprobado, hay que buscar explicaciones mediante observaciones en el campo.

4.5. Zona E - Terrenos altos del oeste

Pozos N°134, 109, 108, 2, 131, 112 y 42

Los pozos N°134, 108, 131 y 109 se caracterizan por hidrogramas planos, con tendencia a ascenso (108, 134). En el pozo N°108 el nivel se está acercando peligrosamente a la superficie (1 m). Los terrenos arcillosos a franco-limosos de la parte alta del abanico aluvial son poco permeables y tienen mal drenaje interno.

En los pozos N°2 y 42 se manifestó un ascenso de 1 metro en enero de 1980 y el nivel se mantuvo alto en comparación con 1979. Una comparación con el pozo N°32 da lugar a suponer que un ascenso similar se produjo en toda la zona.

4.6. Resumen del análisis de los hidrogramas

A pesar de las diversas fuentes de errores o imprecisiones, en general se notan niveles más altos en el año 1980 que en 1979, siendo los casos contrarios muy raros. Por lo tanto, se puede concluir que en general los niveles del año 1980 superaron los del año anterior. Los niveles máximos ocurrieron en los meses de marzo y abril, y los mínimos en octubre y noviembre. En el mes de marzo de 1980 se produjeron ascensos fuertes, indudablemente como consecuencia de las intensas lluvias caídas en la Colonia durante ese mes.

5. MAPAS DE NIVELES FREÁTICOS Y DIRECCIONES DEL FLUJO SUBTERRÁNEO

En base a los hidrogramas se prepararon diversos mapas de niveles freáticos.

5.1. Mapa de niveles freáticos máximos - 1980

Configuración de isoniveles freáticos y régimen del flujo subterráneo

El verano de 1979-80 fue, en la región de la Colonia Santa Rosa, relativamente lluvioso (1.321 mm entre agosto de 1979 y abril de 1980). Los hidrogramas de los pozos y freatómetros demuestran que el nivel freático alcanzó su máximo, en la gran mayoría de los casos, a principios del mes de abril como consecuencia de las fuertes lluvias caídas en marzo (404 mm). El mapa de los niveles máximos (Mapa N°2) corresponde pues al principio de abril de 1980.

Un examen de este mapa conduce a las siguientes conclusiones:

1. En el sector noroccidental, las curvas isofreáticas indican un flujo subterráneo paralelo al Río Colorado, con posible alimentación por el río en la zona del pozo N°5.
2. En el sector nordeste (pozos N°125, 17, 118, 16, 18, 19 y otros) las curvas isofreáticas del mapa indican un flujo subterráneo dirigido desde el río hacia el sur o sureste, en dirección hacia la Laguna Cantero. Sin embargo, estas curvas no toman en consideración el nivel excepcionalmente alto del pozo N°16.

En caso de que este nivel sea correcto (véase 4.1.b.), debe asumirse una fuerte recarga local desde la superficie (¿riego?) en los alrededores de dicho pozo. En tal caso, debe asumirse un flujo subterráneo desde los alrededores de este pozo en dirección al río.

Parece más probable que los niveles consistentemente altos del pozo N°16 se deban a un error en la nivelación. Hay que aclarar este problema, ya que está directamente vinculado con las conclusiones acerca del régimen del flujo subterráneo. Asimismo, es evidente que la conclusión acerca de una contribución a partir del río en esta zona depende de los datos de los pozos N°17 y 118, y que sería conveniente comprobar la nivelación de ellos.

3. En las partes altas del abanico aluvial, al oeste, noroeste y sur de la Colonia Santa Rosa, se notan curvas de isonivel freático densas (gradientes de 0,006-0,010) que indican una zona de comparativamente poca conductividad hidráulica, y un flujo subterráneo relativamente reducido y lento. Los gradientes más fuertes se notan al oeste y al sur del poblado.
4. Al sudeste de la Colonia, las curvas isofreáticas divergen y los gradientes decrecen.
5. En los terrenos centrales de la Colonia desde el Camino Viejo y hasta más allá de la Laguna Cantoro, los gradientes son de 0,002-0,003 y sugieren una conductividad hidráulica relativamente buena.

Los niveles bajos observados en los pozos N°138 y 115, ubicados en el extremo sur, son difíciles de explicar. Debe averiguarse si no se deben a un error en la nivelación. Si son correctos, existe un cambio de dirección del flujo subterráneo, que a partir de esta zona se dirigiría hacia el sudeste.

5.2. Mapa de niveles mínimos - 1980

Los niveles freáticos en los terrenos de la Colonia llegaron a su posición más baja, en la mayoría de los pozos en los meses de noviembre-diciembre de 1980. El mapa de niveles mínimos se basa pues en los datos correspondientes a estos meses.

La configuración general de las curvas isofreáticas es parecida, en general, a la del mapa de los niveles máximos de 1980.

Como en el mapa de niveles máximos, hay dudas acerca de los niveles correspondientes a los pozos N°118 y 16, que son sorprendentemente altos. Conclusiones importantes dependen de los datos del pozo N°118.

En este mapa, como en el correspondiente al máximo, se nota alguna contribución en la zona de la Laguna Cantero. La franja de niveles relativamente altos sigue el rumbo pozo N°123 - pozo N°121.

5.3. Diferencias de niveles

En la planilla (vease Mapa N° 1), se presentan las siguientes diferencias de niveles:

1. Máximo 1979- máximo 1980
2. Mínimo 1979-mínimo 1980
3. Mínimo 1979-máximo 1980
4. Máximo 1980-mínimo 1980

Estas diferencias se analizaron a fin de averiguar si en algunas zonas existen condiciones anómalas, así como ascensos anómalos del nivel, y hasta qué profundidad volvieron a descender los niveles altos del mes de abril de 1980 (máximo de 1980).

Debido a la naturaleza de los datos, las diferencias se obtienen sólo para los pozos que cuentan con datos continuos a partir del otoño (marzo-abril) de 1979.

Los niveles máximos de 1980 son, en todos los casos, más altos que los de 1979. Asimismo, los niveles mínimos de fines de 1980 permanecen, casi en todos los casos, por encima de los mínimos de fines de 1979. Sin embargo, se distinguen zonas de mayor y menor ascenso del nivel en el transcurso del período de observaciones.

En la franja costera del Río Colorado se notan en general fluctuaciones relativamente fuertes del nivel, con excepción de los pozos N°39 y 126, que se encuentran ubicados en terrenos relativamente poco permeables. Los niveles mínimos de 1980 han permanecido por encima de los mínimos de 1979, fluctuando la diferencia entre 0,10 m y aproximadamente 0,75 m. El mismo fenómeno se nota en los terrenos adyacentes a esta franja en el sur y en la zona de la Laguna Cantero, aunque la imagen aquí es menos regular. Llamar la atención la zona de los pozos N°19, 46, 22 y 48, en la cual los niveles descendieron después del máximo de 1980 casi al mínimo de 1979, posiblemente debido a buenas condiciones de drenaje.

Lo mismo ocurre en los pozos N°3, 24, 106, pero en esta zona las fluctuaciones son mínimas ya que el nivel está muy cerca de la superficie.

En la zona sudeste, a lo largo del camino viejo, se notan fluctuaciones fuertes del nivel, con un descenso notable después del máximo de 1980, aunque los mínimos de este año se mantienen algo por encima de los de 1979.

El examen del mapa demuestra que con la red actual de puntos de observación no se pueden definir con certeza áreas localizadas de ascensos anómalos del nivel, que pudieran atribuirse a aplicaciones excesivamente altas de agua de riego. Por lo tanto, se recomienda agregar algunos frea-
tímetros en zonas amenazadas por el ascenso del nivel, en las que el nivel se está acercando peligrosamente a la superficie.

5.4. Profundidad del nivel freático

Por diversos fines prácticos se **presentó**, en los mapas de niveles má-
ximos y mínimos también la profundidad de la mínima y máxima profundidad
del nivel debajo del terreno, durante el año 1980.

Los fenómenos principales que se observan en los contornos de la pro-
fundidad del nivel son los siguientes:

1. Los contornos del nivel máximo muestran tres zonas con niveles más
cercaños a la superficie de 25 cm;
 - a) Una zona que se extiende desde el norte de la población hasta los
alrededores del pozo N°47 y hacia el este hasta el pozo N° 8.
 - b) Una zona en los alrededores de los pozos N°127, 24 y 130, al noro-
este de la Laguna Cantero.
 - c) Una amplia zona en el sur del terreno, al sur de la ruta de acceso.
Como indica el mapa de niveles absolutos, existe un flujo subterrá-
neo desde esta última zona hacia el norte, y por consiguiente, está
amenazando los terrenos al norte del camino viejo a menos que sea
interceptado eficientemente por el canal que sigue dicho camino.

En una manera similar, la situación precaria en los alrededores
de la población está perjudicando los terrenos ubicados al este de la
misma, en los cuales el nivel máximo estuvo a menos de 0,50 m de pro-
fundidad.

2. Los contornos del nivel mínimo de 1980 presentan una imagen algo más compleja:

- a) En una pequeña zona alrededor del pozo N°132 se mantuvo un nivel relativamente alto. Sería interesante e importante aclarar la razón a fin de evitar daños a terrenos limítrofes. El mapa de diferencias de niveles (máximo 1980 - mínimo 1980) demuestra un descenso relativamente reducido del nivel. Lo mismo se nota en el pozo N°43 vecino, después de los máximos de 1980. (¿ terrenos arcillosos? ¿regadio fuerte?).
- b) En una zona alrededor de los pozos N° 106 y 130, los mínimos se mantuvieron altos (unos de 1 m. de la superficie). Como se explicó antes, el poco cambio del nivel en esta zona se debe probablemente a la proximidad del mismo a la superficie.
- c) En una franja alargada al pie de los terrenos altos, desde la población en dirección hacia el pozo N°117, el nivel mínimo se mantuvo dentro del primer metro de la superficie.
- d) El nivel bajo en el pozo N°124 parece ser averiguado, posiblemente se debe a un error de nivelación. En dirección noroeste y este, se nota un aumento gradual de la profundidad del nivel.

6. REGIMEN DEL FLUJO SUBTERRANEO

6.1. Ingresos, salidas y direcciones del flujo subterráneo

En el régimen del flujo subterráneo intervienen los siguientes elementos:

Ingresos

1. Recarga por aguas de lluvia filtrantes
2. Recarga por aguas excedentes de riego que se infiltran
3. Filtración en canales de riego y desagüe
4. Filtración de aguas del Río Colorado
5. Flujo subterráneo desde terrenos lindantes al oeste y al sur.

Salidas

1. Flujo base en el Arroyo Maravillas
2. Flujo base en drenes que no se vierten en el Arroyo Maravillas
3. Evapotranspiración en zonas con altos niveles freáticos
4. Flujo subterráneo hacia terrenos lindantes (este, ¿sur?).

Como ya se mencionó en un informe anterior ⁽¹⁾, el sistema hidrológico de la Colonia Santa Rosa es complejo y la cuantificación de los diversos ingresos y egresos presenta en la actualidad considerables problemas. Por lo tanto, se intenta a continuación, llegar a algunas conclusiones cualitativas y cuantificar solamente aquellos parámetros hidrogeológicos que tienen interés práctico inmediato, en relación con pro-

(1) Proyecto NOA Hídrico, Evaluación preliminar de la situación hidrológica, Colonia Santa Rosa, Noviembre de 1980.

blenas de drenaje y de protección de terrenos amenazados por un ascenso adicional del nivel freático.

De los mapas de niveles máximos y mínimos se deducen las direcciones generales del flujo subterráneo. Este flujo, en general, se dirige hacia el este y sudeste al norte del canal de desagüe principal, y hacia el este y noreste al sur de dicho canal, de modo que se obtiene un patrón de flujo subterráneo semi-contripetal convergente hacia la parte inferior de dicho canal.

Dentro de esta imagen general, se observan los siguientes detalles: en el extremo noroeste de los terrenos (RJ) parece posible una filtración de aguas del río, cuyo lecho se encuentra ahí varios metros por encima del nivel freático. Otra zona de posible flujo subterráneo desde el río hacia los terrenos de la Colonia es la cercana a los pozos N°17, 16 y 118, en el noreste del área.

Sin embargo, no puede excluirse la posibilidad de que los altos niveles en estos pozos se deban a una fuerte recarga local por aguas excedentes de riego en esta zona. Los niveles extremadamente altos del pozo N°16, no han sido considerados en el trazado de las curvas isofreáticas.

Una clase de "dren subterráneo" con niveles relativamente bajos corre en dirección este, desde el pozo N°4, pasando por los pozos N°132 y 43 hacia el pozo N°3. De este punto, el dren cambia de rumbo hacia el sudeste, hacia la zona de los pozos N°122 y 60, siguiendo después otra vez un rumbo este, que coincide aproximadamente con el curso del colector principal. Más allá del pozo N°145 se pierde la imagen de este

den en las curvas isofreáticas, por causa de la poca densidad de los freáticos en esta zona (entre los pozos N°144 y 135 por un lado, y los freáticos al lado del camino viejo, por otro lado). Al este del poblado, y al sur del camino viejo, la dirección del flujo subterráneo es nor-noreste, cambiando a noreste al este del pozo N°145.

Los niveles relativamente bajos de los pozos N°115 y 138, si son confiables, indican un cambio de la dirección del flujo, en esta zona, hacia el sudeste. Hay que comparar los niveles en estos freáticos con el nivel relativamente alto del pozo N°136, que parece indicar un flujo correspondiente a la imagen general, es decir, hacia el noreste. Por el momento, la determinación del flujo subterráneo en este límite sudeste del terreno permanece algo dudosa.

En las partes más elevadas del cono aluvial, situadas al oeste del poblado, se manifiesta un flujo subterráneo hacia el este, con gradientes fuertes (0,007 a 0,010). Los terrenos franco-limosos de esta zona son de una reducida permeabilidad. En cambio, los gradientes hidráulicos progresivamente más suaves al sudeste del poblado coinciden con el cambio del terreno a franco-arenoso, además del cambio en el gradiente del terreno.

Al sur de la Laguna Cantero, se manifiestan niveles relativamente altos en los pozos N°123, 124 y 121. Esta "altura" en los niveles puede atribuirse a una fuerte recarga por exceso de riego, o por una recarga a partir de la Laguna Cantero. Otra explicación sería la presencia de un acuífero local "colgado" sobre las arcillas que se encontraron a 10 m de profundidad en los pozos N°123 y 124. También es posible que terrenos arcillosos en este tramo formen una barrera hidrológica.

El origen y el carácter hidrológico de la Laguna Cantero no están todavía suficientemente claros. Por las condiciones de accesibilidad, no ha sido posible instalar freaímetros en el terreno de la Laguna Cantero. Se tiene la impresión de que la Laguna Cantero cumple dos funciones hidrológicas:

- a) la de un embalse colector de aguas de escorrentía superficial en temporada de lluvias; una parte de estas aguas se filtran en el subsuelo.
- b) una zona de pérdidas por evapotranspiración en la temporada seca. El Arroyo Maravillas actúa como vía de salida tanto para las aguas superficiales de la Laguna, como para las aguas subterráneas.

Es posible que el sistema Laguna Cantero-Arroyo Maravillas constituya un antiguo brazo del Río Colorado, cortado en la zona entre la laguna y el río por acumulación de sedimentos (fluvial o eólica).

6.2. Cuantificación del flujo subterráneo

Se realizaron intentos de cuantificar el flujo subterráneo, como elemento del balance hídrico total de la Colonia, por medio de una aplicación de la fórmula del flujo subterráneo (Darcy). De los parámetros que entran en esta fórmula se conocen el gradiente hidráulico (que se obtiene de los mapas de los niveles freáticos) y la longitud de la sección que se define dividiendo el terreno en franjas alargadas perpendicularmente a la dirección del flujo.

Sin embargo, el parámetro transmisibilidad no se conoce bastante bien como para lograr resultados razonablemente confiables. Por falta

de conocimiento del espesor total del acuífero, no es posible calcular el flujo aun asumiendo un valor algo arbitrario de permeabilidad.

Una vez concluido eso, se trató de calcular el flujo subterráneo a través de los 3 metros superiores de la sección saturada, utilizando algunos valores de los ensayos de campo y muchos otros, estimados en base al carácter litológico de las capas atravesadas por los freáticos. Los caudales del flujo subterráneo a través de los primeros 3 metros de la sección saturada del subsuelo tienen cierto interés en relación con el diseño de la red de drenaje.

Desafortunadamente, debido a la gran incertidumbre que hay acerca de los valores de la permeabilidad aun en los primeros 3 m, cualquier cifra acerca del flujo subterráneo así calculada es altamente hipotética por el momento. Además, todavía no se pueden comprobar ciertas conclusiones que resultan de diferencias del flujo de ingreso y de salida en los diversos sectores del terreno, así como por ejemplo superávits del flujo de salida sobre el ingreso (¿riego? ¿filtración en la Laguna Cantoro?) o déficits (drenaje, evapotranspiración).

Por esto, es preferible postergar una cuantificación del flujo subterráneo hasta que se obtengan los siguientes datos:

- a) Aforos en el Arroyo Maravillas, que permitan un análisis sistemático del hidrograma, incluso una separación de la componente del flujo subterráneo.
- b) Aforos en los drenes principales, a fin de identificar y cuantificar el flujo de salida subterráneo desde varias partes del terreno de la Colonia.

- c) Estimaciones cuantitativas acerca de la aplicación de agua de riego y del flujo de retorno.
- d) Pérdidas por filtración en los canales.
- e) Estimaciones acerca de la evapotranspiración actual (a distinguir de la potencial)
- f) Más determinaciones de la transmisibilidad y/o permeabilidad en las capas superiores y en las partes más profundas del acuífero.

En la actualidad parece dudoso si los esfuerzos necesarios para una cuantificación del flujo subterráneo son justificados. Los problemas de drenaje y del diseño de la red de drenaje van a ser resueltos de una manera esencialmente empírica, haya o no disponible un balance hídrico subterráneo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La red de freaflómetros existente es suficiente para presentar una imagen general del patrón del flujo subterráneo y controlar los cambios del nivel freático en forma general. Sin embargo, no es suficientemente densa para determinar si, a nivel de finca o agrupación de fincas, aplicaciones excesivas de agua de riego o fuertes infiltraciones desde canales han producido localmente niveles freáticos anormalmente altos. Por consiguiente, los resultados que se obtendrán en la planta piloto despertarán mucho interés como criterio para una eventual densificación futura de la red freaflométrica, en zonas elegidas.

2. Los hidrogramas de los pozos y frentímetros demuestran claramente que densas lluvias provocan ascensos marcados del nivel freático en todos los terrenos. En algunos pozos y frentímetros se reconocen picos de niveles secundarios en la estación seca, que deben atribuirse a riego.
3. El período de observaciones no es suficientemente largo como para poder evaluar una tendencia del movimiento de los niveles freáticos a largo plazo. Pero, considerando la entrada de aguas de riego relativamente constante a través de los años, por un lado, y la periodicidad marcada de las lluvias, por el otro, se tiene la impresión de que este último factor es el que más controla las tendencias de ascenso y descenso del nivel freático a mediano plazo (algunos años) (véase Anexo 1).

Los datos hidrológicos disponibles no permiten llegar a ninguna conclusión acerca de la influencia del riego a largo plazo.

4. Se pueden definir algunas zonas que en la actualidad parecen amenazadas, o que ya se encuentran afectadas. Estas son:
 - a) La parte noroeste del terreno, en los alrededores de los pozos N°41 y 132, zona en la que se notó un ascenso importante del nivel en el último año.
 - b) La parte noreste del terreno, entre el Río Colorado y la Laguna Cantero. En esta zona se encuentra la planta piloto. Se recomienda agregar algunos (2-4) frentímetros entre la planta piloto y el Río Colorado, nivelarlos bien y revisar la nivelación de los frentímetros existentes, sobre todo el pozo N°16. En caso en que se compruebe la existencia de

un flujo subterráneo, a partir del cauce del Río Colorado hacia el sur, este fenómeno debe tenerse en cuenta en la planificación del sistema de drenaje. Puede investigarse la posibilidad de interceptar este flujo.

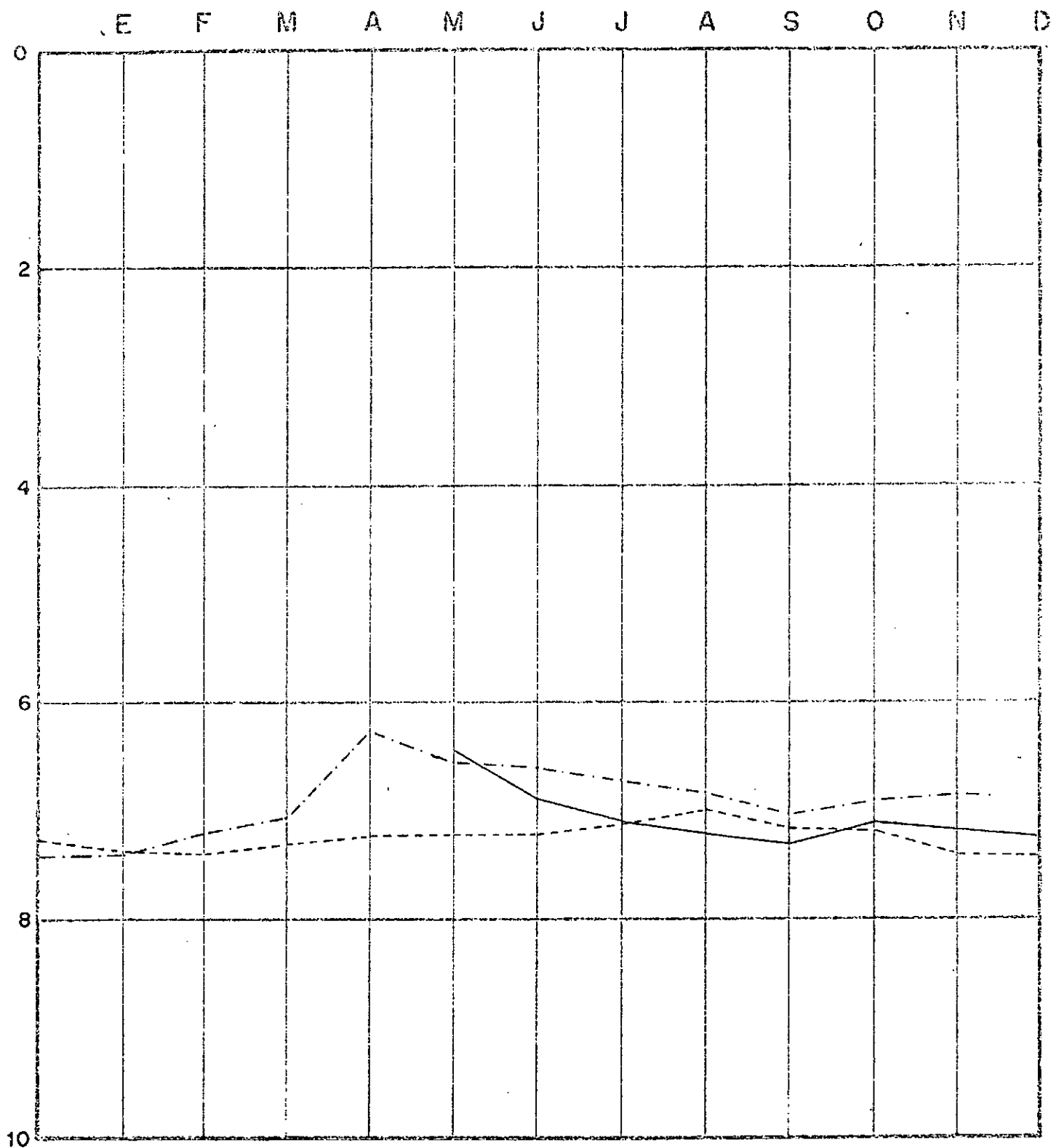
c) Una zona en los alrededores de los pozos N° 122, 121, 60 y 62. El flujo subterráneo dirigido a esta zona cuenta posiblemente con efectos de una recarga al sur de la Laguna Cantero.

5. La situación hidrogeológica y, sobre todo, las direcciones del flujo subterráneo en la zona austral de los terrenos no están suficientemente claras. Se recomienda prestar atención especial a algunos frentímetros de esta zona (N°129, 110, 111, 112, 114 y 138) tanto para investigar la razón del comportamiento anormal de algunos hidrogramas como para aclarar la dirección del flujo subterráneo.
6. Se recomienda seguir con el plan actual de observaciones mensuales de los niveles freáticos en todos los frentímetros. Se recomienda agregar observaciones generales, así como riego en terrenos adyacentes, nuevas plantaciones, limpieza y otras operaciones en canales de riego, etc., con motivo de interpretar mejor los cambios anormales eventuales en los niveles freáticos.
7. La preparación de un balance hídrico subterráneo exige esfuerzos notables para conseguir datos básicos adicionales. Tal balance para toda el área en la presente etapa de anteproyecto de colectores de drenaje no es indispensable. Se recomienda preparar tal balance para plantas piloto.

G R A F I C O S

HIDROGRAMAS DE POZOS

HIDROGRAMA DEL POZO N° 38

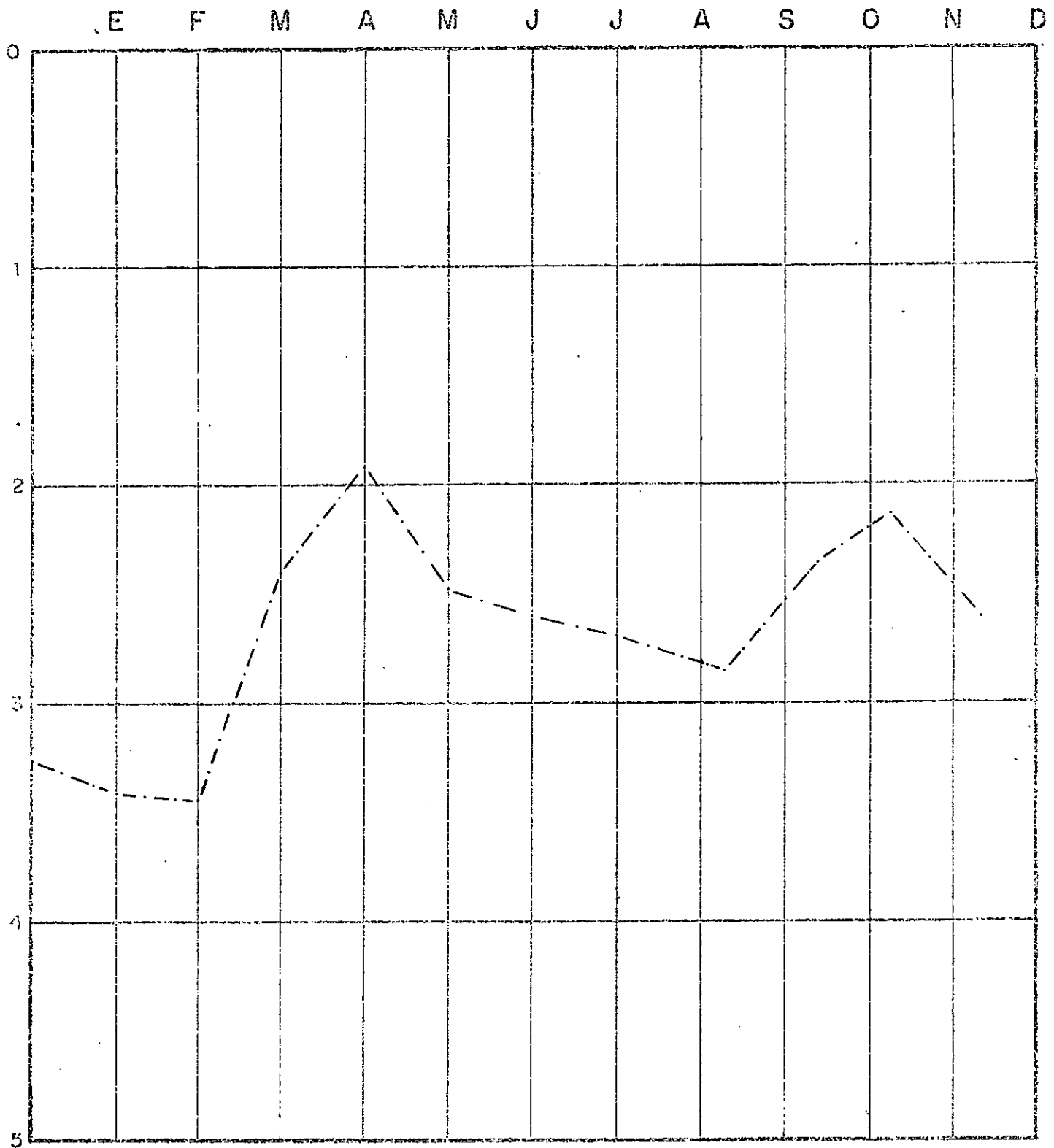


VARIACION DEL NIVEL FREATICO

Años:

- 1978
- - - - - 1979
- · - · - 1980

HIDROGRAMA DEL POZO N° 118

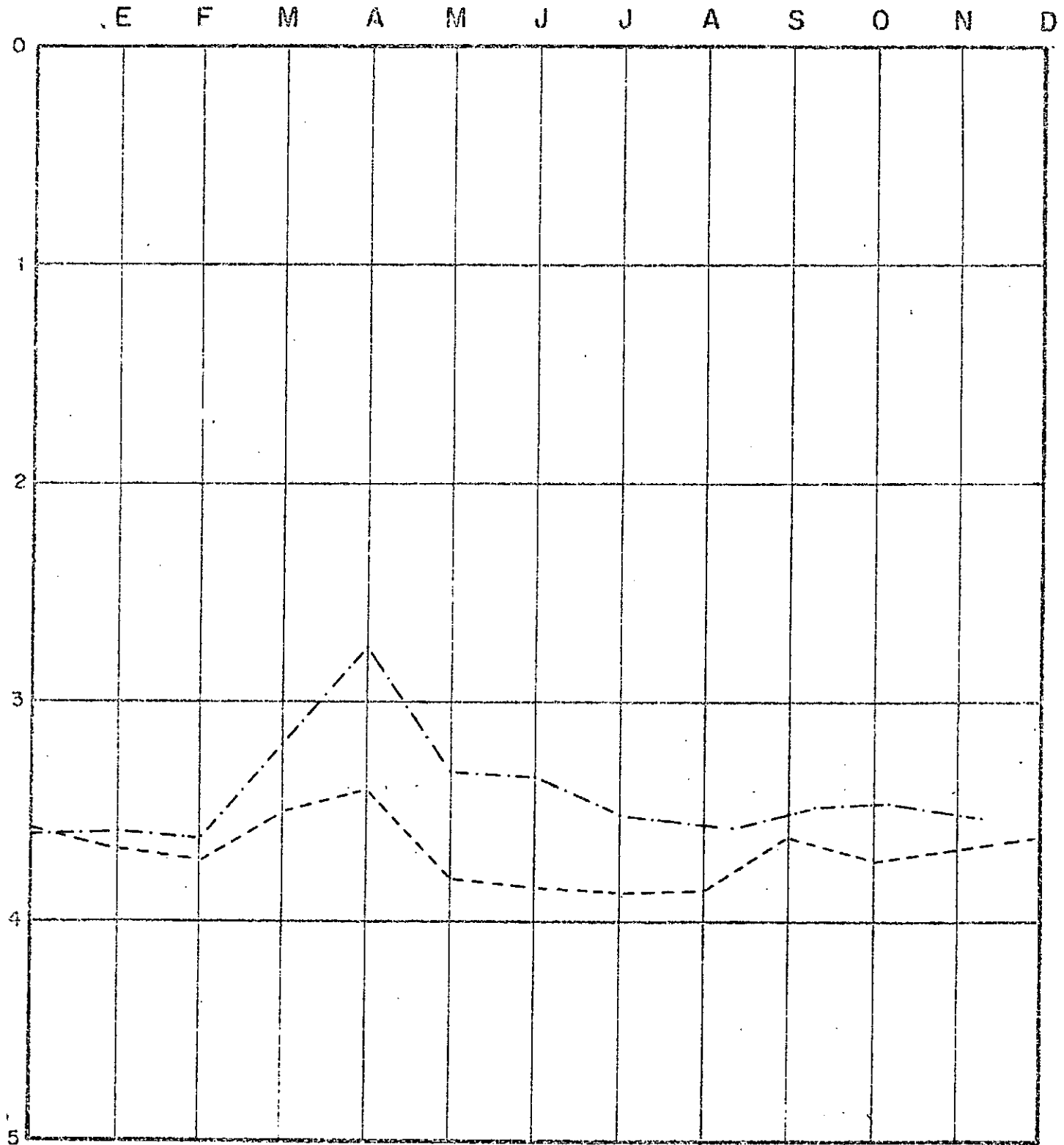


VARIACION DEL NIVEL FREATICO

Años:

----- 1980

HIDROGRAMA DEL POZO N° 67

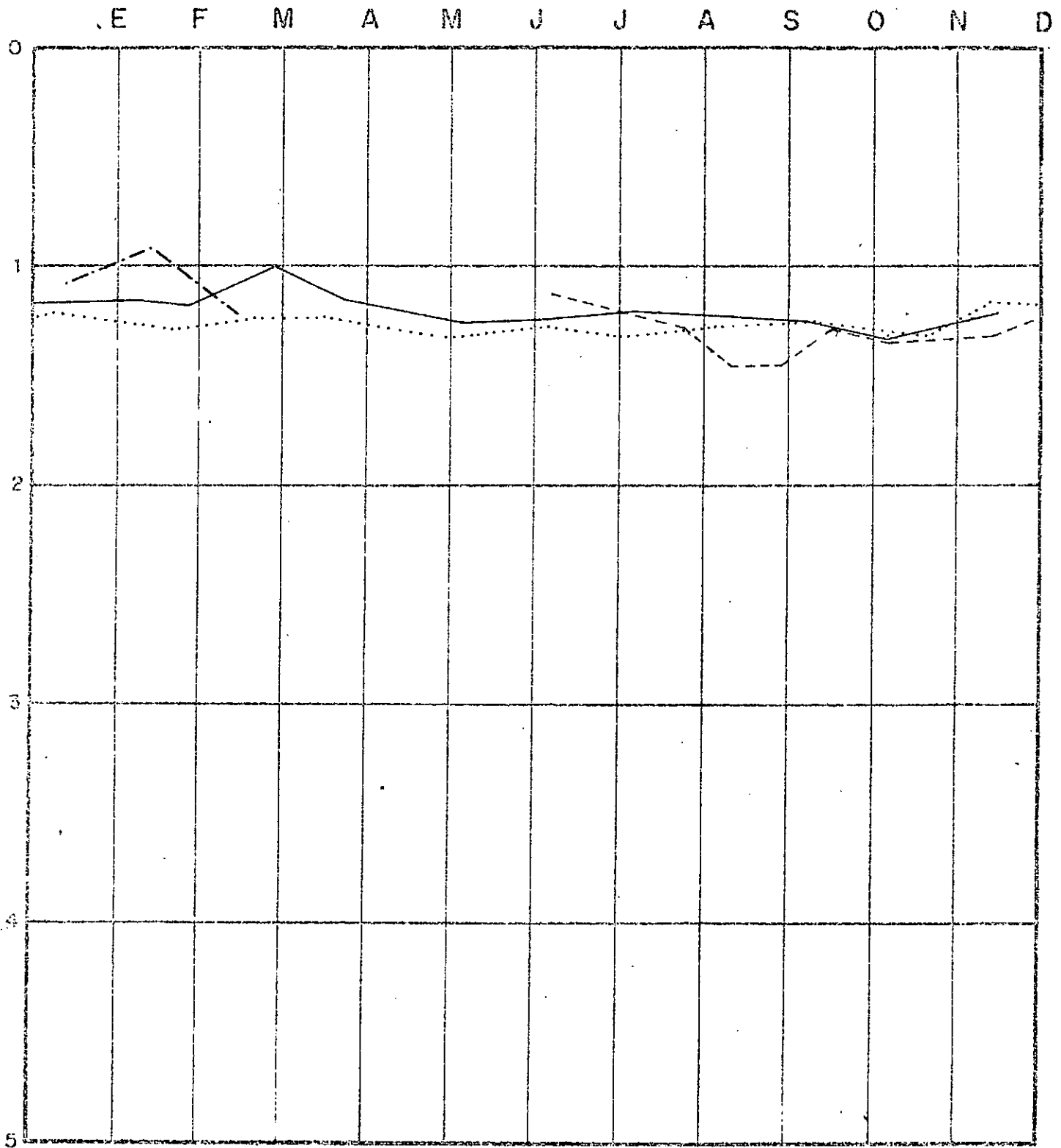


VARIACION DEL NIVEL FREATICO

Años:

- — — — — 1979
- - - - - 1980

HIDROGRAMA DEL POZO N° 3

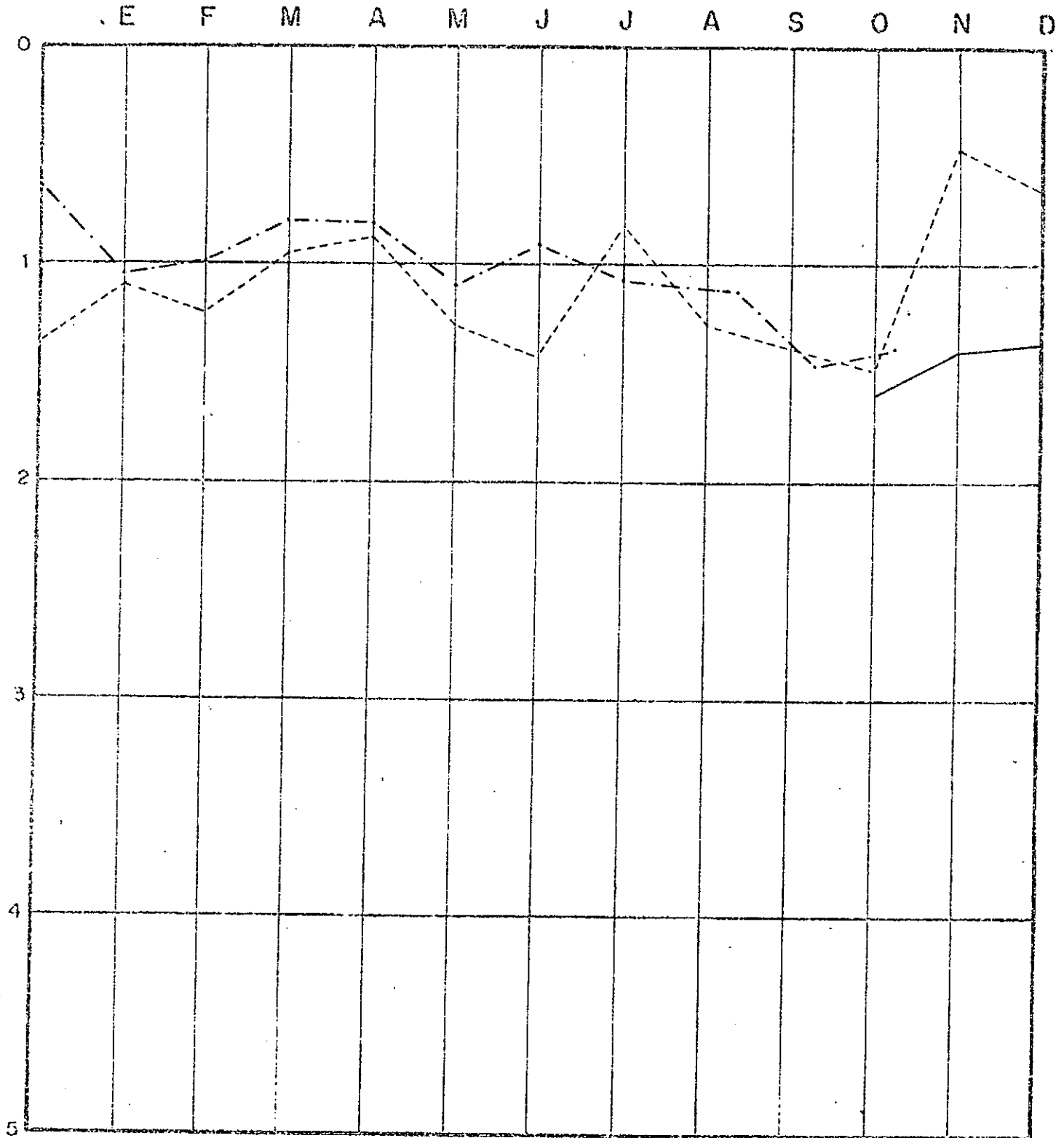


VARIACION DEL NIVEL FREATICO

Años:

- 1978
- 1979
- 1980
- · - · - 1981

HIDROGRAMA DEL POZO N° 46

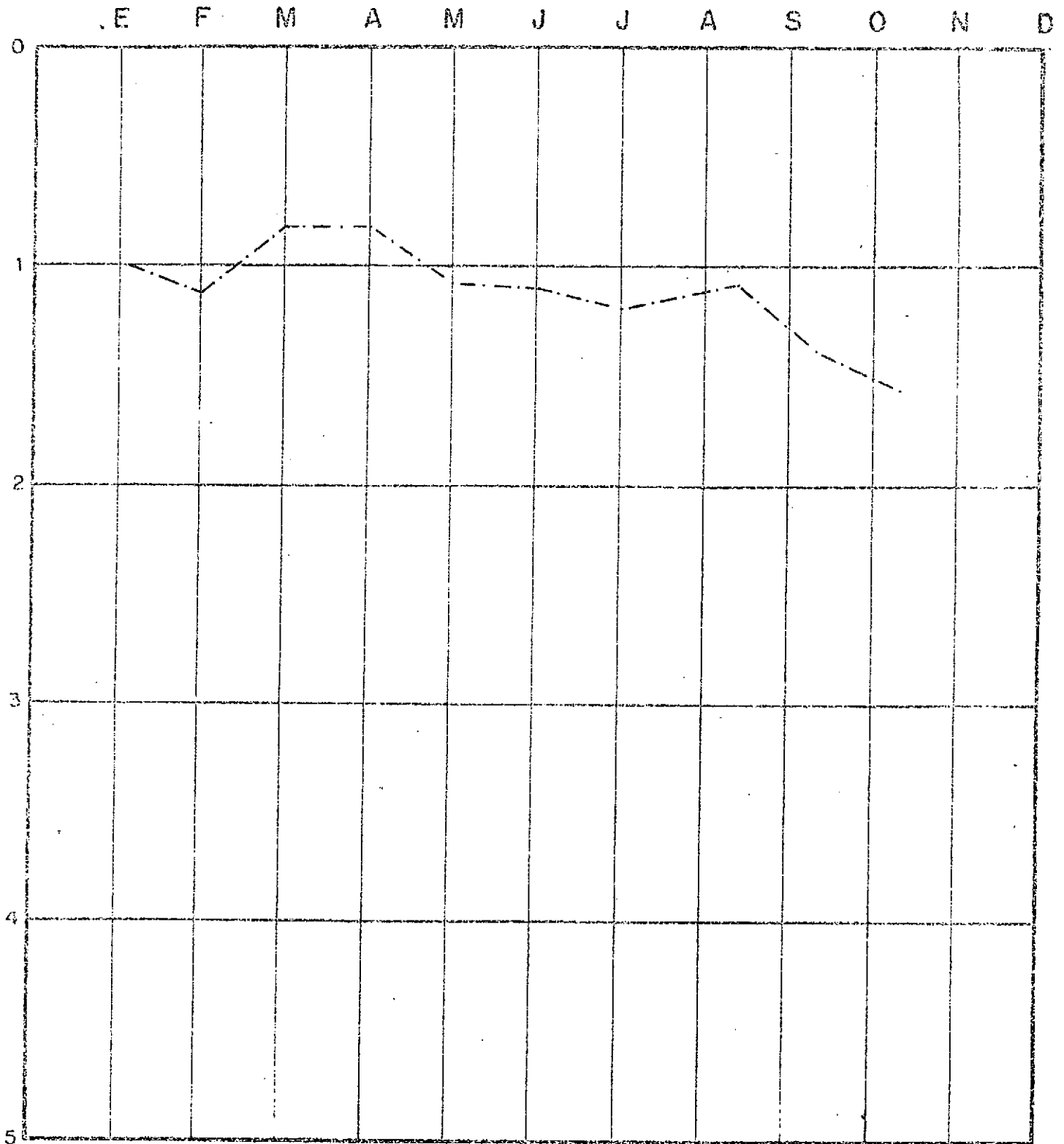


VARIACION DEL NIVEL FREATICO

Años:

- 1978
- - - - - 1979
- · - · - 1980

HIDROGRAMA DEL POZO N° 123

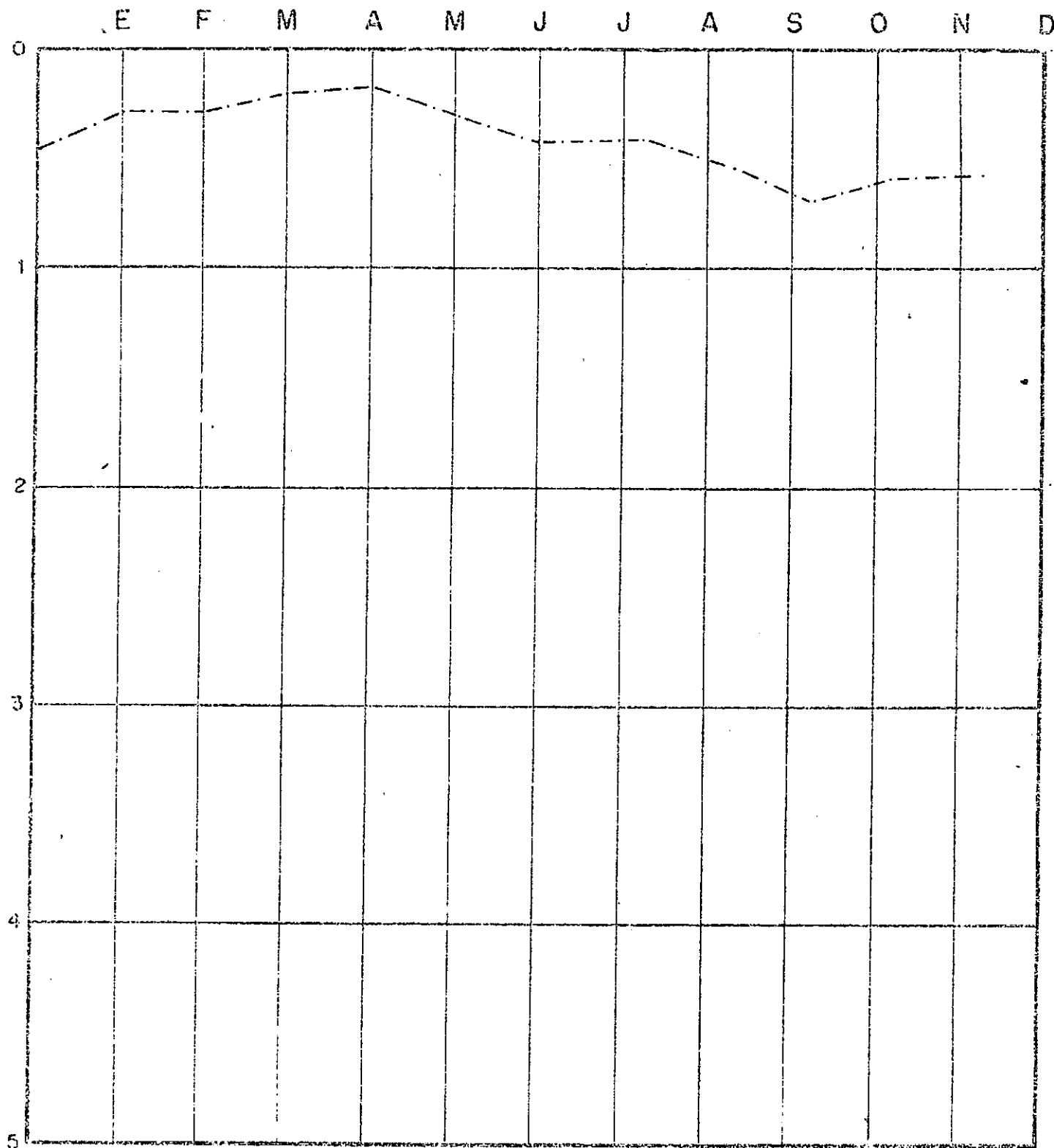


VARIACION DEL NIVEL FREATICO

Años:

----- 1980

HIDROGRAMA DEL POZO N° 128

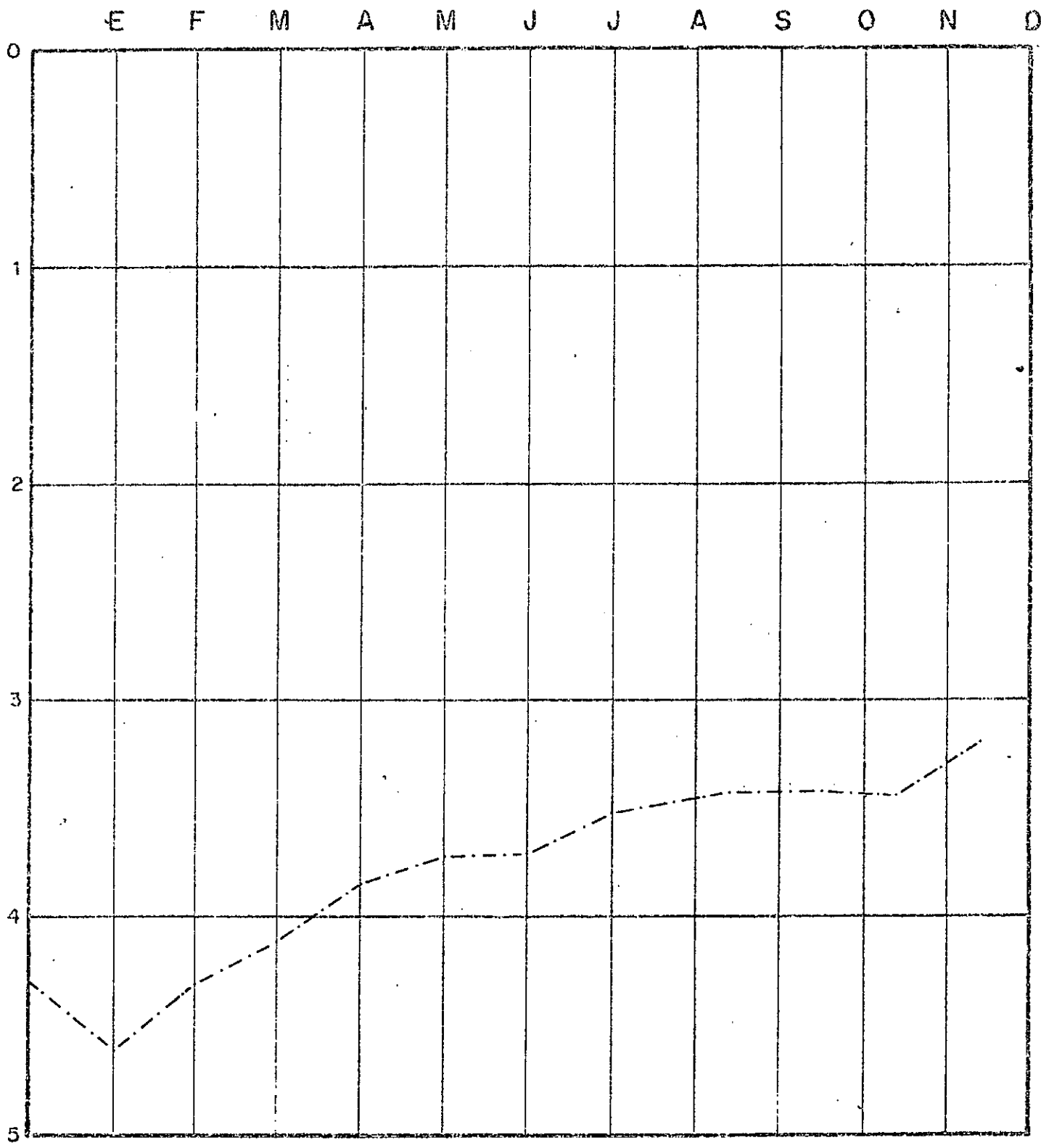


VARIACION DEL NIVEL FREATICO

Años:

----- 1980

HIDROGRAMA DEL POZO N° 114



VARIACION DEL NIVEL FREATICO

Años:

----- 1980

A N E X O 1

Tendencia Plurianual de la Pluviosidad

ANEKO 1 - TENDENCIA PLURI-ANUAL DE LA PLUVIOSIDAD

1. Datos disponibles

En la estación Chacra Experimental se registraron datos pluviométricos para el área de la Colonia Santa Rosa, a partir del año 1955 (período de observación de 25 años). El proyecto dispone sólo de datos mensuales. La estación está ubicada en la parte noroccidental de los terrenos de la Colonia, a una elevación de aproximadamente 350 m.

Se dispone, además, de datos mensuales de ocho estaciones cercanas a la Colonia, todas ubicadas a lo largo del ferrocarril, para el período 1934-1978 (45 años) ⁽¹⁾. Estas estaciones son (véase gráfico N°1):

- Saucelito
- Urundel
- Pichanal
- Tabacal
- Elorái
- Yuto
- Caimancito
- Orán

El gráfico N°1 presenta las precipitaciones anuales de la estación Chacra Experimental y los promedios anuales del total de las ocho estaciones mencionadas.

(1) Los datos mensuales en los registros disponibles, se presentan en base a años calendarios. En efecto, habría que ajustarlos a años hidrológicos (septiembre-agosto) pero, como se trata de un análisis a largo plazo, se justifica la utilización de los datos en la forma presentada.

El gráfico N° 2 es un diagrama de doble masa, que correlaciona la precipitación anual acumulativa de la estación Chacra Experimental con las precipitaciones anuales medias acumuladas de las ocho estaciones. Este diagrama demuestra una buena correlación para los años 1955-1963 y 1974-1978, mientras que en el período 1964-1973 existe cierta divergencia que se expresa en un exceso de hasta 50 mm de la precipitación que se debe esperar en la Chacra Experimental. Después de este período, la correlación vuelve a la normal. Este fenómeno se nota también en el gráfico anterior (N°1), en tanto que se notan grandes diferencias entre las precipitaciones de las ocho estaciones y las de la Chacra Experimental, sobre todo en el período 1969-1973.

El coeficiente de correlación entre cada una de las 8 estaciones y el promedio de las mismas con los datos de la estación Chacra Experimental, se presenta en la tabla siguiente:

Coefficiente de correlación entre los datos pluviométricos
de la estación Chacra Experimental y otras estaciones,
1955-1978

<u>Estación</u>	<u>Coefficiente de correlación</u>
Saucolito	0,64
Urundel	0,48
Pichanal	0,39
Tabacal	0,48
Elordi	0,29
Yuto	0,74
Cainancito	0,58
Orán	0,51
Promedio de las ocho estaciones	0,74

Dado que los mejores coeficientes de correlación se obtuvieron para la estación de Yuto y para el promedio de las ocho estaciones, se investigó la calidad de los datos de las mismas por medio de un gráfico de doble masa (gráfico N°3). El mismo muestra una línea bastante recta y, por lo tanto, no hay necesidad de introducir ajustes en los datos registrados.

Por último, se preparó un diagrama de promedio móvil de 5 años para las estaciones de Yuto (1934-1978), Chacra Experimental (1955-1980) y para el promedio de las ocho estaciones (1934-1978) que se presenta en el gráfico N°4.

Este gráfico muestra claramente unas variaciones bastante significativas de la precipitación media de cinco años seguidos. A comienzos del período investigado (años 1937-1938) se nota un ascenso desde algún mínimo anterior no conocido en detalle, hacia un máximo que coincidió con los años 1940-1944. La diferencia entre el mínimo y el máximo mencionado fue de unos 250 mm, o sea un incremento de alrededor del 60 por ciento.

Después de los primeros años del decenio cuarenta, la tasa de la precipitación media de cinco años seguidos volvió a descender, alcanzando otro mínimo en el año 1948, que permaneció unos 100 mm más alto que el mínimo anterior. A partir de este año subió la precipitación a otro máximo, cuyo pico coincidió con los años 1958-1960, descendiendo a un nuevo mínimo, en el período 1965-1967. Desde aquel entonces, y hasta el año 1977, se nota otro ascenso destacable en la pluviosidad, que según datos más recientes parece seguir hasta el presente (1980-1981).

El gráfico muestra en su totalidad una tendencia de ascenso de la pluviosidad a largo plazo, que se puede estimar groseramente en 100 por

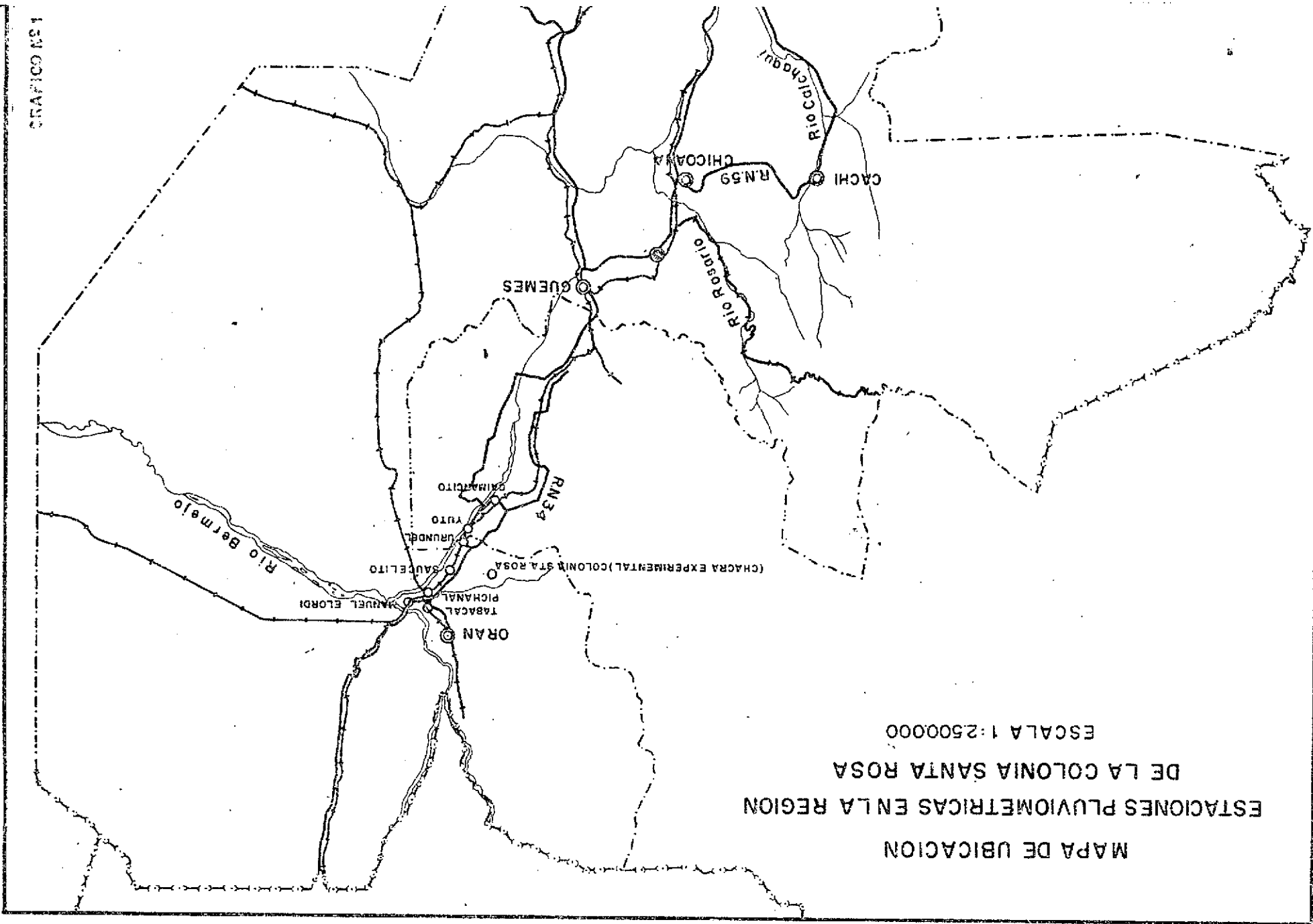
ciento desde el mínimo de los años treinta hasta los máximos de los años sesenta y ochenta.

No se puede dudar de que variaciones tan notables en la pluviosidad, con una clara tendencia a ascenso, pueden efectuar aumentos significativos en la alimentación de los acuíferos y, en consecuencia, un ascenso en los niveles freáticos. Es posible, pues, que el aumento en los terrenos afectados por altos niveles freáticos durante los últimos años deba atribuirse, en gran parte, a un aumento significativo en la pluviosidad.

Es imposible pronosticar con certeza el futuro comportamiento de la pluviosidad. Sin embargo, el gráfico N°4 sugiere por extrapolación, que la pluviosidad se está acercando a un nuevo máximo, que va a disminuir a partir de los próximos años y a dirigirse a un nuevo mínimo, que debe esperarse en los años 1985-1990, aproximadamente.

GRAFICOS

TENDENCIA PLURIANUAL DE LA PLUVIOSIDAD



MAPA DE UBICACION
DE LA COLONIA SANTA ROSA
ESTACIONES PLUVIOMETRICAS EN LA REGION
ESCALA 1:2500000

PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN LA CHACRA EXPERIMENTAL
 (COLONIA STA. ROSA) Y EL PROMEDIO DE OCHO ESTACIONES
 CERCANAS 1955-1978

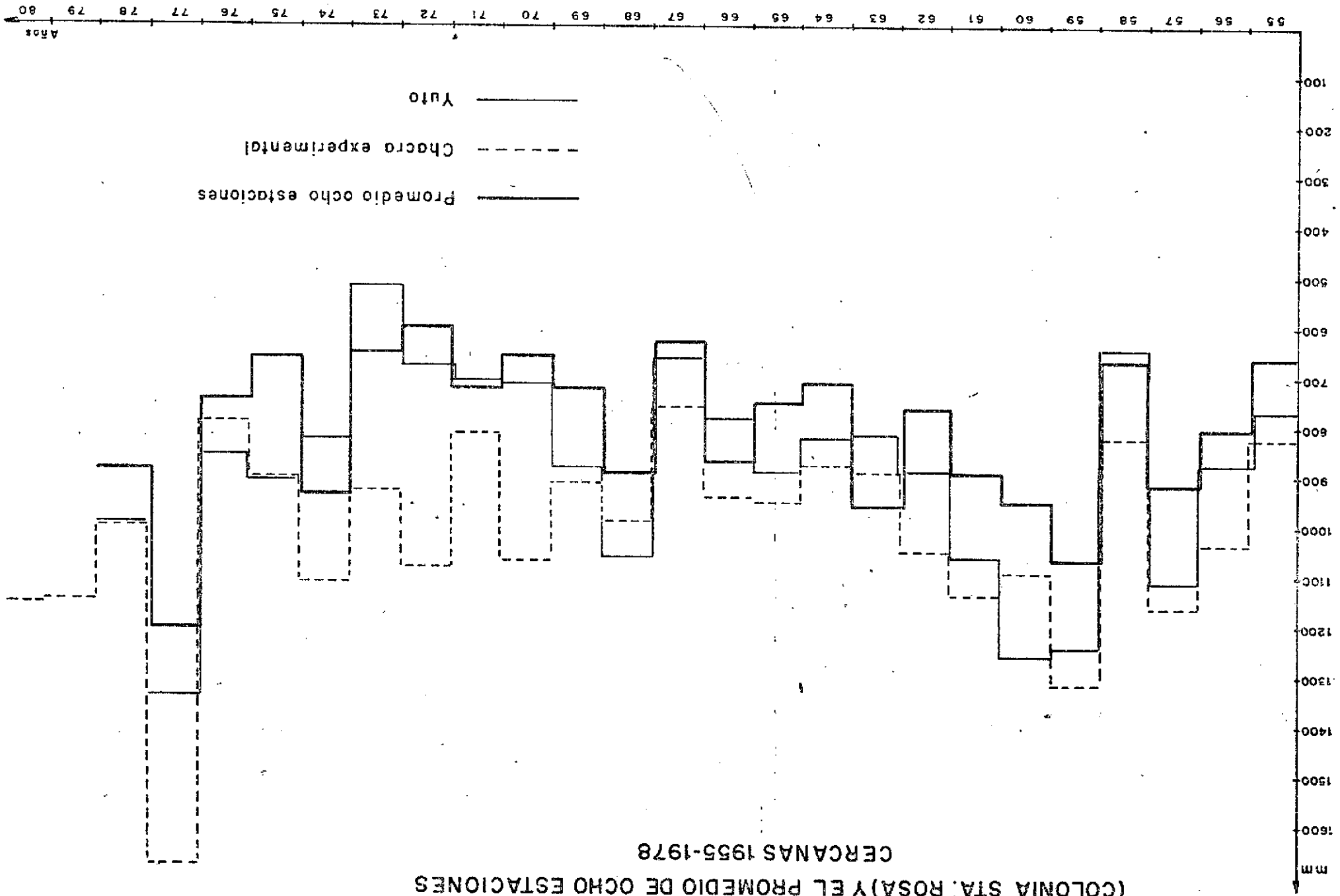
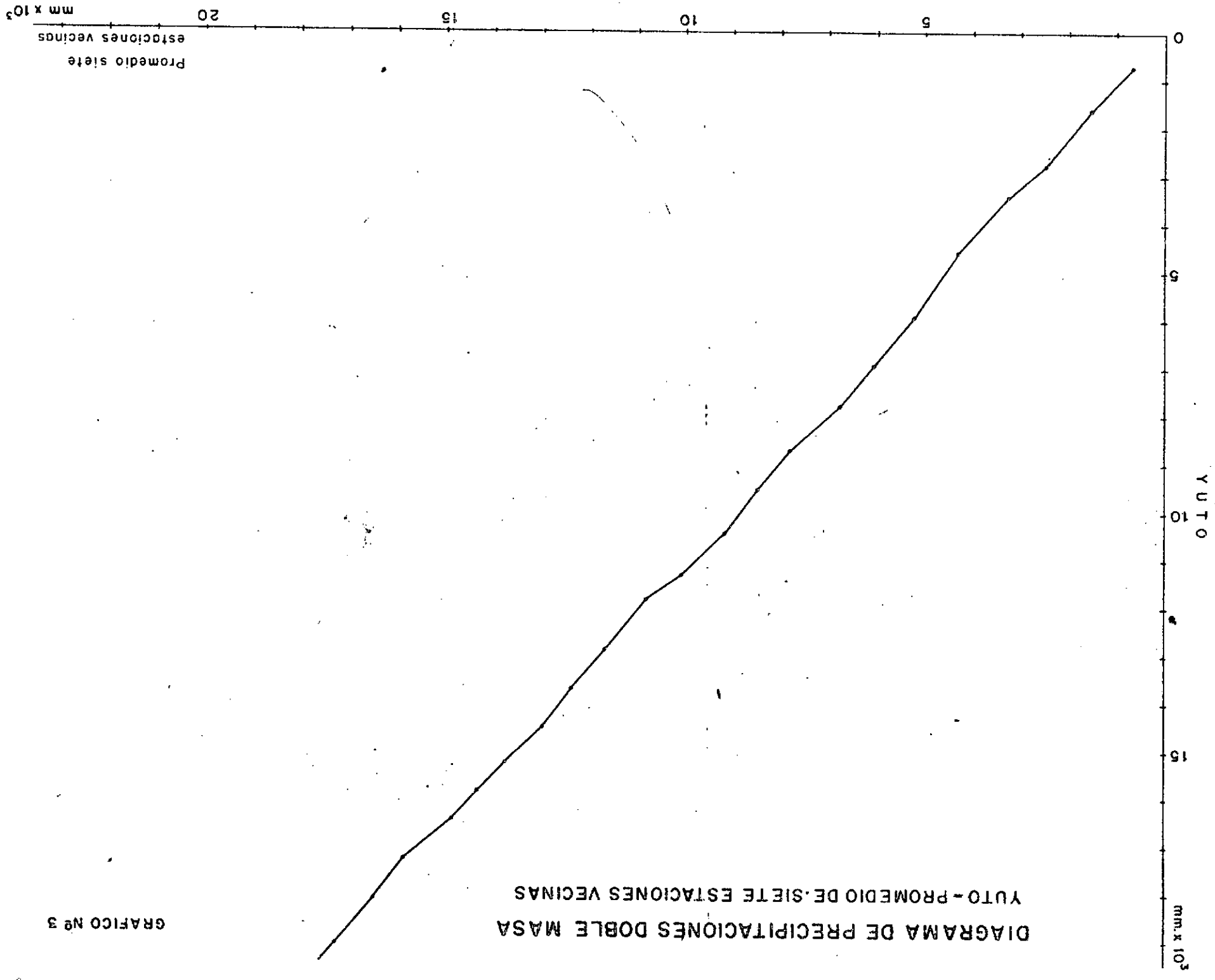


GRAFICO Nº 2

DIAGRAMA DE PRECIPITACIONES DOBLE MASA
YUTO - PROMEDIO DE SIETE ESTACIONES VECINAS

GRAFICO Nº 3



Promedio siete
estaciones vecinas
mm x 10³

DIAGRAMA DE PRECIPITACIONES DOBLE MASA
 CHACRA EXPERIMENTAL- OCHO ESTACIONES VECINAS

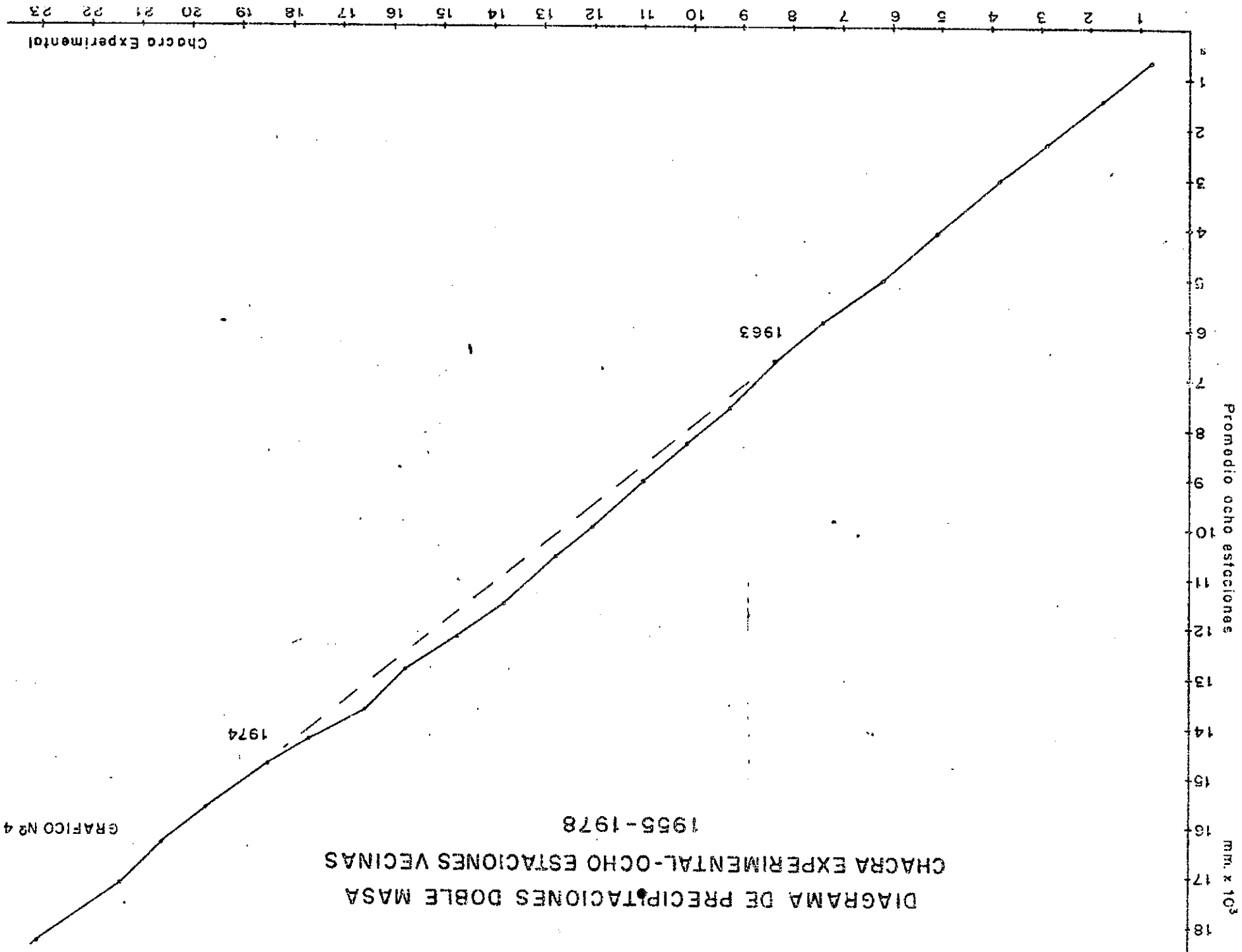
1955-1978

GRAFICO Nº 4

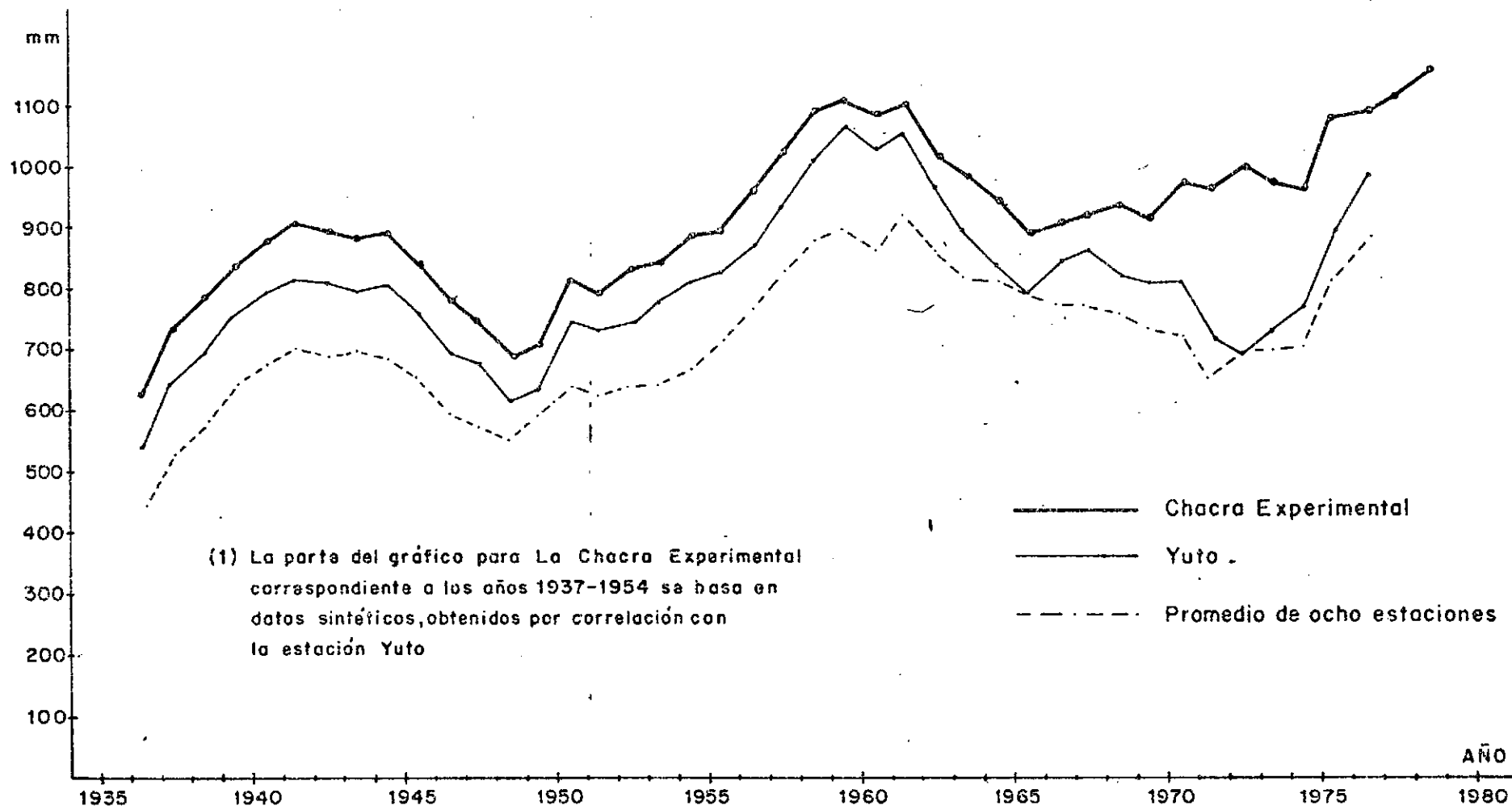
1974

1963

Chacra Experimental



PROMEDIO MOVIL DE CINCO AÑOS, DE LAS PRECIPITACIONES ANUALES EN LA CHACRA EXPERIMENTAL (COLONIA STA. ROSA), EN LA ESTACION YUTO, Y DEL PROMEDIO DE OCHO ESTACIONES (1) 1934-1980



A N E X O 2

Precipitaciones Diarias Máximas en la Estación
Pluviométrica "Chacra Experimental"

ANEXO 2 - PRECIPITACIONES DIARIAS MAXIMAS EN LA ESTACION PLUVIOMETRICA
CHACRA EXPERIMENTAL

Por la gran importancia que tiene la precipitación diaria máxima en relación con la determinación de ciertos parámetros que intervienen en la planificación de una red de drenaje, se presentan, en las siguientes tablas, la precipitación diaria máxima, por mes, y la precipitación máxima de dos días consecutivos, por mes, correspondientes a los años 1966/67 - 1980/81.

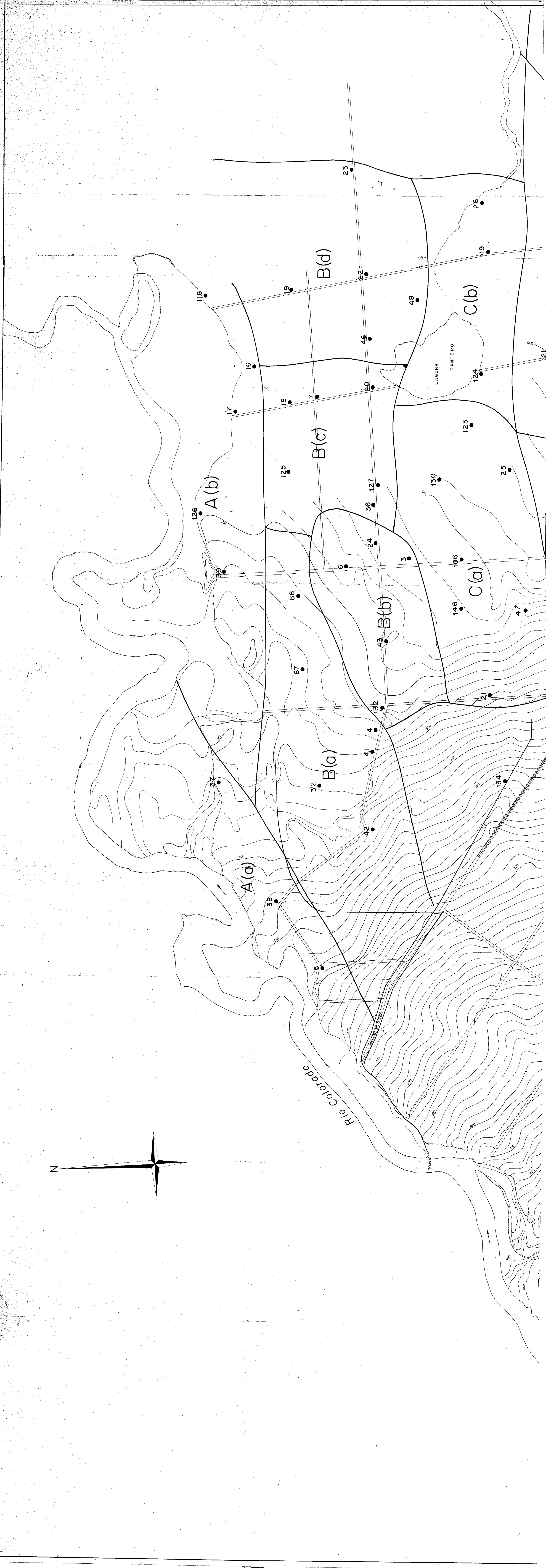
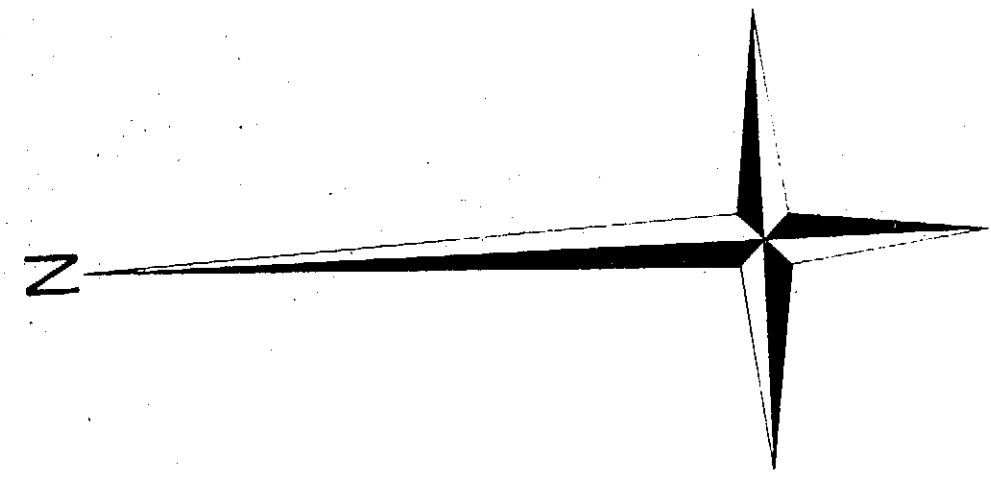
ESTACION CHAGRA EXPERIMENTAL: PRECIPITACION DIARIA MAXIMA POR MES.1966/67 - 1979/80

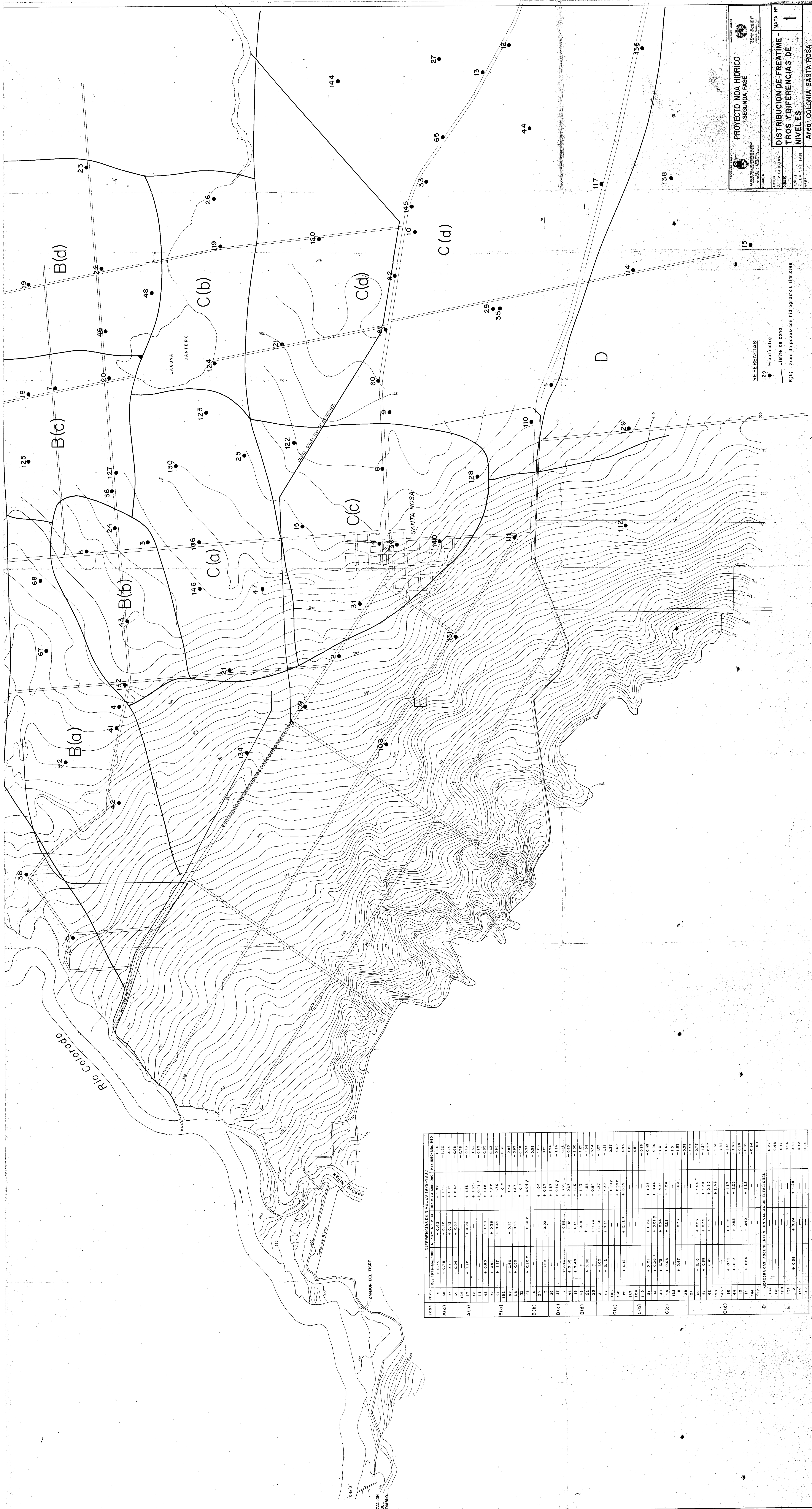
A Ñ O	S	O	N	D	E	F	M	A
1966/67	26,0	16,0	40,5	96,0	37,0	22,5	67,5	15,0
1967/68	11,0	31,0	69,0	161,0	108,0	75,0	19,0	15,5
1968/69	11,0	27,0	38,0	25,0	56,0	130,0	23,0	45,0
1969/70	2,0	45,0	54,0	33,0	80,0	43,0	46,0	62,0
1970/71	16,0	4,0	17,0	130,0	63,0	19,5	57,0	25,0
1971/72	1,5	42,0	25,0	87,0	52,0	32,0	48,0	62,0
1972/73	14,3	37,3	14,2	106,0	45,4	99,0	115,0	20,0
1973/74	3,2	6,2	36,0	30,0	34,1	79,3	50,0	18,8
1974/75	5,0	100,5	10,5	27,0	106,2	58,0	41,5	16,0
1975/76	11,5	19,5	31,9	22,5	48,8	32,5	58,5	6,5
1976/77	13,5	0,5	14,5	43,5	71,0	224,5	37,0	164,0
1977/78	9,6	11,5	37,0	105,0	127,0	86,5	27,0	38,0
1978/79	4,0	10,0	25,7	34,5	52,5	105,6	41,3	27,0
1979/80	7,4	11,5	104,0	40,7	29,8	37,5	65,5	23,5
1980/81	--	21,0	25,0	31,0	112,0	?	?	?

ESTACION CHACRA EXPERIMENTAL: PRECIPITACION MAXIMA DURANTE DOS DIAS
CONSECUTIVOS, POR MES, 1966/67 - 1979/80

A Ñ O	S	O	N	D	E	F	M	A
1966/67	26,0	17,0	52,0	96,0	37,5	22,5	67,5	21,0
1967/68	17,0	32,0	69,0	161,0	125,0	82,5	24,0	19,5
1968/69	13,0	48,0	38,0	56,0	130,0	23,0	49,0	49,0
1969/70	3,0	45,0	54,0	33,0	92,0	43,0	47,0	74,0
1970/71	16,0	4,0	23,5	130,0	63,0	24,5	58,0	47,5
1971/72	1,5	49,0	40,0	91,5	57,0	32,0	55,0	64,0
1972/73	14,8	37,0	14,2	164,0	83,0	103,0	121,0	22,5
1973/74	3,3	6,2	63,0	30,5	35,0	79,3	80,0	23,0
1974/75	6,0	105,0	-	36,0	109,0	64,5	51,0	21,0
1975/76	12,5	19,5	31,9	27,5	48,8	39,5	58,8	7,4
1976/77	19,0	-	22,5	72,0	71,0	232,0	37,0	168,5
1977/78	9,6	23,0	40,5	141,0	128,5	124,0	39,0	38,0
1978/79	7,5	10,0	29,0	38,5	63,0	105,6	68,0	32,0
1979/80	-	12,0	110,0	23,0	47,0	37,5	84,0	40,0

M A P A S





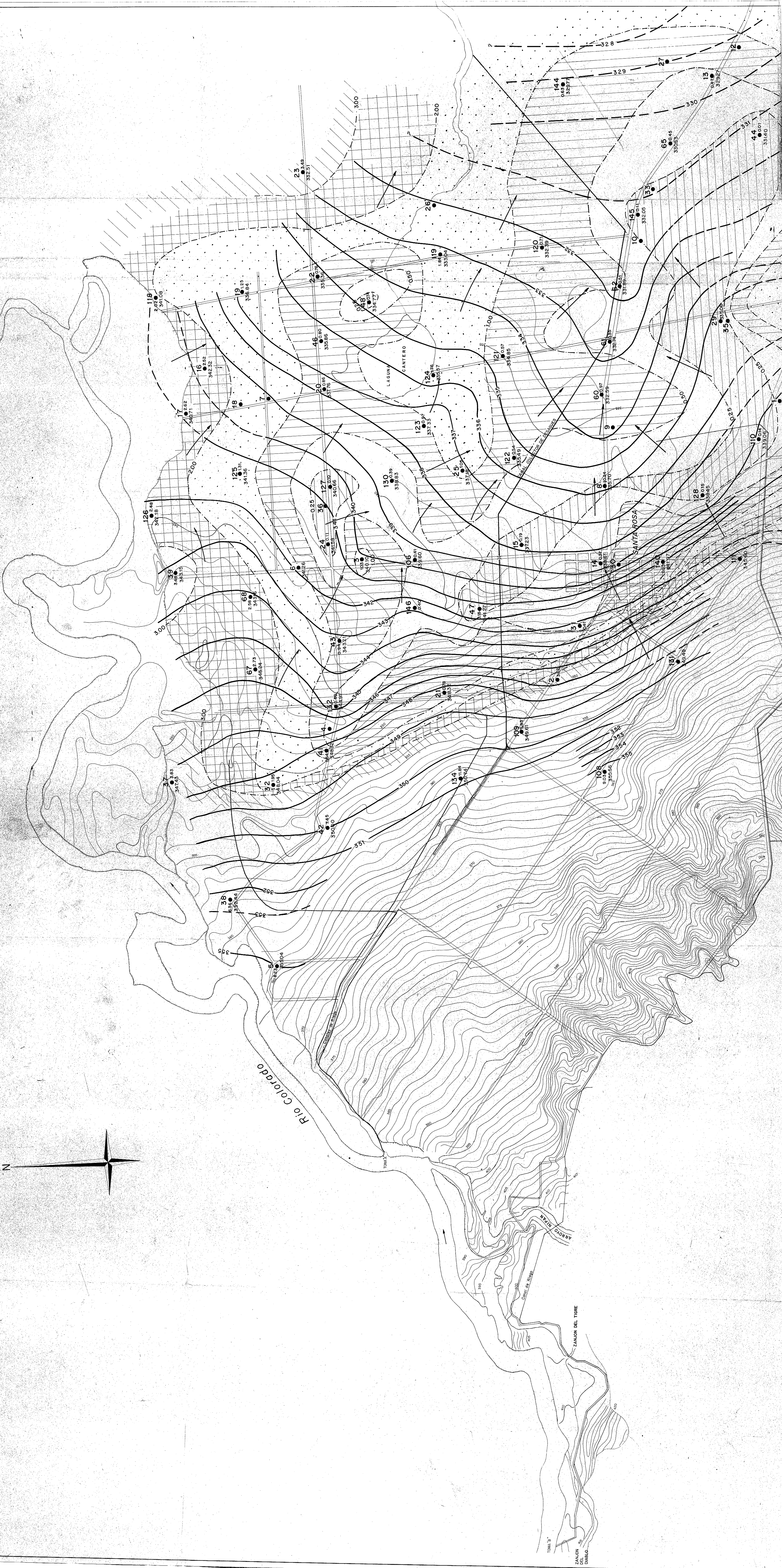
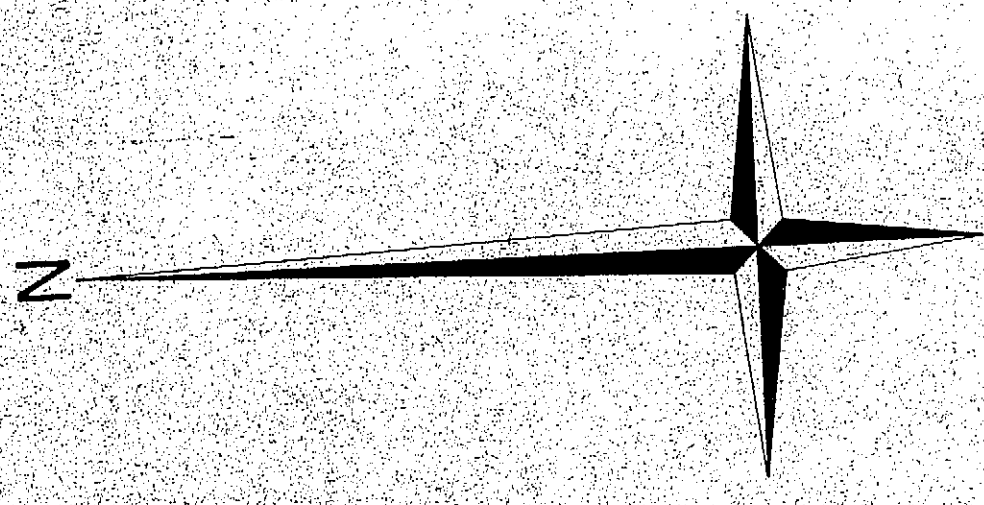
PROYECTO NOA HIDRICO
SEGUNDA FASE
DISTRIBUCION DE FREATIME - TROS Y DIFERENCIAS DE NIVELES
Area: COLONIA SANTA ROSA
Prov.: SALTA
FECHA: ABRIL 1981

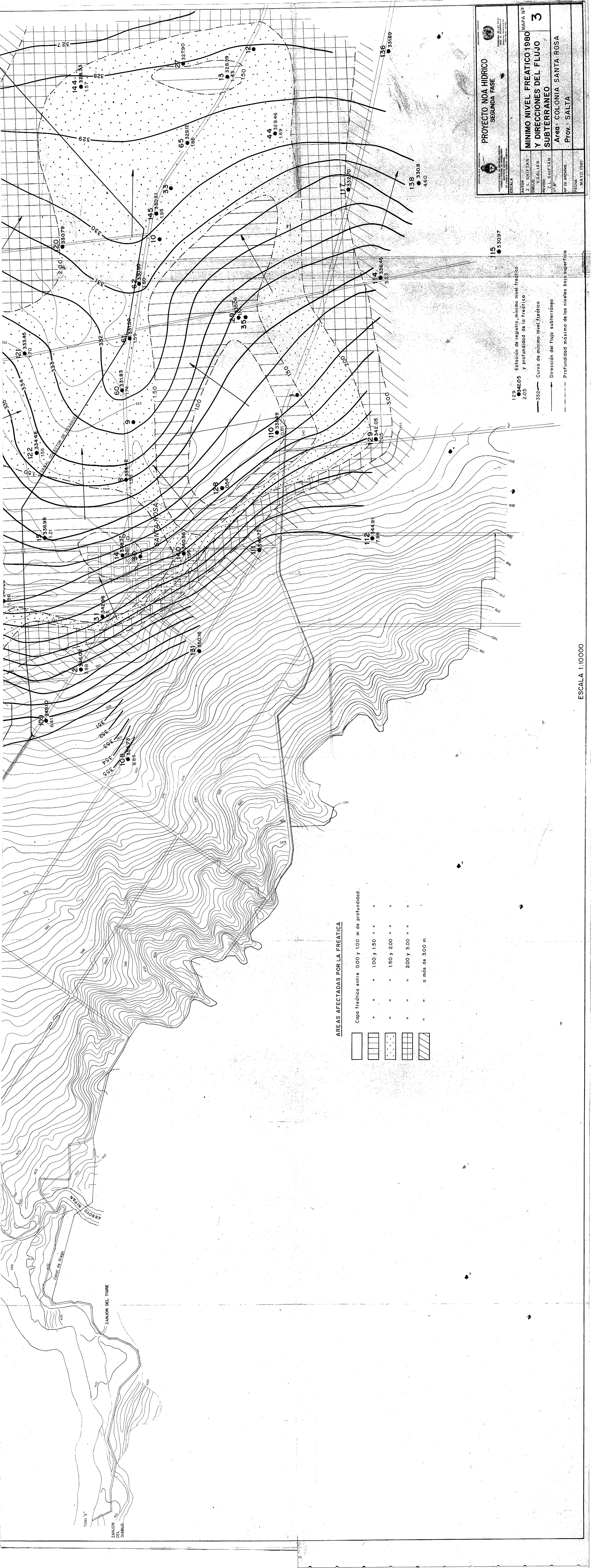
ESCALA: 1:10000
 MAPA N° 1
 AUTOR: ZEEV SHIFMAN
 DIBUJO: ZEEV SHIFMAN
 REVISOR: ZEEV SHIFMAN
 Nº DE ARCHIVO: 2
 Nº DE HOJA: 2

- REFERENCIAS**
- 129 Freatimetro
 - Límite de zona
 - B(b) Zona de pozos con hidrogramas similares

ZONA	POZO	Max. 1979-1980	Min. 1979-1980	DIFERENCIAS DE NIVELES 1979-1980	Max. 1979-1980	Min. 1979-1980	DIFERENCIAS DE NIVELES 1979-1980
A(a)	35	+ 0.78	+ 0.10	+ 0.68	+ 0.16	- 1.50	- 0.10
	37	+ 0.77	+ 0.42	+ 0.35	+ 1.13	+ 0.15	- 0.15
	39	- 0.04	+ 0.01	+ 0.05	+ 0.07	- 0.08	- 0.08
	156	+ 1.20	+ 0.74	+ 0.46	+ 1.08	+ 0.15	- 0.15
A(b)	16	—	—	—	+ 1.23	+ 1.32	+ 1.32
	118	—	—	—	- 2.07	- 0.99	- 0.99
	42	+ 0.83	+ 1.18	+ 0.35	+ 1.18	- 0.35	- 0.35
	31	+ 0.85	+ 0.94	+ 0.09	+ 1.38	+ 0.88	+ 0.88
B(a)	132	+ 0.71	+ 0.71	—	+ 1.38	+ 0.88	+ 0.88
	67	+ 0.86	+ 0.15	+ 0.71	+ 1.14	+ 0.86	+ 0.86
	68	+ 0.85	+ 0.15	+ 0.70	+ 1.17	+ 0.87	+ 0.87
	12	+ 0.20	+ 0.30	+ 0.10	+ 0.04	- 0.34	- 0.34
B(b)	6	—	—	—	+ 1.04	+ 1.08	+ 1.08
	5	+ 0.80	- 0.02	+ 0.82	+ 0.82	- 0.02	- 0.02
	125	—	—	—	+ 0.70	+ 1.24	+ 1.24
	7	+ 0.46	+ 0.35	+ 0.11	+ 0.35	- 0.81	- 0.81
B(c)	46	+ 0.08	+ 0.02	+ 0.06	+ 0.87	+ 0.89	+ 0.89
	19	+ 0.46	+ 0.11	+ 0.35	+ 1.15	+ 1.30	+ 1.30
	28	+ 0.88	+ 0.70	+ 0.18	+ 1.38	+ 1.38	+ 1.38
	23	—	+ 0.70	+ 0.70	+ 0.84	- 0.14	- 0.14
B(d)	21	+ 1.05	+ 0.30	+ 0.75	+ 1.37	+ 1.07	+ 1.07
	47	+ 0.12	+ 0.11	+ 0.01	+ 1.35	+ 1.51	+ 1.51
	108	—	—	—	+ 0.90	+ 0.65	+ 0.65
	26	+ 0.12	+ 0.12	—	+ 0.55	- 0.63	- 0.63
C(a)	123	—	—	—	—	- 0.62	- 0.62
	124	—	—	—	—	- 0.54	- 0.54
	119	+ 0.51	+ 0.54	+ 0.03	+ 1.28	+ 0.45	+ 0.45
	44	+ 0.00	+ 0.07	+ 0.07	+ 0.44	- 0.19	- 0.19
C(b)	40	+ 0.75	+ 0.34	+ 0.41	+ 1.35	- 1.01	- 1.01
	15	+ 0.08	+ 0.02	+ 0.06	+ 1.24	+ 1.02	+ 1.02
	182	—	—	—	+ 0.73	+ 1.01	+ 1.01
	118	+ 0.20	+ 0.13	+ 0.07	+ 0.73	- 0.39	- 0.39
C(c)	50	+ 0.10	+ 0.23	+ 0.13	+ 1.05	- 0.77	- 0.77
	45	+ 0.39	+ 0.35	+ 0.04	+ 1.59	+ 1.54	+ 1.54
	22	+ 0.30	+ 0.12	+ 0.18	+ 0.43	- 1.52	- 1.52
	120	—	—	—	—	- 1.84	- 1.84
C(d)	85	+ 0.15	+ 0.26	+ 0.11	+ 1.67	- 1.41	- 1.41
	44	+ 0.31	+ 0.35	+ 0.04	+ 1.23	+ 1.08	+ 1.08
	13	—	+ 0.40	+ 0.40	+ 1.22	- 0.82	- 0.82
	144	—	—	—	—	- 0.94	- 0.94
D	117	—	—	—	—	- 0.40	- 0.40
	134	—	—	—	—	- 0.37	- 0.37
	108	—	—	—	—	- 0.17	- 0.17
	131	—	—	—	—	- 0.84	- 0.84
E	2	+ 0.39	+ 0.24	+ 0.15	+ 1.28	- 0.09	- 0.09
	111	—	—	—	—	- 0.24	- 0.24
	12	—	—	—	—	- 0.14	- 0.14
	121	—	—	—	—	- 0.14	- 0.14

ESCALA 1:10000





AREAS AFECTADAS POR LA FREATICA

[White box]	Cape freático entre 0.00 y 1.00 m de profundidad.
[Vertical lines]	" " " 1.00 y 1.50 " " "
[Dotted pattern]	" " " 1.50 y 2.00 " " "
[Horizontal lines]	" " " 2.00 y 3.00 " " "
[Diagonal lines]	" " " a más de 3.00 m.

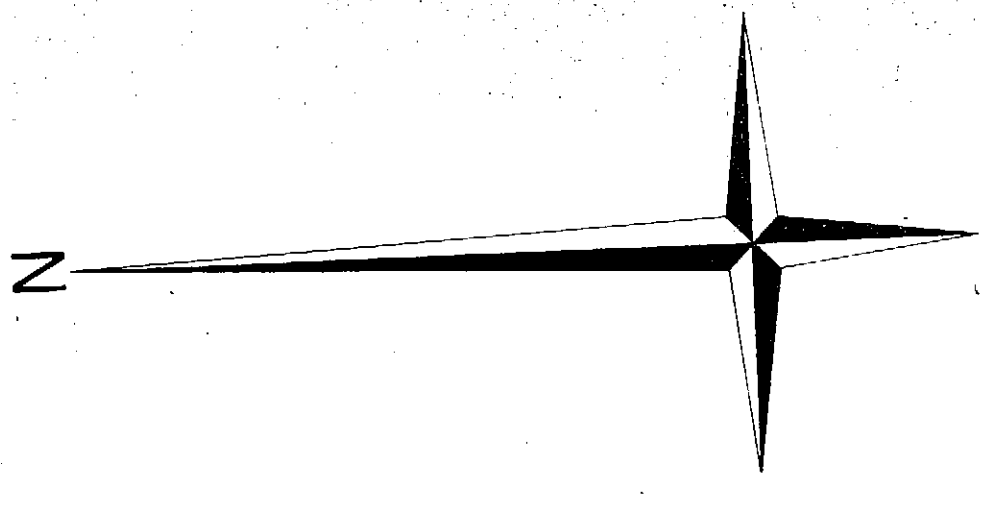
PROYECTO NOA HIDRICO
SEGUNDA FASE

MINIMO NIVEL FREATICO 1980
Y DIRECCIONES DEL FLUJO
SUBTERRANEO
 Area: COLONIA SANTA ROSA
 Prov.: SALTA

MAPA N° 3
 AUTOR: Z. L. SHIFTAN
 DIBUJO: V. GALIAN
 REVISO: Z. L. SHIFTAN
 V.P.:
 Nº DE ARCHIVO:
 FECHA: MAYO 1981

- 129 ● Estación de registro, mínimo nivel freático y profundidad de la freático
- 332 — Curva de mínimo nivel freático
- Dirección del flujo subterráneo
- Profundidad máxima de los niveles bajo superficie

ESCALA 1:10000



N

Rio Colorado

ZANON DEL TIGRE

ZANON
DUBLO

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

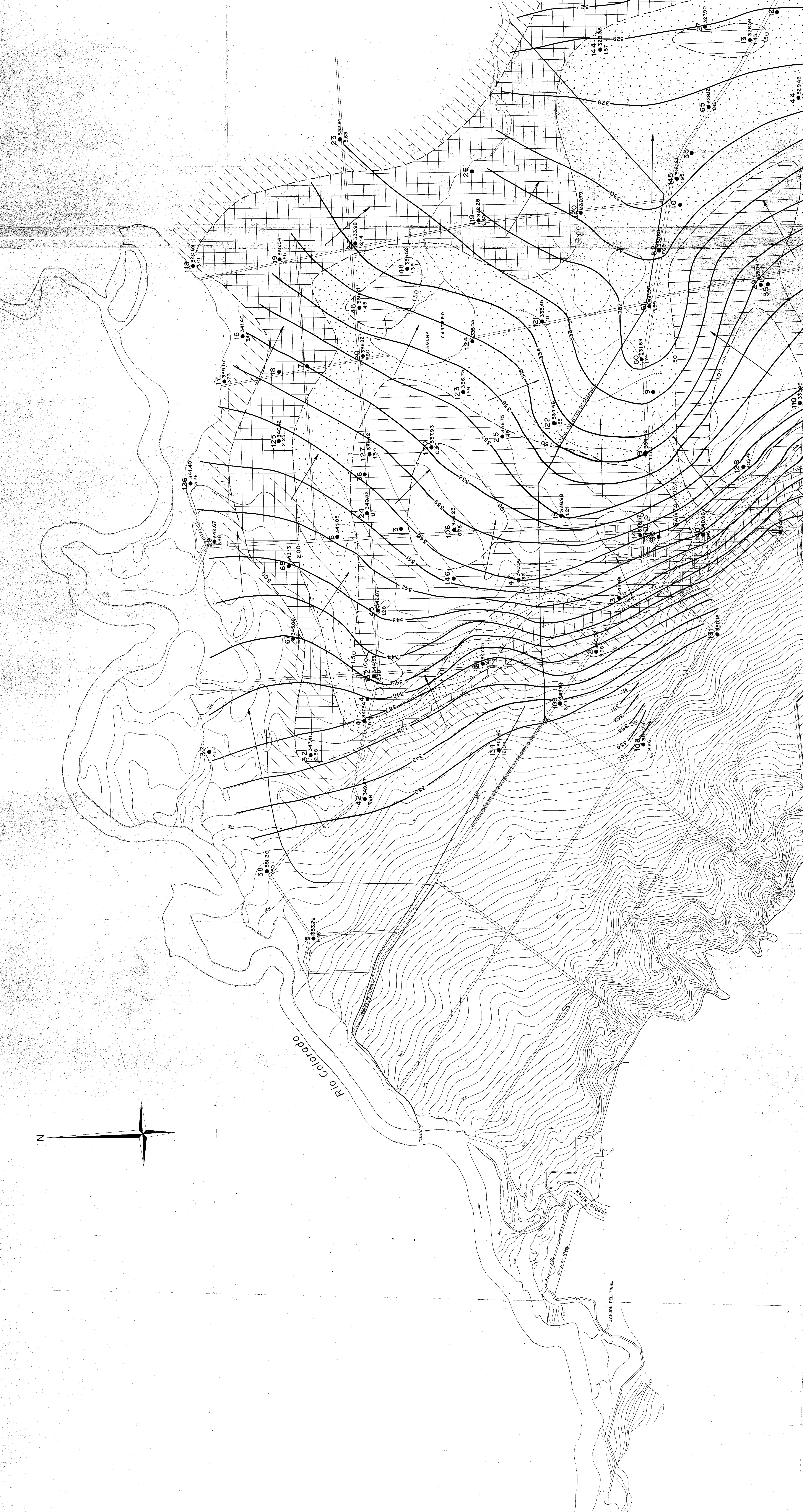
ARMONIA

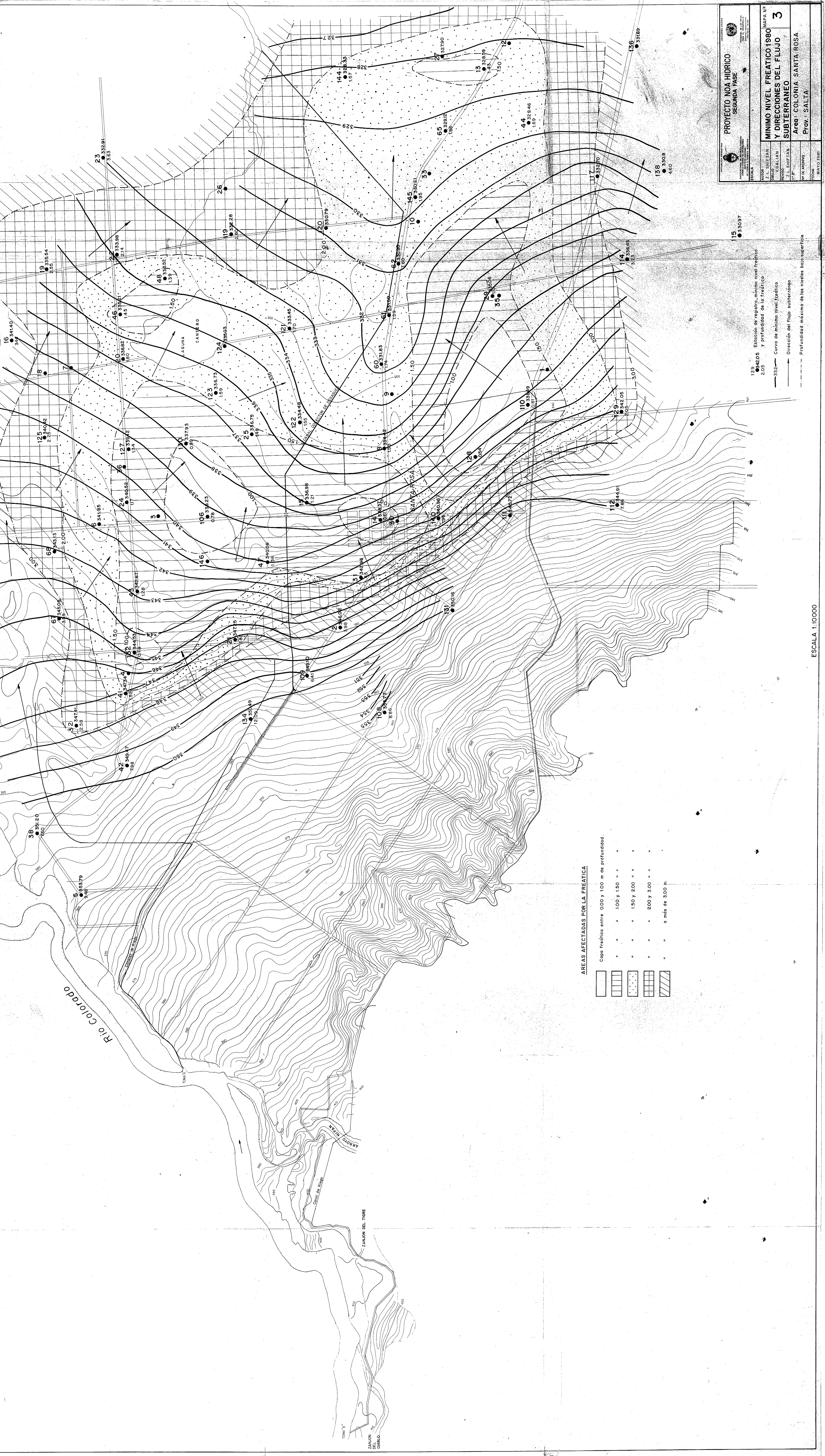
ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA

ARMONIA





150 Estación de registro, mínimo nivel freático y profundidad de la freática
 2.05
 332 Dirección del flujo subterráneo
 --- Profundidad máxima de los niveles topográficos

AREAS AFECTADAS POR LA FREATICA

[Empty box]	Copa freática entre 0.00 y 1.00 m de profundidad.
[Vertical lines]	" " " 1.00 y 1.50 " "
[Dotted pattern]	" " " 1.50 y 2.00 " "
[Horizontal lines]	" " " 2.00 y 3.00 " "
[Diagonal lines]	" " " a más de 3.00 m.