

Los estudios de prospección geoelectrica por corriente continua en la llanura argentina

Resumen

Introducción

Objetivo

Ubicación geográfica

Caracterización geológica

Metodología

Resultados

Conclusión

Agradecimiento

Referencias bibliográficas

Los estudios de prospección geoelectrica por corriente continua en la llanura argentina

Sosa, D. ⁽¹⁾, Palazzo, R. ⁽²⁾

RESUMEN

El INA promovió, desde 1989, la técnica de la prospección eléctrica por corriente continua, por los nítidos contrastes eléctricos que se presentan en esta región. La aplicó en la resolución de más de 40 estudios hidrogeológicos realizados dentro de la provincia para provisión de agua potable a pequeñas localidades rurales. De tal forma que la provincia ha adoptado en sus pliegos para la ejecución de estudios de fuente subterránea las investigaciones geoelectricas. La utilización conjunta de fotografías aéreas e imágenes satelitales permiten potenciar los planteos de los estudios a poca profundidad.

El esquema geológico regional, se sintetiza en una potente cubeta sedimentaria, cuya parte somera la constituye la Formación Pampa compuesta por limos arcillosos transportados por el viento. Infrayacente a ésta, se observan sedimentos arenosos provenientes de la sedimentación fluvial. A mayor profundidad y constituyendo el piso de los acuíferos explotados, yacen sedimentos provenientes de la transgresión marina del terciario.

En este ambiente hidrogeológico complejo, se presentan acuíferos libres, confinados y semiconfinados con muchas variaciones tanto en sentido horizontal como vertical. La escasa pendiente regional favorece las extremas diferencias de calidad química como consecuencia de los pequeños movimientos horizontales e importantes movimientos verticales. Son frecuentes diminutas depresiones con agua de baja salinidad y otras salinas a distancias de pocas decenas de metros. Además forman parte de algunas regiones paleocauces portadores de agua poco mineralizadas. Las separaciones de electrodos de los SEV van desde 36 m a 640 m. La interpretación se realiza por resolución del problema directo mediante técnicas de convolución.

Se efectúan las recomendaciones metodológicas para lograr una efectiva utilización de la técnica en estas regiones, y los ejemplos de los distintos esquemas deducidos a través de la geoelectrica, mostrando perfiles y curvas.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se exponen experiencias y resultados obtenidos en estudios de prospección eléctrica de superficie realizados en la Provincia de Santa Fe que se ubica en la región central de la gran llanura Argentina.

Por las condiciones propias de la región, en los estudios de fuentes de agua subterránea, los inventarios de puntos de agua resultan con información limitada y poco fiable como para considerarlos resolutivos dentro de los estudios hidrogeológicos. La implementación de las técnicas de prospección geoelectrica en los estudios mencionados se encontraba desprestigiada por la falta de una aplicación metodológica adecuada.

La necesidad de obtener datos que permitan una conceptualización adecuada llevó a revisar la metodología utilizada lo que permitió replantearla de forma tal que la interpretación de los datos de la prospección geoelectrica se integró con conocimientos geológicos aportando, de esta manera, resultados muy úti-

les.

OBJETIVO

El objetivo perseguido es demostrar los resultados, utilidad y eficiencia de la prospección geoelectrica a través de los sondeos eléctricos verticales como herramienta fundamental a aplicar en estas zonas de llanura, todo complementado con conocimientos geológicos de la región.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La llanura Chaco-Pampeana es una de las grandes planicies del mundo. Tiene más de medio millón de kilómetros cuadrados y se prolonga hacia el norte en Paraguay y Bolivia, hacia el Sur, en Argentina, hasta el Río Negro y desde la línea de costa de la Provincia de Buenos Aires y del río Uruguay hasta los cordones orográficos orientales pertenecientes a las Sierras Subandinas, Pampeanas y Pintada. Fijándose arbitrariamente su límite con la última (río Salado de la Prov. de Buenos Aires), tomada de RUSSO et al (1979). La Provincia de Santa Fe se encuentra emplazada en la zona central de esta gran llanura y es donde se ha aplicado esta técnica (Figura N° 1).

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

⁽¹⁾ Instituto Nacional del Agua y del Ambiente. Patricio Cullen 6161 (3000) Santa Fe ARGENTINA.

⁽²⁾ Servicio Provincial de Agua Rural. Almirante Brown 4751 (3000) Santa Fe ARGENTINA.

Su rasgo más característico es la ausencia casi total de relieve. Coincide con una parte poco móvil de la corteza de tendencia negativa, donde en el pasado geológico se acumularon potentes series sedimentarias de origen marino y continental. Sobre ellas se depositaron, con espesores variables, sedimentos provenientes de la destrucción de las elevaciones montañosas situadas en el oeste, llevados a estos lugares por la acción de los ríos y de los vientos. Este espesor sedimentario no es uniforme en toda el área sino, por el contrario, presenta numerosas variaciones que reflejan la existencia en el subsuelo de grandes depresiones u hondonadas separadas entre sí por altos o dorsales.

La llanura argentina denominada Chaco-Pampeana está formada en su mayor parte por sedimentos cuaternarios continentales de decenas de metros de espesor, depositados sobre formaciones terciarias continentales y marinas; sus rasgos más importantes

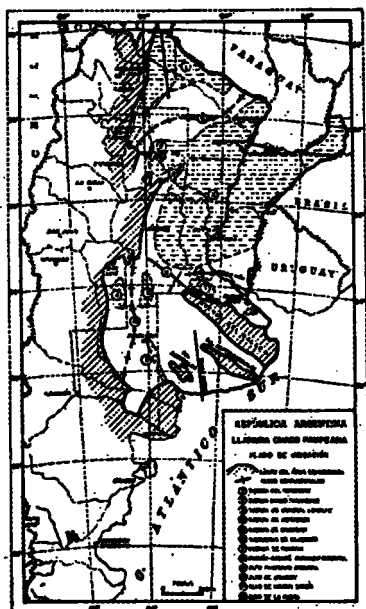


Fig N° 1- Ubicación geográfica – República Argentina

son de origen estructural.

Desde el punto de vista hidrogeológico resultan de interés aquellas formaciones que son portadoras de aguas de buena calidad y caudales económicamente explotables para satisfacer las necesidades de la demanda. En este sentido se destacan las formaciones conocidas, referidas de la más antigua a la más moderna :

Formación Paraná: Constituida por pelitas y psamitas de tonalidades verdes y azules de origen marino. Contiene agua muy mineralizada. Esta formación se utiliza como horizonte guía en los estudios de aguas subterráneas.

Formación Ituzaingó (también denominada

Formación Arenas Puelches): Está constituida por arenas cuarzosas finas y gruesas de color amarillento y blanquecino. Hacia la base aumenta su granulometría hasta el de una gravilla, mientras que por la parte superior o techo se encuentran arenas finas de color ocre y limos arenosos que en algunas oportunidades se presentan intercalados con limos arcillosos de color verde. Esta formación conforma una entidad netamente acuífera que permite extraer caudales importantes. En cuanto a su calidad, es variable dentro de la llanura.

Formación Pampa: Integrada por sedimentos de origen eólico y granulometría fina que los ubica dentro de la categoría de limos y arcillas de color castaño con tonalidades amarillentas y rojizas, en algunas zonas y a distintas profundidades suele presentar nódulos de carbonato. Sus características litológicas condicionan los caudales que puede ofrecer, generalmente bajos para su explotación. La calidad de las aguas que contiene es variable, dependiendo de la profundidad y del lugar.

Formación Pos-Pampeana: Constituye la capa sedimentaria de superficie, formada por sedimentos muy finos de origen eólico, limos y arcillas.

La recarga natural de estas formaciones proviene de la infiltración de las precipitaciones. La precipitación media anual es del orden de 900 mm y la infiltración media anual 40 mm.

METODOLOGÍA

La base fundamental de los criterios adoptados para realizar la prospección eléctrica de superficie en la llanura son:

- La observación y análisis del lugar a estudiar a través del empleo de imágenes de satélite, fotografías aéreas y la planialtimetría, en ese orden.
- El conocimiento de la evolución geológica.
- Distribución de sondeos eléctricos en función de los elementos geomorfológicos.
- Uso del dispositivo tetraelectródico de Schlumberger y de calicatas eléctricas (estas últimas de gran utilidad en la zona de dominio fluvial de derrames y cauces antiguos).
- Los sondeos se realizan hasta separaciones de electrodos que aseguren la penetración de la corriente a la profundidad necesaria, utilizando como horizonte guía la unidad con aguas muy mineralizadas.

La ilustración en los informes técnicos mediante gráficos adecuados permite una visualización de la información elaborada (perfiles longitudinales y transversales a los elementos geomorfológicos, confección de mapas de espesores y resistividades de las formaciones). En algunas zonas (Formación Pampa) son muy útiles los mapas de la sumatoria de las resistencias transversales unitarias de los espesores suprayacentes al espesor utilizado como guía. Toda esta información se corrobora con la ejecución de sondeos mecá-

nicos de exploración.

Con el conocimiento de las características hidráulicas de los sedimentos y con los espesores y superficies inferidos mediante la prospección eléctrica es posible estimar los volúmenes de agua dentro de la formación a explotar.

Estos elementos permiten obtener diseños adecuados de la obra de captación y delimitar las áreas favorables para su emplazamiento en un medio heterogéneo como es el de la llanura.

RESULTADOS

Las curvas de los SEV tienen como característica principal un tramo final descendente que se debe en la mayoría de los casos a agua salada contenida en el horizonte guía Formación Paraná o las Arenas Puelches que, en algunas zonas, se encuentran con

aguas muy mineralizadas.

Las Figuras N° 2 y 3 muestran curvas de SEV representativas de la Fm. Pampa, cuyo tramo final, conductor, corresponde al techo de las Arenas Puelches salinizadas. (corroborado con sondeo mecánico, corresponde a la zona central de la Provincia de Santa Fe, de dominio eólico).

En la Figura N° 4 se ilustra el perfil geoelectrico con los SEV anteriores en el que se observan variaciones importantes en escasa distancia; en 1000 metros las variaciones de espesor y resistividades son muy importantes ya que las resistividades de 7 Wm, en los sedimentos del pampeano alojan aguas con conductividades eléctricas superiores a 1500 mS/cm.

En el perfil geoelectrico de la Figura N° 5 correspondiente a la zona oeste de dominio eólico, caracterizada desde el punto de vista geomorfológico como área de cañadas paralelas de típico control estructural

Ubicación: ATALIVA - S.E.V. 6

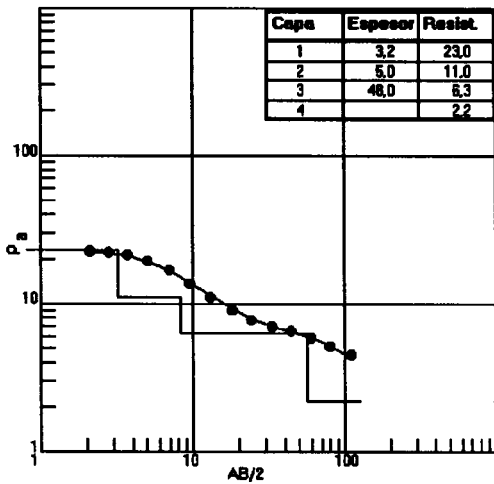


Fig. N° 2 - SEV Fm. Pampa

Ubicación: ATALIVA - S.E.V. 14

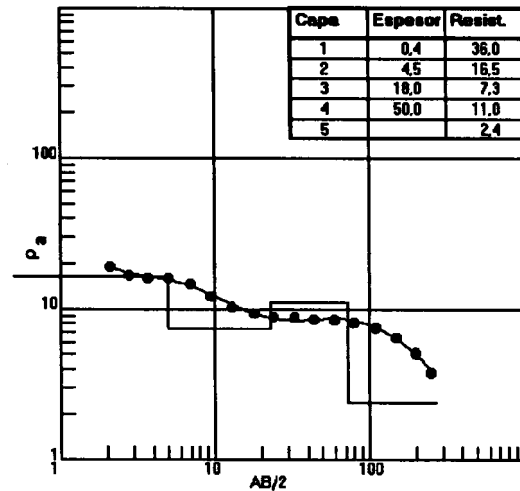


Fig. N° 3 -SEV Fm. Pampa

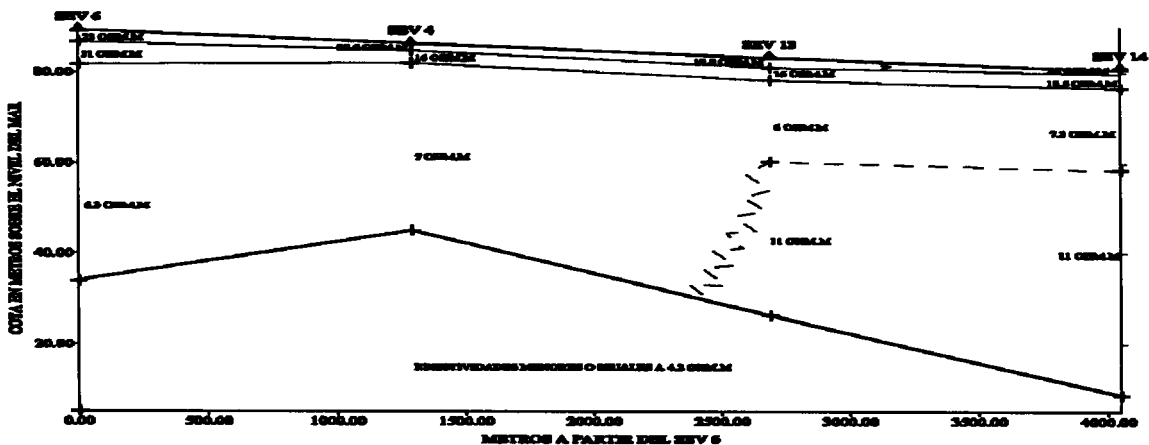


Fig. N° 4- Perfil geoelectrico Fm. Pampa, dominio eólico

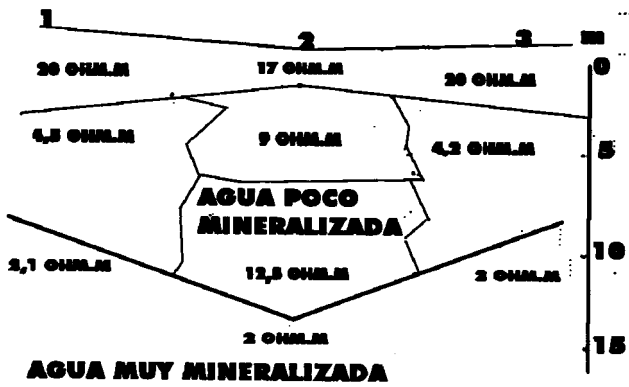


Fig. N° 5. Perfil geoelectrico - Fm Pampa-Cañadas paralelas

(Iriando, 1987), se observan las diferencias en resistividades y espesores de una zona deprimida, influenciada por la recarga directa en el espesor de la Formación Pampa. Aquí la calidad del agua depende de la morfología de la superficie.

El SEV 2 muestra resistividades superiores a 9 ohm.m que indica la presencia de agua menos mineralizada por la presencia de la recarga.

Para caracterizar las Arenas Puelches se muestra la Figura N° 6, que pertenece al sector de dominio fluvial, depósitos del Río Paraná, que almacena agua con baja mineralización, apta en general para el consumo humano, con sólidos totales disueltos inferiores a 700 mg/l, asociado al tramo ascendente de la curva tipo K. El tramo descendente representa a los sedimentos conductores de la Fm Paraná, horizonte guía de los estudios.

Al sur en la zona de dominio eólico se manifiesta una región arenosa con paleocauces (Iriando, op cit), compuesta por arena fina a muy fina en superficie con dunas disipadas aún visibles en el terreno. Por lo

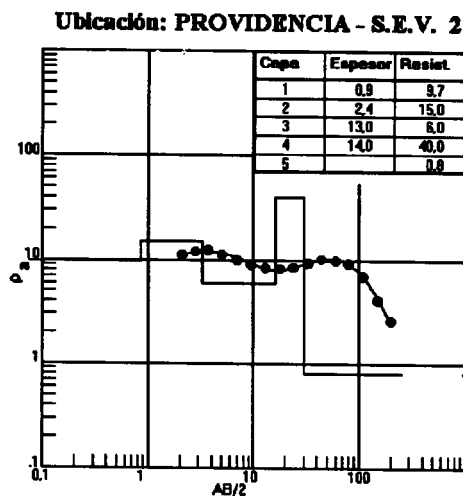


Fig. N° 6- SEV en Arenas Puelches con aguas poco mineralizadas

general, el espesor explotable tiene agua de baja mineralización pero la presencia de tóxicos (arsénico y flúor) limitan su utilización. Los sólidos totales disueltos no superan los 600 mg/l. (Figura N° 7).

En la zona suroeste de la provincia se observan curvas correspondientes a la Fm. Pampa en el dominio eólico pero con sedimentos limosos (Figura N° 8).

En el norte, zona de derrames fluviales, se observan paleocauces de trazado irregular y divagantes, difíciles de ubicar en el terreno, totalmente colmatados por sedimentos de origen eólico, limos y limos arcillosos. Debajo de estos se encuentran niveles de arena fina a media, con abundante mica. En este paquete permeable se aloja agua de calidad aceptable para consumo humano y ganadero. La anchura aproximada de estos cauces antiguos depende de la zona; en general, van desde decenas hasta cientos de metros. Su característica principal es que se encuentran delimitados por sedimentos muy finos de escasa permeabilidad que contienen aguas de hasta 30.000 mg/l (Figura N° 9).

A continuación se presenta un perfil y dos SEV (Figuras N° 10 y N° 11) que caracterizan el contraste entre el paleocauce y su matriz.

CONCLUSION

En la llanura argentina, la prospección eléctrica de superficie, planificada con el apoyo de la geología, es una herramienta imprescindible en los estudios hidrogeológicos, permitiendo caracterizar grandes extensiones en poco tiempo y con costos razonables.

El elevado contraste resistivo entre las formaciones involucradas permite definir claramente los límites de las unidades, estimar el grado de mineralización del agua de formación y los espesores aprovechables.

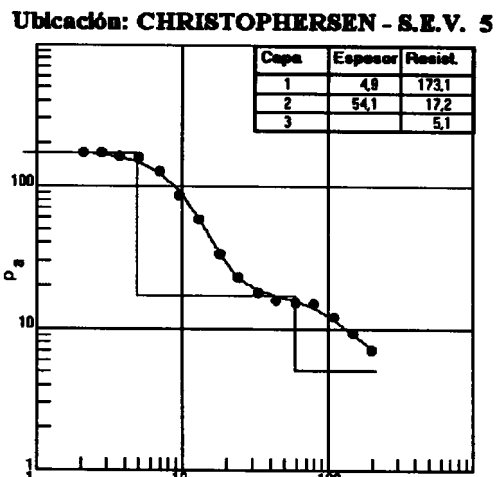


Fig. N° 7 - Dominio eólico-dunas

Ubicación: LOS NOGALES - S.E.V. 8

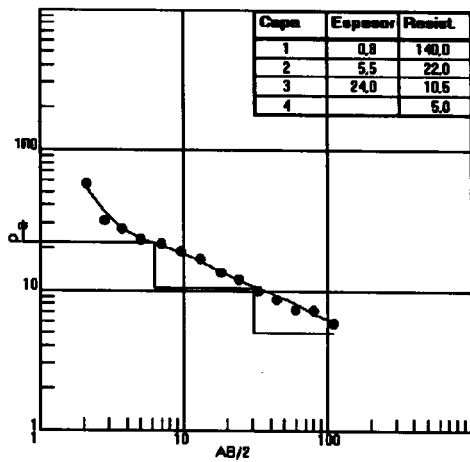


Fig. N° 8-Dominio eólico-limos

La aplicación de la técnica con una adecuada metodología, equipamiento y procesado ha llevado a que se transformara en una norma de aplicación para los

estudios hidrogeológicos con fines de agua potable y, en los últimos años, con el crecimiento importante del riego complementario, en una herramienta esencial en la investigación de los recursos hídricos con destino agropecuario.

A continuación se resume una tabla con resistividades indicativas

- limos arcillosos saturados con aguas muy mineralizadas < 4 ohm.m
- limos arcillosos saturados con aguas mineralizadas 4 a 7 ohm.m
- limos arcillosos saturados con aguas poco mineralizadas > 7 ohm.m
- arenas medianas a finas saturadas con aguas muy mineralizadas < 15 ohm.m
- arenas medianas a finas saturadas con aguas mineralizadas 15 a 30 ohm.m

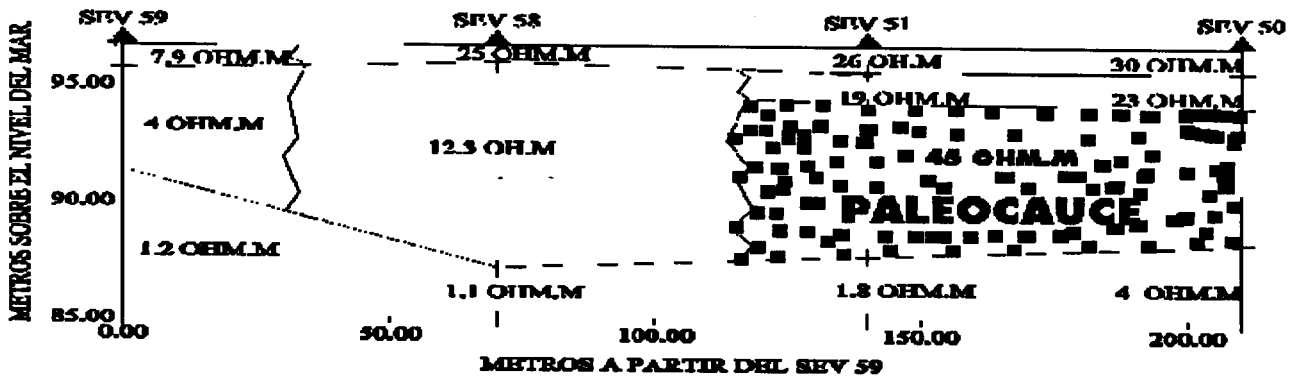


Fig. N° 9- Perfil geoelectrico de un paleocauce

Ubicación: CHARATA - S.E.V. 59

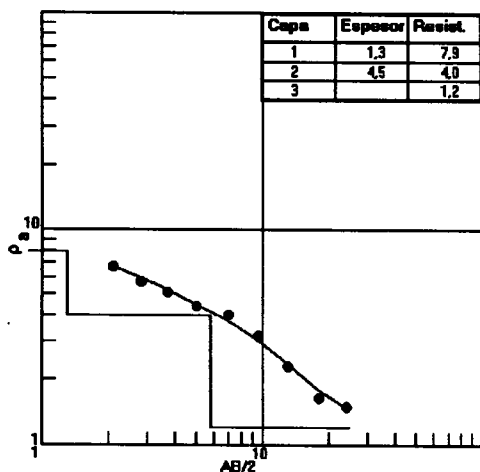


Fig. N° 10- SEV Fuera del Paleocauce.

Ubicación: CHARATA - S.E.V. 51

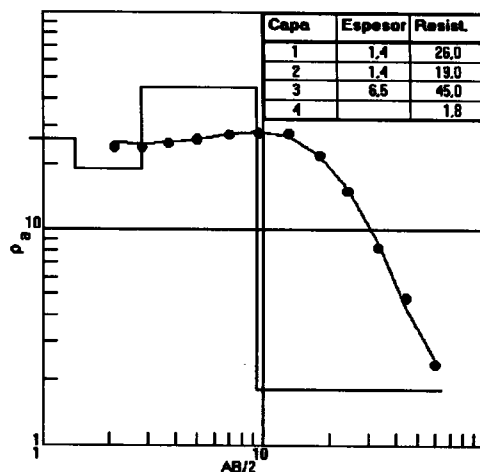


Fig. N° 11- SEV dentro del Paleocauce.

- arenas medianas a finas saturadas con aguas poco mineralizadas > 30 ohm.m

AGRADECIMIENTO

A las oportunas sugerencias de Ing. Eduardo Díaz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

RUSSO, A.; FERELLO, R., CHEBLI G. (1979) Llanura Chaco Pampeana - Geología Regional Argentina – Vol I (pág 139 -

183).

BOJANICH, M. E. Y RISIGA, A. (1981) Aguas subterráneas de la provincia de Santa Fe- Estudios geográficos de la provincia de Santa Fe. Sociedad argentina de estudios geográficos SAEA. Serie especial N° 9. 71-101. Buenos Aires.

IRIONDO, M. (1987) Geología y Cuaternario de la Provincia de Santa Fe.(Argentina). PRINGEPA.

SOSA,D.; VENENCIO, M. linformes inéditos del INA para pro-

visión de agua a pequeñas localidades rurales.