

VARIACION DE LA RECARGA ENTRE LA PLATA Y SANTA ISABEL
(Provincias de Buenos Aires y La Pampa - Argentina)
PROPUESTA METODOLOGICA

Mario A. Hernandez* y Santiago B. Giari**

*Universidad Nacional de La Plata - CONICET - Paseo del Bosque (1900) La Plata - Argentina

**Universidad Nacional de La Pampa - Administración Provincial del Agua - Gil 353 (6300) S. Rosa -
Argentina

RESUMEN

En el trabajo se analiza la recarga potencial de aguas subterráneas sobre un perfil entre La Plata y Santa Isabel (provincias de Buenos Aires y La Pampa, Argentina). El mismo tiene la particularidad de ser perpendicular a las isohietas, extendiéndose desde una zona húmeda lindante con el río de La Plata, hasta otra de fuerte aridez y continentalidad, unos 900 Km al oeste de la misma.

Algunos de los factores que influyen en el monto de la recarga tienen el mismo valor en todo el desarrollo del perfil, de modo que su intervención alcanza el mismo peso en todas las localidades. Por el contrario otras variables (precipitación, evapotranspiración, permeabilidad de la superficie y cobertura vegetal), adoptan valores diferentes y en consecuencia influyen con distinta magnitud en el valor de la recarga. A partir de determinaciones de la misma efectuadas en varias localidades sobre el perfil y la estimación de las variables que la condicionan, se vincula el valor de la recarga con el ambiente geográfico e índices característicos.

ABSTRACT

In this paper the ground water direct potential recharge over a profil from La Plata to Santa Isabel (Buenos Aires and La Pampa provinces, Argentina), is analized. Such profil has the particularity of cut the isoyets from a wet area near La Plata river to other of strong aridity and continentality, around 900 Km at west.

Some factors that determine the recharge amount have the same values throught the profil and its influence is the same in all localities. Others variables (precipitation, evapotranspiration, surface permeability and vegetal cover) have different values, and accordingly have different influence in recharge amount. With determinations of they and variable approaches, recharge amount is vinculated with geographical environment and characteristic indexes.

INTRODUCCION

La recarga de acuíferos depende de una serie de factores que han sido listados, entre otros, por Rushton (1988), cuya incidencia en el monto resultante es diferente. Asimismo se ha establecido (Simmers, 1990) que la recarga ocurre aún en ambientes de fuerte aridez y que a medida que esta aumenta cobra mayor importancia relativa la recarga indirecta sobre la directa, tai como las define Lloyd (1986).



En este trabajo se analiza la variación de la recarga potencial sobre una transecta entre La Plata ribereña al río del mismo nombre en la provincia de Buenos Aires, y Santa Isabel, 900 Km al oeste, en la provincia de La Pampa (figura 1). Todo el perfil se desarrolla en la llanura pampeana desde un ambiente húmedo al Este, hasta otro de características opuestas en el extremo Oeste.

Las precipitaciones disminuyen de Este a Oeste, desde 1028 mm/año para La Plata, hasta 356.1 mm/año en Santa Isabel (figura 3). Como lo señala Simmers (op. cit.), desde el punto de vista de la recarga además del monto de las precipitaciones, es de interés la consideración de la evapotranspiración potencial. Atendiendo a ello hemos adoptado para este caso el índice de aridez sugerido por Kovacs (1983), como la relación entre la evapotranspiración potencial y las precipitaciones, calculando la primera con la metodología de Thorntwhaite et al. (1957) para períodos anuales. Así calculado este índice varía entre 0.77 en el extremo Este del perfil hasta 2.30 para Santa Isabel (figura 3).

DESCRIPCION DEL PERFIL

Geología

El basamento hidrológico bajo la traza analizada, está representado por metamorfitas precámbricas, granitos y sedimentitas paleozoicas y vulcanitas permotriásicas, según la ubicación (figura 2). Sobre él se encuentran tres cuencas sedimentarias: la de Graf Alvear en la zona de Santa Isabel, la de Macachín, entre Santa Rosa y Catrilo y la del Salado en el centro-este bonaerense. El espesor del relleno sedimentario dentro de las mismas alcanza a varios kilómetros, pero su descripción es ajena a los fines del trabajo.

Con respecto a los términos más superficiales, entre Santa Isabel y Pehuajó afloran tres unidades estratigráficas. La más vieja (Mio-Plioceno), es la Fm. Cerro Azul (Linares et al., 1980) constituida por limos arenosos muy finos y arenas muy finas limosas, con intercalaciones lenticulares de arcillas. Esta unidad suele culminar con un estrato de unos 3 m de una caliza epigénica, conocida localmente como "tosca". El espesor de la formación alcanza los 200 m, y se apoya en rocas acuifugas y acuícludas del basamento mencionado, o arcillitas verdes miocenas. Le sigue hacia arriba en el extremo Oeste del perfil la Fm. Santa Isabel (Bojanich, 1977), un conjunto de arcillas, limos, arenas y escasas gravillas de origen fluvial y lacustre, con un espesor máximo de 40 m. Finalmente se encuentran las arenas eólicas de la Fm. Meauco (Giai, 1985), que se apoyan sobre la Fm. Cerro Azul o engranan lateralmente con Santa Isabel. Normalmente tiene una potencia de 5 m, aunque puede llegar a los 15 m.

Entre Pehuajó y el río de La Plata, pueden distinguirse varias unidades estratigráficas principales. En primer lugar limos castaños conocidos como "terciario entrerriano", similares aunque algo más finos que la Fm. Cerro Azul. Hacia el Este y Noreste pasan lateralmente a la Fm. Arenas Puelches, eocuaternaria, representada por arenas puras, micáceas, fluviales. Por encima se hallan limos loessoides de las formaciones Ensenada y Buenos Aires (Pleistoceno), también conocidas en conjunto como Fm. Pampiano. Culmina la secuencia con los depósitos conocidos como "pospampianos", de edad holocena-reciente, que incluyen sedimentos marinos de la Fm. Destacamento Río Salado y Las Escobas y continentales de las formaciones Luján y Pascua, incluyendo los eólicos de la Fm. La Postrera u homologables.

Vegetación, Fisigrafía y Suelos

La cobertura vegetal es de cuatro tipos diferentes (Cano, 1980, editor). Hacia el este, entre La Plata y Santa Rosa, se trata de terrenos en su mayoría cultivados, ya sea con cereales para cosecha o especies de uso forrajero. Desde Santa Rosa y hasta unos 30 Km al oeste de Victorica, se desarrolla un bosque con dominio de la especie Prosopis caldenia. La interceptación de las precipitaciones debida a esta cobertura vegetal, ha sido estimada en 30 % (Losada et al., 1983). Al oeste del bosque citado la cobertura es del

tipo pastizal, caracterizado por Stipa sp., (Cano, op. cit.). La intercepción causada por el mismo varía entre el 5 y 13 % (Branson et al., 1972). Finalmente, hacia el oeste de los 66° 30' de longitud, la comunidad vegetal dominante es un arbustal, caracterizado por Larrea sp., al que puede atribuírsele una intercepción de entre el 9 y el 20 % (Branson et al., op. cit.).

La pendiente general es de 0.5 m/Km. Localmente alcanza valores superiores. Así por ejemplo, la de las laderas del valle de los ríos Atuel y Salado-Chadileuvú en el extremo Oeste del perfil alcanza hasta 8 m/Km y dentro de las acumulaciones arenosas de la Fm. Meauco puede alcanzar valores similares, aunque localizadamente. La pendiente de la ladera del valle mencionado genera un escurrimiento de tipo local, no así las relacionadas con médanos, los que por su alta permeabilidad son capaces de infiltrar la mayor parte del volúmen precipitado.

Los suelos guardan relación con la formación subyacente y las características climáticas del área. Sobre las arenas eólicas de la Fm. Meauco pertenecen al gran grupo de los Ustisament (orden Entisoles) y tienen capacidades de campo comprendidas entre 110 y 130 mm/m (Giai y Mariño, 1993). Sobre la Fm. Santa Isabel se han desarrollado suelos Torrifluventes (orden Entisoles) y Salortides (orden Aridisoles), (Cano, op. cit.). En coincidencia con la extensa llanura elevada mesetiforme entre Santa Rosa y Victorica, los suelos en general son del gran grupo de los Haplustoles (orden Molisoles), y en su mayoría pertenecen al subgrupo petrocálcico (Cano, op. cit.), con capacidades de campo de entre 220 y 240 mm/m. Entre Catrilo y Trenque Lauquen, las arenas de la Fm. Meauco cambian sus características edáficas desarrollándose sobre ellas suelos pertenecientes al gran grupo de los Hapludoles (orden Molisoles), que continúan hacia el Este, hasta sobrepasar 25 de Mayo, pero sin llegar a Lobos. Finalmente desde esta última localidad hasta la costa, los suelos en general pertenecen al gran grupo de los Argiudoles (típicos, tapto-árgicos y tapto-nátricos).

Desde el punto de vista de la recarga, merecen destacarse algunas características edáficas de importancia para el proceso. En primer lugar los Ustisament, por poseer una baja capacidad de retención de agua y una alta permeabilidad, tanto en superficie como en el perfil, permiten la infiltración y recarga a tasas superiores con respecto a otros suelos, a igualdad de condiciones climáticas. Otra singularidad importante la constituye la presencia de tosca en los Haplustoles, que si bien algo permeable regionalmente, no lo es a pequeña escala, dificultando el proceso de recarga. Finalmente, algunos de los Argiudoles pertenecen al subgrupo vértico, caracterizado por presentar grietas de desecación durante la estación seca y la presencia de estructuras internas producidas por las sucesivas contracciones y expansiones, características ambas que facilitan el proceso de recarga.

DISCUSION DE LA RECARGA

La recarga de acuíferos a que se refiere este trabajo, es la de origen meteórico, directa y areal, esto es la que ingresa a la capa freática sin estar sujeta a una etapa previa de concentración en superficie por medio de escurrimiento (Lloyd, op. cit.), o diferida por recarga rechazada.

En la Tabla 1 se listan las determinaciones efectuadas por varios autores con diferentes metodologías. El conjunto de datos tiene coherencia, y considerados en el contexto regional, permiten generalizar un comportamiento. En la figura 3 se han representado las precipitaciones, la recarga directa potencial y el índice de aridez. Con respecto a este último pueden notarse dos cambios de gradiente: uno a la longitud de Luan Toro y otro a la de Pehuajó. Al Oeste de la primera localidad el ambiente se torna más árido en esa dirección a una tasa de 0,046 /Km. Entre Pehuajó y Luan Toro la aridez crece a razón de 0,0104 /Km y finalmente entre La Plata y Pehuajó lo hace a razón de 0,004 /Km.

Entre Catrilo y Santa Rosa, los afloramientos arenosos con una cobertura vegetal de cultivos estacionales, permite la recarga de una lámina de entre 80 y 120 mm/año (Miglianelli, 1990, Malan y

Mariño, 1993, Giai, 1991). Los valores más altos obtenidos por Malan y Mariño (op. cit.) obedecen a condiciones locales (nivel freático cercano a la superficie, cobertura vegetal poco densa), de manera que los más bajos son los que representan el valor regional.

TABLA 1. DETERMINACIONES DE RECARGA SOBRE EL PERFIL.

Localidad	Autor	Metodo	Recarga mm/año
El Meauco	Giai, 1989	Freatimetría	17/70
Victorica	Aimar, 1990	BHS Thorntwhaite, diario	26
Luan Toro	Ruiz, 1982	Índice de Cl-	37
O S. Rosa	Giai, 1985	Consideraciones regionales	circa 0
Santa Rosa	Giai, 1991	Perfil humedad del suelo	80/90
Anguil	Malan et al. 1993	BHS, freatimetría, índice Cl-	120
Catriló	Miglianelli, 1990.	Flujo subterráneo	81,5
T. Lauquen	Cat. Hidrogeol., UNLP, 1990	BHS Thorntwhaite	73
Pehuajó	id. anterior	idem anterior	82
Bolívar	Saravia et al., 1987	idem anterior	120
25 de Mayo	Cat. Hidrogeol., UNLP, 1990	idem anterior	100
Lobos	id. anterior	idem anterior	164
La Plata	id. anterior	idem anterior	221

Pocos kilómetros al Oeste de la última localidad, cambia notablemente el tipo de suelo y la cobertura vegetal, tendiendo la recarga prácticamente a cero. Solo puede generarse la de tipo indirecto por medio de un escurrimiento superficial local que concentre las precipitaciones (Giai, 1985), o, luego de algunas décadas, cuando artificialmente se quita la cobertura (Miglianelli, 1986).

Continuando sobre la transecta hacia el Oeste, y traspuesta el área del bosque afloran nuevamente arenas, y la cobertura vegetal se hace menos densa. En coincidencia con este ambiente se han determinado recargas de 26 mm/año para Victorica por medio de un balance hídrico seriado (Aimar, 1990). 37 mm/año para Luan Toro a partir del índice de cloruros (Ruiz, 1982) y 24.6 mm/año para las precipitaciones medias de El Meauco por medio de freatimetría (Giai, 1989). La congruencia de estos valores es significativa, por cuanto se llega a ellos por distintas vías y en forma independiente. Más aún si se considera que las precipitaciones medias disminuyen entre Luan Toro y El Meauco (figura 3).

En este último paraje, los años 1983, 84 y 85 ocurrieron lluvias dispares, de manera que para esos años se pudo realizar una regresión recarga-precipitación, dado que las condiciones ambientales, a excepción de las lluvias, fueron las mismas. Los valores de recarga para la regresión, se calcularon a partir de freatímetros adoptando una porosidad eficaz del 10 %, y se listan en la Tabla 2.

Hacia el oeste de El Meauco, no existen cálculos de recarga, sino estimaciones. La naturaleza arenosa de la cubierta, se mantiene de manera continua hasta unos 40 km en esa dirección, hasta el río Salado-Chadileuvú, y desde allí hacia el Oeste aparecen dunas en forma saltuaria (Malan, 1986)

TABLA 2. Precipitaciones y recarga en El Meauco. Período 1983 / 85.

AÑO	RECARGA CALCULADA FREATIMETRO N° (mm/año)					P (mm)	R (mm/a)
	1	2	3	4	5		
1983	17	23	34	23	26	470	24.6
1984	39	78	49	54	69	800	57.8
1985	75	73	71	69	62	900	70.0
R = P - 325,8 / 7,8 R = 0.9							

Para estimar la recarga que se produce entre El Meauco y Santa Isabel, deben tenerse en cuenta antecedentes de zonas similares y algunos hechos sintomáticos. Para un área semejante en New México, de superficie arenosa y precipitaciones de 385 mm/año, Bouwer (1986) menciona valores de recarga de 0,75 mm/año. En lo que respecta a hechos significativos, la cartografía de la superficie freática entre El Meauco y el río Salado-Chadileuvú, muestra sectores de máximos piezométricos con aguas de buena calidad (Giai, 1985) aislados, lo que demuestra que hacia el oeste la recarga se produce sobre áreas restringidas, en las que los factores que la determinan tienen valores óptimos. Esta áreas disminuyen, tanto en tamaño como en frecuencia, hacia el Oeste.

Por otra parte la relación recarga-precipitación deducida más arriba para El Meauco, indicaría que a partir de los 325 mm de precipitación anual no se produce recarga sistemática. No obstante, esta función debe tener la forma de "S" alargada (Williamson y Lawrence, 1980), de manera que el valor de precipitaciones umbral para la recarga sistemática en este tipo de ambiente, debería ser algo mayor que 325 mm.

En el desarrollo de la transecta hacia el Este de Catrillo, la recarga potencial fué estimada a partir de balances hídricos seriados tipo Thornthwaite, en algunos casos controlada por variaciones freáticas (Saravia et al., 1987).

La recarga de 73 mm/año para Trenque Lauquen aparece menos regular para seguir la tendencia evidenciada desde Santa Rosa, ya que debería ser del orden de los 90/100 mm/año para ambientes de médanos. Por el contrario son congruentes los valores de Pehuajó (82 mm/año) y en parte los de Bolívar (120 mm/año).

El sector entre Bolívar y 25 de Mayo, constituiría una franja de transición entre las características del proceso en ambiente de médanos y el oriental entre 25 de Mayo y La Plata. Entre estas localidades los montos estimados de recarga directa potencial, se alinean sobre una recta que responde a la ecuación :

$$R = (P - 772) / 1,13 \quad \text{con } R = 0,99$$

que representaría el tramo medio y recto de la curva característica de formación para ese ambiente.

CONCLUSIONES

1.- A partir del meridiano de Santa Rosa (P = 584 mm; I.A. = 1,39) hacia el Oeste, se tornan características dominantes para la recarga directa potencial la naturaleza de la superficie del terreno y la cobertura vegetal.

2.- Con precipitaciones medias anuales inferiores a los 325 mm/año, la recarga directa es eventual, limitada a eventos esporádicos y en zonas restringidas donde las condiciones son óptimas.

3 - En áreas con superficie de material arenoso y cobertura de pastizal, la recarga directa de origen meteorico respondería a la ecuación $R = (P - 325) / 7.8$ para índices de aridez mayores a 1.42. Es la situación entre Luan Toro y Santa Isabel

4 - En condiciones de aridez, semiaridez y semihumedad (I de $A > 1$ todo el año, > 1 la mayor parte del año y < 1 la mayor parte del año, respectivamente), la curva de variación de la recarga acompaña aproximadamente a la de las precipitaciones. Esta situación se da entre Santa Isabel y Trenque Lauquen, y la recarga parece tener un valor máximo de entre 80 y 100 mm/año

5 - Sobre áreas de material limoso-loésico con cobertura vegetal de cultivos, la recarga responde a la ecuación $R = (P - 772) / 1.13$.

6 - En condiciones de humedad (I de $A < 1$ todo el año), la recarga directa potencial aumenta a medida que el índice disminuye, a una tasa mayor que el aumento de las precipitaciones. Esta es la situación entre 25 de Mayo y La Plata.

BIBLIOGRAFIA

Aimar, S., 1990. Estudio hidrogeológico de la hoja IGM 3766-23 Valle Daza. Informe beca iniciación CONICET. Inédito.

Auge, M. P. y N. Gonzales, 1992. Escurrimiento subterráneo en la laguna de Lobos. Pcia. de Buenos Aires. Actas de las Illas. Jorn. Geol. Bonaerenses, pp. 183-188. La Plata

Bojanich, E., 1980. Estudio de investigación geológica-geomorfológica-hidrología de la cuenca del río Atuel. Tomo III, 88 p. Administración Provincial del Agua La Pampa. Santa Rosa

Bouwer, H., 1989. Estimating and enhancing groundwater recharge. En Sharma, M.L., editor. Groundwater Recharge, p 1-10. Balkema, Rotterdam.

Branson, F.A., G.F. Gifford y J.R. Owen, 1972. Rangeland hidrology. Range Science Series 1, 84 p. Society for Range Management, Denver, Colorado.

Cano, E., 1980 (editor). Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-Gobierno de La Pampa-Univ. Nacional de La Pampa. 493 p. Buenos Aires.

Giai, S.B., 1985. Hidrogeología de la región central de La Pampa. XII Congreso Nacional del Agua Mendoza.

----- 1989. Avances en el conocimiento de la recarga de acuíferos en La Pampa. Univ. de La Pampa. Inédito.

----- 1991. Dedución de la recarga de acuíferos a partir del perfil de humedad del suelo. Univ. de La Pampa. Inédito.

Giai, S.B. y E. Mariño, 1993. Comportamiento de la humedad en un suelo de médano. Actas Vas. Jor. Pampeanas de Ciencias Naturales, II: 32-37. Santa Rosa.

Gobierno de La Pampa, 1982. Estadística pluviométrica. Dirección de Estadística y Censos, ... p. Santa Rosa

Kovacs, G., 1983. General principles of flat-land hidrology. Hidrología de las grandes llanuras. Actas del Coloquio de Olavarría, UNESCO-CONAPHI 1:297-355. Buenos Aires

Lirares, E., E.J. Llambias y C.O. Latorre, 1980. Geología de la provincia de La Pampa. República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. Rev. Asociación Geológica Argentina XXXV.1, p 87-146. Buenos Aires.

Losada, D., H. Orquin, E. Delgado, E. Cabutti y J. Bertón, 1983. Intercepción de las precipitaciones y su distribución en una comunidad de bosque de caldén (*Prosopis caldenia* Burk). Revista IDIA, suplemento 36:115-119. Buenos Aires

Lloyd, J.W., 1980. A review of various problems in the estimation of groundwater recharge. Proc. of the Groundwater Recharge Conference. Australian Water Research Council. Conference series 3, p 1-25

Camberra.

Malan, J.M., 1986. Aspectos geohidrológicos de Santa Isabel y alrededores en relación a las posibilidades de aprovechamiento de agua para bebida humana. Actas IIas. Jornadas Geológicas de La Pampa. Univ. Nac. de La Pampa, suplementos 2, p 49-54. Santa Rosa.

Malan, J.M., E. Mariño y G. Casagrande, 1993. Aplicación de distintos métodos para la estimación de la infiltración eficaz en áreas medanosas. Actas Vas. Jor. Pampeanas de Ciencias Naturales, II: 46-51. Santa Rosa.

Miglianelli, C., 1986. Relaciones de los niveles piezométricos con la presencia de la vegetación de Prosopis caldenia. IIIas. Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, actas, p 163-168. Santa Rosa.

----- 1990. Informe sobre el replanteo de fuentes de abastecimiento a la localidad de Catrillo, provincia de La Pampa. 17 p. Administración Provincial del Agua de La Pampa. Inédito.

Ruiz, E., 1982. Estudio de fuentes para abastecimiento de agua potable a Luan Toro. 20 p. Administración Provincial del Agua. Inédito.

Rushton, K.R., 1988. Numerical and conceptual models for recharge estimation in arid and semi-arid zones. En I. Simmers (ed.) Estimation of natural groundwater recharge, p 223-238. D. Reidel Publ. Co. Dordrecht.

Sala, J. M., N. Gonzales y E. Kruse, 1983. Generalización hidrológica de la provincia de Buenos Aires. Hidrología de las grandes llanuras. Actas del Coloquio de Olavarría. UNESCO-CONAPHI II: 973-1009. Buenos Aires.

Saravia, J., R. Benavidez, O. Canziani, V. Ferreiro y M. A. Hernandez, 1987. Lineamientos generales y regionales para un Plan Maestro de Ordenamiento Hídrico del territorio Bonaerense. Cov. MOSP-PBA y MOSP-Nación, 313 pp. La Plata.

Simmers, I., 1990. Aridity, groundwater recharge and water resources management. En Lerner, D.N., A.S. Issar y I. Simmers (ed.) Groundwater recharge. International Contribution to Hydrogeology, Vol. 8, p 1-20, Heise. Hannover.

Williamson, R.J., y C.R. Lawrence, 1980. Review of methods for estimating recharge. Proc. Groundwater Recharge Conference, Australian Water Research Council, Conference series 3, p 26-35. Camberra.

3

7

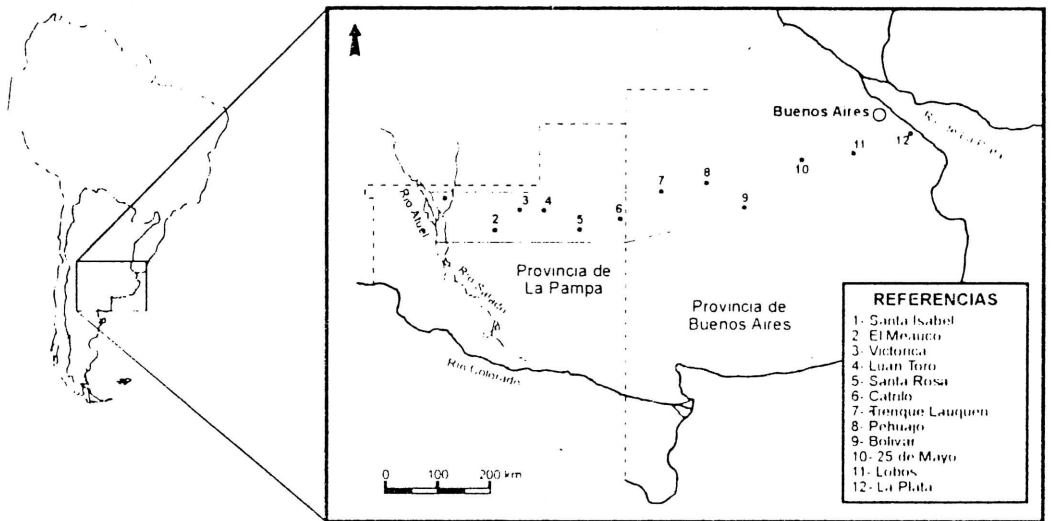
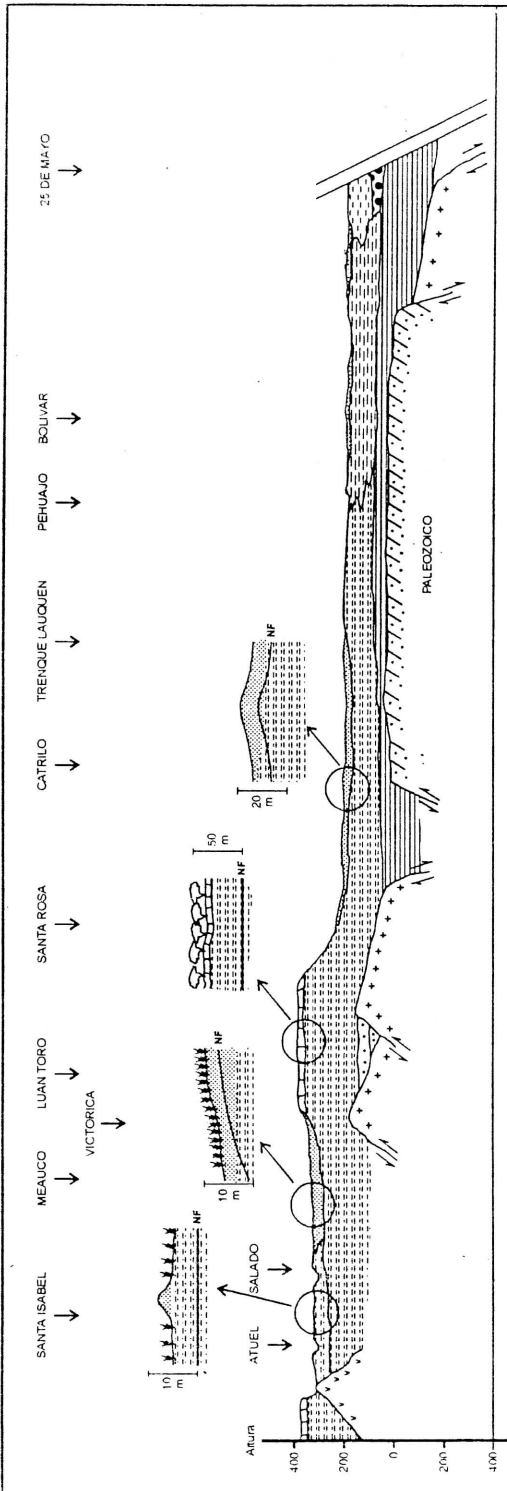


FIGURA 1.- Ubicación del área de trabajo



REFERENCIAS

- Fm. Santa Isabel
- Fm. Meauro y Holoceno eolico de la prov. de Buenos Aires
- Formaciones Ensenada y Buenos Aires
- Fm. Pueiche
- 'Terciario Araucano'
- Fm. C° Azuli
- Fm. Parana 'Mioceno Verde'
- Volcanitas
- Sedimentitas paleozoicas
- Granitos y metamorfitas

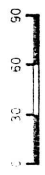
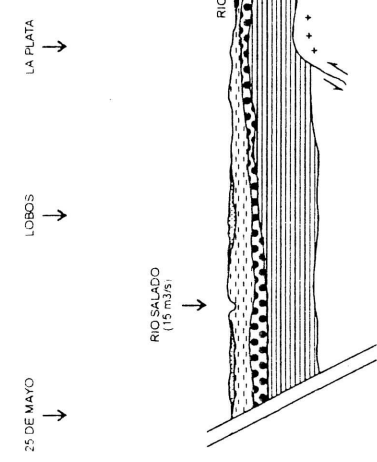


FIGURA 2.- Perfil geológico

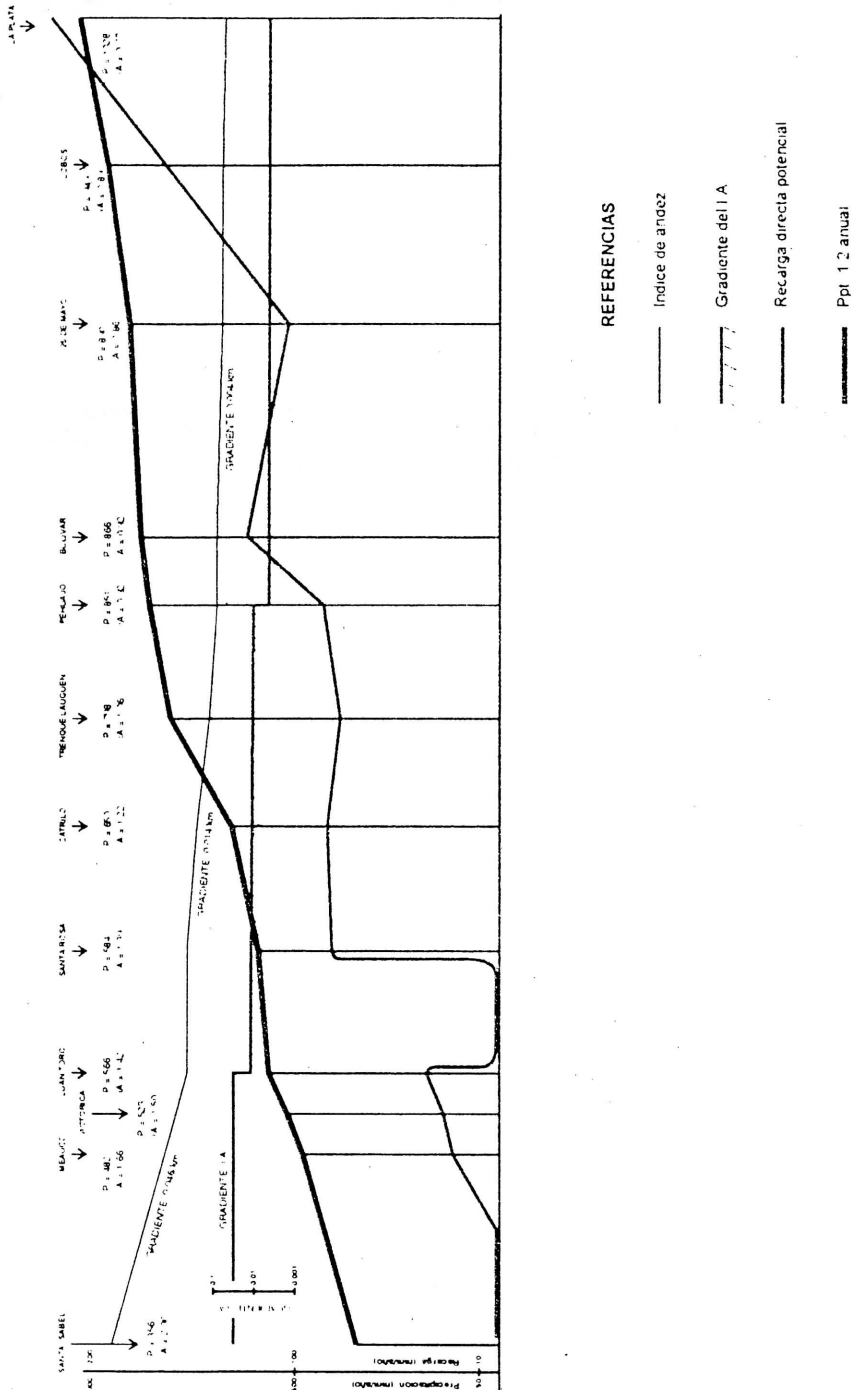


FIGURA 3.- Índice de aridez, gradiente, precipitación media anual y recarga directa potencial