

GOBIERNO DE LA REPUBLICA DEL PARAGUAY
*Comisión Nacional de Desarrollo Regional
Integrado del Chaco*

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
*Programa de las Naciones Unidas para
el Desarrollo*

*Departamento de Cooperación Técnica
para el Desarrollo*

MEMORIA
DEL
MAPA HIDROGEOLOGICO
DE LA REPUBLICA DEL PARAGUAY

Escala 1: 1 000 000

1986

PRESIDENTE DE LA REPUBLICA DEL PARAGUAY

Gral. de Ejército Don ALFREDO STROESSNER

MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL

Ministro de Defensa Nacional:

Gral. Div. GERMAN MARTINEZ

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO

Representante Residente:

Dr. JERRY C.L. CHANG

COMISION NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL INTEGRADO DEL CHACO

Director Nacional del Proyecto:

Cap. Nav. DIN CONRADO CACERES ESPINDZA

DEPARTAMENTO DE COOPERACION TECNICA PARA EL DESARROLLO DE LAS

NACIONES UNIDAS

Director Internacional del Proyecto:

Dr. Geol. JUAN H. PALMIERI A.

Equipo Ejecutor:

- Dr. Albert Mente, Consultor Internacional
- Lic. Eliseo Silva R., Consultor Nacional
- Lic. Eugenio Godoy V., Contraparte del Gobierno
- Lic. María Angélica Moreno, Asistente
- Lic. Santiago Jara G., Asistente
- Lic. Margarita Yegros, Asistente
- Lic. Benjamín Pistilli, Asistente
(desde Marzo/85 hasta Agosto/85)
- Dr. Alexander Oosterbaan, Experto Asociado
(desde Junio/85 hasta Agosto/86)

INDICE DE LA MEMORIA DEL MAPA HIDROGEOLOGICO

	pag.
PROLOGO	1
ANTECEDENTES DEL PROYECTO Y AGRADECIMIENTOS	2
1. TRABAJOS PREVIOS	5
2. CARACTERISTICAS GENERALES DEL PARAGUAY	9
2.1 Geología y Geomorfología	9
2.2 Suelos y Vegetación	11
2.3 Clima	16
2.4 Aguas Superficiales	21
2.5 Aguas Subterráneas	27
3. EL AGUA Y SUS USUARIOS	34
3.1 Población y su Distribución	34
3.2 Entidades Nacionales del Sector Agua	34
3.3 Usos y Demandas del Agua	37
4. EL MAPA HIDROGEOLOGICO	39
4.1 Cronología y Metodología de Trabajos Realizados	39
4.2 Leyenda y Nomenclatura Utilizada	41
4.3 Sumario de Formaciones Acuíferas	43
4.4 El Potencial Explotable de los Acuíferos	52
5. SUMARIO Y CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFIA	71
ANEXO 1 Glosario de Términos Hidrogeológicos	74
ANEXO 2 Directorio del Agua	79
ANEXO 3 Inventario de Pozos	80

LISTA DE TABLAS

	pag.
2.1 Resumen de Estaciones Meteorológicas	18
2.2 Resumen de Estaciones Hidrométricas	22
2.3 Balance Hídrico para dos Zonas Típicas (según Thornthwaite)	24
2.4 Secuencia Estratigráfica Condensada y Acuíferos del Paraguay	28
2.5 Estimación de la Cantidad de Recarga de los Principales Acuíferos ..	31
3.1 Resumen de la Distribución de Población y Sumario de Demandas Diarias	35
4.1 Características Hidrogeológicas de las Formaciones Acuíferas	44
4.2 Características Hidroquímicas de las Formaciones Acuíferas	45

LISTA DE FIGURAS

		pag.
1	Mapa Geográfico Administrativo con su Respectiva Distribución de Población	3
2.1	Mapa Geológico	10
2.2	Mapa de Topografía y Principales Unidades de Relieve	12
2.3	Mapa de Suelos	14
2.4	Mapa de Vegetación	15
2.5	Mapa de Ubicación de las Estaciones Hidrometeorológicas principales	17
2.6	Mapa de Distribución Pluviométrica e Isoyetas	19
2.7	Mapa de Evapotranspiración Potencial y Temperaturas	20
2.8	Balance Hídrico del Suelo para dos Zonas Típicas	25
2.9	Mapa Hidrográfico y de Ubicación de Obras Hidráulicas	26
2.10	Mapa de Distribución Hidroquímica en las distintas Zonas Acuíferas	32
4.1	Perfil Tipo del Acuífero Chaco Oeste - 1	53
4.2	Perfil Tipo del Acuífero Chaco Oeste - 2	54
4.3	Perfil Tipo del Acuífero Chaco Oeste - 3	55
4.4a	Perfil Tipo del Acuífero Misiones	56
4.4b	Perfil Tipo del Acuífero Misiones (Intertrapp)	57
4.5	Perfil Tipo del Acuífero Patiño	58
4.6	Perfil Tipo del Acuífero Caacupé	59
4.7	Perfil Tipo del Acuífero Itacurubí-Caacupé	60
4.8	Perfil Tipo del Acuífero Paleocauce	61
4.9	Perfil Tipo del Acuífero Centro Sur - 1	62
4.10	Perfil Tipo del Acuífero Centro Sur - 2	63
4.11	Perfil Tipo del Acuífero Basalto	64
4.12	Perfil Tipo del Acuífero Independencia	65
4.13	Perfil Tipo del Acuífero Cnel. Oviedo	66
4.14	Perfil Tipo del Acuífero Basamento Cristalino	67
4.15	Mapa Indicativo de Zonas de Potencial Explotable	68

PROLOGO

El presente Mapa Hidrogeológico del Paraguay y su Memoria Explicativa constituyen la síntesis realizada con base en los principales resultados analíticos obtenidos de los trabajos de inventario y evaluación de los recursos hídricos - particularmente de los de índole subterráneo - que, a nivel regional y nacional, ha efectuado el Proyecto PAR/83/005.

El Mapa busca presentar la disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos en el país, proporcionando conocimiento de las variaciones subterráneas en el país, suministrando conocimiento de las variaciones de su potencial con relación a las distintas zonas fisiográficas existentes en el territorio nacional.

El objetivo fundamental es el de proveer una herramienta cartográfica a todos los que son responsables de la planificación del uso, de la conservación o de las investigaciones de los recursos hídricos del país. Así por ejemplo, en la planificación del uso, se espera que de la confrontación del mapa con la demanda y/o el uso actual del agua en el país pueda resultar alternativas para solucionar el abastecimiento del sector rural o urbano, tomando en cuenta también que el aumento de explotación de los diversos acuíferos ofrecen una alternativa importante para el suministro de agua en sitios donde el agua superficial no es obtenida fácilmente.

Al mismo tiempo, se tiene la esperanza que el mapa alcance otro objetivo importante cual es despertar el interés nacional hacia la profundización en el conocimiento de este recurso, así como su juiciosa explotación y conservación.

.....

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

En la República del Paraguay, país sudamericano de 406.752 km² de extensión, localizado entre las latitudes 19° 18' y 27° 30' y longitudes 54° 19' y 68° 38'W, subdividido administrativamente en 19 departamentos (Fig. 1), se ha sentido la necesidad de elaborar un documento cartográfico en el cual se sinteticen los conocimientos de los recursos hídricos del subsuelo basados en las informaciones suministradas por los pozos de agua y la ejecución de estudios e investigaciones de las aguas subterráneas.

En vista a dicha necesidad, y con la participación del Paraguay a partir de 1972, en la elaboración del "Mapa Hidrogeológico de América del Sur" a escala 1:2.500.000, patrocinado por el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), se evidenció aún más, la necesidad de elaborar el Mapa Hidrogeológico del Paraguay.

Con la firma del Documento de Proyecto denominado PAR 83/005 en julio de 1984, se da inicio a la confección de los mapas Geológico (Escala 1:500.000), Hidrogeológico (Escala 1:1.000.000) y Metalógeno (Escala 1:1.000.000) del Paraguay. Se debe señalar que los trabajos con relación al Mapa Hidrogeológico adquirió substancial impulso en el inicio de 1985.

El Mapa Hidrogeológico del Paraguay, escala 1:1.000.000, se elaboró de acuerdo a una metodología seleccionada y adecuada para esta clase de mapas temáticos (véase subcapítulo 4.1), y la leyenda para el Mapa Hidrogeológico de la América del Sur (1981), incluyendo algunas adaptaciones de acuerdo con las características hidrogeológicas del país.

Como parte de los trabajos se ha recogido numerosa e importante información, principalmente en los campos de la geología y el conocimiento de las condiciones del agua en el subsuelo.

Se destaca la importante contribución de los organismos oficiales y particulares que suministraron valiosas informaciones y de esta manera aportaron substancialmente a la realización del Mapa Hidrogeológico del Paraguay. Son ellos:

- Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental - SENASA (MSPBS)
- Departamento de Abastecimiento de Agua para el Chaco (MDN)
- Comando de Ingeniería (FFAA)

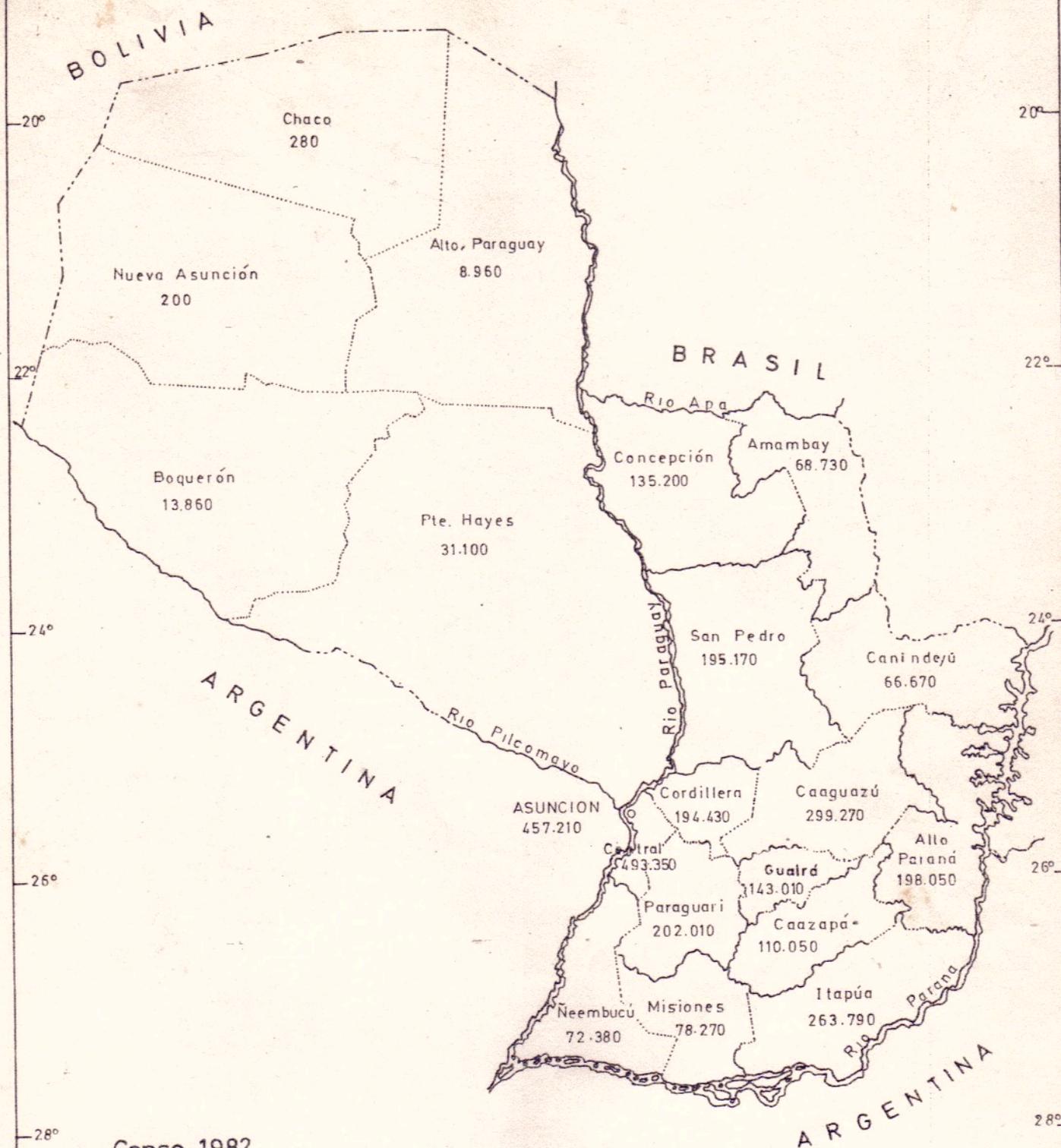
62°

60°

58°

56°

PROYECTO PAR 83/005



28° Censo 1982



MAPA GEOGRAFICO ADMINISTRATIVO
 CON SU RESPECTIVA DISTRIBUCION
 DE POBLACION

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 1

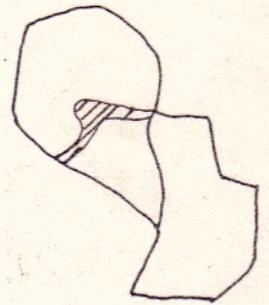
- Dirección de Recursos Minerales (MOPC)
- Gob. Paraguay/OEA - Proyecto Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo.
- Gob. Paraguay/Secretaría Técnica de Planificación
- Dirección de Meteorología (MDN)
- Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP)
- GEOSUELO
- PERFOPAR
- COPAI
- OC ESTRUCTURAS

1 - TRABAJOS PREVIOS

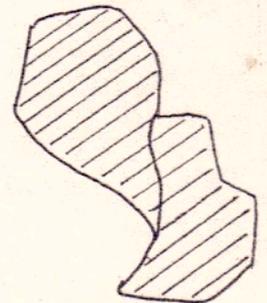
Los estudios de agua subterránea en Paraguay se remontan a 1960, fecha en que se publicó el primer informe (1.1) y lo que se refiere a la Región Occidental (Chaco). En los años siguientes procedieron de esta Región la gran mayoría de los trabajos hidrogeológicos, donde los acuíferos constituyen uno de los más importantes recursos hídricos disponibles. Entre los trabajos previos destacan los realizados por las Naciones Unidas-Gobierno del Paraguay (Dpto. Abastecimiento de Agua para el Chaco-MDN) (1.8) y algunas Compañías petrolíferas (1.4 y 1.5) en la Región Occidental, y los de CORPOSANA (1.11) y SENASA (1.10) en la Región Oriental.

A continuación se presenta, en orden cronológico, los informes de estudios e investigaciones hidrogeológicas efectuados por los distintos organismos. El Mapa al lado de cada informe indica aproximadamente la ubicación del área de investigación o la extensión total abarcada por el estudio.

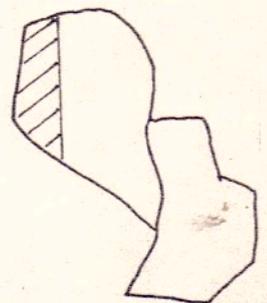
1.1 Resultado de las investigaciones Hidrogeológicas en el Chaco Boreal Central y Meridional de la República del Paraguay, Bender, F. Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, Alemania, 1960. En este informe se consignan los resultados de estudios geoelectricos e hidrogeológicos, con énfasis en la hidroquímica, y una descripción de posibilidades para recarga artificial. Un mapa de hidroquímica y curvas piezométricas del Chaco Central acompaña este informe.



1.2 Estudio Hidrogeológico del Paraguay. Misión Geológica Francesa. Karpoff, R., París, 1966. En 1966, una Misión Geológica Francesa, encabezada por R. Karpoff, inició un estudio sobre las condiciones de calidad y cantidad de las aguas, señalando las regiones más favorables para un desarrollo económico interesante.

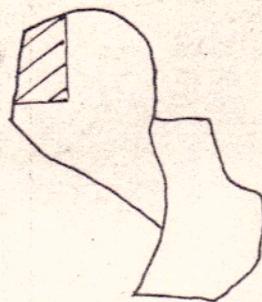


1.3 Contribución a la Hidrogeología de la zona Oeste del Chaco Paraguayo. Vera Morínigo, G. y Palmieri J.H. Public. Serie D. Informes Técnicos N° 16, 1971. Este informe está basado principalmente en el estudio, por fotointerpretación de las cadenas de dunas y paleocauces de la zona, así como de la interpretación de los perfiles eléctricos efectuados por las compañías petrolíferas, y se refiere, no solamente al agua potable, si-



- 1.4 Informe sobre Recursos Acuíferos de la parte Noroeste del Chaco Paraguayo. Penzoil del Paraguay S.A. y Víctor Oil Holdings N.V. (Autor: Butler J.B.) 1971.

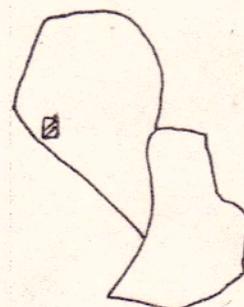
Este informe es una documentación de todos los datos derivados del programa hidrogeológico, llevado a cabo en conjunción con una extensa mensura geofísica. El programa tuvo éxito en el descubrimiento de varios acuíferos desconocidos anteriormente. Se efectuaron 36 perforaciones con profundidades oscilantes entre 100 y 215 m., por un total acumulativo de más de 6.000 m. de penetración.



- 1.5 Investigación sobre Aguas Subterráneas en el Chaco, Dpto. Boquerón, República del Paraguay.

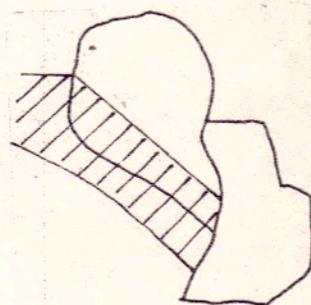
Compendio de los trabajos realizados por el Consorcio Refinería Paraguaya S.A. (REPSA) y Compañía Petrolera del Chaco S.A. (C.P.C.) 1974/75.

En la primera etapa de la concesión petrolera, el Consorcio REPSA-CPC, efectuó estudios concernientes a las aguas subterráneas, dado que hasta el presente, nunca se habían perforado pozos en esta Región.



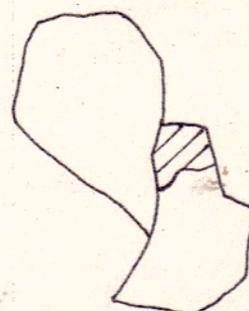
- 1.6 Reconnaissance of Ground Water Conditions and Work Plan Hydrogeological Studies in the Pilcomayo Project Argentina, Bolivia and Paraguay - Pilcomayo Project. Taylor, G.C., 1975.

La evaluación de las condiciones del agua subterránea en la cuenca del Pilcomayo lleva a la conclusión de que en general priman condiciones de ocurrencia más bien pobres. La información existente de los pozos de la parte central y oriental del Chaco, señala que el agua profunda es salobre o salina, inadecuada para uso humano o agrícola. Sin embargo, el agua existente en meandros abandonados y paleocauces, puede ser potable. Es importante, por lo tanto, debido a la escasez de agua potable, intensificar la búsqueda de esos recursos.



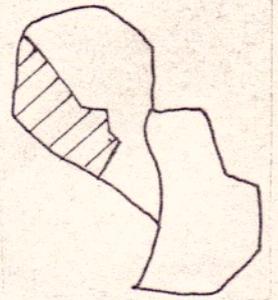
- 1.7 Cuenca del Plata. Estudio para su Planificación y Desarrollo, Proyecto Aquidabán, Región Nor-Oriental, Rca. del Paraguay/OEA. Washington D.C. 1975.

Con auspicio de la OEA se realizó un estudio tendiente a conocer y lógicamente a orientar el desarrollo de los recursos de agua y suelo, de la región Nor-Oriental del país. Los trabajos han sido realizados a nivel de reconocimiento general y a nivel de prefactibilidad



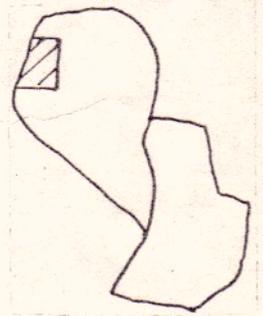
- 1.8 Investigación y Desarrollo de Agua Subterránea en el Chaco. Informe Técnico. Naciones Unidas/Gobierno Nacional. Nueva York, 1978.

Este informe es el resultado de casi 7 años de investigaciones hidrogeológicas en áreas específicas del Chaco, a través de dos proyectos técnicos: el Chaco Nor-Oeste y el Central. Los Proyectos, que involucraron también estudios geoelectrónicos de superficie y perforaciones de pozos, han dado un conocimiento bastante claro sobre la ocurrencia, calidad y cantidad del agua subterránea de las áreas estudiadas. Este conocimiento es suficiente para orientar los planes de desarrollo de las colonias del Chaco Central y área Nor-Oeste, y comenzar a experimentar y montar proyectos pilotos.



- 1.9 Informe provisional de Condición sobre la Identificación de Agua Subterránea. Calhoon Consulting Co., 1979. CNDRICHaco.

En este trabajo se presentan las conclusiones sobre la ocurrencia de agua subterránea, basadas en un estudio geoestructural de las imágenes Landsat. Los datos obtenidos han sido introducidos a un computador, y mostrados ulteriormente en mapas, que constituyen los resultados finales de la asimilación de los datos del pozo, y proveen una interpretación geológica del área, a fin de conocer las condiciones para la identificación de agua subterránea.



- 1.10 Programa de Estudios Hidrogeológicos de Apoyo a los Programas de Abastecimiento de Agua del Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA). Organismo Técnico del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, 1983.

El Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA) con ayuda del Banco Mundial inició un programa de desarrollo de actividades sobre aguas subterráneas, a fin de dotar de agua potable a localidades rurales del interior de la República con poblaciones menores de 4.000 habitantes. Esta primera etapa de los estudios abarca los departamentos: Central, Cordillera, Paraguari y San Pedro.



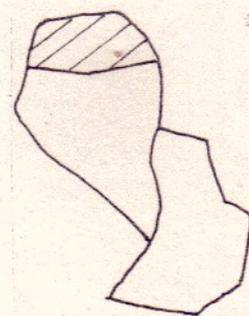
1.11 CORPOSANA

Los informes presentados son el resultado de los ensayos de bombeo y el procesamiento de datos de pozos en las localidades de Itá, Yaguarón, Guarambaré, San Ignacio, Santa Rosa, Santa María y E. Ayala. Se ofrecen una serie de recomendaciones sobre construcción de pozos, y se dan los valores medios de transmisividad y permeabilidad del acuífero de la Formación Misiones.



1.12 Reconocimiento Hidrogeológico del Norte del Chaco Paraguayo. Eugenio Godoy Valdovinos, Ministerio de Defensa Nacional, Comisión Nacional de Desarrollo Integrado del Chaco. Mayo, 1986.

Es un resumen de la Geología del Norte del Chaco y sus características como formaciones acuíferas, basadas en datos de pozos perforados, tales como caudal, hidroquímica, características para riego, etc. Acompañan al presente informe un bosquejo geológico de la zona, y otro hidrogeológico.



2 - CARACTERISTICAS GENERALES DEL PARAGUAY

Paraguay se divide en dos regiones naturalmente distintas, siendo el Río Paraguay el límite entre ambas: La Región Occidental o Chaco, y la Región Oriental. El Chaco abarca 246.955 Km² ó 60,9% del territorio nacional, y la Región Oriental 159.797 km² correspondiendo al resto del país. Las dos regiones son diferentes una de la otra, no solo en los aspectos del clima, geología y geomorfología, suelos, vegetación y recursos hídricos, sino también a consecuencia de estos factores en conjunto en el aspecto demográfico (solamente 1.8% de la población habita en el Chaco) y socio-económico (la parte más desarrollada del país se ubica en la Región Oriental).

A continuación, se enfocan algunas particularidades de los aspectos naturales:

2.1 Geología y Geomorfología

El cuadro geológico, se resume en la Figura 2.1, el cual presenta las diferentes litologías dominantes desde el Pre Cámbrico hasta el Cenozoico que se encuentran en todo el país.

La Región Oriental está constituida por rocas Pre Cámbricas ígneas, metamórficas, y por formaciones sedimentarias pertenecientes a la Cuenca del Paraná. Este conjunto de rocas aflora de una manera secuencial unas sobre las otras y con buzamiento hacia el Este. De este modo, los terrenos más antiguos están localizados en la parte Occidental de esta secuencia, pasando gradualmente para los menos antiguos en la medida que se desplaza en dirección oriental (véase: cortes hidrogeológicos esquemáticos BB' y CC' en el mapa). Al crecimiento del conocimiento geológico en la Región Oriental han contribuido diversos autores tales como Johnston, K.C. (1876), Putzer, H. et al. (1958), Eckel, E.B. (1959), Comte, D. (1968), Palmieri, J.H. y Fúlfaro, V.J. (1976), y recientemente Wiens, F. (1984), Alvarenga, D.C. (1985), Bitschene, P.R. y Lippolt, H.J. (1985), Fúlfaro, J. (1985).

El sub-suelo del Chaco está constituido por la Cuenca del Chaco y ésta, a su vez, está sub-dividida en varios arcos y cuatro sub-cuencas en lo referente a su estructura más profunda. Los sedimentos que rellenan esta Cuenca así como su cuadro secuencial y estructural, son mejor conocidos por las perforaciones petrolíferas realizadas en la Región. Varios autores contribuyeron a la interpretación y exposición de la Geología del Chaco: Putzer,

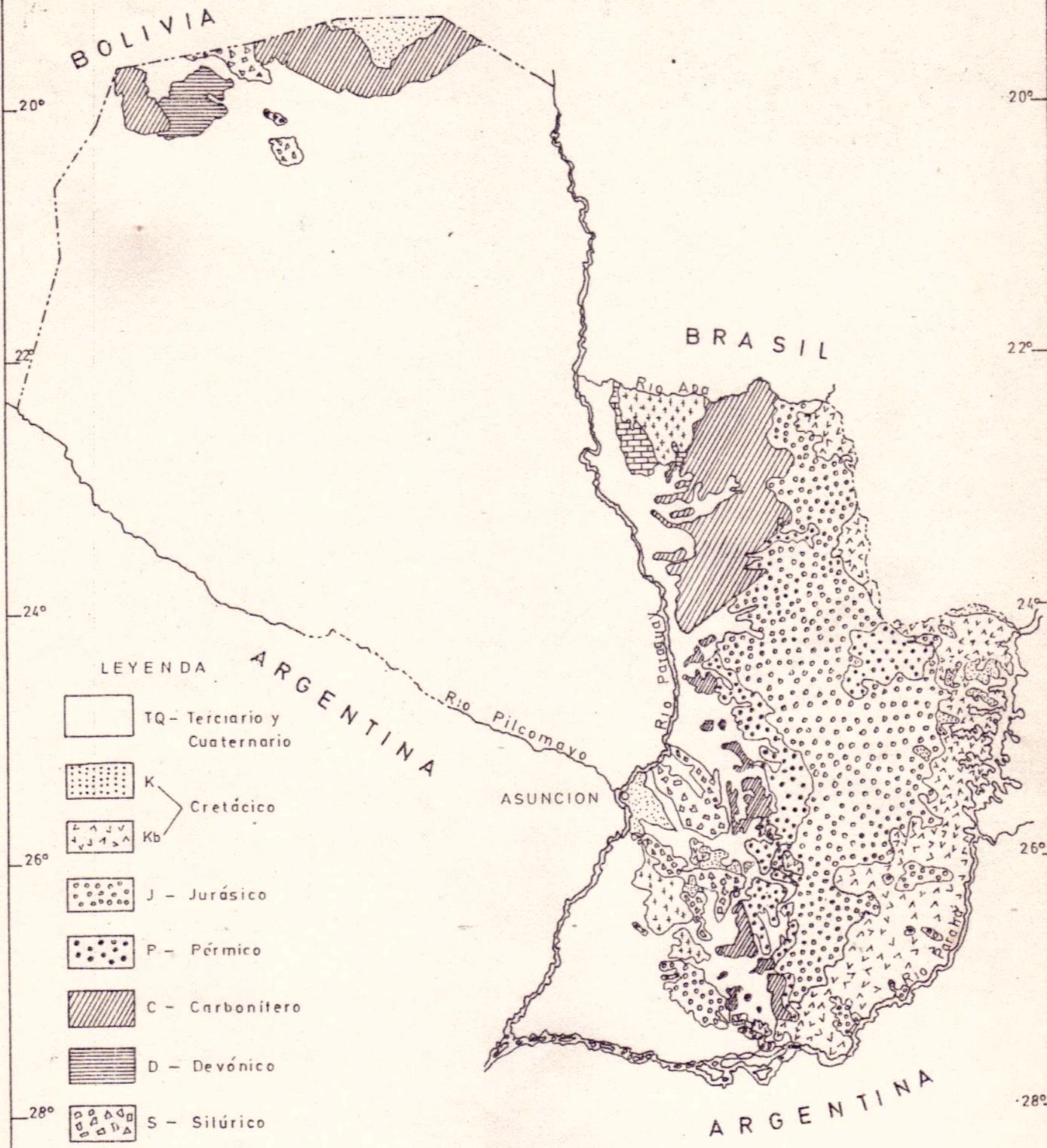
62°

60°

58°

56°

PROYECTO PAR 83/005



LEYENDA

-  TQ - Terciario y Cuaternario
-  K } Cretácico
-  Kb }
-  J - Jurásico
-  P - Pérmico
-  C - Carbonifero
-  D - Devónico
-  S - Silúrico
-  E - Cámbrico
-  PE - Precámbrico

FUENTE:

- Mapa Geológico del Paraguay
 Proyecto PAR 83/005 1.986

MAPA GEOLOGICO

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 2.1

de Vivar, V.C. (1966), Banks, L.M. y Díaz de Vivar (1975), Gómez, D. (1986).

Los mapas geológicos realizados en el país hasta la llegada del Proyecto PAR 83/005, fueron:

- Mapa Geológico del Paraguay Oriental, Escala 1:3 000 000, por Harrington, H. (1958)
- Mapa Geológico del Paraguay, Escala 1:1 000 000, por Eckel, E. B. (1959)
- Mapa Geológico del Paraguay, Escala 1:3 000 000, por Putzer, H. (1962)
- Mapa Geológico del Paraguay Oriental, Escala 1:1 000 000, por Palmieri, J.H. (1983)
- Mapa Geológico del Paraguay Oriental, Escala 1:5 00 000, por Anschutz Co. (1983)

El Paraguay está constituido por zonas planas, de extensión notable, y algunas zonas altas más restrictas. En la figura 2.2 se presenta la topografía así como las principales unidades de relieve del país. (1) zonas planas, (2) zonas onduladas, y (3) zonas de serranía.

Las zonas planas abarcan cerca del 65% del territorio nacional, siendo representadas por la llanura del Chaco y las áreas bajas a lo largo de los Ríos Paraguay y Paraná.

Las zonas onduladas que constituyen los terrenos más elevados (aproximadamente de 250 metros hasta 400 metros), cubren cerca de 30% de la extensión del país. Se ubican en el Este y Nordeste de la Región Oriental.

Las zonas de serranía ocupan apenas cerca del 5% del área total y coinciden con las partes culminantes del país (desde 400 metros hasta más de 600 metros). Se ubican principalmente en la Región Oriental, con dos pequeños puntos destacados en el Chaco (Cerro León y Cerro Cabrera).

2.2 Suelos y Vegetación

El primer mapa de suelos del país (Escala 1:3 000 000) data casi del inicio de este Siglo (1912), preparado por Moisés Bertoni. El segundo mapa (Escala 1:2 000 000) se publicó junto con el mapa Geológico del Paraguay de U.S. Geological Survey (Eckel, E. B. 1959), confeccionado por Tirado, R. et.al. (1952).

62°

60°

58°

56°

PROYECTO PAR 83/005

BOLIVIA

20°

20°

22°

22°

24°

24°

26°

26°

28°

28°

ARGENTINA

BRASIL

ASUNCION

ARGENTINA

LEYENDA

100 Curva de nivel en metros con referencia al nivel del mar

Rios y Arroyos

Zona de serranía

Zona ondulada

Zona plana

FUENTES:

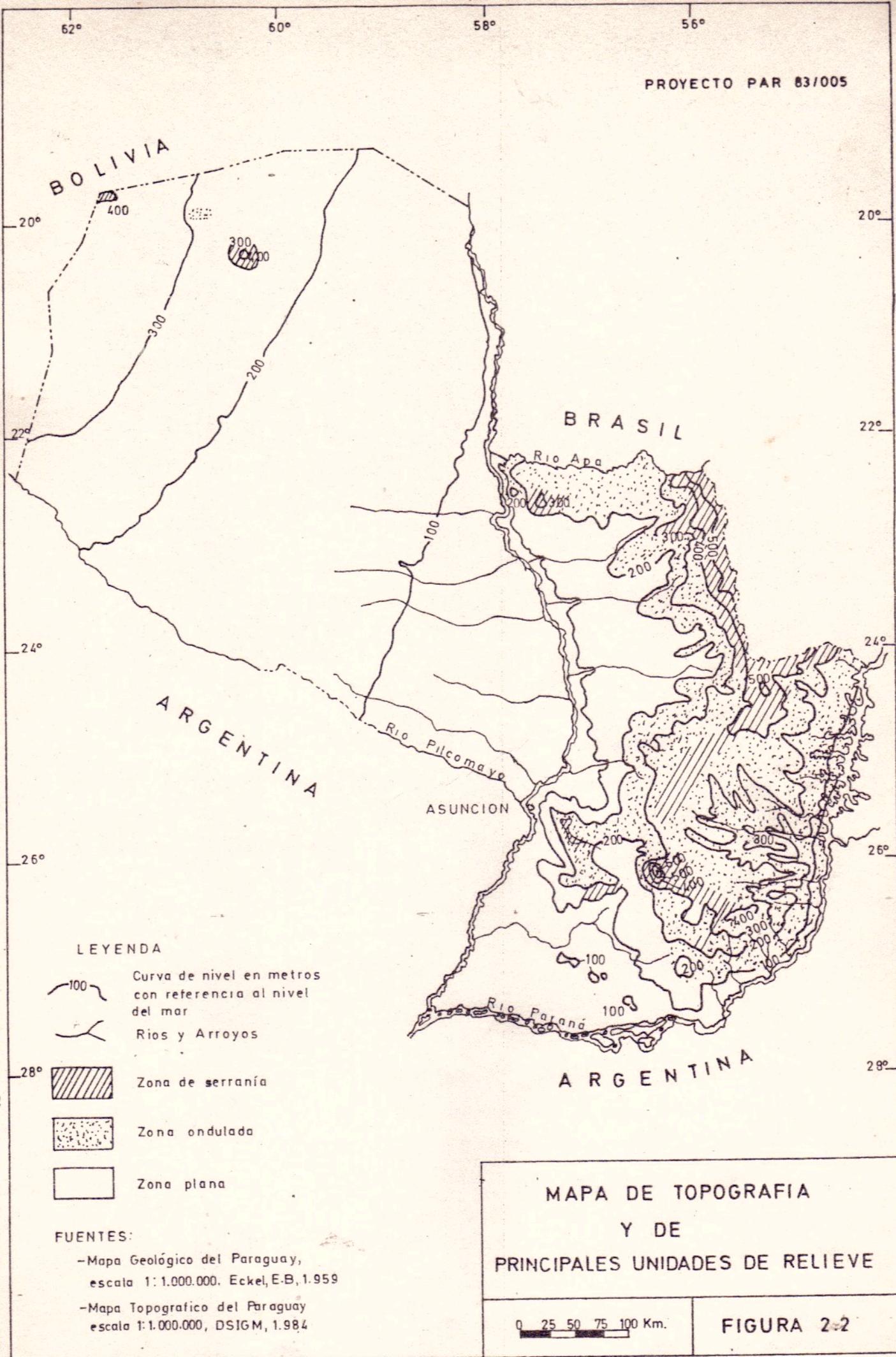
-Mapa Geológico del Paraguay, escala 1:1.000.000. Eckel, E.B., 1.959

-Mapa Topografico del Paraguay escala 1:1.000.000, DSIGM, 1.984

MAPA DE TOPOGRAFIA Y DE PRINCIPALES UNIDADES DE RELIEVE

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 2-2



entonces, pero ninguno cubrió la totalidad del país (Flathe, H. et.al., 1960; Lüders, R., 1960; FAO-UNESCO, 1964; OEA, 1970; FAO-UNESCO, 1971; Gob.Paraguay/OEA, 1981). Ultimamente se publicó un "Estudio de los Suelos y aptitud de uso de las tierras del Chaco Paraguayo", que es acompañado también por varios mapas a escala de 1:1.000.000 (Gob. Paraguay/OEA, 1983).

El mapa de suelos.(Figura 2.3) fué elaborado en base de los trabajos citados arriba: FAO-UNESCO, 1964, para la Región Oriental y Gob. Paraguay/OEA, 1983, para la Occidental (Chaco). Fueron identificadas las siguientes principales unidades taxonómicas (Sistema FAO) en las dos regiones:

- Fluviosoles Chaco y Región Oriental
- Planosoles Chaco y Región Oriental
- Luvisoles Chaco
- Regosoles Chaco
- Solonetz Chaco
- Xerosoles Chaco
- Podsoles Región Oriental
- Latosoles Región Oriental
- Grumosoles Región Oriental

Con relación a la vegetación, no se dispone todavía de un mapa vegetacional que cubra todo el territorio nacional. Para la Región Oriental existe un mapa de los aspectos fisionómicos a Escala 1:500.000 (Facultad de Ingeniería Agronómica UNA y CONTAPAR S.R.L., 1978) y un mapa a Escala 1:1.000.000 para el Chaco (Gob. Paraguay/OEA, 1985). Para el total del país sólo se dispone de un croquis respecto a la localización de las praderas naturales (Fretes, R. et.al, 1970).

El mapa de Vegetación (Figura 2.4) fue elaborado utilizándose los dos mapas vegetacionales arriba citados.

En la identificación de la vegetación y solamente considerando los aspectos fisionómicos, se ha llegado a indicar las siguientes formaciones en las dos regiones:

- Arbóreas Chaco y Región Oriental
- Arbustivas Chaco
- Herbáceas Chaco y Región Oriental
- Cultivos Chaco y Región Oriental

Como en cualquier región de la tierra, la vegetación del país está relacionada con el clima y el tipo de suelo. Nótese que

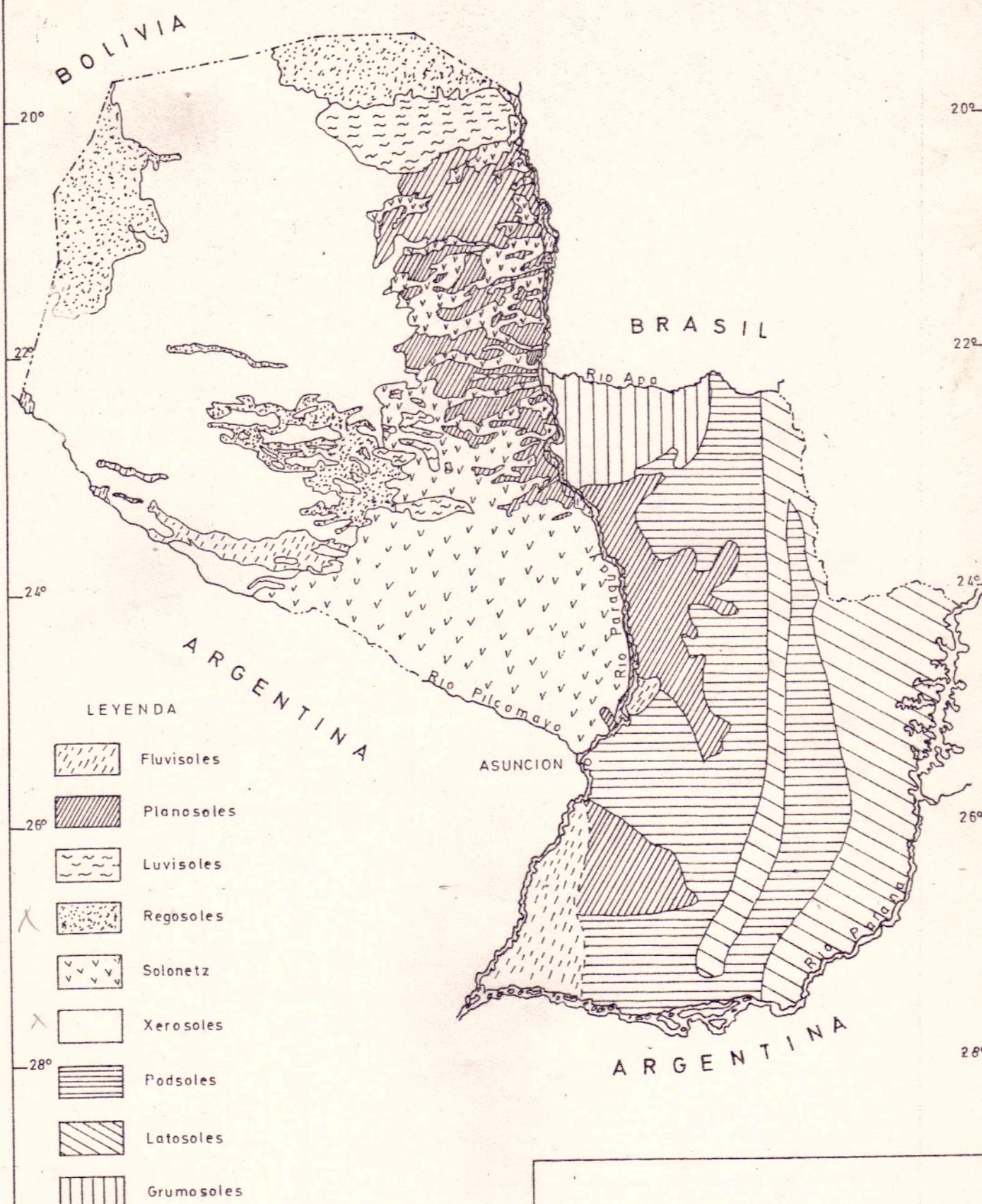
62°

60°

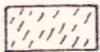
58°

56°

PROYECTO PAR 83/005



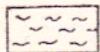
LEYENDA



Fluvisoles



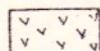
Planosoles



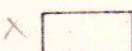
Luvisoles



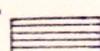
Regosoles



Solonetz



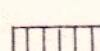
Xerosoles



Podsoles



Latosoles



Grumosoles

FUENTES:

- Proyecto Chaco. Gobierno del Paraguay/ OEA, 1.985
- Report on Soils of Paraguay. World Soil Resources Report N° 11. FAO-UNESCO 1.964

MAPA DE SUELOS

0 25 50 75 100 Km.

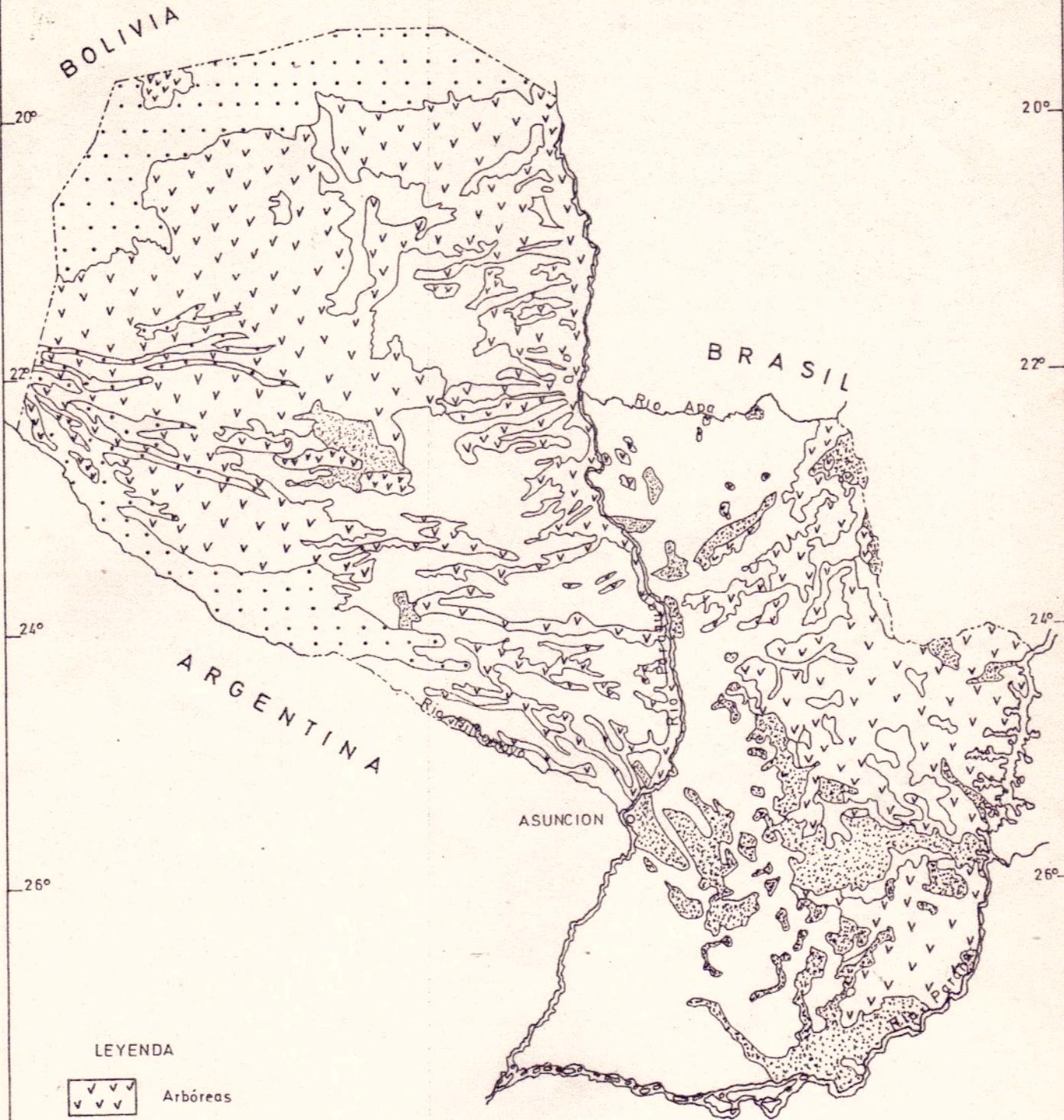
FIGURA 2.3

62°

60°

58°

56°



LEYENDA



Arbóreas



Arbustivas



Herbáceas



Cultivos

FUENTES:

- Proyecto Chaco. Gobierno del Paraguay / OEA, 1985
- Perfil Ambiental, Secretaria Técnica de Planificación, Rca. del Paraguay; 1985

MAPA DE VEGETACION

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 2.4

de las plantas, el relieve del terreno lo es para las formas de la vegetación existentes.

2.3 Clima

En la Figura 2.5 se presenta la ubicación de las Estaciones Meteorológicas principales del país, y la Tabla 2.1 es un resumen de estas estaciones con sus datos relevantes.

Paraguay se ubica en la zona de convergencia de dos tipos principales de masas de aire: una proveniente del noreste, calentado por el valle del Amazonas, y otro representando la masa fría (o fresca) marítima polar del Atlántico Sur.

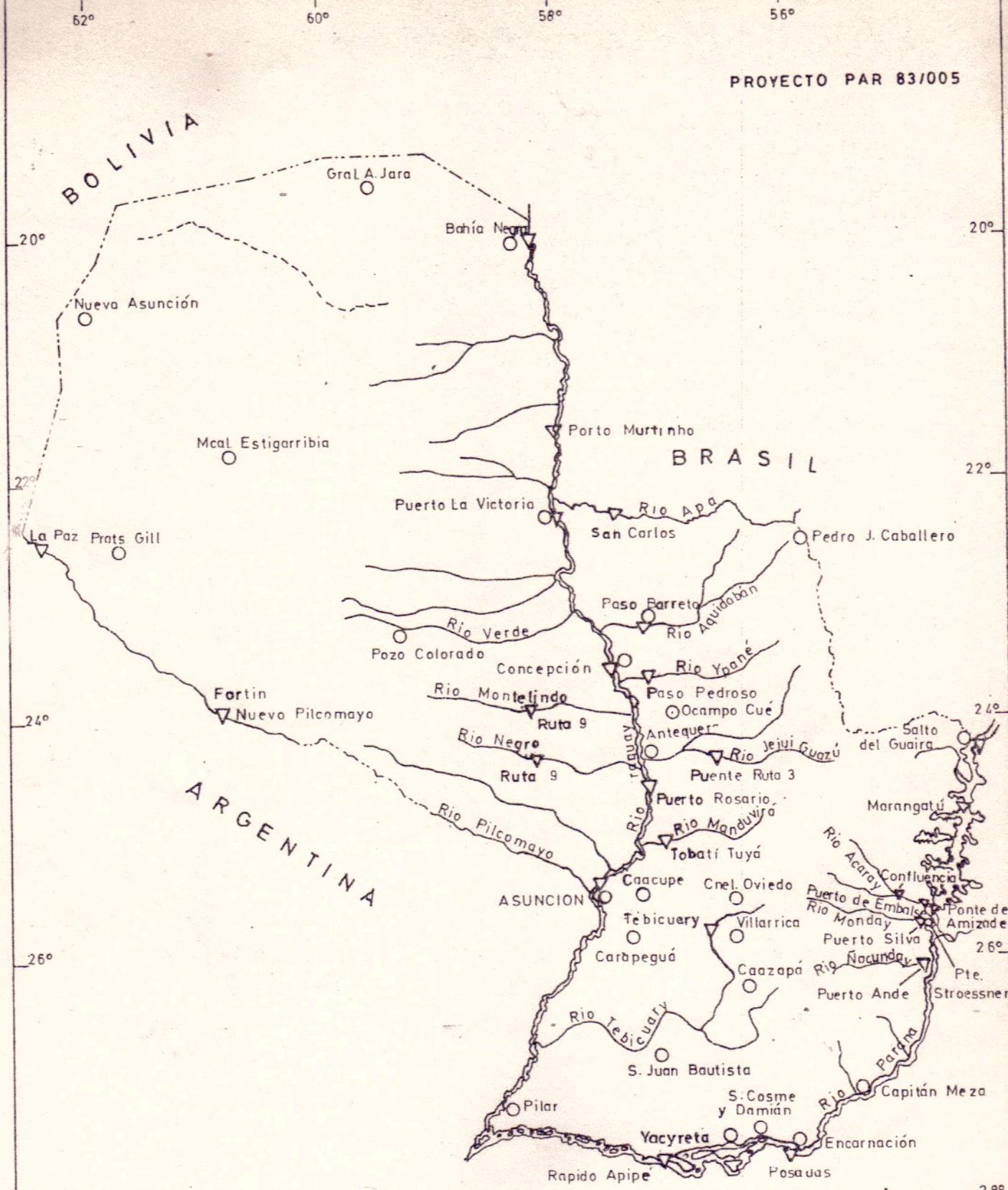
Durante la estación cálida del año predominan vientos húmedos proviniendo del noreste, mientras que la estación fresca es caracterizada por vientos del sudeste (pasando por el sur del Brasil) o Sur (pasando por la Patagonia) que traen predominantemente masas de aire polar de la Antártida. En el período de cambio de estaciones, las temperaturas pueden caer bruscamente en corto plazo del día (de 35.2°C a 4.2°C) debido a la mezcla de estos dos tipos de masa de aire (Sánchez, R.P., 1963).

La presencia de vientos es casi siempre constante, pudiendo ocasionalmente alcanzar velocidades del orden de huracanes.

Las temperaturas medias anuales disminuyen del Norte hacia el Sur (véase Figura 2.6), ocurriendo los altos normalmente en el mes de Enero y los bajos en Julio, como se puede observar en el Cuadro de abajo: estaciones seleccionadas. (Sanchez, M.P., 1971):

Estaciones	Enero	Julio
- Bahía Negra	29.1 °C	21.0 °C
- Concepción	23.7 °C	19.7 °C
- Asunción	22.7 °C	18.3 °C
- Encarnación	21.6 °C	16.1 °C

La mayor parte de las precipitaciones del país son producidas por los vientos húmedos del Noreste y las tormentas aisladas. La estación lluviosa tiende a coincidir con la primavera y otoño, aunque en la región Sudeste las precipitaciones también se suelen presentar en el invierno. Es igualmente en la última región donde se registran las más altas medias de precipitaciones y donde prácticamente no se distinguen diferencias estacionales. Partiéndose de esta parte del país, la frecuencia de precipitación disminuye en dirección hacia la frontera Noroeste del



LEYENDA

- Estación meteorológica
- ▽ Estación hidrométrica

FUENTE:

-Inventario nacional de datos meteorológicos e hidrológicos
 Dirección de Meteorologías M D N
 Rca. del Paraguay, Asunción, 1.985

MAPA DE UBICACION DE LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS PRINCIPALES

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 2.5

TABLA 2.1 - RESUMEN DE ESTACIONES METEOROLOGICAS

Número Indicativo	ESTACION	UBICACION			SERIE DE DATOS		
		Lat. Gr-min	Long. Gr-min	m.s.nm	DESDE	HASTA	INTERRUPCIONES Y COMENTARIOS
06 011	Base 5 "Gral. A. Garay"	19 32	59 22	150	1973	actual	
017	Nueva Asunción	20 43	61 55	315	1960	actual	
-	Gral. E. A. Garay	20 31	62 08		1941	1967	solamente estación pluviométrica
033	Bahía Negra	20 14	58 10	96	1939	actual	1951/55 C.I.
052	Dr. Pedro P. Peña	22 47	62 03	245	1941	1970	1950, 52/57 S.D.
065	Prats Gill	22 42	61 30	220	1972	actual	
068	Mcal. Estigarribia	22 01	60 37	181	1940	actual	1966/67 C.I.
089	Pto. La Victoria	22 17	57 52	87	1933	actual	1953/54 C.I.
097	Pedro Juan Caballero	22 35	55 39	662	1959	actual	1977/80 C.I.
125	Pozo Colorado	23 23	58 54	100	1970	actual	1970 C.I. 1976/79 S.D.
134	Concepción	23 15	57 18	74	1960	actual	
135	Pazo Barreto	23 04	56 59	95	1971	actual	
137	Ocampo Cué	23 50	57 06		1975	actual	
184	Antequera	24 06	57 10		1976	actual	1981 C.I.
210	Salto del Guairá	24 03	54 19	265	1975	actual	
216	Caacupé	25 24	57 06	228	1961	actual	
218	Asunción	25 15	57 31	85	1929	actual	
220	Cnel. Oviedo	25 17	56 24	163	1972	actual	1978/79 C.I.
223	Carapeguá	25 48	57 14	116	1970	actual	
233	Villarrica	25 45	56 26	161	1941	actual	
248	Pte. Stroessner	25 32	54 36	196	1965	actual	
249	Pto. Pte. Franco	25 25	54 32	125	1943	1964	trasladado a Pte. Stroessner en 1965
255	Pilar	26 51	58 19	66	1939	actual	Mayo-Ago 83 C.I.
260	S. J. Bautista-Misiones	26 40	57 09	126	1956	actual	
268	Caazapá	26 11	56 22		1973	actual	1981 C.I.
294	Capitán Meza	26 56	55 12	248	1975	actual	
295	S. Cosme y Damián	27 19	56 20	82	1964	actual	1976/80 C.I.
296	Yacy Retá	27 24	56 27	86	1963	actual	1964 C.I.
297	Encarnación	27 20	55 50	91	1940	actual	

Estación Meteorológica: Al menos observaciones de temperatura, precipitación y humedad del aire, salvo indicación en contrario.

Las estaciones indicativas (columna 1) son o fueron usadas en la red de la ONM

C.I. = con interrupciones durante el período especificado

S.D. = sin datos

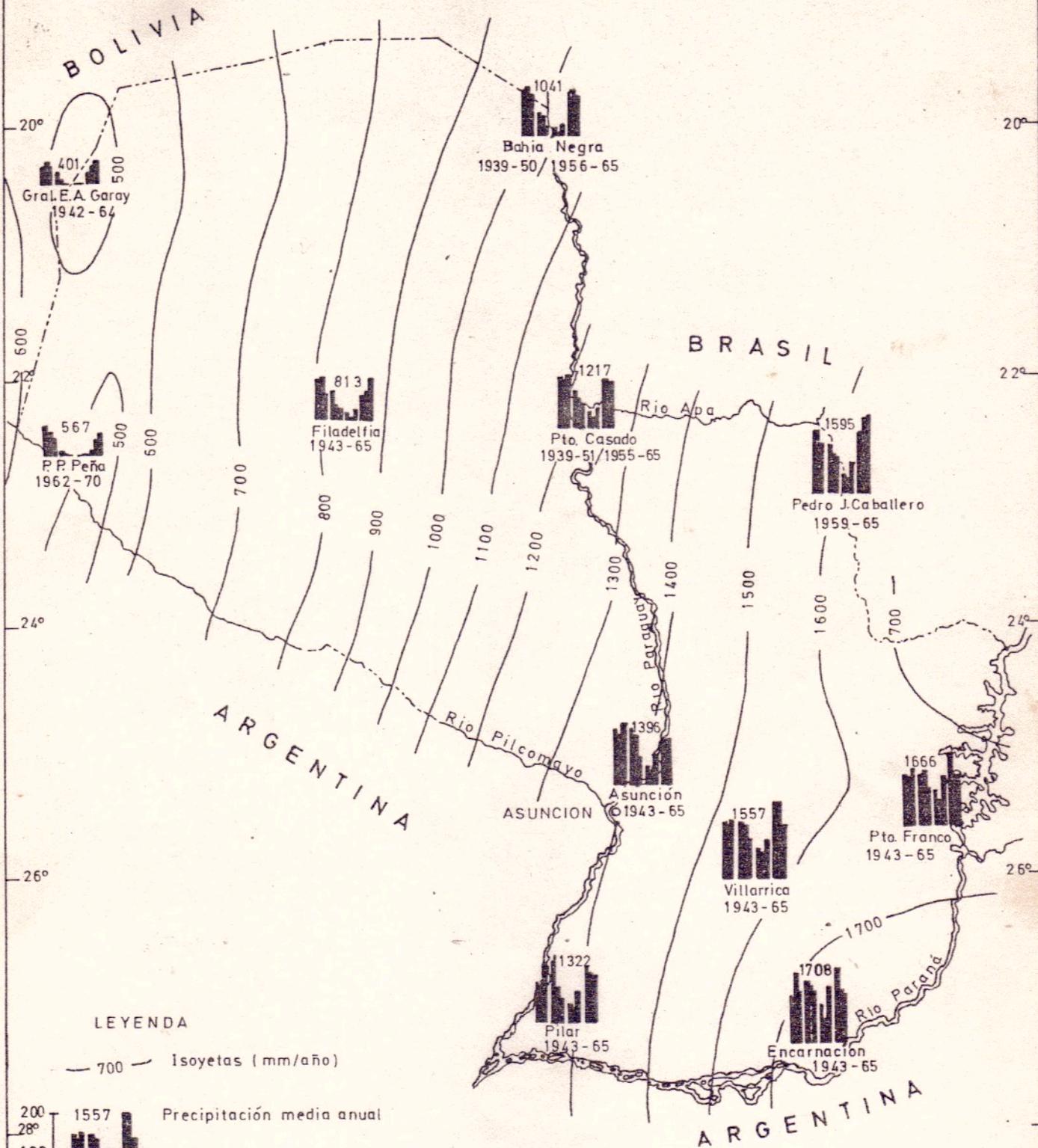
FUENTE: INVENTARIO NACIONAL DE DATOS METEOROLOGICOS E HIDROGEOLOGICOS
DIRECCION DE METEOROLOGIA, M.D.N., RCA DEL PARAGUAY, 1986

62°

60°

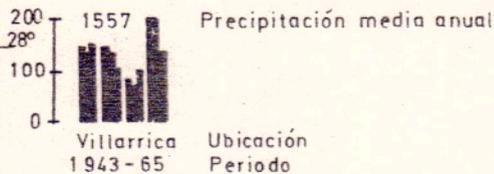
58°

56°



LEYENDA

700 — Isoyetas (mm/año)



FUENTES:

- Dirección Meteorologica, M.D.N. Rca. del Paraguay, 1965
- Secretaria Técnica de Planificación. Rca. del Paraguay, 1.981
- Proyecto Chaco. Gobierno del Paraguay, O.E.A. 1983

MAPA DE
DISTRIBUCION PLUVIOMETRICA
E
ISOYETAS

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 2.6

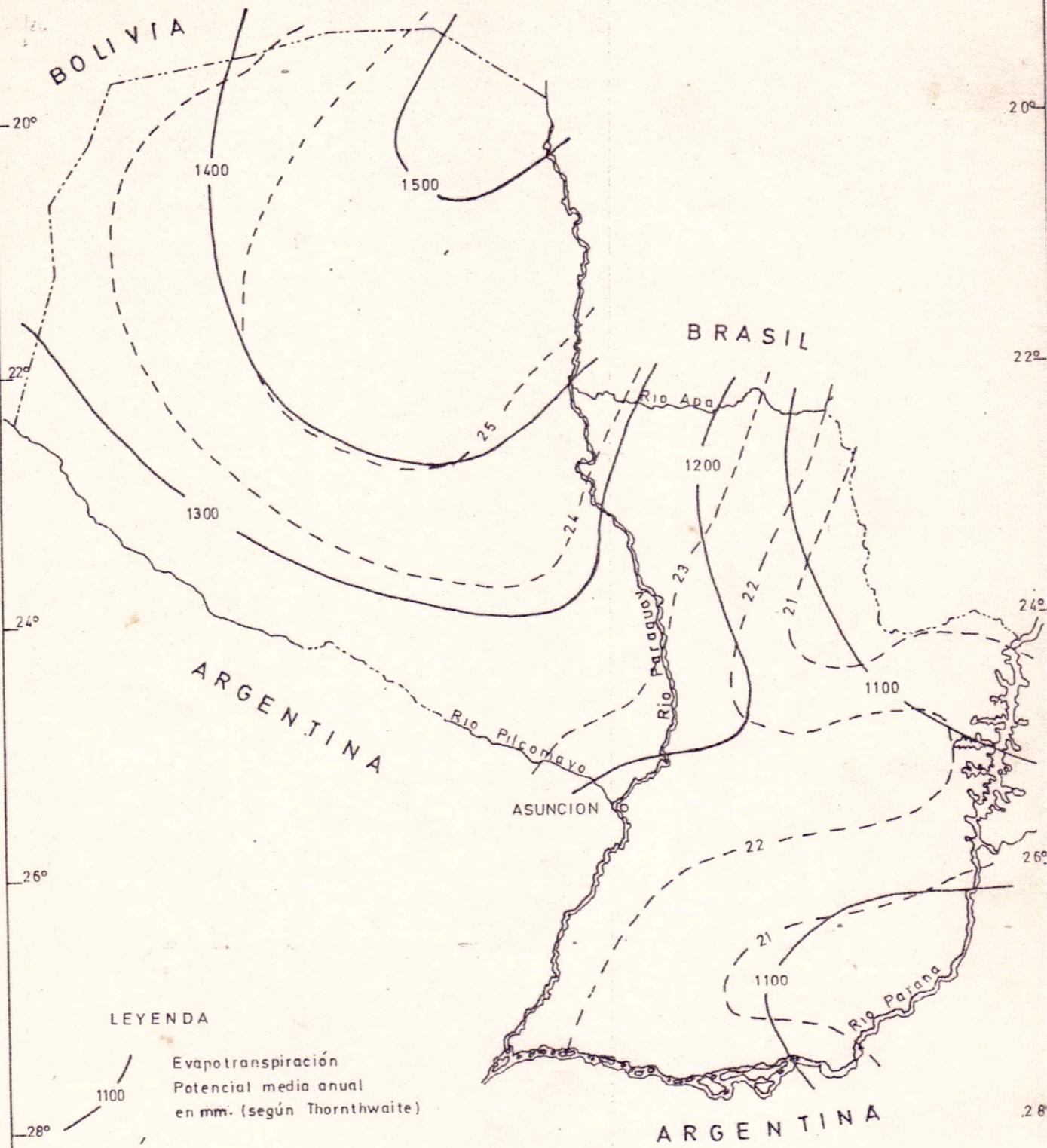
62°

60°

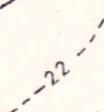
58°

56°

PROYECTO PAR 83/005



LEYENDA

- 
 Evapotranspiración Potencial media anual en mm. (según Thornthwaite)
- 
 Temperatura media anual en C°

Periodo: 1.951 - 1.980

FUENTE:

-Perfil ambiental del Paraguay-
 Secretaria Técnica de Planificación
 Rca. del Paraguay 1.985

MAPA DE
 EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL
 Y
 TEMPERATURA

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 2.7

La evapotranspiración potencial es alta en el Chaco a consecuencia de la elevada temperatura y la precipitación mínima que suelen ser encontrada en aquella región, lo que ocasiona un constante déficit de humedad en el suelo (véase Tabla 2.3 y Figura 2.8 - Mcal. Estigarribia). En este sentido, cualquier proyecto de desarrollo debe considerar sistemas de riego adecuados en el manejo de agua, teniendo en cuenta la gran demanda de la misma durante la estación de creciente.

En la Región Oriental, la evapotranspiración potencial se presenta en una proporción menor ya que las precipitaciones satisfacen substancialmente la demanda de agua de la atmósfera durante gran parte del año. Tal condición proporciona un excedente importante en el balance hídrico del suelo, que se traduce en escurrimientos superficiales perennes (véase Tabla 2.3 y Figura 2.8 - Villarrica).

2.4 Aguas Superficiales

La red hidrográfica del país forma parte de la Cuenca del Plata, y comprende a la vez dos grandes sub cuencas: la del río Paraguay que abarca todo el Chaco y la mitad Oeste de la Región Oriental, y la del Río Paraná, correspondiente a la parte Este de esta Región (Figura 2.9).

La red hidrográfica del Chaco se halla conformada por cursos de agua con caudales muy variables durante el año, debido a la topografía, sub suelo impermeable, el deshielo de los Andes y las precipitaciones.

En la Región Oriental, el Río Paraguay comprende siete afluentes con longitudes que varían entre 50 y 500 Km. y abarca cuencas que varían de 1.000 a 30.000 Km². El Río Paraná cuenta con once afluentes en la margen derecha en territorio paraguayo.

La red hidrográfica integra además, a tres lagos: el Ypacaraí, Ypoá y Verá.

En la Figura 2.5 están ubicadas las principales Estaciones Hidrométricas con registros de aforos disponibles, mientras que en la Tabla 2.2 se presenta un resumen de estas estaciones y sus referencias.

Las aguas superficiales del país incluyen en la mayoría los caudales de los ríos Paraguay, Paraná y Pilcomayo y sus afluentes permanentes e intermitentes. Mientras el flujo del Río Paraguay es in-

TABLA 2.2 - RESUMEN DE ESTACIONES HIDROMETRICAS

Nº	Río Nombre de la estación	Latitud grad.min. longitud grad.min.	Cota de cero SGM PAR	FUNCIONAMIENTO		Tipo	Aforos o Muestras	Datos Tabu- lados	Propietario
				Desde	Hasta				
101	Río Paraguay Bahía Negra		79,69	/ /80 09/IV/31	Actual Actual	LM LG	A	CPD ILED	DNOS ANNP
106	Río Paraguay Puerto Mutinho	21 42 57 52		/I/39	Actual	LG	A	APD CPD	DNOS
109	Río Apa San Carlos	22 14 57 52		/IX/72	Actual	LM	A	APD CPD	DNOS
111	Río Paraguay Puerto la Victoria		70,20	01/1/32	Actual	LM	A	ILED	ANNP
114	Río Aquidabán Paso Barreto			01/1/71	31/XII/84	LM	A	ILED	ANNP
115	Río Paraguay Concepción		64,29	01/1/09	Actual	LM	A	ILED	ANNP
118	Río Ypané Paso Pedroso (Belén)			01/VI/70	Actual	LM	A	ILED	ANNP
120	Río Montelindo Ruta 9			01/VIII/ 70	31/XII/82	LM	A	ILED	ANNP
123	Río Jejuí Guazú Puente Ruta 3			13/VIII/ 78	Actual	LM	A	ILED	ANNP
125	Río Negro Ruta 9		80,51	01/IV/70	05/1/81	LM	A	ILED	ANNP
126	Río Paraguay Puerto Rosario		58,34	01/1/32	Actual	LM	A	ILED	ANNP
129	Río Mandimirá Tobatí Tuyá			01/1/72	Actual	LM	A	ILED	ANNP
135	Río Paraguay Asunción		54,04	01/1/04 01/VI/76	Actual 31/V/83	LM LG	A	ILED CPD	ANNP
136	Río Pilcomayo La Paz	27 27 62 22		/IX/41	Actual	LG	A, MQ	CPD	RA
137	Río Pilcomayo Fortín Nuevo Pilcomayo	23 51 60 52		/IX/41	Actual	LG	A	CPD	RA
153	Río Tebicuarymí Tebicuary			21/IX/72	Actual	LM	A	ILED	ANNP
202	Río Paraná Guairá	24 04 54 15		/VI/20	/ /83	LM	A, MSS	APD CPD	DNAAE
207	Río Itambé Merangatú	24 41 54 21		/VI/77	/XII/82	LM	A	APD	ITAIPU
216	Río Acaray Confluencia	25 21 54 51	185,52	/ / 74 /IX/68	Actual Actual	LM LG	A	APA CPD	ITAIPU

TABLA 2.2 cont.

NO	Río Nombre de estación	Latitud grad.mín. longitud grad.mín.	Cota de cero SGM PAR	FUNCIONAMIENTO		Tipo	Aforos o Muestras	Datos tabu- lados	Propietario
				DESDE	HASTA				
217	Río Acaray Puerto Embalse	25 23 54 38	157,14	XI/54 XI/58	III/65 Actual	LM LG	A	APD CPD	ANDE ITAIPU
218	Río Parana Ponte da Amizade	25 30 54 38		XII/75	Actual	LG	A, MB MQ	APD	ITAIPU
225	Río Monday Puerto Silva	25 31 55 32	167,88	// 74 VIII/72	// 84 Actual	LM LG	A	APD CPD	ANDE
231	Río Ñacunday Puerto Ande	26 02 54 44	149,89	IX/74	Actual	LM LG	A	APD CPD	ANDE
234	Río Paraná Posadas	21 22 55 53		I/01	Actual	LM	A	APD CPD	DNCPVN
249	Río Paraná Rápido Apipe			I/17	Actual	LM	A	APD	DNCPVN

SGM PAR = Servicio Geográfico Militar

LM = Limnómetro

LG = Limnógrafo

A = Aforos del caudal para determinar la relación entre altura y caudal

MB = Muestras de agua para análisis biológico

MQ = Muestra de agua para análisis químico

MSS = Muestra de agua para análisis de sedimento suspendido

LED = Una lectura de escala diaria

APD = Altura promedio diaria

CPD = Caudal promedio diaria

DNOC = Departamento Nacional de Obras de Saneamiento (Brasil)

ANNP = Administración Nacional de Navegación y Puertos

RA = República Argentina

DNAEE = Departamento Nacional de Agua e Energía Eléctrica (Brasil)

ITAIPU = Entidad Binacional Itaipú

ANDE = Administración Nacional de Electricidad

DNCPVN = Departamento Nacional de Canales, Puertos y Vías Navegables.

FUENTE: INVENTARIO NACIONAL DE DATOS METEOROLOGICOS E HIDROLOGICOS
DIRECCION DE METEOROLOGIA, MDN., RCA DEL PARAGUAY, ASUNCION 1986.

TABLA 2.3. BALANCE HIDRICO DEL SUELO PARA DOS
ZONAS TIPICAS (según Thornthwaite)

MARISCAL ESTIGARRIBIA

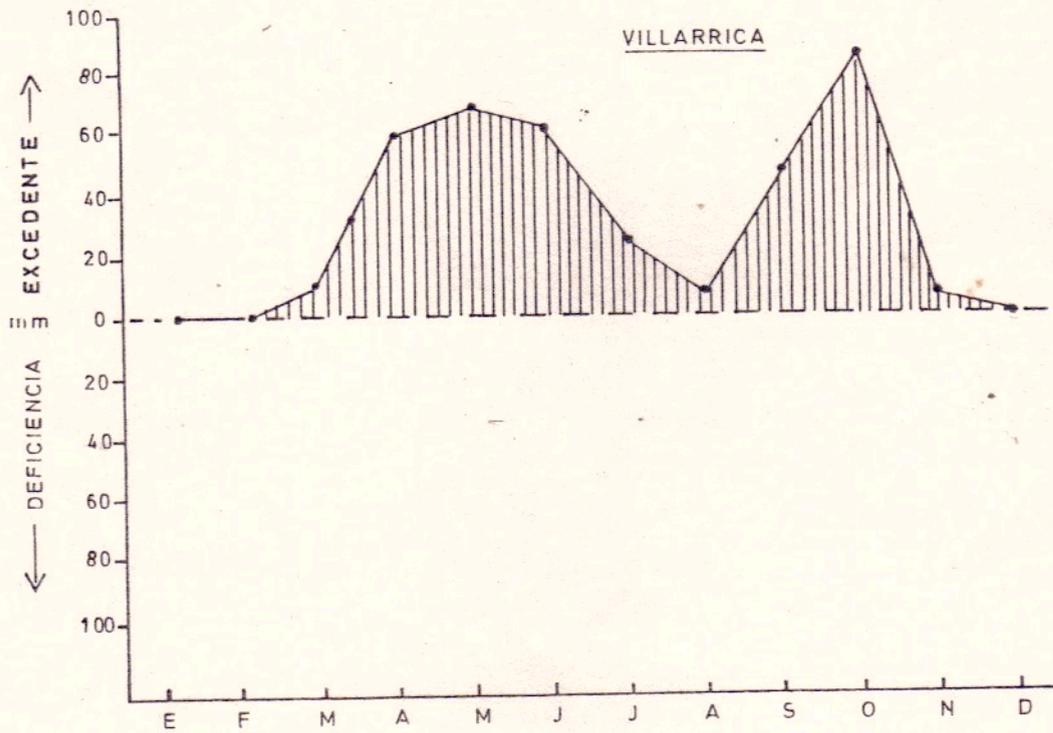
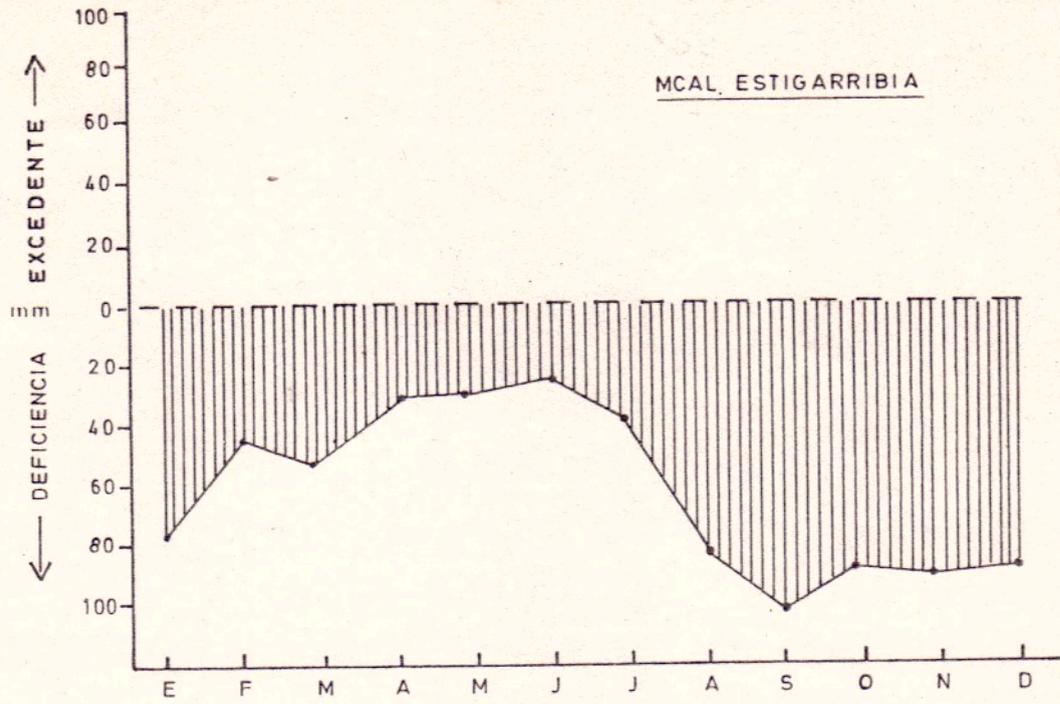
22°01 S 60°37 W	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Temperatura media mensual (° C)	29,7	28,8	27,3	24,5	22,0	19,7	19,9	22,9	25,3	27,2	28,6	29,5	
Indice de calor mensual	14,8	14,2	13,1	11,1	9,4	8,0	8,1	10,0	11,6	13,0	14,0	14,7	142,0
Indice de iluminación en unidades de 12 horas	34,6	30,1	31,5	29,0	28,6	27,0	28,3	29,6	30,0	32,6	32,9	34,8	369
Evapotranspiración potencial s/corr (m m)	5,3	5,1	4,7	3,5	2,5	1,7	1,8	2,9	4,0	4,7	5,1	5,3	
Evapotranspiración potencial mensual correg. (m m)	183,4	153,5	148,1	101,5	71,5	45,9	50,9	85,8	120,0	153,2	167,8	184,4	1466,0
Precipitación media mensual (m m)	107,0	110,5	92,2	70,3	41,6	21,6	17,1	11,6	21,3	75,6	83,2	103,5	775,6
Humedad del suelo													
Excedente													
Deficiencia	76,4	43,0	55,9	31,2	29,9	24,3	33,8	74,2	98,7	77,6	81,6	80,3	

VILLARRICA

25° 45 S 56° 26 W	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
Temperatura media mensual (° C)	27,4	26,9	25,2	21,9	19,4	17,4	17,3	19,2	20,6	22,8	25,0	26,9	
Indice de calor mensual	13,4	12,8	11,6	9,4	7,8	6,6	6,6	7,7	8,5	10,0	11,4	12,6	118,6
Indice de iluminación en unidades de 12 horas	35,2	30,3	31,5	28,8	28,2	26,3	27,8	29,3	30,0	33,0	33,3	35,4	369,1
Evapotranspiración potencial s/corr (m m)	4,8	4,6	4,0	2,8	2,1	1,7	1,7	2,1	2,4	3,2	3,9	4,6	
Evapotranspiración potencial mensual correg. (m m)	169,0	139,4	126,0	80,6	59,2	44,7	47,3	61,5	72,0	105,6	129,9	162,8	1198,0
Precipitación media mensual (m m)	165,6	142,0	172,9	141,3	128,8	107,1	73,3	68,6	117,9	190,0	136,6	133,8	1577,9
Humedad del suelo	67,6	65	100	100	100	100	100	100	100	100	100	71	
Excedente			11,9	60,7	69,6	62,4	26,0	7,1	45,9	84,4	6,7		
Deficiencia													

Capacidad máxima del suelo para almacenar humedad 100 m m.

Período 1941-1970



BALANCE HIDRICO DEL SUELO
PARA DOS ZONAS TIPICAS

FIGURA 2.8

62°

60°

58°

56°

PROYECTO PAR 83/005



LEYENDA

-  Rios y Arroyos perennes
-  Rios y Arroyos intermitentes
-  Divisorias de Cuencas
-  Divisorias aproximadas
-  Presa existente
-  Presa proyectada

FUENTE:

-Dirección de Meteorología M D N
Rca. del Paraguay 1.986

MAPA DE
HIDROGRAFIA
Y DE
UBICACION DE OBRAS HIDRAULICAS

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 2.9

el flujo del río es perenne. En el Bajo Chaco se encuentran algunas corrientes perennes tales como el Bajo Río Pilcomayo y el Río Confuso. Se presume que estos dos ríos son alimentados por aguas subterráneas.

Se estima que el promedio total anual de agua superficial del Río de la Plata en el sitio ubicado inmediatamente debajo de la confluencia de los Ríos Paraguay y Paraná, es algo más de 15 000 m³/s. De éste total, una porción de 3 000 m³/s es atribuido al Río Paraguay, siendo la mayor parte o 12 000 m³/s proveniente del Río Paraná. La contribución muy desigual de los volúmenes de los dos ríos en comparación con sus respectivas áreas de drenaje (siendo el del Río Paraná solo 1.5 veces mayor que el del Río Paraguay) refleja bien la naturaleza mucho más árida de la Cuenca del Río Paraguay en relación con la del Río Paraná.

2.5 Aguas Subterráneas

Desde el punto de vista de aguas subterráneas, y de acuerdo a su conocimiento en el país, se pueden distinguir tres grupos principales de acuíferos (véase Tabla 2.4), que son tratados más detalladamente en el Sub Capítulo 4.3.

- ACUIFEROS REGIONALES DE GRAN EXTENSION
 - Cuaternario (Q)
 - Chaco Oeste (Tco*)
 - Chaco Este (TQce*)
 - Adrián Jara (Kaj*)
 - Misiones (Jm)
- ACUIFEROS REGIONALES CON EXTENSION RESTRINGIDA, por su patrón geométrico natural:
 - Patiño (Kp)
 - Agua Dulce (Kad*)
 - Caacupé (Sc)
- ACUIFEROS LOCALES
 - Paleocauces (Qcp*)
 - Acaray (Ka)
 - Basalto (Kb)
 - Mesocauces (Qccs)
 - Independencia (pi)
 - Cnel. Oviedo (Cco)
 - Palmar de las Islas (Cpi*)
 - Itacurubí (Si)

TABLA 2.4 - SECUENCIA ESTRATIGRAFICA CONDENSADA Y ACUIFEROS DEL PARAGUAY

EDAD	UNIDADES GEOLOGICAS FORMACIONES O GRUPOS	SUPERFICIE km ²	ESPESOR m	LITOLOGIA	ACUIFERO
cuaternario	- Aluviones, rios principales	47 843	1-10	Arena, siltita, menor cantidad de gravas y mat. orgánico	Regional
	- Paleocauces	11 230	1-17	Arena fina	Local
	- Mesocauces	74 300	1-36	Arena fina	Local
terciario	- Chaco Oeste	42 970	1000-2000	Arena siltica	Regional
	- Acaray	2 650	20-60	Arenisca fina	Local
	- Patiño	2 010	algunas centenas	Arenisca fina a media	Regio. Res.
	- Alto Paraná (basalto)	27 340	600-700	Roca básica (basalto)	Local
	- Agua Dulce	12 930	200	Arenisca fina a media	Regio. Res.
	- Adrian Jara	2 080	300	Arenisca mal seleccionada	Regional
	- Misiones	37 395	200-300	Arenisca fina eolica	Regional
	- Independencia	13 768	700	Arenisca, siltita, lutita	Local
cuaternario	- Coronel Oviedo	15 628	650	Siltita, arenisca, lutita	Local
	- Palmar de las Islas	8 300	900?	Areniscas	Local
	- Itacurubi	930	150	Arenisca, lutita, arcilla	Local
	- Caacupé	1 395	300	Arenisca, conglomerado de base	Regio. Res.
	- Itapucumi	1 070	200	Rocas carbonatadas recristalizadas	Local
	- Cinto Cristalino	7 603		Granito, cuarcito, gneiss, esquitto	Local

Res. = Regional con extension restringida

Los acuíferos en Paraguay son muy renovados, principalmente por la precipitación directa. Estudios en la Cuenca del Paraná, en el Estado de San Pablo, Brasil, indicaron que la cantidad de recarga está en función de la precipitación, tipo y espesor de los suelos, la vegetación, la evapotranspiración y profundidad del nivel freático (Mero, F. y Gilboa, Y., 1974). De éstos estudios son conocidos los módulos de recarga de las unidades acuíferas de la Cuenca del Paraná, basados en una metodología de separación de los componentes de superficie y subterráneo de los caudales de ríos (Gilboa, Y. et al, 1976).

La aplicación de un método similar en el Paraguay es por el momento imposible, por falta de datos pertinentes, tanto de superficie como subterráneos. Sin embargo, es posible adaptar los resultados de aquel estudio para el Paraguay Oriental, debido a las condiciones muy similares entre esta parte del país y las de San Pablo, Brasil. En las dos regiones se encuentra un basamento estable de rocas ígneas- metamórficas en la periferia y en profundidad de la Cuenca sedimentaria. Las capas sedimentarias en ambas regiones muestran una estructura lito-estratigráfica uniforme, caracterizada por montes ondulados de 400-500 m de altura en San Pablo y 300-400 m en Paraguay. En la región de estudio, en San Pablo, la precipitación es de 1 100 - 1 400 mm/año, siendo en Paraguay de 1 400 - 1 700 mm/año. La cobertura vegetal es ininterrumpida en ambas regiones, aún habiendo más áreas cultivadas y de plantaciones en San Pablo, pero la temperatura media anual es del mismo orden (22°- 28°C en San Pablo, y 21°- 24°C en Paraguay). Basándose en estos dos cuadros fisiográficos, parece seguro concluir que los módulos de infiltración en Paraguay pueden ser algo más altos que en San Pablo. Adoptando los valores encontrados, se estima que la infiltración profunda varía entre 1 y 5 por ciento de la precipitación total (véase Tabla 2.5). Evidentemente estas estimaciones requerirán una verificación, cuando en el futuro se disponga de más datos.

La ocurrencia de agua dulce subterránea en el extremo oeste del Chaco, recibe su renovación fuera de los límites nacionales. La magnitud de este flujo subterráneo a través de la frontera Paraguayo-Boliviana de 200 Km. de ancho, fue calculado - de acuerdo con la ley básica de DARCY - como de:

$$Q = W \times K \times b \times I \times t = (200 \times 10^3) \times 9.75 \times 80 \times (10^3) \times 365 = 56\,940\,000 \text{ m}^3/\text{año} \quad (57 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año})$$

Una comparación de los resultados de la Tabla 2.5 muestra que una parte substancial de la infiltración profunda en Paraguay penetra algunos de los acuíferos regionales (Aluvión de los principales ríos, y Misiones), pero también otros caracterizados como acuíferos locales (Alto Paraná y Cnel. Oviedo), como consecuencia de las superficies extensas de estas respectivas formaciones de rocas.

La recarga que penetra el acuífero de aluvión Cuaternario, reaparecerá relativamente pronto en forma de agua del río. El mismo proceso, aún de modo más lento, ocurre también con el agua subterránea pasando por los acuíferos Misiones y Cnel. Oviedo. En el caso del acuífero de la Formación Alto Paraná (Basalto), el proceso de infiltración y drenaje probablemente se realiza a través de zonas fracturadas, pudiendo resultar de eso una percolación profunda de agua subterránea. Como consecuencia, se puede esperar que la contribución de este acuífero a los ríos locales que atraviezan el área, no sea tan evidente.

Un tercer grupo de acuíferos regionales restringidos (Caacupé, Patiño y Chaco Oeste) y acuíferos locales (Paleocauces y Mesocauces del Cuaternario, Itacurubí e Itapucumí) aparecen con los menores volúmenes de infiltración en el país. Sin embargo, se debe observar que algunos de estos acuíferos ocupan áreas geográficas importantes, por ejemplo, los acuíferos: Caacupé y Patiño en el muy poblado Departamento Central con grandes demandas de agua, y el acuífero Chaco Oeste, que constituye la ocurrencia principal de agua dulce en aquella región.

Para la clasificación química de las aguas subterráneas se escogieron tres tipos de aniones (hidrocarbonatos, cloruros, sulfatos) y tres tipos de cationes (calcio, magnesio, sodio). De la combinación de ambos grupos de iones resultan las categorías del mapa hidroquímico de la Figura 2.10 - Mapa de Distribución de las distintas zonas acuíferas.

En las zonas acuíferas donde se disponen de suficientes análisis químicos para la clasificación de las aguas subterráneas, se distinguen las diez categorías hidroquímicas principales siguientes: Hidrocarbonato Clorurada Sódica Cálctica; Hidrocarbonato Clorurado Sódica; Hidrocarbonatada Sódica Magnésica; Hidrocarbonatada Mixta; Hidrocarbonatada Mixta o Hidrocarbonato Clorurado Mixta; Sulfato clorurada Sódica; Sulfato Clorurada Mixta; Clorurada Sódica y Clorurada Cálctica Magnésica.

TABLA 2.5 - ESTIMATIVA DE LA CANTIDAD DE RECARGA DE LOS PRINCIPALES ACUIFEROS

ACUIFERO	SUPERFICIE km ²	INFILTRACION (1) %	PRECIPITACION mm/año	INFILTRACION mm/año	INFILTRACION TOTAL 10 ⁶ m ³ /año
Cuaternario (aluviones)	47 863	3-5	1 300	39-65	1 866-3 111
Misiones	37 395	1-2	1 600	15-32	560-1 197
Alto Paraná (basalto)	27 340	1,2-3,8	1 700	20-65	547-1 777
Cnel. Oviedo	15 628	1,5-4,0	1 450	22-58	343- 906
Independencia	13 768	1,5-4,0	1 600	24-64	330- 881
Basamento Cristalino	7 603	1,5-4,5	1 500	23-68	175- 517
Cuaternario (paleo- y mesocauces)	85 530(1%)	(2-4)	800	16-32	13,7-27,4 (2)
Caacupé	1 395	1,5-4,5	1 450	22-65	30-91
Patiño	2 010	1-2	1 400	14-28	28-56
Chaco Oeste	42 970	ausencia de recarga local			57 (3)
Itapucumi	1 070	1,5-4,5	1 350	20-61	21-65
Itacurubi	930	1,5-4,0	1 450	22-58	20-54

(1) Módulos de recarga; estimados entre parentesis

(2) Calculado como 1% de la superficie total

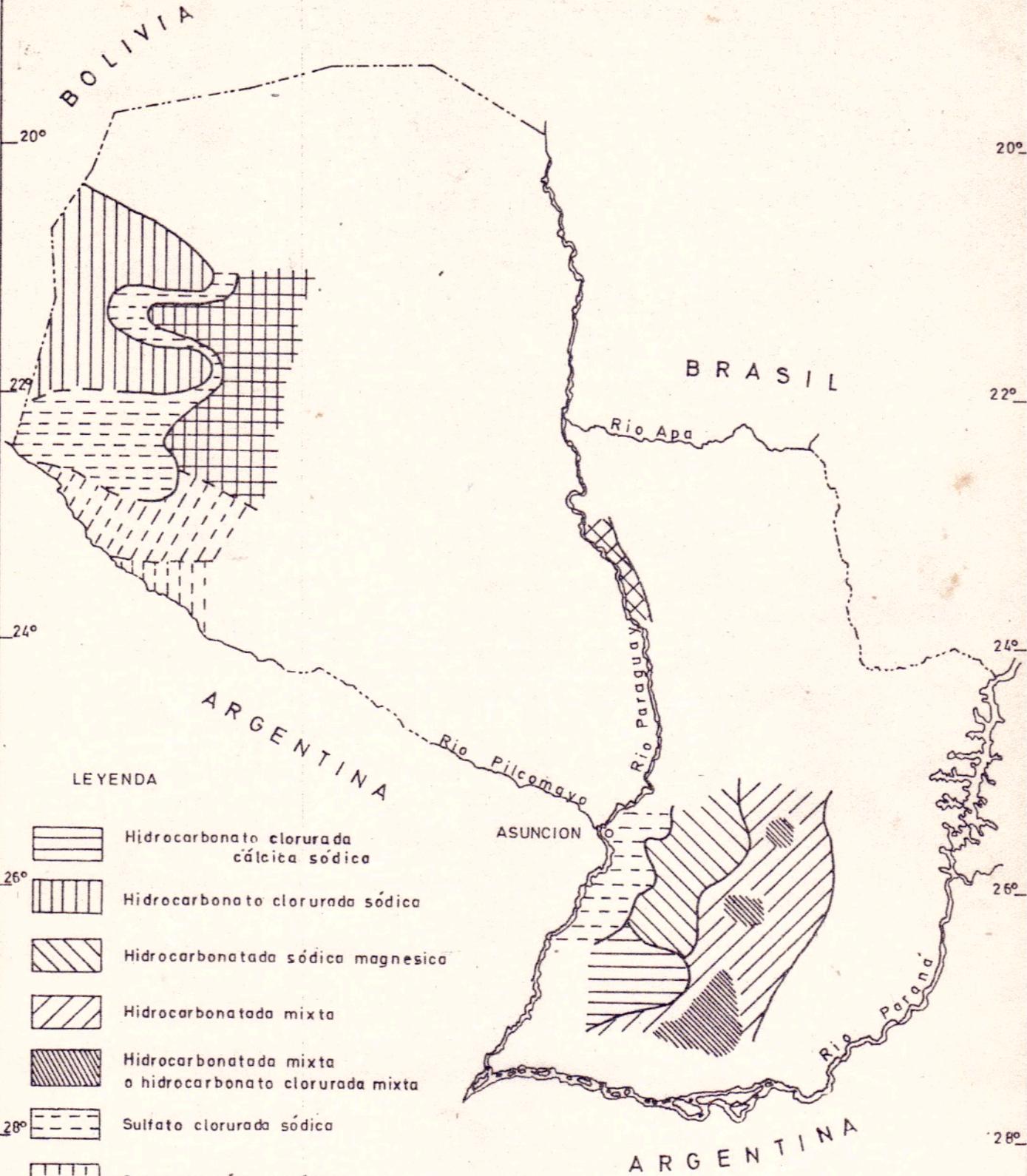
(3) Calculado como flujo de agua subterránea

62°

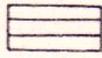
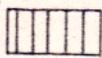
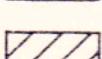
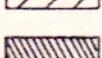
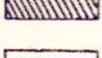
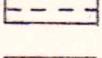
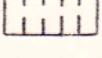
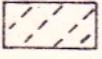
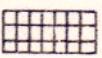
60°

58°

56°



LEYENDA

-  Hidrocarbonato clorurada cálcica sódica
-  Hidrocarbonato clorurada sódica
-  Hidrocarbonatada sódica magnesica
-  Hidrocarbonatada mixta
-  Hidrocarbonatada mixta o hidrocarbonato clorurada mixta
-  Sulfato clorurada sódica
-  Sulfotada cálcica sódica
-  Sulfato clorurada mixta
-  Clorurada sódica
-  Clorurada calcica magnesica

MAPA DE
DISTRIBUCION HIDROQUIMICA
EN LAS
DISTINTAS ZONAS ACUIFERAS

0 25 50 75 100 Km

FIGURA 2.10

en la zona más occidental, asociada al acuífero profundo Chaco Oeste (Tco*), -siguiendo en la dirección del flujo subterráneo hacia el Este y Sudeste, la categoría hidroquímica se torna, primero, Sulfato Clorurado Sódica y, posteriormente, Clorurada Sódica. Relacionada también al mismo acuífero Chaco Oeste, dos otras categorías de hidroquímica se presentan en el área sudeste: Sulfato Clorurada Mixta y Sulfatada Cálctica Sódica, respectivamente.

En la Región Oriental, se distinguen seis categorías hidroquímicas, pero su asociación con determinados acuíferos es menos discernible. Aguas Cloruradas Cálcticas Magnésicas de mineralización alta (1 200 mg/l de residuo fijo) tienen lugar en los acuíferos de aluvión asociado con el acuífero del Carbonífero, junto al Río Paraguay en la zona del Bajo Chaco.

Las otras categorías hidroquímicas: Sulfato Clorurada Sódica, Hidrocarbonatada Mixta, e Hidrocarbonatada Mixta o Hidrocarbonato Clorurada Mixta, se muestran menos bien relacionados a los distintos acuíferos y parecen tener más afinidad con las principales direcciones del flujo subterráneo en las respectivas zonas.

En las áreas de Limpio, Mariano Roque Alonso y alrededores, cerca de Asunción, la Categoría Sulfato Clorurada Sódica se caracterizan por sus aguas bastante mineralizadas (Residuo fijo de 3 000 mg/l, Cloruro de 1 200 mg/l y Sulfato de 750 mg/l).

3 - EL AGUA Y SUS USUARIOS

Dentro de esta presentación del Mapa Hidrogeológico del Paraguay, surge la conveniencia de un resumen sobre los aspectos del agua con relación a sus usuarios, así como las entidades nacionales que, de una forma u otra, trabajan en el sector.

3.1 Población y su Distribución

De acuerdo con el último censo, en 1962, (Dirección General de Estadísticas y Censos, 1983) el Paraguay tiene una población de 3.033 140 habitantes, lo que significa una densidad de 7.5 habitantes por Km², correspondiendo a la más baja de América del Sur. Conforme al mismo censo, el 43% de la población vive en áreas urbanas y el 57% en áreas rurales. Esta distribución es espacial de la población, junto con la distribución en las Regiones Oriental y Occidental y una comparación de los resultados de los censos de 1962 y 1972 aparecen en el cuadro de abajo. Nótese la distribución significativamente desigual de la población en el territorio con respecto a las regiones Oriental y Occidental (Chaco).

Distribución espacial de la Población en el Paraguay

Región	1962 Nº de Hab.	%	1972 Nº de Hab.	%	1982 Nº de Hab.	%
1. Oriental	1 744 974	95.9	2 287 960	97.0	2 978 740	98.2
2. Occidental	74 129	4.1	69 995	3.0	54 400	1.8
Total (1+2)	1 819 203	100	2 357 955	100	3 033 140	100
3. Urbana	651 819	35.8	882 345	37.4	1 305 780	43.1
4. Rural	1 167 284	64.2	1 476 610	62.6	1 727 360	56.9
Total (3+4)	1 819 103	100	2 357 955	100	3 033 140	100

En la tabla 3.1 se presenta un resumen de la distribución de la población en la Capital y por los distintos Departamentos, mientras que la Figura 1, la visualiza. Es notable la concentración en Asunción y el área Metropolitana, así como en los Departamentos Central, Cordillera, Paraguairí y Guairá. Efectivamente, casi el 50% de la población se encuentra asentada en esa zona.

3.2 Entidades Nacionales del Sector Agua

Las instituciones del sector público que realizan actividades

TABLA 3.1 - RESUMEN DE LA DISTRIBUCION DE POBLACION
Y SUMARIO DE DEMANDAS DIARIAS

CAPITAL Y DEPARTAMENTOS	Nº DE HABITANTES (CENSO 1982)	DEMANDA PER CAPITA ADOPTADA (l/d)	DEMANDA TOTAL (m ³ /d)
Asunción (Capital)	457.210	200	91.442
Concepción (Dpto. I)	135.200	150	20.280
San Pedro (Dpto. II)	195.170	150	29.275
Cordillera (Dpto. III)	194.430	150	29.164
Guairá (Dpto. IV)	143.010	150	21.451
Caaguazú (Dpto. V)	299.970	150	44.995
Caazapá (Dpto. VI)	110.050	150	16.507
Itapúa (Dpto. VII)	263.790	150	39.568
Misiones (Dpto. VIII)	78.270	150	11.740
Paraguarí (Dpto. IX)	202.010	150	30.301
Alto Paraná (Dpto. X)	199.500	150	29.925
Central (Dpto. XI)	493.350	150	74.002
Ñeembucú (Dpto. XII)	72.380	150	10.857
Amambay (Dpto. XIII)	68.730	150	10.309
Canendiyú (Dpto. XIV)	66.670	150	10.000
Pte. Hayes (Dpto. XV)	31.100	100	3.110
Alto Paraguay (Dpto. XVI)	8.960	100	896
Chaco (Dpto. XVII)	280	100	28
Nueva Asunción (Dpto. XVIII)	200	100	20
Boquerón (Dpto. XIX)	13.860	100	1.386

acción, se presenta en la siguiente lista:

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. A través de la Dirección del Servicio Forestal Nacional, protege las cuencas hidrográficas y manantiales, entre otras atribuciones.
- Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social. A través del Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA), ejecuta y supervisa programas de saneamiento ambiental relacionados con la provista de agua potable, disposición de desechos y basuras. Le compete: el mejoramiento de la vivienda rural, controlar la contaminación del agua, aire y suelo, promulgar la legislación en materia de medio ambiente, aplicar y fiscalizar su cumplimiento, controlar los alimentos, higiene y seguridad ocupacional, desagüe en zonas rurales y en poblaciones urbanas de hasta 4.000 habitantes.
- La Corporación de Obras Sanitarias (CORPOSANA), es una entidad autárquica dependiente del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, creada en 1954. Sus funciones son: promover los sistemas de abastecimiento público de agua potable, de desagües sanitarios y pluviales en la Capital e interior del país y la elaboración de proyectos, construcción, explotación y conservación de dichos sistemas, comprendiendo en ellos las conexiones domiciliarias correspondientes. Atiende núcleos de población de más de 4.000 habitantes.
- Ministerio de Defensa Nacional. A través de dos organismos dependientes, realizan tareas concernientes al sector de agua.
 - La Comisión Nacional de Desarrollo Integrado del Chaco, cuyas funciones básicas son: planificar, promover y ejecutar proyectos de desarrollo económico y social en todo el Chaco. Su Departamento de Abastecimiento de Agua para el Chaco ejecuta proyectos de investigación y desarrollo de agua subterránea.
 - La Dirección Nacional de Meteorología, que tiene por objeto mejorar y mantener la red de estaciones meteorológicas e hidrológicas, conforme a las necesidades y requerimientos nacionales e internacionales.
- Fuerzas Armadas. A través del Comando de Ingeniería, ejecuta perforaciones de pozos para abastecimiento de agua potable en sus establecimientos. Además, colabora en la realización de servicios de suministro público de agua de varias localidades rurales y urbanas del país.

La Administración Nacional de Electricidad (ANDE), son entidades descentralizadas del sector. Son funciones de la primera, entre otras cosas: planear, estudiar, proyectar y construir nuevos puertos, instalaciones y accesos; estudiar, proyectar y construir obras relativas a la explotación de los ríos y canales navegables; efectuar levantamientos y estudios topográficos, geológicos, hidrológicos e hidrográficos de los ríos y arroyos del país.

La entidad cuenta con una unidad de estudios hidrológicos, pero no se han contemplado en el presupuesto los recursos necesarios para llevar a cabo las actividades pertinentes.

La ANDE aprovecha preferentemente los recursos naturales de la Nación como fuente de energía hidroeléctrica.

- La Entidad Binacional ITAIPU, institución binacional paraguayo-brasileña, creada en 1973, tiene por objeto: estudiar, proyectar, dirigir y ejecutar las obras hidroeléctricas, ponerlas en funcionamiento y explotarlas. Su fin específico es el aprovechamiento hidroeléctrico de los recursos hídricos del Río Paraná, pertenecientes en condominio a los dos países, inclusive desde el Salto del Guairá hasta la boca del Río Yguazú.
- La Entidad Binacional YACYRETA, institución binacional paraguayo-argentina, creada en 1973. Tiene por objeto: estudiar, proyectar, dirigir, ejecutar las obras, poner en funcionamiento y explotar el aprovechamiento hidroeléctrico, mejoramiento de las condiciones de navegabilidad del Río Paraná a la altura de la Isla Yacyretá y, eventualmente, la atenuación de los efectos depredadores de las inundaciones producidas por crecidas extraordinarias.

3.3 Usos y Demandas del agua

Como fuente principal de información acerca del uso de agua para abastecimiento público en la Región Oriental se utilizó la publicación Perfil Ambiental del Paraguay (Secretaría Técnica de Planificación, Rca. del Paraguay, 1985). En lo que se refiere al uso del agua para agricultura e industrias, prácticamente no se disponen de informaciones más detalladas.

La Política Nacional referente a servicios de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial a la población de grandes núcleos urbanos es ejecutada por la Corpora-

Los sistemas de abastecimiento de agua potable a distintas ciudades del interior en pleno funcionamiento son: Alberdi, San Lorenzo, San Bernardino, Mariano Roque Alonso, Encarnación, Pilar, San Juan Bautista de las Misiones, Fernando de la Mora, Luque, Concepción, Pedro Juan Caballero, Ciudad Presidente Stroessner, Caacupé. Está en fase final de habilitación, el sistema de abastecimiento de agua potable que servirá a las ciudades de Villarrica y Cnel. Oviedo. El sistema de agua para las ciudades de Paraguarí y Villa Hayes se halla terminado en un 70% y 80% respectivamente.

De acuerdo con los datos existentes se deduce que el 75.5% de la población total de la capital es atendida por CORPOSANA.

Siendo el consumo promedio actual de aproximadamente 240.000 m³ diarios, existe el plan de aumento de capacidad de producción y conducción de agua tratada a un total de 520.000 m³ diarios, durante el período de 1985 a 2008.

En el área de actuación de SENASA, de las cincuenta localidades que se beneficiarán con el abastecimiento de agua potable, nueve localidades cuentan ya con las obras concluidas y listas para operar, beneficiando a 79.000 habitantes en forma directa y posibilitando el acceso a otras 15.000 personas.

En la Región Occidental (Chaco), el uso del agua se da en forma local, generalmente a nivel de establecimientos o proyectos específicos. Solamente en las localidades de mayor concentración de población, tales como Mcal. Estigarribia y los centros principales de las Colonias Mennonitas, el uso de agua es poco más intenso.

Con el objetivo de obtener una idea de las demandas de agua potable destinados exclusivamente al abastecimiento de la población en el momento actual, se preparó un Resumen de la Distribución de Población y Sumario de Demandas Diarias (Tabla 3.1). Aunque muy teórico y algo simple el método de estimación adoptado, los resultados sirven para demostrar el orden de magnitud de las actuales demandas de agua potable.

4 - EL MAPA HIDROGEOLOGICO

En este capítulo, el Mapa Hidrogeológico del Paraguay, Escala 1:1 000 000, será descrito en todos sus aspectos, de la secuencia en tiempo y la metodología de los trabajos efectuados, de su leyenda y nomenclatura utilizada, las características sumariadas de las formaciones acuíferas, y los detalles de los acuíferos, así como su potencial explotable.

4.1 Cronología y Metodología de Trabajos Realizados

La elaboración del Mapa Hidrogeológico, comenzó a partir de la creación del Proyecto PAR 83/005, en Marzo de 1984.

En Agosto del mismo año, los servicios de recopilación de la bibliografía hidrogeológica y datos de pozos se iniciaron por intermedio de un técnico (Actividad 1 de la metodología: (véase abajo).

Los trabajos de elaboración del mapa Hidrogeológico, efectivamente cobraron impulso en el inicio de Marzo de 1985, al completarse el equipo ejecutivo constituido por: 1 Consultor Nacional en Hidrogeología; 1 Hidrogeólogo Nacional; 1 Consultor Internacional de Hidrogeología y 4 Geólogos - asistentes. Durante este período inicial se estableció el plan de trabajo y se dio inicio a la ejecución de las tareas estipuladas. La idea básica para su realización consistió en el análisis de los datos de hidrogeología subterránea y afines existentes, complementados por un relevamiento general de campo para verificación de estos datos. En aquellas regiones donde faltaban datos hidrogeológicos, la metodología seguida está basada en otros tipos de informaciones, en particular de orden geológico, así como las de fisiografía y de clima.

La metodología para la elaboración del Mapa Hidrogeológico consta de una secuencia de actividades que suelen ser aplicados en la realización de mapas especiales de tal naturaleza, y que son las siguientes:

- (1) Recopilación e inventario de la información: antecedentes de perforaciones, informes y documentos hidrogeológicos, cartográficos, geológicos, de hidrología superficial, de suelos, vegetación y demografía.
- (2) Sistematización y Normalización de la información: el contenido de las informaciones recopiladas se organizó en pla-

que facilitó su análisis e interpretación.

- (3) Interpretación preliminar de la información: Caracterización de las principales unidades geológicas del país basado en datos de pozos y otras informaciones disponibles.
- (4) Elaboración de un modelo hidrogeológico preliminar de las dos regiones del país (Paraguay Occidental y Oriental).
- (5) Relevamiento de campo: realización de viajes al campo de corta duración, con el objetivo de controlar y actualizar los datos de pozos seleccionados, así como para un mejor conocimiento de las diversas grandes unidades hidrogeológicas del país. Se efectuaron viajes en la Región Oriental y en la Región Occidental (Chaco).
- (6) Síntesis final de datos: comprende la interpretación detallada, correlación hidrogeológica, tratamiento estadístico y sumario de informaciones. El resultado es la determinación de zonas, indicándose: tipos de acuíferos, flujos subterráneos, calidad química de las aguas, características hidrogeológicas de las formaciones rocosas, áreas de surgencia y clases de productividad de los acuíferos. Constituyó la base para la elaboración del mapa Hidrogeológico.
- (7) Elaboración del Mapa Hidrogeológico. Confección de los cuatro documentos base que en conjunto componen el Mapa Hidrogeológico: a. Leyenda; b. Mapa principal; c. Mapas de encaje; y d. cortes hidrogeológicos esquemáticos:

En el intervalo de tiempo de Marzo hasta Diciembre de 1985, se realizó la mayor parte de las actividades (2), (3), (4) y (5) de la secuencia metodológica. Durante el período de Enero hasta el final de Julio de 1986, se terminó el resto de la secuencia, representado por las actividades (6) y (7).

En el mes de Mayo de 1986, se tomó la decisión de cambiar la Escala de 1:500 000 del Mapa Hidrogeológico a la de 1:1 000 000, teniendo en cuenta, principalmente, los problemas de orden geográfico que se presentaron en consecuencia de las bases topográficas disponibles utilizadas. Además, la totalidad de los datos hidrogeológicos existentes se adaptaron de mejor manera a la presentación conforme la última escala.

La finalización del Mapa Hidrogeológico del Paraguay, Escala 1:1 000 000, en forma de pre-impresión, se realizó a fines de Julio de 1986.

4.2 Leyenda y Nomenclatura utilizada

La leyenda se divide en dos partes: simbología hidrogeológica y Convenciones.

Simbología Hidrogeológica

Incluye tres grandes grupos que son:

- a. Acuíferos intergranulares: con importancia hidrogeológica relativa, variando de muy grande a reducida. Se agregan a este grupo las formaciones permeables por porosidad granular, que incluyen sedimentos no consolidados, semi consolidados y consolidados.

Se distinguen seis clases de formaciones acuíferas cada una con su respectiva convención. El grupo en su totalidad está indicado por el color azul. Solamente en un caso, se adoptó una combinación con otro color (marrón) para indicar una formación acuífera sobrepuesta a la principal, que se presenta en el Chaco Paraguayo: Qccs/Tco* sobrepuesta a Tco*, y TQcn/Kad* sobrepuesta a Kad*.

- b. Acuíferos fracturados, con importancia hidrogeológica relativa variando de mediana a reducida. En este grupo se encuentran las formaciones permeables por fisuras o fracturas, todas constituidas por rocas consolidadas. Cuatro Clases de formaciones acuíferas están distinguidas, cada una recibiendo su propia convención. El grupo está coloreado de verde.
- c. Formaciones sin acuíferos o con escasos recursos de agua subterránea dulce. Su importancia hidrogeológica relativa es, generalmente, reducida o muy reducida. Se distinguen en cinco clases de formaciones hidrogeológicas, respectivamente indicadas por una convención distinta.

El grupo en su totalidad es indicado con el color marrón. Sin embargo, con el objetivo de expresar las condiciones hidrogeológicas particulares en el Chaco Paraguayo, en dos casos se utilizó una combinación con otro color (azul): Qcce* y Qcp*.

Convenciones

Se dan símbolos a los elementos hidrogeológicos, hidroquímicos, de geografía e hidrología, y de potencial explotable de los acuíferos, en la conformación del mapa.

LEYENDA Y CONVENCIONES

ELEMENTO	SIMBOLO	COLOR						
4.2.1 GEOGRAFIA E HIDROLOGIA								
- Capital, Ciudad		gris						
- Localidad seleccionada	•	gris						
- Ruta	—	gris						
- Límite internacional	- - - -	gris						
- Curso de agua perenne		azul						
- Curso de agua intermitente		azul						
- Laguna		azul						
- Zona pantanosa o sujeta a inundación	- - - -	azul						
- Estación hidrométrica representativa con caudal medio anual (m ³ /s) y superficie de la cuenca de drenaje (1 000 Km ²)		azul						
4.2.2 GEOLOGIA								
- Contacto definido		negro						
- Contacto inferido	- - - -	negro						
- Falla definida	—	negro						
- Falla inferida	- - - -	negro						
- Pozo de exploración petrolífera indicando su profundidad (m) y perfil geológico, con espesor de las secuencias geológicas en metro	La Paz <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>T</td><td>1396</td></tr><tr><td>D</td><td>804</td></tr><tr><td>S</td><td>>10</td></tr></table>	T	1396	D	804	S	>10	negro
T	1396							
D	804							
S	>10							
4.2.3 HIDROGEOLOGIA								
- Pozo perforado	⊕	rojo						
- Pozo surgente	⊕	rojo						
- Pozo abandonado	⊗	rojo						
- Grupo de pozos	⊕	rojo						
- Datos de pozos:		rojo						
1. Acuífero captado*								
2. N° de orden*								
3. Profundidad - m								
4. Nivel estático - m								
5. Caudal específico - m ³ /h/m								
6. Resíduo fijo - mg/l	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>2</td><td>3;4</td></tr><tr><td>1</td><td>5;6</td></tr></table>	2	3;4	1	5;6			
2	3;4							
1	5;6							

ELEMENTO	SIMBOLO	COLOR
- Curva de nivel igual de agua - m		violeta
- Idem, hipotética		violeta
- Divisor de aguas subterráneas		violeta
- Dirección de flujo subterráneo		violeta
- Límite de área con surgencia		violeta

4.2.4 HIDROQUIMICA

- Curva de igual contenido de residuo		anaranjado
- Idem, hipotética fijo - mg/l		anaranjado

4.2.5 POTENCIAL EXPLOTABLE

- Muy elevada Caudal específico superior a 4 m ³ /h/m		sepia
- Mediana Caudal específico 1-4 m ³ /h/m		sepia
- Baja Caudal específico inferior a 1 m ³ /h/m		sepia
- Sin informaciones		

4.3 Sumario de formaciones acuíferas

Los acuíferos en el Paraguay están sub divididos en los siguientes grupos principales:

- Acuíferos regionales de gran extensión;
- Acuíferos regionales de extensión restringida;
- Acuíferos locales.

Los parámetros y variables de los acuíferos están usados en análisis estadísticos para obtener conocimiento sobre las medias y variaciones de los mismos en cada acuífero. Los resultados (véase Tabla 4.1) sirven solamente como una primera indicación, por ejemplo, en el caso de los espesores de acuíferos extendidos, como el del Chaco Oeste, pueden variar considerablemente de Oeste hacia el Este.

Tabla 4.2 presenta las características hidroquímicas de las formaciones acuíferas, indicando el agua típica para cada acuífero. En los casos de Chaco Oeste y Paleocauces se pueden observar dos

TABLA 4 -1 CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LAS FORMACIONES ACUIFERAS

- REGION ORIENTAL -																				
ACUIFERO	PROFUNDIDAD (m)					CAUDAL (m ³ /h)					CAUDAL ESPECIFICO (m ³ /h/m)				Nivel Estático medio m.a.s.	ESPESOR (m)			K m/d	T m ² /d
	media	mín.	max.	n	% < \bar{p}	media	mín.	max.	n	% < \bar{p}	media	mín.	max.	n		media	mín.	max.		
CUATERNARIO (Q)		0	20				1	5												
MISIONES (Jm)	115	32	200	39	35,9	22,4	1,8	80,0	34		1,15	0,2	4,31	32	15,9	28	7	91	1,7	38,7
CAACUPE (Sc)	97	20	318	55	49,1	18,3	0,8	90,0	51		0,82	0,03	3,00	47	13,8					
PATIÑO (Kp)	109	30	250	158		13,3	1,2	72,0	147		0,76	0,04	3,30	139	12,7	78	12	195	0,4	25,1
INDEPENDENCIA (P1)	108	45	196	47	53,2	10,8	2,5	40,0	42		0,48	0,07	1,80	37	19,6	63	17	110	0,3	16,1
CNEL. OVIEDO (Coo)	97	42	146	25	32,0	7,6	1,2	25,0	23		0,37	0,06	1,70	16	10,7	25	5	70	0,5	12,4
ITACURUBI (S1)																				
ACARAY (Ka)							5	10												
BASALTO (Kb)	134,8	19,0	398,9	35	51,4	18,2	0,50	96,7	28		1,48	0,003	9,3		19,2	FISURAS				
ITAPUCUMI (E1)																				
PRECAMBRICO (Pe)	97,4	33,0	254,8	7	57,1	3,5	0,40	7,2	6		0,98	0,002	4,0	5	8,0	FISURAS				

- REGION OCCIDENTAL -																				
ACUIFERO	PROFUNDIDAD (m)					CAUDAL (m ³ /h)					CAUDAL ESPECIFICO (m ³ /h/m)				NIVEL ESTÁTICO MEDIO m.a.s.	ESPESOR (m)			K m/d	T m ² /d
	media	mín.	max.	n	% < \bar{p}	media	mín.	max.	n	% < \bar{p}	media	mín.	max.	n		media	mín.	max.		
CHACO DESTE (Tco)	157	57	308	98	53	14,6	0,5	45,5	82	66	1,6	0,2	3,7	44	14-49	21	6	84	2,6	55
CHACO CENTRO SUR (Qccs)	26	10	52	43	60	8,0	0,1	24,0	15	60	2,9	0,6	5,0	9	1,5-24	9	1	36	-	-
CHACO PALEOCAUCES (Qcp)	17	8	42	78	68	6,2	0,5	24,0	19	63	1,8	0,3	4,7	25	3-17	5	1	17	-	-

n = Número de pozos

% < \bar{p} = porcentaje de pozos inferior a la media

m.a.s. = metros abajo de la superficie

K = Permeabilidad

T = Transmisividad

medis de valores calculados a partir del caudal especifico

TABLA 4.2 - CARACTERISTICAS HIDROQUINICAS DE LAS FORMACIONES ACUIFERAS

ACUIFEROS	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Total	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Total	Residuo Fijo	C.E.	pH	S.A.R.	Alc.
Cuaternario (Q)	16	17	15	-	1,03	9	2	9	2	1,06	77	105	-	0,72	-
Chaco Oeste (Tco)	79	24	35	-	2,77	49	1	13	2	2,97	219	292	-	3,35	-
Chaco Oeste (Tco)	170	987	1498	-	65,48	1111	15	184	90	65,26	4115	5000	-	16,77	-
Adrian Jara (Kaj)	16	23	46	-	2,03	25	9	8	6	2,03	122	150	-	1,68	-
Misiones (Jm)	9,4	0,0	1,6	4,05	0,25	1,0	0,9	1,6	1,0	0,22	24	-	5,69	-	7,7
Patiño (Kp)	6,9	0,8	3,7	16,2	0,50	2,8	3,3	6,4	2,4	0,72	33	-	5,49	-	5,7
Agua Dulce (Kad)	119	53	37	-	4,15	7,3	-	9	2	3,79	302	420	-	5,74	-
Caacupé (Sc)	43,9	6,3	18,0	4,1	1,4	5,5	15,2	4,0	3,4	1,1	81	-	5,67	-	36,0
Paleocauces (Qcp)	61	4	32	-	1,97	5	7	20	10	2,19	139	150	7,10	0,22	-
Paleocauces (Qcp)	195	2687	565	-	72,89	747	17	634	103	72,99	5915	7200	7,3	7,26	-
Mesocauces (Qccs)	71	24	22	-	2,27	29	-	20	13	3,31	183	225	-	1,14	-
Basalto (Kb)	81,2	2,0	5,4	-	1,52	3,6	-	31,0	9,0	2,45	92	-	7,3	-	-

Todos los análisis en mg/l excepto:

Total : meq/l C.E. (Conductividad Eléctrica) : mho/cm

Alc. (Alcalinidad) : mg CaCO₃/l

S.A.R. = Relación de Adsorción de Sodio

- = no analizado

variabilidad de salinidad que existe en estos acuíferos.

Serán descriptos más adelante en forma sumariada y acompañados con perfiles detallados, los acuíferos pertenecientes a estos grupos principales.

Las formaciones Dsa*, TQcn* y Rocas Intrusivas (Λ) no son considerados como acuíferos y por ello no son descriptos dentro del sumario de formaciones acuíferas.

Acuíferos Regionales de Gran Extensión

- (a) con importancia para obtener agua subterránea dulce. Incluyen los acuíferos CUATERNARIO (Q), CHACO OESTE (Tco*), ADRIAN JARA (kaj*) y MISIONES (Jm).
- (b) Sin importancia por contener agua subterránea salada. Constituido por el acuífero CHACO ESTE (TQce*).

(a) CUATERNARIO - Acuíferos de los ríos principales (Q). Fajas de sedimentos arcillosos y aluviales acompañan los ríos principales del país constituyendo diversos acuíferos. Una de las más importantes pertenece al Río Paraguay que se extiende casi ininterrumpidamente a lo largo de 1 250 Km del mismo y, a veces, con algunos kilómetros de ancho. Sin embargo, los sedimentos del Río Paraguay que se encuentran situados en el límite oriental del Chaco, suelen contener agua mineralizada (salobre). Por lo tanto estos sedimentos están excluidos de las consideraciones de la categoría de acuífero CUATERNARIO, restando solamente los que se presentan aproximadamente poco más al Sur de la Capital, Asunción.

Hasta ahora el acuífero ha sido desarrollado localmente, en su mayoría por pozos. La calidad del agua es generalmente buena, pero siempre será necesario un control sanitario, en vista de la contaminación potencial del acuífero.

CHACO OESTE - Acuífero del Chaco Occidental del Período terciario (Tco*) - Figura 4.1 - 4.3, es parte de la inmensa Cuenca del Chaco, que incluye regiones de Argentina, Bolivia y Paraguay. Comprende 1 000 a 2 000 metros de espesor de depósitos de arena fina arcillosa en las cuales pueden encontrarse carbonatos, yeso y anhidrita diseminados. Aunque se extiende a lo largo de todo el Paraguay occidental, actualmente, agua subterránea dulce en gran extensión se ha encontrado solamente en los extremos de la zona noroccidental y

vagamente definido de agua salada delinea los bordes extremos donde se puede encontrar agua dulce en profundidad. El agua es extraída de pozos de 80 a 230 m de profundidad. El caudal medio es de $15 \text{ m}^3/\text{h}$ y el caudal específico medio de $1,6 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$.

La recarga del acuífero posiblemente se produzca por infiltración directa de la precipitación y de los ríos en territorio boliviano, especialmente a lo largo de una faja de piedemonte de 15 a 20 Km. de ancho que corre paralela a los bordes montañosos sub-Andinos, lo cual se muestra claramente en el Mapa Hidrogeológico Boliviano, escala 1:1 000 000 (en fase de elaboración).

ADRIAN JARA - Acuífero del Chaco Norte del Período Cretácico (Kaj*). El Acuífero está localizado en el extremo Noroeste del Chaco y forma parte de la Sub Cuenca de Curupayty. Está compuesto de areniscas masivas y mal seleccionadas, teniendo un espesor máximo de 300 m.. Representa un acuífero regional, con niveles de agua libre a confinada, cuya importancia es evidente en el Mapa Hidrogeológico de Bolivia, Escala 1:1 000 000 (versión preliminar). Los datos acerca de pozos son aún muy escasos y están basados en el pozo de la Base Aérea Adrián Jara, con caudal original de $36 \text{ m}^3/\text{h}$ y agua de buena calidad, asimismo en otros dos pozos que tuvieron resultados positivos.

MISIONES - Acuífero del período Jurásico (Jm) - Figura 4.4(a) y (b). Es el acuífero más importante del Paraguay, ocupa 37.395 Km^2 en la Región Oriental, aproximadamente 17% del área total. Solamente esta parte del acuífero está expuesta, compuesto predominantemente de areniscas eólicas fina a media, de 200 a 300 m. de espesor. El resto del acuífero está cubierto por derrames basálticos de la Formación Alto Paraná hasta el Estado de Minas Gerais, en Brasil (acuífero Botucatú). Las partes confinadas del acuífero se presume que están saturadas y probablemente contribuyen al flujo de base de los ríos que lo atraviesan. Los pozos perforados para sistemas dispersos de abastecimiento en la sección expuesta del acuífero, dan información sobre la dirección del flujo del agua subterránea. Hata ahora, no se han perforado pozos en el área confinada y oriental del acuífero, pero pueden esperarse caudales de 100 a $1\ 000 \text{ m}^3/\text{h}$, con tem-

(b) CHACO ESTE (TQce*) - Acuífero del Chaco Oriental. Alternancia de arenas finas limosas, limos y arcillas con intercalaciones delgadas de yeso y carbonatos; su espesor puede alcanzar centenas de metros. Ausencia de agua subterránea dulce en cantidades significativas. Es continuación hacia el Centro y Este del acuífero CHACO OESTE (Tco*).

Acuíferos regionales de Extensión Restringida, por su patrón geométrico natural.

En esta categoría pueden ser incluidos los acuíferos PATIÑO (Kp), AGUA DULCE (kad*) y CAACUPE (Sc).

PATIÑO - Acuífero del período Cretácico (Kp) -Figura 4.5. El acuífero está constituido por areniscas friables, fina a media, generalmente con intercalaciones de arcilla y conglomerados. Es un acuífero de extensión restringida, cuyo espesor se presenta en el orden de algunas centenas de metros. Su permeabilidad es muy variable. En el acuífero predominan condiciones hidráulicas libres, aunque a veces se presentan condiciones de artesianismo con surgencia. Los caudales de pozos son de 13 m³/h y los caudales específicos de 0.8 m³/h/m promedio. El agua es generalmente de buena calidad química.

AGUA DULCE - Acuífero del Chaco Norte del período Cretácico (Kad*). El acuífero se encuentra en el Chaco Norte y está compuesto por arenisca friable, fina a media, del Cretácico. Está confinado por una capa espesa (varias decenas de metros) de arcilla plástica, a veces semiconsolidada, del Terciario. Se lo califica como acuífero regional restringido y se lo evalúa con gran potencial hidrogeológico, aún prácticamente inexplorado. Existen en el área de Agua Dulce condiciones de artesianismo con surgencia. El pozo perforado en el área presenta un caudal de bombeo de 18 m³/h y el agua es apta para abastecimiento, aún con algunas restricciones para riego.

CAACUPE - Acuífero del Período Silúrico (Sc) - Figura 4.6-4.7. El acuífero Caacupé es hoy uno de los acuíferos más desarrollados en el densamente poblado Departamento Central. Tiene una extensión relativamente restringida de 1.395 Km², y está compuesto en su mayoría por areniscas de granulometría media a gruesa con un conglomerado de base. El espesor del acuífero se estima en 300 m.. De un número de 50 pozos con

variar a salobre en relativamente cortas distancias, aparentemente debido a movimientos tectónicos verticales ocurridos, que tienen como consecuencia condiciones de agua sin flujo o casi sin él en ciertas secciones del área.

Acuíferos locales, con dimensiones muy limitadas o con circulación restringida a líneas o puntos esporádicos y con bajos caudales, siendo solamente aprovechable para demandas locales.

En esta categoría se incluyen:

- (1) Acuíferos de extensión muy limitada, como los lentes en formaciones sedimentarias y los bolsones de agua dulce en contrados en los depósitos de las distintas generaciones de cauces en el Chaco.
- (2) Acuíferos muy restringidos, cuya existencia está relacionada a las fallas, fisuras y fracturas en rocas masivas como basaltos y gneises, así como en rocas carbonatadas (calizas). La circulación del agua está limitada a esta red de aperturas secundarias.

A este grupo pertenecen las formaciones geológicas, 10 en total, cada una con alguna posibilidad de explotación de agua subterránea aún a nivel muy modesto: PALEOCAUCES (Qcp*), MESOCAUCES (Qccs*), ACARAY (Ka), BASALTO (Kb), INDEPENDENCIA (Pi), CNEL. OVIEDO (Cco), PALMAR DE LAS ISLAS (Cpi*), ITACURUBI (Si), ITAPUCUMI (Ei), y BASAMENTO CRISTALINO (PE).

PALEOCAUCES - Acuífero del Chaco Central del Período Cuaternario (Qcp*) - Figura 4.8. Los PALEOCAUCES se encuentran en el relleno aluvial de viejos cauces en el Chaco Central, a profundidades de 2 a 10 m. La calidad del agua varía ampliamente de dulce a salobre, y está íntimamente relacionada a las condiciones de infiltración topográficamente controladas. Los caudales de los pozos son pequeños y satisfacen necesidades domésticas. La práctica de recarga artificial indica posibilidades razonables de desarrollo de los acuíferos a través del almacenamiento.

MESOCAUCES - Acuífero del Chaco Central y Sur del Período Cuaternario (Qccs*) - Figura 4.9 - 4.10. Los sedimentos en MESOCAUCES están situados en el Chaco Central y Sur, formados en antiguos cauces de una generación de ríos y arroyos más jóvenes que los PALEOCAUCES colmatados (véase: el anterior).

moderada, y los caudales de los pozos se presentan con un valor de $8 \text{ m}^3/\text{h}$ promedio. El agua dulce se encuentra en forma de pequeños bolsones en ambiente de agua salobre y salada, y proviene de la infiltración directa de la precipitación local, a veces combinada con aportes de flujos superficiales.

ACARAY - Acuífero del Período Cretácico (Ka). Depósitos de areniscas finas, se encuentran distribuidas irregularmente en el Paraguay Oriental sobre la Formación Basáltica. Su espesor es del orden de los 10 m. Hasta ahora se sabe muy poco sobre sus propiedades de almacenamiento de agua subterránea, pero su potencial para el desarrollo parece ser relativamente bajo, teniendo en cuenta sus datos geométricos reducidos.

BASALTO - Acuífero del Período Cretácico (Kb)-Figura 4.11. Coladas de basalto se exponen alrededor de $27\,340 \text{ Km}^2$, sólo áreas menores están cubiertas por otras Formaciones (Acaray). La profundidad media de los pozos captando el acuífero es de 100 m. Los caudales medios están en el orden de $18 \text{ m}^3/\text{h}$ y los caudales específicos medios $1.5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. Generalmente, la red de fallas y fisuras está cerrada a gran profundidad (cerca de 250 m.). Además de la recarga por precipitación, las líneas de falla son recargadas también, y/o drenadas por los ríos.

INDEPENDENCIA - Acuífero del Período Pérmico (Pi)- Figura 4.12. El grupo Independencia que se compone de un conjunto de formaciones geológicas, es predominantemente arenoso, de granulometría fina a gruesa, pero alternando con secuencias de areniscas y siltitas. En la superficie abarca un área de 13.768 Km^2 , y el resto se encuentra bajo el extenso acuífero Misiones. Los caudales medios están en el orden de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ y el caudal específico medio es de $0.5 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$. La calidad química del agua es buena.

CNEL. OVIEDO - Acuífero del Período Carbonífero (Cco) - Figura 4.13. Las areniscas de Cnel. OVIEDO, son depósitos de glaciación continental, el ciclo completo de sedimentación glacial está compuesto por tillitas, areniscas, lutitas y varvitas y tiene aproximadamente 600 m. de espesor. El área superficial es de 15.628 Km^2 . La heterogeneidad de sus se-

7.6 m³/h) y caudales específicos (promedio de 0.37 m³/h/m). Aunque normalmente contienen agua de buena calidad, a veces se encuentra agua con mayor mineralización; el deterioro de la calidad del agua se debe al confinamiento de lentes de areniscas dentro de masas de lutitas, donde la infiltración profunda es reducida y el flujo es preferencialmente lateral.

PALMAR DE LAS ISLAS - Acuífero del Chaco Norte del Período Carbonífero (Cpi*). El acuífero está ubicado en el Chaco Norte y está constituido por dos formaciones: (1) Fm. San José y (2) Fm. Cabrera. La primera forma parte de la Sub-Cuenca de Curupayty y la segunda de la Sub Cuenca de Carandayty. La Formación San José está compuesta por areniscas, conglomerados y diamictitas. Sus características acuíferas dominantes varían bastante de acuerdo con su ubicación geográfica: en el lado Oeste, en el contacto discordante con con la Formación Silúrica, la permeabilidad se produce por fisuras y fracturas, mientras que al Este la permeabilidad es por porosidad granular. Un pozo en el área presentó un caudal original de 18 m³/h.

La Formación Cabrera está constituida por areniscas, areniscas finas micáceas y diamictitas. Las características hidrogeológicas son aún muy poco conocidas. Se dispone de la información de un pozo perforado en el área, indicando resultados favorables.

ITACURUBI - Acuífero del período Silúrico (Si) - Figura 4.7 El grupo ITACURUBI está formado por la secuencia de tres formaciones, de las cuales la del medio consiste en depósitos predominantemente arcillosos que es prácticamente impermeable. La arenisca fina media de las otras formaciones produce solamente bajos caudales.

ITAPUCUMI - Acuífero del período Cámbrico (Ei). Las calizas de ITAPUCUMI se encuentran en el extremo Norte del Paraguay Oriental con un área superficial de 1.070 Km². Las estimaciones de su espesor oscilan alrededor de centenas de metros. Como el acuífero de caliza tiene una porosidad secundaria que se deriva de su sistema de fisuras o fracturas, estas pueden ser alargadas o aumentadas por el proceso de disolución química (alteración). El acuífero aún no está explotado. Generalmente, las aguas de esta clase de rocas son

BASAMENTO CRISTALINO - Acuífero de la Era Pre Cámbrica (PE) - Figura 4.14. El basamento del Pre Cámbrico compuesto de rocas ígneas (granito) y metamórficas (esquistos, cuarcitas, gneiss, etc.) es prácticamente impermeable, pero el agua circula por zonas fracturadas o profundidades de hasta 100 m aproximadamente. Los caudales de los pozos son muy bajos (caudal medio de $3.5 \text{ m}^3/\text{h}$) y caudal específico de $1 \text{ m}^3/\text{h/m}$. La calidad del agua generalmente es buena.

4.4 El Potencial Explotable de los Acuíferos

La indicación de potencial explotable en las distintas zonas acuíferas del país (Figura 4.15), se realiza mediante la interpretación de los caudales específicos de los pozos perforados en las mismas. Aunque sabiendo que otros factores, tales como el diámetro de perforación, colocación de filtros, tipos de desarrollo del pozo, etc., intervienen también, se considera, en primera aproximación, que la capacidad de la zona acuífera corresponde al promedio de los caudales específicos de los pozos disponibles en esta zona. Además, en el presente caso, como se dispone solamente de pozos incompletos, que no atraviesan la totalidad de la formación acuífera, se debe también suponer que la zona no investigada del acuífero tiene las mismas características hidráulicas que la parte perforada.

Región Oriental: aunque existe escasez de datos disponibles, los valores registrados pueden agruparse en:

- Elevados (superior a $4 \text{ m}^3/\text{h/m}$) para el Sur del Dpto. de Misiones y en el Centro-Este del Dpto. de Itapúa;
- Medianos (de 1 a $4 \text{ m}^3/\text{h/m}$), al NorEste (zona Amambay), Norte (zona de Concepción), Centro-Este (zona de Caaguazú), Sur-Sureste (zona de Itapúa), en el Dpto. Central, y parte de los Dptos. Cordillera, Paraguarí y Misiones;
- Bajos (inferiores a $1 \text{ m}^3/\text{h/m}$) al Norte, Centro, Centro Sur y Este de la Región Oriental.

De las demás zonas no se posee informaciones.

Región Occidental: Los datos disponibles de la Región Occidental son igualmente muy escasos. Sin embargo, los valores medios permiten distinguir los siguientes grupos:

- Medianos (de 1 a $4 \text{ m}^3/\text{h/m}$) en el lado Oeste de los Dptos. de Boquerón y Nueva Asunción, así como en el extremo Norte;
- Bajos (inferiores a $1 \text{ m}^3/\text{h/m}$) en el centro de los Dptos. de Boquerón y Nueva Asunción.

Fig. 4.1 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CHAÑO DESTE

Gral. Eugenio A. Garey
 Dpto. Nueva Asunción
 Prop.: 6A Div. Infantería

Long.: 62° 08' 24"
 Lat.: 20° 31' 05"
 Cotes: 361 m

Mayo 1981
 Nº Original: MD-128
 Nº de Inventario: 413

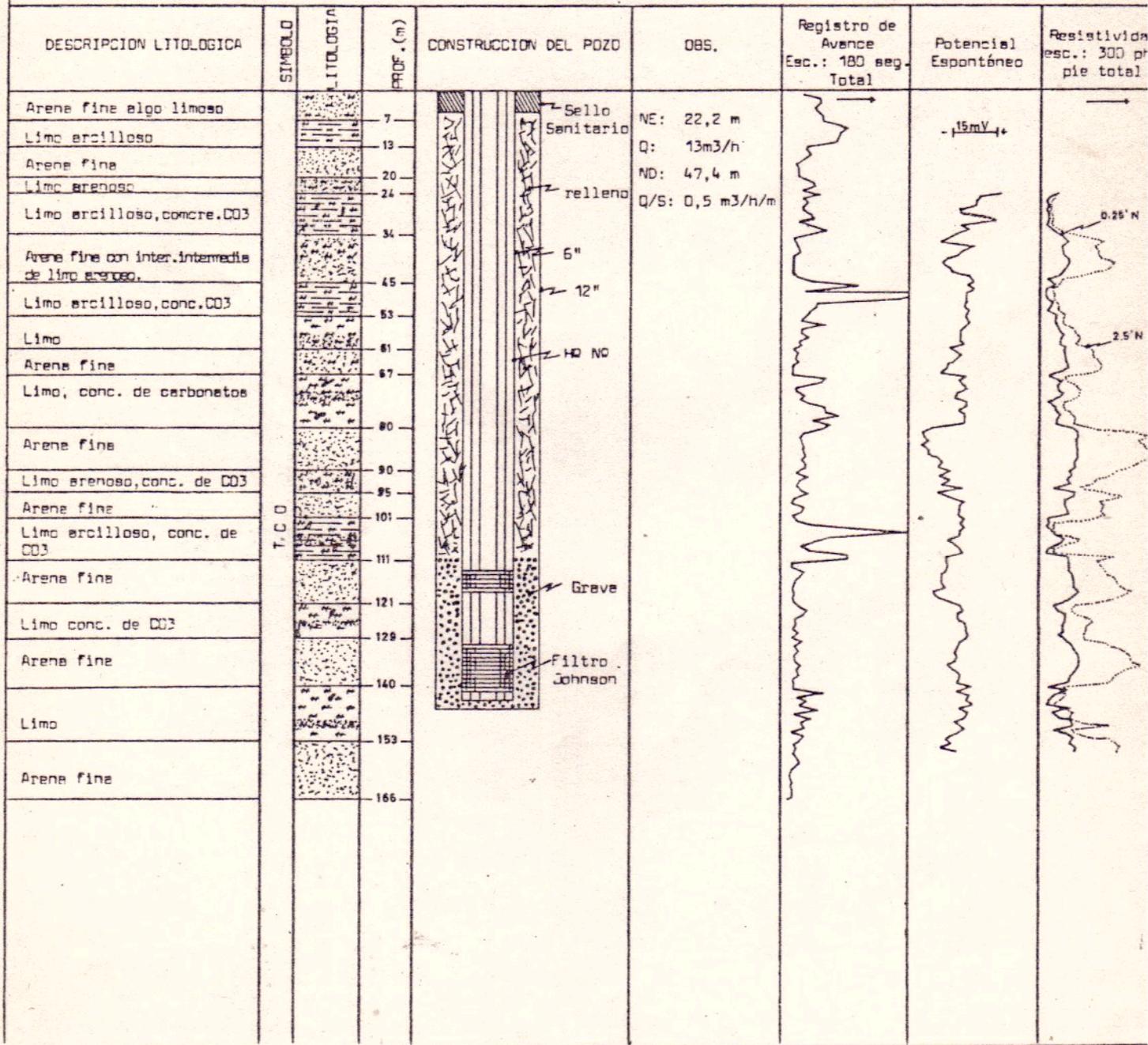
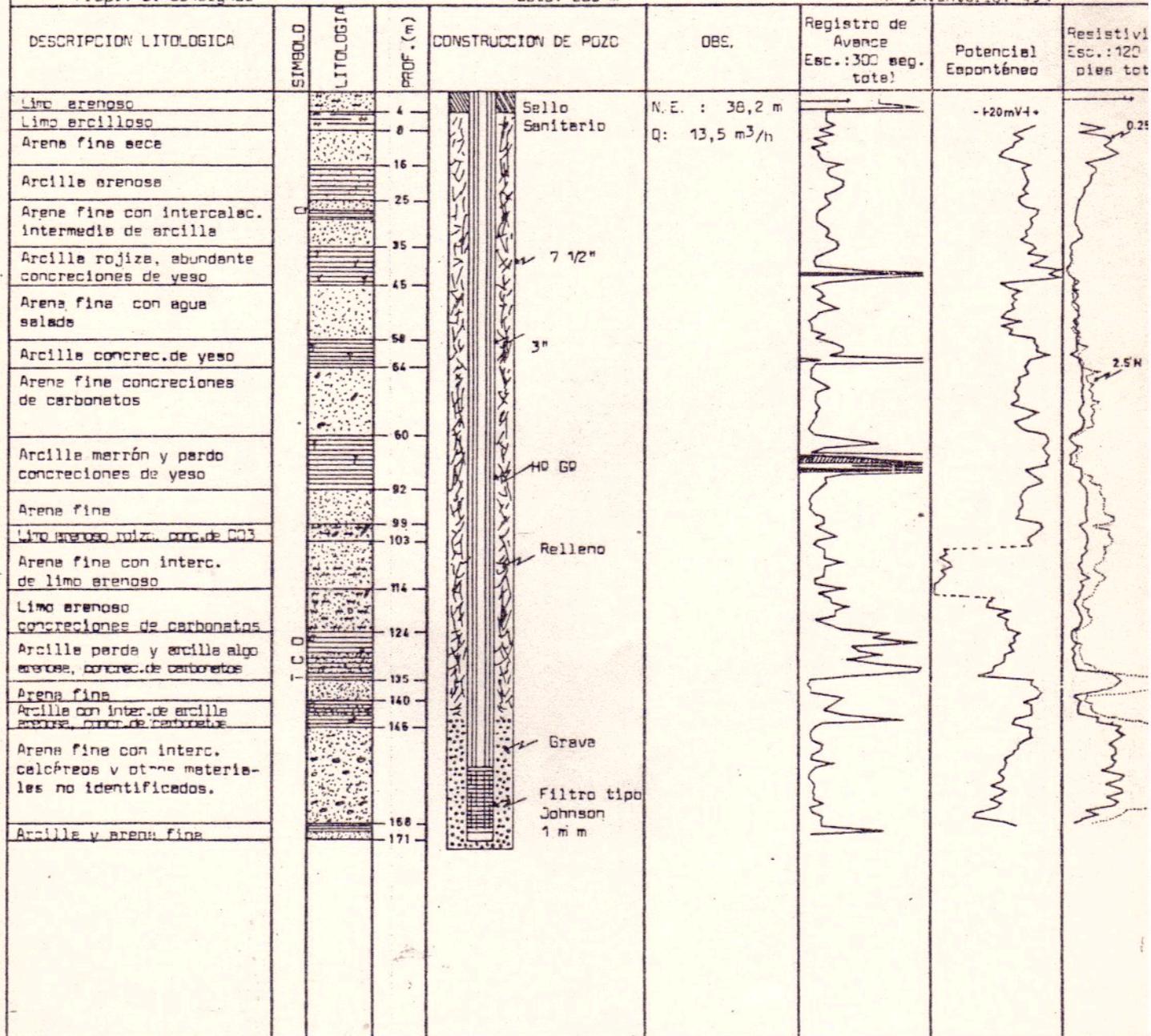


Fig. 4.2 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CHACO DESTE

Km 658 Transchaco
 Dpto. Nueva Asunción
 Prop.: J. Consignol

Long.: 61° 41' 34"
 Lat.: 21° 11' 13"
 Cote: 260 m

Julio 1984
 NO original: MDN-157
 NO Inventario: 434



PROYECTO PAR 83/005

MDN-NNUU

MAPA HIDROGEOLOGICO

Fig. 4.3 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CHACO DESTE

Campo Jurado
Dpto. de Roquerón
Prop.: 7a Div. de Infantería

Long.: 61° 40'
Lat.: 22° 39'
Cota: -

Septiembre 1984
Nº Original MD-142
Nº de Inventario: 490

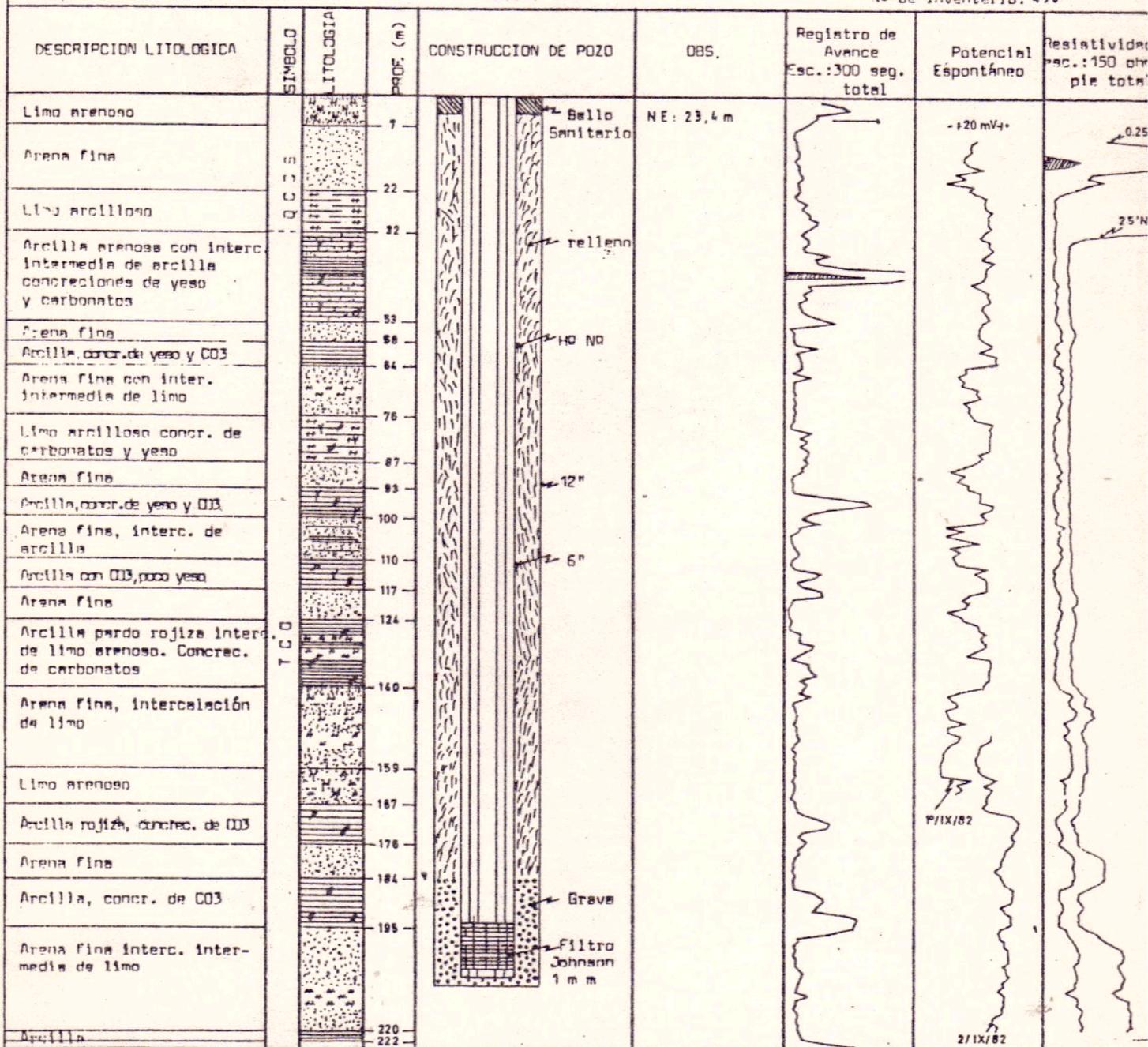


Fig. 4.4(a) PERFIL TIPO DEL ACUIFERO MISIONES

Caaguazú

Lat.: 25° 29'

Julio 1979

Dpto. Caaguazú

Long.: 56° 52'

Nº Origen: SE 3

Prop. Comunidad

Cota: 324 m.

Nº Inventario: 76

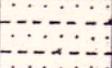
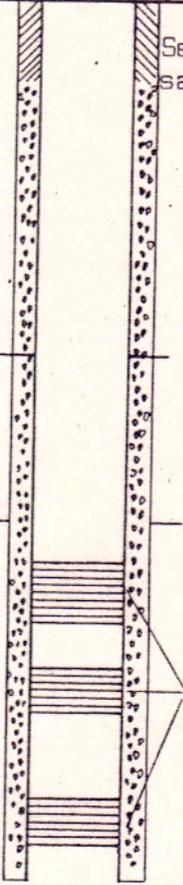
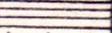
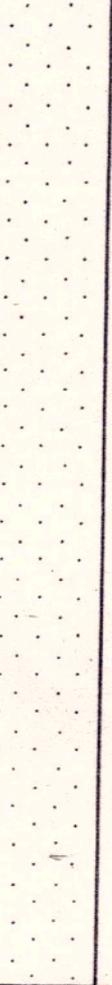
DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF. (m)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
Arena arcillosa color rojiza			10.50	 <p>Sello sanitario</p> <p>6"</p> <p>RANURA CONTINUA</p>	<p>NE= 10.60 m</p> <p>ND= 21.12 m</p> <p>s= 10.52 m</p> <p>Q= 30.0 m³/h</p> <p>Q/s= 2.85 m³/h/m</p>
Arcilla roja			13.0		
Arenisca cuarzosa de grano fino a medio, color rojo, poco cementado	Im		146.0		

Fig. 4.4(b) PERFIL TIPO DEL ACUIFERO MISIONES (INTERTRAPP)

Ayolas

Lat.: 27° 24'

Diciembre 1984

Dpto. Misiones

Long.: 56° 52'

Nº de origen: OC 0780

Prop. Hotel Turismo

Cota: 75 m

Nº de inventario: 400

DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF. (m)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
Arena			7,0		NE= 12.30m ND= 14.04 m s= 1.74 m Q= 7.50 m ³ /h Q/s=4.31 m ³ /h/m
Arena arcillosa			20,0		
Conglomerado			22,0		
Basalto			24,0		
Arenisca friable, arcillosa			26,0		
Basalto			31,0		
Arenisca friable			32,0		
Basalto			42,0		
Arenisca			45,0		
Basalto			52,0		
Cuacita			55,0		
Arenisca			67,0		
Arenisca			74,0		
Arenisca friable			100,0		

Fig. 4.5 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO PATIÑO

Areguá Lat.: 25º 19' Mayo 1980
 Dpto. Central Long.: 57º 23' Nº Origen: SE 1.II
 Prop. Comunidad Cota 100 m. Nº Inventario: 180

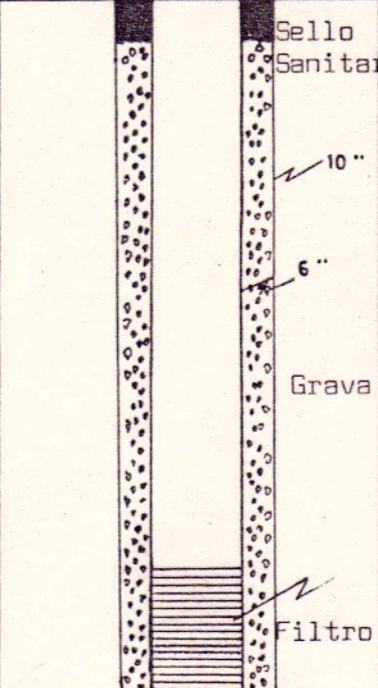
DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF. (m)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
<p>Suelo sin descripción</p> <p>Arenisca cuarzosa de granos fino a medio bien redondeados poco compacta, con cantos de cuarzo y cuarcitas</p>			<p>4.30</p> <p>92.0</p>	 <p>Sello Sanitario</p> <p>10"</p> <p>6"</p> <p>Grava</p> <p>Filtro</p>	<p>NE = 24.89 m</p> <p>ND = 84.89 m</p> <p>s = 60.00 m</p> <p>Q = 10.00m³/h</p> <p>Q/s = 0.17m³/h/m</p>

Fig. 4.6 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CAACUPE

Quiindy

Lat.: 25° 68'

Noviembre 1981

Dpto. Paraguari

Long.: 57° 14'

Nº Origen: CI 217

Prop. Comunidad

Cota 180 m

Nº Inventario: 313

DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF. (m)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
Suelo sin descripción			4.0		NE- Surgente ND= 25.00 m Q = 22.50 Q/s=0.90 m ³ /h/m
Arenisca cuarzosa de grano fino a medio poco cementado	SC		12.0		
Conglomerado	SC		77.0		
Granito	PE		79.0		

Fig. 4.7 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO ITACURUBI - CAACUPE

Isla Pucú

Lat.: 25º 19'

Enero 1981

Dpto. Cordillera

Long.: 56º 54'

Nº Origen: SE 2

Prop. Comunidad

Cota: 117 m

Nº Inventario: 101

DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF (m)	CONSTRUCCION DE POZO	OBS
Suelo sin descripción	Q		5,0		NE= 1.55 m ND= 50.00 m s= 48.45 m. Q=45.00 m Q/s=0.93 m ³ /h/m
Arenisca limosa color gris oscuro moderadamente dura	Si		112,0		
Arenisca cuarzosa de grano medio a grueso, color blanco granos redondeados a subredondeados, friable	Sc		129,0		

Fig. 4.8

PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CHACO PALEOCAUCE

Campo Aroma
Dpto. Boquerón
Col. Fernheim

Long.: 60° 04' 32"

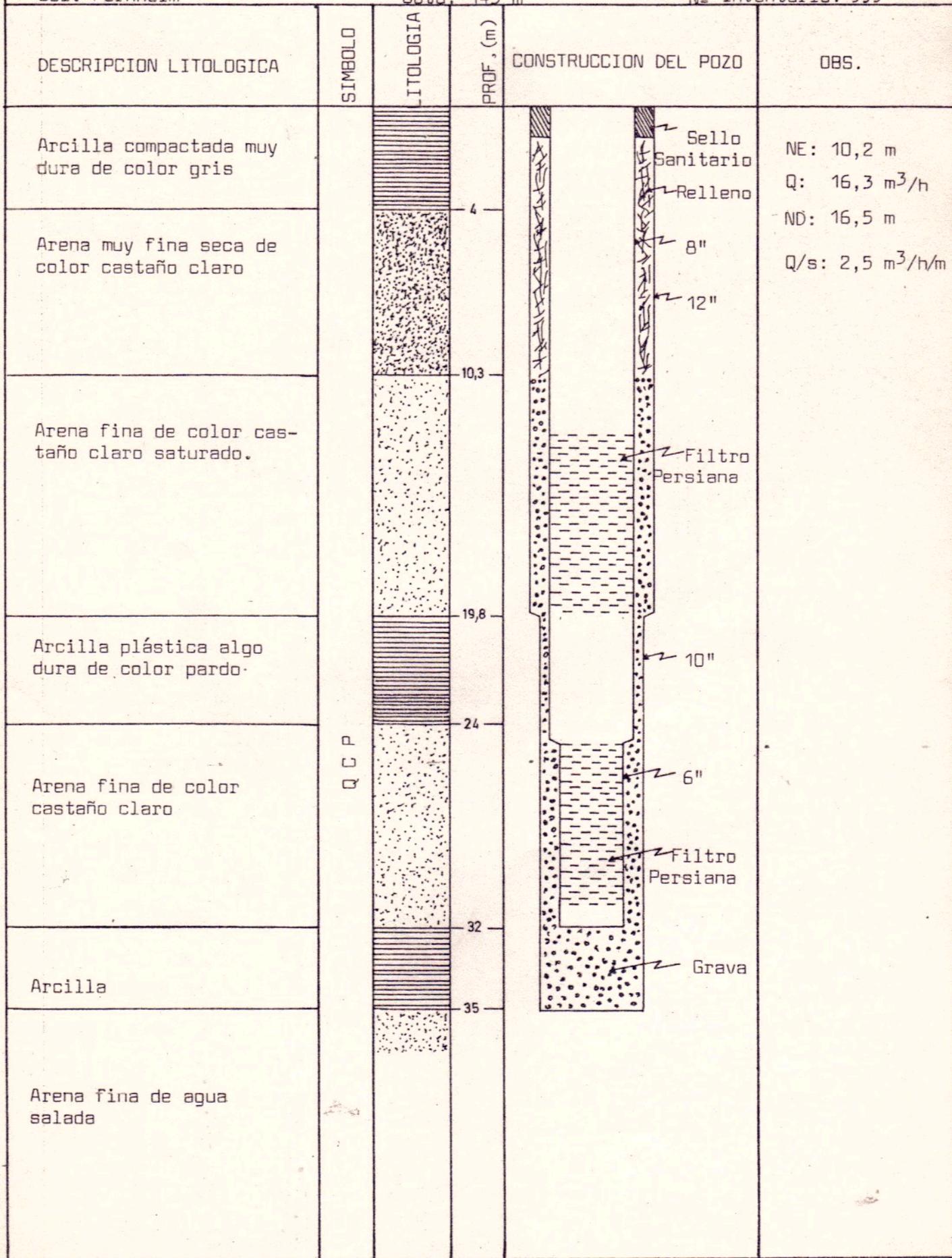
Abril 1973

Lat.: 22° 10' 57"

Nº Original: NU-26 A

Cota: 145 m

Nº Inventario: 555



NE: 10,2 m
Q: 16,3 m³/h
ND: 16,5 m
Q/s: 2,5 m³/h/m

Fig. 4.9 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CHACO CENTRO-SUR

Puesto Santo Domingo
 Dpto. Nueva Asunción
 Prog.: Tobas-Maskov

Long.: 59° 37'
 Lat.: 21° 63'

Febrero 1981
 Nº Original: MD-118c
 Nº Inventario: 510

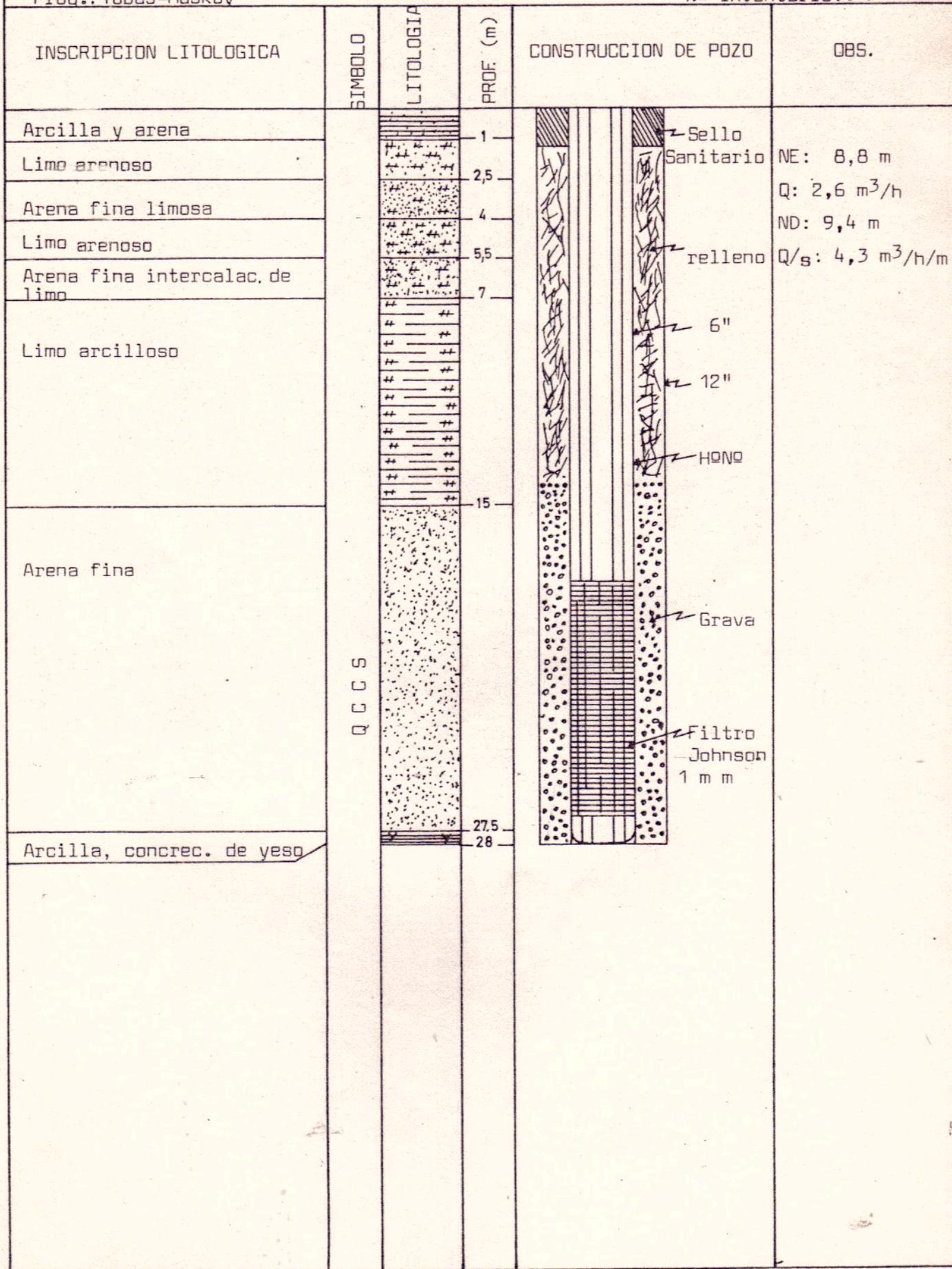


Fig. 4.10 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CHACO CENTRO - SUR

Pozo Moreno
Dpto. Boquerón
Prop.: Ferrer

Long.: 61º 22'
Lat.: 23º 18'
Cota:

Marzo 1980
Nº Original: MDN-116 b
Nº Inventario 546

DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF. (M)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS.
Arcilla	Q C C S				NE: 13,6 m
Limo			2,5	Relleno	
Limo arenoso			3,5	Hº Gº	
Limo arcilloso			4,5	5"	
Limo			5,5	4"	
Arena fina			7	Arena fina	
Arena fina con interc. de limo			10	Estabilizador	
Arena fina			11,5	Filtro Malla con Tubo base	
Limo			19,8		

Fig. 4.11 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO ALTO PARANA (BASALTO)

Pedro Juan Caballero

Lat.: 22°33'

Agosto 1976

Dpto. Amambay

Long. 55° 44'

Nº Original CO 4

Prop. Corposana

Cota 646 m.

Nº Inventario: 1

DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF (m)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
Suelo arcilloso marrón			3.0		NE= 8.23 m.
Basalto alterado	kb		16.0 18.0		ND= 21.60 m
Basalto, presencia de cal ₂	kb		33.0		Q= 91.9 m ³ /h/m
Basalto compacto			43.0		Q/s=6.87 m ³ /h/m
Basalto	kb		71.0		Entradas de Agua
Basalto, presencia CaCO ₃	kb		75.0		71.00 m
Basalto	kb		103.0		140.000 m
Basalto, presencia CaCO ₃	kb		108.0		
Basalto compacto	kb		150.50		

Fig. 4.12 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO INDEPENDENCIA

Lima

Lat.: 23° 52'

Mayo 1982

Dpto. San Pedro

Long.: 56° 29'

No Original: SE 1

Prop. Comunidad

Cota: 153 m

No. Inventario: 20

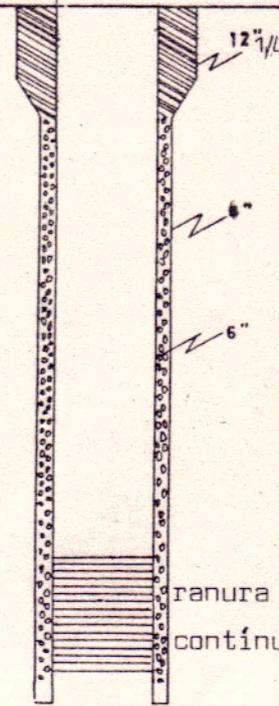
DESCRIPCION LITOLOGICA			CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
Suelo sin descripción		3.0		
Arena arc. anaranjada rojiza		9.0		
Arenisca cuarzosa anaranjada pálida fino inferior y medio superior, redondeado friable, color 10 y R 8/2	Pi			NE= 18.60 m ND= 43.60 m Q= 6.12 m ³ /h Q/s= 0.24 m ³ /h/m
Arenisca cuarzosa anaranjada rojiza medio inferior grueso superior bien redondeado friable color 10 R 6/6	Pi	50.0		
		92.60		

Fig. 4.13

PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CORONEL OVIEDO

San José

Lat.: 25° 32'

Setiembre 1982

Dpto. Caaguazú

Long.: 56° 43'

Nº Origen: SE 3

Prop. Comunidad

Cota: 103 m.

Nº Inventario: 88

DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF (m)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
Suelo arcilloso sin descripción	Q				NE= 9.30 m ND= 32.30 m s= 23.00 m Q= 24.00 m ³ /h Q/s= 1.04 m ³ /h/m
Arena limosa color gris oscuro	CC9		31.0		
Areniscas cuarzosas color gris friable	CC9		60.0		
Arenisca limosa color gris oscuro	CC9		67.0		
Arenisca limosa color gris, friable	CC9		76.0		
Arenisca limosa, col. gris osc.	CC9		87.0		
Arenisca cuarzosas, color gris, friable	CC9		91.0		
			99.0		

Fig. 4.13

PERFIL TIPO DEL ACUIFERO CORONEL OVIEDO

San José

Lat.: 25° 32'

Setiembre 1982

Dpto. Caaguazú

Long.: 56° 43'

Nº Origen: SE 3

Prop. Comunidad

Cota: 103 m.

Nº Inventario: 88

DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOLO	LITOLOGIA	PROF (m)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
Suelo arcilloso sin descripción	Q			<p>Sello Sanitario</p> <p>6"</p> <p>Grava</p> <p>RANURA CONTINUA</p>	NE= 9.30 m ND= 32.30 m s= 23.00 m Q= 24.00 m ³ /h Q/s= 1.04 m ³ /h/m
Arena limosa color gris oscuro	CC9		31.0		
Areniscas cuarzosas color gris friable	CC9		60.0		
Arenisca limosa color gris oscuro	CC9		67.0		
Arenisca limosa color gris, friable	CC9		76.0		
Arenisca limosa, col. gris osc.	CC9		87.0		
Arenisca cuarzosas, color gris, friable	CC9		91.0		
			99.0		

Fig. 4.14 PERFIL TIPO DEL ACUIFERO PRECAMBRICO

San Bernardino

Lat.: 25° 20' 45"

Dpto. Cordillera

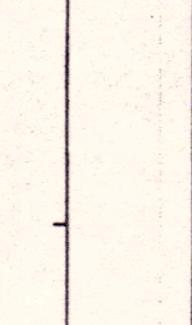
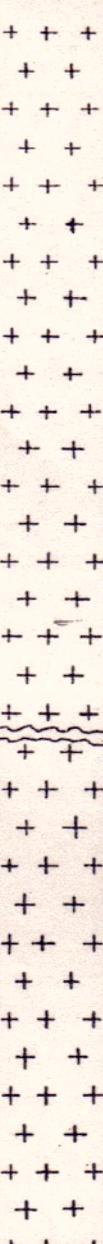
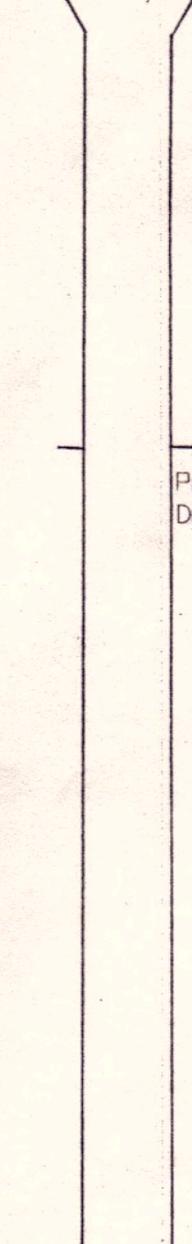
Long. 57° 16' 20"

Nº Origen: PP 056

Prop. Coquacasa

Cota: 75.0 m

Nº Inventario: 122

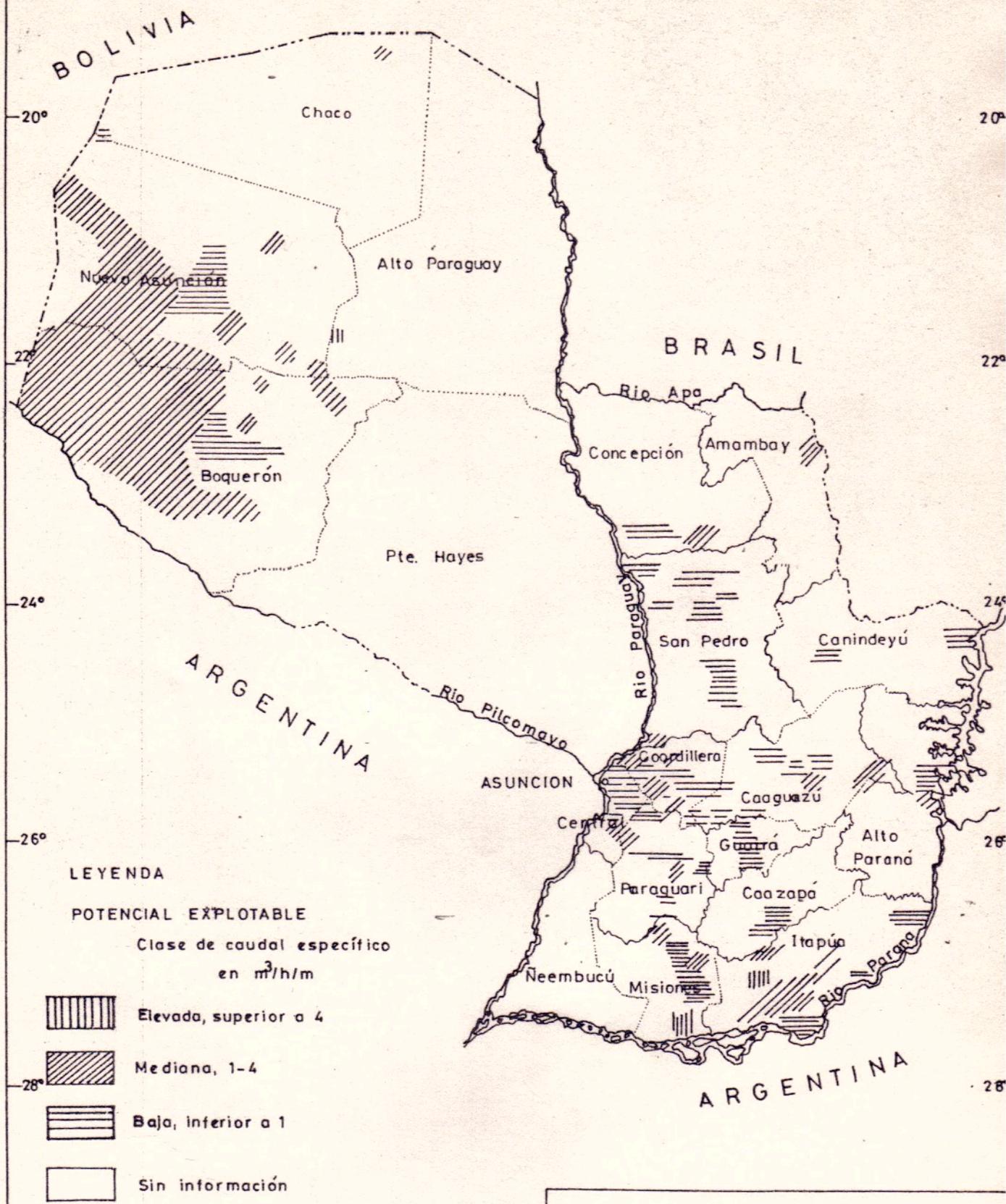
DESCRIPCION LITOLOGICA	SIMBOL	LITOLOGIA	PROF (m)	CONSTRUCCION DEL POZO	OBS
Arena gruesa, gravilla					NE= 1.20 m ND= 143.00 m s= 141.80 m Q= 0.36 m ³ /h/m Entrada del Agu
Granito	PE		58.0		180.0 m 58-264.8 Pared Desnuda
			264.80		

62°

60°

58°

56°



MAPA INDICATIVO
DE ZONAS DE
POTENCIAL EXPLOTABLE

0 25 50 75 100 Km.

FIGURA 4.15

5 - CONCLUSIONES

- El Mapa Hidrogeológico que aquí se presenta es el primero en la República del Paraguay y constituye una herramienta cartográfica para los responsables de la planificación, docencia e investigación del sector público y privado relacionado con los recursos hídricos del país.
- Para obtener una representación actualizada de las condiciones de las aguas subterráneas fueron elaboradas características hidrogeológicas de unos 650 pozos y se han procesado informaciones geológicas, meteorológicas y datos hidroquímicos.
- El uso actual del agua subterránea en comparación con su potencial explotable es mínimo.
La optimización de la explotación puede servir a fines múltiples, tales como la industria, la agricultura y el abastecimiento público a comunidades rurales dispersas.
- Estudios de reconocimiento en el Norte del Chaco (Adrián Jara y Agua Dulce), tuvieron resultados significativos. Es conveniente que en el futuro se realicen estudios más detallados para determinar el potencial efectivo en esa región.
- Prácticamente no se ha registrado la presencia de agua subterránea dulce en la parte Oriental del Chaco, aunque sí agua de calidad salobre y salada en gran cantidad. Si bien esta última no puede ser utilizada para riego ni consumo, puede ser utilizada para otros fines. Con la introducción de energía barata (energía solar) en el futuro, se tornaría factible también el uso del agua salobre mediante pequeñas unidades desalinizadoras.
- Considerando los índices de contaminación que se observan en aguas superficiales; en departamentos densamente poblados como Central, Cordillera y Paraguarí; el inevitable aumento futuro de la demanda sobre los recursos hídricos; la protección necesaria en regiones de recargue; y el relativamente gran aumento de datos de agua subterránea de esta región, es necesario continuar con los estudios más detallados sobre el sistema hidrogeológico.
- En base a los estudios hidrogeológicos y los resultados obtenidos, concluimos además con la necesidad de mejorar la legislación vigente de agua, a fin de adecuarlas a las exigencias actuales del Sector y usuarios.

- Es necesaria la creación de un Instituto de Recursos Hídricos, ya que la explotación y conservación de éstos, tanto los subterráneos como los superficiales, requieren de políticas, objetivos y acciones coherentes. Asimismo, la centralización de las informaciones permitirá un fácil acceso a los datos disponibles. Esta unidad que se propone aquí, además orientaría al sector agua, especialmente en la definición, explotación y desarrollo de este recurso nacional.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARENGA, D (1985) Desarrollo Geoestructural de los Dptos. Central, Cordillera y Paraguari. Informe Proyecto PAR 83/005. Asunción.
- BANKS, L.M. y DIAZ DE VIVAR V. (1975) Explorations in Paraguay reactivated. The oil and Gas Journal. Oct. 6 1975: p. 160-168.
- BENDER, F. (1960) Resultados de las investigaciones Hidrogeológicas en el Chaco Boreal, Central y Meridional de la Rca. del Paraguay. Bundesanstalt für Bodenforschung, Hannover, Alemania.
- BERTONI, M.S. (1912) Mapa Agrológico, Fisiográfico y Climatológico de la Región Oriental. Asunción.
- BITSCHENE, P.R. y LIPPOLT H.J. (1985) Geología de la Cordillera de YbyturuZú. Heidelberg.
- CALHOON CONSULTING CO. (1979) Informe Provisional de Condición sobre la identificación de Agua Subterránea. PAR 75/002.
- COMTE D. (1968) Observations Geologiques Nouvelles au Paraguay Oriental. Cr. Acad. S.C. París Geologie. T. 267 p.
- CORPOSANA Informes diversos de los años '70 y '80. Asunción, Paraguay.
- DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS (1983) Anuario Estadístico del Paraguay, 1982. Ministetio de Hacienda. Asunción, Paraguay.
- ECKEL, E.B. (1959) Geology and Mineral Resources of Paraguay. A Reconnaissance. U.S. Geol. Survey. Prof. Paper 327. Washington D.C.
- FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA - UNA y CONTAPAR S.R.L. (1978) Mapa de Vegetación de la Región Oriental, Escala 1:500 000. Asunción, Paraguay.
- FAO/UNESCO (1971) Mapa de Suelos del Mundo. Roma. World Soils Resources Office.
- FRETES, R. et al (1970) Croquis de la Localización de las Praderas Naturales del Paraguay. Asunción, Paraguay.
- FLATHE, H., BENDER, F. y LÜDERS, R. (1960) Resultados de las Investigaciones Hidrogeológicas, Geofísicas y Edafológicas en el Chaco Boreal. Paraguay, 1959: Informe de la segunda Comisión Alemana de la "Bundesanstalt für Bodenforschung" Hannover. Alemania.
- FULFARO, V.J. (1985) Informe sobre la Missao junto ao Projeto PAR 83/005 (Oct. - Nov. 1985) Proyecto PAR 83/005.
- GILBOA, Y., MERO, F. y MARIANO, IVANIR B. (1976) The Botucatu Aquifer of the South America. Model of Untopped Continental Aquifer. J. Hydrol., 29: 165-175.
- GOB. PARAGUAY/OEA (1981) Desarrollo Regional del Area Paraguaya del Proyecto Pilcomayo. Estudio de Suelos. Asunción. Comisión Nacional De Desarrollo del Chaco/OEA.
- GOB. PARAGUAY/OEA (1983) Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo. Serie Formación Básica N° 1. Suelos y Aptitud de Uso de la Tierra del Chaco Paraguayo. Comisión Nacional de Desarrollo del Chaco/OEA.

- GOMEZ, D. (1986) Contribución al Conocimiento de la Geología del Norte del Chaco Paraguayo. Comando en Jefe de las FF.AA. de la Nación. 3er. Cuerpo de Ejército. 8va. División de Infantería. Lagerenza.
- HARRINGTON, H.J. (1958) Geología del Paraguay Oriental. Universidad de Buenos Aires. Fa. de Ciencias Exactas. Centro Cient. Serie E. Geol. N° 1.
- IAH/IAHS/UNESCO (1970) Leyenda Internacional para Mapas Hidrogeológicos. UNESCO /IAHS/IAH/Inst. Geo. Sci.
- IAH/IAHS/UNESCO (1983) International on the Physical Geography of Paraguay. Proc. Roy. Soc. Vol. 20: p. 494 - 504. London.
- JOHNSTON, K. (1876) Notes on the Physical Geography of Paraguay. Proc. Roy. Soc. Vol. 20: p. 494 - 504.
- KARPOFF, R. (1966) Estudio Hidrogeológico del Paraguay. Realizado por la Misión Geológica Francesa (Agosto/Diciembre 1965).
- LUDERS, R. (1960) Ergebnisse Bodenkundlicher Untersuchungen in Chaco Boreal von Paraguay. Bundesanstalt für Bodenforschung. Hannover, Alemania.
- MERO, F. y GILBOA, Y. (1974) A Methodology for the Rapid Evaluations of Groundwater Resources. São Paulo State. Brasil. Bulletin Hidrol. Sci. XIX 39/1974: 347 - 358.
- NACIONES UNIDAS (1978) Investigación y Desarrollo de Agua Subterránea en el Chaco. Informe Técnico. CUNDP - Naciones Unidas. Nueva York.
- OEA (1970) Cuenca del Río de la Plata. Inventario y Análisis de la Información Básica sobre Recursos Naturales. Suelos: Mapa Típico N° 2. Washington.
- OEA (1975) Cuenca del Plata. Estudio para su planificación y Desarrollo. Proyecto Aquidabán. Región Nort Oriental. Rca. del Paraguay. Washington D.C.
- PALMIERI, J.H. y FULFARO V.J. (1976) Contribución al Estudio del Silúrico en el Paraguay. Rev. Soc. Científica del Paraguay. Vol. 16 N° 1 y 2.
- PENZOIL DEL PARAGUAY S.A. y VICTOR OIL HOLDING (1971) Informe sobre Recursos Acuíferos en la Parte Nor Oeste del Chaco Paraguayo (Autor: J.B. Butler).
- PUTZER, H., NIELSEN, H., WOLFART, R. y EGGENHOFF, G. (1958) Informe de la Comisión Geológico-Geofísica Alemana del "Amt für Bodendorschung" sobre los viajes por la Rca. del Paraguay. Año 1957. Hannover, Alemania.
- PUTZER, H. (1962) Geologie von Paraguay. Beitr. A. Regional Geologie der Erde. Gebr. Borntraeger, Berlín.
- REPSA C.P.C. (1975) Investigación sobre aguas subterráneas en el Chaco. Dpto. de Boquerón. Rca. del Paraguay. Consorcio Refinería Paraguaya S.A. y Compañía Petrolífera del Chaco S.A.
- SANCHEZ, R.F. (1963) El Clima del Paraguay. Dirección de Meteorología. Asunción.
- SANCHEZ, M.P. (1971) An Evapotranspiration Study in A Region of Paraguay. Colorado State University -Fort Collins, Colorado.
- SECRETARIA TECNICA DE PLANIFICACION (1985) Perfil Ambiental del Paraguay. IIES/STP/AID. Asunción, Paraguay.
- SENASA (1983) Programa de Estudios Hidrogeológicos de Apoyo a los Programas de

- TAYLOR, G.C. (1975) Pilcomayo Project, Reconnaissance of Groundwater Conditions and Work Plan Hydrogeologic Studies in the Pilcomayo - Project Argentina, Bolivia and Paraguay. OEA.
- TIRADO, R., HAMMON, J.B. y RAMIREZ, J.R. (1952) A Reconnaissance Soil and Land Classification of Paraguay/ en: E.B. Heckel (1959) Geology and Mineral Resources of Paraguay. A Reconnaissance. USGS Prof. Paper 327. Washington D.C.
- UNESCO (1981) II Reunión de Coordinadores Sub Regionales para la Elaboración del Mapa Hidrogeológico de América del Sur. Informe final. Quito, Ecuador. 21-24 Julio de 1981. Rostlac, Montevideo.
- VERA, N.G. y GRUBMAN (1964) Contribución al Conocimiento de la Geología del Chaco Paraguayo. Asunción, Paraguay.
- VERA, M.G. y PALMIERI, J.H. (1971) Contribución a la Hidrología de la zona Oeste del Chaco Paraguayo: Univ. Nac. de Asunción. I.C.B. Serie D. Informes Técnicos N° 16. Paraguay.
- WIENS, F. (1984) El Pre Cámbrico en el Paraguay Oriental. Resumen en el Archivo del Proyecto PAR 83/005.

ANEXOS

ANEXO 1 = GLOSARIO DE TERMINOS HIDROGEOLOGICOS

Abreviaciones Usadas

T	Transmisividad	Q/s	Caudal específico
K	Permeabilidad	NE	Nivel estático
Q,q	Caudal	ND	Nivel dinámico
s	Depresión		

ACUICLUDO - Formación que, aún siendo porosa y capaz de absorber agua, no transmite su movimiento en proporción suficiente para una alimentación apreciable a un pozo o manantial.

ACUIFERO - Capa o estrato poroso que contiene agua, formada por roca permeable, arena o gravilla, y de la que se pueden obtener cantidades apreciables de agua.

ACUIFERO CONFINADO - Acuífero limitado por formaciones impermeables o casi impermeables, estando el agua en ella contenida bajo presión mayor que la atmosférica. (Sin. acuífero artesiano; acuífero cautivo; acuífero bajo presión).

ACUIFERO LIBRE - Acuífero en que la superficie de agua está sometida a la presión atmosférica. (Sin. acuífero freático).

ACUIFERO SEMI-CONFINADO - Acuífero cubierto, por encima o por debajo, por una capa semipermeable que contribuye significativamente a la alimentación o a la pérdida del mismo. (Sin. acuífero semi-cautivo).

AGUA DULCE - Agua en la que la concentración de sales es menor de 1500 mg/l.

AGUA SALADA - Agua en la que la concentración de sal es más de 10 000 mg/l.

AGUA SALOBRE - Agua en la que la concentración de sales varía entre 1500 y 10 000 mg/l.

AGUA SUPERFICIAL - Agua que fluye o se almacena sobre la superficie del terreno.

ANISOTROPIA - En hidrogeología, variación de la permeabilidad de un medio, según determinada dirección.

CARGA - Suma de altura y carga de presión de un líquido, expresada en unidades de altura.

CAUDAL - (1) Volumen de agua que es, en un determinado período de tiempo, liberado de un acuífero por procesos naturales o artificiales; (2) Volumen de fluido que pasa en la unidad de tiempo a través de una sección transversal de una corriente. (Sin descarga).

CAUDAL ESPECIFICO - El cociente entre el caudal de agua bombeada y el descenso de nivel producido. Dimensiones: $L^3/T/L$ ($m^3/h/m$). (Sin. capacidad específica).

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO ESPECIFICO - Volumen de agua extraída (o añadida) a un acuífero por unidad de área horizontal y por unidad de descenso (o elevación) de carga. Adimensional.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD - Volumen de agua que atraviesa una unidad de área de sección transversal del acuífero en la unidad de tiempo, bajo la acción de un gradiente hidráulico unitario. Es por tanto, la facilidad con que un determinado estrato geológico ofrece el escurrimiento del agua a través de una sección definida. Tiene las dimensiones de L/T ($m/día$). (Sin. conductividad hidráulica).

COEFICIENTE DE TRANSMISIVIDAD - Producto del coeficiente de permeabilidad por el espesor de la parte saturada del acuífero. Tiene las dimensiones de L^2/T ($m^2/día$).

DEFICIT DE AGUA - Diferencia acumulada entre la evapotranspiración potencial y la precipitación durante un período determinado, en el cual precipitación es la más pequeña de ambas.

DEPRESION - Distancia vertical entre el nivel estático y el nivel dinámico. (Sin. rebajamiento; descenso).

ENSAYO DE BOMBEO - Extracción de agua de un pozo, con uno o varios caudales previamente elegidos, durante la cual se miden regularmente los niveles piezométricos o freáticos en el pozo de donde se extrae el agua y en los pozos de observación próximos. Los datos obtenidos se usan para determinar los parámetros del acuífero en las proximidades del pozo en cuestión. (Sin. test de bombeo; test de acuífero).

EVAPORACION - (1) Emisión de vapor de agua por una superficie libre a temperatura inferior a su punto de ebullición; (2) Caudal de agua evaporada

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL - Cantidad máxima de agua capaz de perderse, en un clima dado, por la vegetación que cubre todo el terreno, previsto la humedad. Incluye la evaporación del suelo y la transpiración de la vegetación de una región específica en un intervalo de tiempo dado, expresada en unidades de altura.

EVAPOTRANSPIRACION REAL - Suma de las cantidades de vapor de agua evaporada por el suelo y las plantas durante cierto tiempo, cuando el terreno tiene su contenido real de humedad.

EXCEDENTE DE AGUA - Diferencia acumulada positiva entre precipitación y evapotranspiración potencial, durante un período determinado.

HIDROGEOLOGIA - Ciencia que trata de la ocurrencia, distribución y movimiento de las aguas subterráneas, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sus interacciones con el medio físico y biológico y sus reacciones a la acción del hombre.

HUMEDAD DEL SUELO - Humedad contenida en la parte del suelo que queda por encima del nivel freático, incluyendo el vapor de agua presente en los poros del suelo.

ISOPIEZA - Línea que une los puntos de igual carga piezométrica. (Sin. curva piezométrica).

ISOTROPIA - En hidrogeología, propiedad de un medio en la cual la permeabilidad es igual en todas las direcciones.

ISOYETA - Línea que une los puntos en los que la cantidad de precipitaciones, registrada en un periodo dado, es la misma.

LEY DE DARCY - Ley según la cual una cantidad de flujo a través del medio poroso es proporcional a la permeabilidad, al área de la sección transversal al flujo y el gradiente hidráulico. En su forma más simple está expresada por $Q=KiA$ o $Q/A=v=Ki$, donde Q = caudal ($m^3/día$); K = permeabilidad ($m/día$); i = gradiente hidráulico; A = área de la sección transversal al flujo (m^2); y v = velocidad del flujo ($m/día$).

NIVEL DINAMICO - Nivel al cual se mantiene el agua en un pozo, cuando del mismo se extrae, por bombeo, un cierto caudal.

NIVEL ESTATICO - Altura del nivel freático o de la superficie pie-

PARAMETROS HIDROGEOLOGICOS - Propiedades del acuífero que condicionan la entrada, almacenamiento y transmisión del agua. Son ellos: porosidad efectiva y los coeficientes de permeabilidad, transmisividad y almacenamiento. (Sin. parámetros del acuífero; características hidráulicas).

PIEZOMETRO - Pozo de observación en el cual se pueden medir el nivel freático y las alturas piezométricas.

POROSIDAD - Relación del volumen de los intersticios en una muestra dada de un medio poroso al volumen total del medio poroso, incluyendo los huecos (%).

POROSIDAD PRIMARIA - Porosidad resultante de los procesos geológicos de formación de las rocas (%).

POROSIDAD SECUNDARIA - Porosidad resultante de los procesos geológicos posteriores de la formación de las rocas (fractura, fisuras), en %.

POROSIDAD EFECTIVA - Relación entre el volumen de agua que se puede drenar por gravedad, en rocas saturadas, y el volumen total de la roca. (Sin. porosidad eficaz).

POTENCIAL EXPLOTABLE - Expresa la productividad de los distintos acuíferos en términos de volúmenes de agua, cuando son obtenidos por pozos y otras obras de captación.

POZO - Agujero o perforación realizado en la tierra para obtener agua.

POZO ARTESIANO - Pozo o perforación que comunica con un acuífero confinado en la que el nivel del agua en el pozo se eleva por encima del techo del acuífero.

POZO EXCAVADO - Pozo de gran diámetro, abierto con herramientas manuales o por medio de pala mecánica, u otra máquina semejante.

POZO MANUAL - Pozo generalmente de gran diámetro excavado con herramientas manuales.

POZO SURGENTE - Pozo que capta agua de un acuífero confinado, cuyo nivel piezométrico se eleva por encima de la superficie del terreno.

RECARGA - Proceso natural o artificial por el cual se aporta agua del exterior a la zona de saturación de un acuífero, bien directamente a la formación o bien indirectamente a través de otra formación.

TRANSPIRACION - Proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera en forma de vapor.

ANEXO 2 - DIRECTORIO DEL AGUA

ANNP - Administración Nacional de Navegación y Puertos
Plazoleta Isabel la Católica y Colón
Asunción
Teléf.: 97 481

CORPOSANA - Corporación de Obras Sanitarias
José Berges e/Brasil y San José
Asunción
Teléf.: 25 001/2/3

Departamento de Abastecimiento de Agua para el Chaco
Ministerio de Defensa Nacional
Avda. Mcal. López y Vice Pte. Sánchez
Asunción
Teléf.: 204 987

Dirección Nacional de Meteorología
Ministerio de Defensa Nacional
Avda. Mcal. López y Vice.Pte. Sánchez
Asunción
Teléf.: 22 139

Entidad Binacional ITAIPU (Itaipú Binacional)
De la Residenta c/Padre Cardozo
Asunción
Teléf.: 207 160/61-77

Entidad Binacional YACYRETA
Edif. Humaitá - Humaitá 357
Asunción
Teléf.: 94 668/69-72

SEN SA - Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental
Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social
Avda. Pettrossi y Brasil
Asunción
Teléf.: 207 410

ANEXO 3 - INVENTARIO DE POZOS

En este Anexo se detallan todos los pozos usados en la recopilación. Los números de estos pozos corresponden a los números dados en el Mapa.

* : Estos pozos no figuran en el mapa

Símbolo: símbolo del acuífero

Cota: metros sobre el nivel del mar

Prof.: profundidad

NE : Nivel Estático

ND : Nivel Dinámico

Depres.: Depresión

Litología:

Arcilla	ACLA	Gneiss	GNSS
Arcilla arenosa	ACAR	Granito	GRNT
Arcilla limosa	ACLM	Grava	GRAV
Alcalino	ALCL	Limo	LIMO
Arena	AREN	Limo arcilloso	LMAC
Arena arcillosa	ARAC	Limo arenoso	LMAR
Arena gravosa	ARGR	Laterita	LTRT
Arenisca	ASCA	Lutita	LUTA
Arenisca conglomerádica	ASCG	Mármol	MRML
Arenisca con lutita	ASLT	Pegmatita	PGMT
Arenisca con siltita	ASST	Piedra negra	PNEG
Basalto	BSLT	Riolita	RIOL
Brecha	BRCH	Roca descompuesta	RDES
Caliza	CLZA	Roca volcánica	RVOL
Caolin	CALN	Sedimento	SEDM
Carbonato	CBTO	SIENITA	SIEN
Conglomerado	CNGL	SILTITA	SLTT
Diabasa	DIAB	Suelo	SUEL
Diamictita	DMTA	Tillita	TILL
Dolomia	DLMA	Tosca	TOSCA
Esquisto	ESQT	Turba	TRBA
Evaporita	EVPR	Yeso	YESO
Filita	FLTA		

Adjetivos:

Grano muy fino	A	Fracturado	M
Grano fino	B	Muy fracturado	N
Grano medio	C	Estratificación gradada	O
Grano grueso	D	Estratificación cruzada	P
Grano muy grueso	E	Calcárea	Q
Arcillosa	F	Silíceas	R
Limosa	G	Orgánica	S
Arenosa	H	Laminado	T
Conglomerática	I	Masiva	U
Redondeada	J	Meteorizada	V
Angular	K	Medianamente cementada	W
Bien cementada	L	Pobrementemente cementada	X

Tipo: Tipo del acuífero

C: Confinado

L: Libre

S: Semiconfinado

F: Fisuras

K: Karstico

Entr. del Agua: Entrada del Agua (profundidad donde el agua entra al pozo desde fracturas).