

PROYECTO PN 91.2036.1

**"Exploración y Aprovechamiento de Recursos Hídricos
Subterráneos de la Región Occidental"**

Informe Técnico N° 22

**LOS SENSORES REMOTOS APLICADOS A LA BUSQUEDA DE AGUA
SUBTERRANEA SOMERA EN EL CHACO CENTRAL PARAGUAYO**

por

H. Mollat & F. A. Larroza

Filadelfia, Febrero de 1997

CONTENIDO

1. Introducción y objetivos del trabajo	1
2. Metodología.....	1
2.1 Interpretación de las fotografías aéreas.....	1
2.2 Interpretación de las imágenes satelitales.....	3
3. Resultados de la interpretación.....	4
3.1 El Paleodelta.....	4
3.2 Áreas de estudio	5
3.2.1 Mariscal Estigarribia, Sta. Teresita	5
3.2.2 Sto. Domingo.....	8
3.2.3 Campo Loro.....	10
3.2.4 Pesempoó (NW de la ciudad de Loma Plata).....	12
3.2.5 Campo Largo.....	15
3.2.6 Campo Loa.....	18
3.2.7 Jorba.....	21
3.3 Criterios generales para la búsqueda de agua subterránea somera ...	23
4. Bibliografías.....	24

Figuras

Fig. 1 La división del paleodelta en zonas, mostrando la ubicación de las áreas de estudio en el mismo

Fig. 2a Esquema del paleocauce tipo espartillar

Fig. 2b Esquema del paleocauce de monte

Fig. 3 Paleocauce tipo espartillar, Campo Loa

Tabla

Tabla 1. Criterios generales a ser utilizados en las áreas pilotos según los sensores remotos para la búsqueda de agua subterránea somera

Anexos

I. Leyenda de los mapas de las áreas de estudio

II. Mapas interpretativos de las áreas de estudio (en el encarte) de: Mcal Estigarribia, Sto. Domingo, Campo Loro, Pesempoó (NW de la ciudad de Loma Plata), Campo Largo, Campo Loa y Jorba

1. Introducción y objetivos del trabajo

Este trabajo es parte de una investigación efectuada por el proyecto denominado "Exploración y Aprovechamiento de Recursos Hídricos Subterráneos de la Región Occidental" efectuado por la Dirección de Recursos Hídricos (DRH) de la República del Paraguay y el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) de la República Federal de Alemania, en las áreas pilotos (Jorba, Campo Largo, Campo Loa, Mcal. Estigarribia, Santa Teresita, Santo Domingo, Campo Loro y NW de la ciudad de Loma Plata) ubicadas en el Chaco Central, en las cuales se han hecho con anterioridad perforaciones, sondeos geoelectricos y evaluaciones hidrogeológicas de campo. La metodología empleada fue la de utilizar los sensores remotos (fotos aéreas, imágenes satelitarias), acompañado con vuelos de reconocimiento con avioneta y verificaciones de campo vía terrestre, para obtener información de indicadores a tener en cuenta por el hidrogeólogo en cuanto al posible potencial o no de agua subterránea somera en diferentes áreas del paleodelta chaqueño de tipo continental.

Esta áreas pilotos a excepción de en menor proporción Mcal Estigarribia, son habitadas por comunidades indígenas, el agua potable se utiliza para consumo humano, los pozos son mayormente cavados a mano, su extracción se realiza por medio de molinos de viento y su distribución mediante cañerías de plástico negro. Aquellos pobladores que no cuentan con este servicio extraen el agua por medio de recipientes (baldes). En la parte Norte Santa Teresita, Mcal Estigarribia, Santo Domingo y Campo Loro existen pozos entubados, hechos con perforadora rotativa debido a la profundidad del acuífero (entre 18 a 22 metros).

El objetivo principal fue el uso de los sensores remotos (fotos aéreas, imágenes satelitarias) con observaciones de campo, con la meta de definir áreas con ciertas características que son relacionadas a la hidrogeología, para definir en general el potencial positivo o negativo de agua subterránea somera de estas áreas.

2. Metodología

2.1 La interpretación de las fotografías aéreas

Debido a los sistemas ópticos los sensores remotos - fotografías aéreas como imágenes satelitales- pueden observar la superficie de la tierra. Las fotos tienen la ventaja de una vista de conjunto sobre un área de trabajo. Además se puede reconocer diferencias texturales finas de la morfología con la observación estereoscópica, suponiendo que se usa oculares fuertes (3x) debido a su escala pequeña de 1:60.000.

Las fotografías aéreas del año 1968 constituyen un tesoro con un valor inestimable. No obstante a pesar que la calidad es menor en comparación con la técnica de hoy, estas fotos son los únicos testigos del estado original del Chaco, antes de la intervención del hombre en diversos lugares. Solo por medio de estas fotos se puede reconocer los daños causados en los últimos 30 años y tomar medidas para mitigar las consecuencias de este desarrollo.

En un área como se presenta el Chaco Central, en las fotos se observa generalmente la vegetación. Sin embargo por la dependencia de la vegetación de los suelos se obtiene informaciones muy valorables sobre el tipo y estructura del subsuelo en esta cuenca de depósitos cuaternarios. Las unidades separadas en los mapas de interpretación son mencionadas aquí en forma muy resumida. Más detalles se encuentra en la descripción de las áreas individuales (véase cap. 4).

Los paleocauces tipo espartillar de la zona central fueron divididos en tipos de una vegetación pura de espartillar (E1) de tono gris muy claro, y un tipo con vegetación adicional de arbustos (E2), tono gris menos claro. En el campo se encontró un suelo arenoso para (E1) y limo-arenoso con E2, el cual es el caso de la comunidad Pesempoó al NW de Loma Plata. Ambos poseen por debajo de la parte superior arenas acuíferas.

En parte el monte fue dividido en el monte denso con árboles bajas (M1) de tono gris mediano y de textura fina, y el monte abierto (M2) de tono gris oscuro y de textura más gruesa. Normalmente el monte abierto tiene suelos con algo de arena que el monte denso. En Campo Loa existe un monte tan abierto que necesitaba de introducir el símbolo M3. Su conexión directa con un espartillar E2 incluye la posibilidad de una transición entre ellos. Una zona parecida se encuentra en el monte cerca de Sto. Domingo sin que existe un espartillar. A veces el monte no es diferenciado tan claramente en tipos diferentes y fue marcado con M, como ocurre alrededor de Mcal. estigarribia y Campo Loro.

Los Paleocauces de monte (PM) de la zona norte del paleodelta presentan por lo general formas alargadas, como cubetas, con tonalidades grises claras. Existe también una especie de paleocauce como es el caso que ocurre al norte de Sto. Domingo, semejantes a los paleocauces de espartillar de la zona central, los cuales fueron denominados PM1, para que no existan confuciones.

A menudo los contactos entre el espartillar y el monte no son nítidos. Por esta causa era necesario de introducir unidades de transición entre ambos unidades. Se trata de las unidades T1 (área con vegetación con abundancia de árboles) y T2 (área con arbustos y con pocos árboles). Estas unidades no son muy distintas del monte. Sin embargo son siempre conectadas con el curso de los paleocauces y forman por un parte manchas dentro de ellos, en parte unidades marginales. Además, en la mayoría de las veces muestran contactos nítidos con el tipo de monte adyacente. Estas unidades son interpretadas como capas más limosas encima de las arenas de los paleocauces o como zonas de transición entre ellos y el monte que fue comprobado en Campo Loa y en Campo Largo. En las fotos y imágenes parecen al monte abierto (M2).

Se identificó algunas depresiones en los paleocauces tipo espartillar, en parte alargadas y paralelas al margen de ellos, en parte en forma circular.

Un resultado interesante de los trabajos con las fotos aéreas es un mejor entendimiento de la estructura interna de los paleocauces tipo espartillar. Un paleocauce de este tipo no consiste siempre solamente de un cauce arenoso ("paleocauce reciente") y un paleocauce de arena con suelo limoso ("paleocauce antiguo").

Además, en el conjunto de muchos paleocauces se encuentran fajas de un monte abierto que son claramente incluidas en la estructura fluvial de ellos y tienen una vegetación diferente del monte típico. Como se ha dicho antes, en el campo se ven suelos más limosos en estas áreas que están encima de las arenas del paleocauce. Por eso pueden ser casi contemporáneos o aun más joven que estas arenas. Las consecuencias hidrogeológicas no son examinadas a fondo todavía. Se puede pensar en realizar de tajamares de infiltración en los riachos, en áreas que hasta la fecha no fueron consideradas como parte de un sistema de paleocauce con arenas de gran espesor.

2.2 Interpretación de las imágenes satelitales

La interpretación de imágenes satelitales en color confunde al inexperto por la variación de los colores particularmente en imágenes semejantes. Por eso se explica el sentido de los colores en las imágenes utilizadas en forma resumida.

La vegetación aparece en el color con que la banda 4 del LANDSAT TM esta combinada. Por ej. en la imagen 228-076 se ve la combinación de la banda 4 con verde (B=HV1, B=azul; G=HV4, G=verde, R=HV7, R=rojo). La vegetación seca aparece en la banda 7, en este caso consecuentemente en tonos rojos. En la imagen 229-075 al Oeste existe en una combinación de la banda 4 con rojo. Lógicamente la vegetación aparece rojo en esta imagen. Debido a la resolución de la imagen de 30 x 30 m la información se refiere a la mayoría de los objetos. Un árbol verde no aparece en un ambiente de vegetación completamente seco, sino que modifica el color resultante del punto del rojo hacia pardusco.

Para las áreas Jorba, Campo Largo y Campo Loa se usó la imagen 228-076 del 14 .05.1985. Con la combinación de las bandas y filtros explicada arriba la vegetación sana con clorofila aparece en tonos verdes. Verde oscuro presenta el monte natural, mientras los pastos son verdes claros. El color rojo representa una vegetación seca que se encuentra sobre suelos más arenosos, que ya se secan en Mayo al fin de la época lluviosa. El rojo más claro de los paleocauces tipo espartillar resulta de la mezcla de la información de árboles y gramíneas. El color violeta hacia el Oeste resulta de una mezcla de informaciones de suelos arcillosos en áreas de inundación y una vegetación escasa que ya esta por secarse.

Las áreas Santa Teresita, Santo Domingo, Campo Loro y Loma Plata son ubicadas en la imagen 228-075 del 06.09.1986. La combinación de bandas y colores corresponde casi a la de la imagen de arriba. La vegetación sana aparece en tonos verdes, la seca en tonos rojos. Debido a que la fecha de la toma fue en medio de la época seca solamente el monte arcilloso es verde todavía. Aparecen en forma muy clara los paleocauces pertenecientes al monte en color rojo oscuro, mientras las depresiones al lado de estos paleocauces con suelos arcillosos y una vegetación escasa y seca aparecen de rojo claro a rosado.

Las unidades separadas en los mapas de interpretación pueden ser identificadas también en las imágenes. El Paleocauce tipo espartillar (E1) aparece en marrón grisáceo, el tipo con más vegetación (E2) es más rojo por la sequía más acentuada de la vegetación más densa. Los paleocauces más grandes (Campo Largo) muestran un diseño de campos y pastos con vegetación secundaria.

En la parte Sur el monte es verde y también rojizo según el avance de la sequía. El monte bajo (M1) tiene una textura fina mientras el monte abierto (M2, M3) así como las zonas de transición tienen una textura gruesa de acuerdo con los resultados de las fotos aéreas. La textura se nota muy bien solamente ampliada a 1:100.000.

En el monte se observa una multitud de cauces antiguos que rodean la parte central y pasan de Oeste a Este a los paleocauces típicos de espartillar. Geológicamente se trata también de paleocauces. En contraste a los anteriores hablamos de paleocauces de monte. Con frecuencia estos paleocauces forman sistemas paralelos con cauces meandriformes sobre suelos franco limosos sin cauces de arena, y en los demás casos ya no son activos. A los costados muchas veces son acompañados de depresiones muy suaves con suelos muy arcillosos y numerosas lagunas (véase fig. 2). En las imágenes la vegetación en las fajas de los cauces es rica y fresca en la época de lluvia (rojo fuerte en la imagen 229-075, 28.02.92; B=3, G=5, R=4) y rica y seca en la época seca (rojo, 228-075, 06.09.86: B=3, G=4, R=7). En contraste la vegetación de las depresiones se desarrolla tarde y escasa en la época de lluvia (azulado en 229-075 en la combinación de bandas y filtros como arriba) y se presenta escasa y seca en la sequía (color rojizo a rosado en la imagen 228-075 de arriba).

Las imágenes son un muy buen complemento de las fotos aéreas debido a la información adicional sobre el tipo y el estado actual de la vegetación por medio de los colores. Además, una imagen cubre un área mucho más grande que una foto y da una vista general instantánea.

3. Resultados de la Interpretación

3.1 El Paleodelta

El paleodelta del Río Pilcomayo de tipo continental se formó en la fase húmeda de Tauca que ocurrió entre 12.500 - 8.500 años, posteriormente vino la época seca y fría, existiendo una reducción del agua fluvial, solo quedan los paleocauces en el Chaco Central (con los paleocauces de espartillar posteriores), se produce la erosión de los cauces, se forma una gran pendiente por estar el río Paraguay bajo, retirado por falta de lluvias, en este tiempo también aparecen las dunas del río Parapiti. Se rellenan los cauces con arenas, con aguas torrenciales que provienen del Pilcomayo hasta la colmatación. Después viene la época de lluvias (desde 3.500 años), en donde el Pilcomayo se dirige hacia el SE, a partir del cual el paleodelta se alimenta solo de lluvias.

Antes de la formación del Paleocauce de espartillar el paleodelta fue uniforme, los paleocauces de monte que vienen del oeste hacia el Chaco Central, se formaron antes que los paleocauces de espartillar de la zona central.

Además se podría decir que con respecto a la ubicación en el paleodelta (Fig. 1), al Norte se evidencia relictos de un drenaje serpenteante bastante uniforme, que se divide en dos uno sigue hacia el este y el otro se detiene al NW de Mcal Estigarribia. En esta área comienzan los paleocauces de monte con formas arredondadas a semilunares, las cuales casi desaparecen al Este de Sto. Domingo, también existen alineaciones de pequeñas lagunas, paralelas al Oeste y hay cauces modernos, los cuales van de Oeste a Este, manteniéndose inactivo en los tiempos de sequía. En la parte central, los paleocauces son anchos con vegetación de espartillar, pero hacia la posición marginal son más estrechos (Campo Loa, Campo Largo). Con respecto al Sur, no existe mucha diferencia con el Norte, excepto que los paleocauces de monte son puntuales y tienen menor proporción de arena.

3.2 AREAS DE ESTUDIO

3.2.1 MCAL ESTIGARRIBIA - MISION INDIGENA SANTA TERESITA

Ubicación y Situación Geológica - Geomorfológica.

Mariscal Estigarribia se halla emplazada en el Km. 525 y la Misión Santa Teresita se encuentra entre el Km. 510 al 520 aproximadamente, en ambos lugares la población se encuentra asentada ambos márgenes de la Ruta Transchaco. En cuanto a la geología el área de trabajo está situada al Norte de los paleocauces arenosos tipo espartillar (campos abiertos) típicos del Chaco Central, pero dentro del sistema de paleocauces de monte. La vegetación es típica de monte.

Fotos aéreas y imágenes satelitales utilizadas

Para la interpretación de las imágenes fueron disponibles:

Fotografías aéreas (1:60.000, fecha Febrero de 1988):
Foto índice , 4777 II rollo 3, 497-498 rollo 3, 502-504

Imagen Satelital:

LANDSAT TM 228-075, Q3/1-2-3-4 y Q3, fecha de toma 06.09.1986; bandas 3-4-7 en B-G-R, procesado en el sistema GLOBUS de la BGR en las escalas aproximada 1:100.000 y 1:250.000 respectivamente.

Drenaje

En la imagen de satélite se puede observar un sistema de drenaje (color rojo a rojo azulado) que viene del Este y se desplaza predominantemente en forma ondulante de Oeste a Este, este contiene lagunas alineadas con agua (color verde, debido a la vegetación acuática), lo cual indica la naturaleza impermeable del sustrato.

El sistema en conjunto se divide en dos el que continua hacia el Este (Cañada Elisa, Santo Domingo, etc.) y el otro el cual desaparece al NW de Mcal Estigarribia y solo entra en esta ciudad, formando un nexa con Santa Teresita a través de paleocauces de monte, los cuales son observados claramente en las fotografías aéreas por su forma serpenteante, en partes como relictos elongados (paleomeandros abandonados), pero con evidente unión entre si, cubiertos actualmente por árboles, esto indicaría formas poco desarrolladas. Existe un cauce moderno (Cauce 5) que se desplaza de N a E de Mcal Estigarribia el cual se activa en épocas de lluvias.

En alrededores de Santa Teresita existen depresiones naturales que forman lagunas temporales, las cuales se colmatan de agua debido a las lluvias anuales y por ser el piso de material compacto y homogéneo (arcilla).

Vegetación y suelos

Paleocauce de Monte

En las fotos aéreas presentan formas predominantemente anastomosada, haciendo un contraste nítido con el monte.

Presentan tres estados diferentes con respecto a la vegetación, los que carecen de vegetación o es mínima de tono gris claro (P1), aquellos que poseen cierta proporción de árboles dentro del paleocauce, con tonos gris medio oscuros (P2) y finalmente los que se hallan totalmente cubiertos por árboles, con un color gris oscuro (P3). En el terreno en estas áreas la vegetación no cambia de manera brusca como en el Chaco Central, siendo difícil distinguir entre el monte y los paleocauces, se podría decir como una referencia que en estas zonas existe cierta predominancia de la especie guaní piré a los alrededores (monte) y cierta proliferación de cactus altos de 5 metros en promedio, y bromelias de 10 a 20 cm como máximo de altura.

Monte

El monte presenta vegetación de mato densa típica del Chaco, aumentando al Norte de Mcal Estigarribia la proporción de árboles del tipo Guaní Piré.

En los mapas de la DOA-BGR el monte es clasificado como matorral denso. Los suelos son franco arcillo limoso a franco limoso, clasificados como regosoles eútricos y cambiosoles eútricos.

En la imagen satelital debido al uso de la tierra no es posible distinguir los tipos de monte presentando este, color verde intenso por la vegetación rica en clorofila y por ser de los suelos arcillosos con humedad. El color rojo corresponde a una vegetación seca, aparentemente en suelos con cierta proporción superficial de arena. Lluvias irregularmente distribuidas pueden ser una causa adicional del color variable.

Característica de los pozos existentes en el área modelo

En Mcal Estigarribia los pozos construidos a los costados del paleocauce de monte, el cual en parte se utiliza para la colección de agua de lluvia tienen agua potable, la cual es utilizada por la comunidad, actualmente con una red de distribución por cañerías. Los pozos efectuados a distancia de este tipo de paleocauce dieron resultados negativos (salados).

En Santa Teresita los pozos que se encuentran dentro del sistema de paleocauces meandrosos, presentan agua potable. Como referencia un pozo el DRH-AR-20MEO499 al norte del paleocauce, en terreno de monte dio agua salobre (4.100 μ mhos/cm)

Los perfiles muestran en la parte superior una capa de arcilla a arcilla limosa (0 hasta 21-22 metros), en ocasiones con una intercalación de arena entre los 6 y 8 metros (2 metros de espesor). El acuífero explotado va a de los 21-22 metros hasta 32 metros en algunas perforaciones, presentando arena fina, en algunos de los pozos hay presencia de carbonato.

Conclusiones

En adhesión a los resultados de la parte hidrogeológica (Paredes & Orrego, 1994); García (1995) desde la vista de sensores remotos, con comprobación de campo se puede resumir las características del área de la manera siguiente:

Existe un sistema continuo de drenaje E-W, que se bifurca en dos, uno se detiene y penetra a Mcal Estigarribia conectando a Santa Teresita por medio de paleocauces de monte y el otro continúa hacia el este. Hay una relación en los paleocauces de monte de forma serpenteante y de formas alargadas relictas entre Mcal Estigarribia y Santa Teresita, no muy visibles en el terreno, pero sí en las fotos aéreas, esto significa que existía una intercomunicación entre los paleomeandros.

Si bien es cierto que los paleocauces son las zonas más aptas para la búsqueda de agua subterránea, no debería descartarse el nexo de comunicación, observables en escala 1:12.000 aproximadamente como manchas oscuras, como la segunda zona alternativa para prospectar agua potable o por lo menos salobre para ganado.

La localización de estas áreas en el terreno se torna difícil en el campo sea esto por ser usado por el hombre (construcción de tajamares) o por ser muy densa la vegetación del monte con pocos accesos disponibles y mayormente por no distinguirse claramente los límites entre paleocauce y el monte. Sería una buena idea localizar con cartas topográficas los sitios a ser prospectados identificados en las fotos, con sus respectivas coordenadas, así como la utilización de un GPS como auxilio en la búsqueda de los paleocauces.

3.2.2 PUESTO SANTO DOMINGO

Ubicación y Situación Geológica - Geomorfológica.

Santo Domingo es un asentamiento de la comunidad indígena angaité y está situada a 17 Km. N del Fortín Tte. Montaría. En cuanto a la geología el área de trabajo pertenece al sistema de drenaje que proviene del Este y se bifurca al Norte de Mcal. Estigarribia para dirigirse al Oeste. Se ubica al Norte del sistema de paleocauces arenosos tipo espartillar (campos abiertos) típicos del Chaco Central y en el margen casi Norte dentro del sistema de paleocauces de monte.

Fotos aéreas y imágenes satelitales utilizadas

Para la interpretación de las imágenes fueron disponibles:

Fotografías aéreas (1:60.000, fecha 1968):

Foto índice 4977	rollo 12, 02215, 02217	Junio de 1968
	rollo 16, 02775, 02776	Julio de 1968
	rollo 2, 379	Mayo de 1968

Imagen Satelital:

LANDSAT TM 228-075, Q3/1-2-3-4 y Q3, fecha de toma 06.09.1986; bandas 3-4-7 en B-G-R, procesado en el sistema GLOBUS de la BGR en las escalas 1:100.000 (aprox.) y 1:250.000 respectivamente.

Drenaje

En la imagen de satélite se puede observar un sistema de drenaje (color rojo a rojo azulado) que viene del Este, llegando hasta Sto Domingo y desplazándose al Este, ya con la foto aérea se observa el paleocauce conjuntamente con el drenaje, el relicto del paleomeandro de Sto. Domingo posee forma alargada de NW a SE, pero con evidente unión con el sistema de drenaje. Existen cauces modernos importantes en el área de trabajo. En épocas de lluvia la escorrentía superficial va de Oeste a Este, inundando el área, incluso atraviesa la ruta e inunda la parte Este.

Vegetación y suelos

Paleocauce de Monte

En las fotos aéreas estos paleocauces presentan forma alargada, como cubeta con cierta su tonalidad es gris clara, con los bordes blancos al SW debido a tener mayor proporción de arena. En el terreno la vegetación es no tan alta como la de monte, abundancia de guami pira entre la vegetación arbórea. Los suelos hacia la parte Oeste son más arenosos, volviéndose más arcillosos hacia el poblado de los Angaité (Este).

Monte

El monte presenta vegetación de mato denso típico del Chaco. En las fotos satelitarias presentan color verde a verde oscuro, en las fotos aéreas presentan un gris oscuro.

Característica de los pozos existentes en el área modelo.

El área fue estudiada por medio de pozos ya en 1981, de aquella investigación existe un pozo calzado en el centro del paleomeandro y datos de que fuera de el paleocauce el agua era salada, debido a ello que recientemente se realizo un pozo para jesudi cerca de este pozo al Norte con agua potable, la cual es utilizada por la comunidad, el agua se extrae mediante molinos y se aloja en aljibes ubicado cerca de las casas.

Los perfiles muestran en la parte superior una capa de arcilla (0 hasta 9 metros, con una intercalación de arena seca entre los 12 y 14 metros (2 metros de espesor). El acuífero explotado va a de los 18 a 22 metros, presentando arena fina, la base esta compuesta de material arcilloso.

Conclusiones

Los perforaciones de estudio en la zona de Santo Domingo fueron de gran importancia. Con el apoyo de los sensores remotos y comprobación de campo se puede resumir las características del área de la manera siguiente:

Existe un sistema continuo de drenaje E-W, que se bifurca en dos, uno se detiene y penetra a Mcal Estigarribia conectando a Santa Teresita por medio de paleocauces de monte y el otro continua hacia el este (Campo Loro, Sto Domingo, etc.). En las fotos aéreas es claro que el oeste del área de estudio es mas alta y el suelo más arenoso, lastimosamente por falta de acceso al mato no se pudo evidenciar, pero contamos con perfiles geoelectricos de Reitmayr (1995) que confirman esto.

Para el estudio del paleocauce de monte sería efectivo, con fotos aéreas de 1968, debido a que el área aún era virgen y es bien nítido.

3.2.3 CAMPO LORO

Ubicación y Situación Geológica - Geomorfológica.

El lugar denominado Campo Loro es un asentamiento de la comunidad indígena ayoreo y esta situada a 12 Km. SE del Fortín Tte. Montanía. En cuanto a la geología el área de trabajo pertenece al sistema de drenaje que proviene del Este y se bifurca al Norte de Mcal Estigarribia para dirigirse al Oeste.

Se ubica al Norte del sistema de paleocauces arenosos tipo espartillar (campos abiertos) típicos del Chaco Central y en el margen Sur dentro del sistema de paleocauces de monte. La vegetación es típica de monte, con suelos arcillosos.

Fotos aéreas y imágenes satelitales utilizadas

Para la interpretación de las imágenes fueron disponibles:

Fotografías aéreas (1:60.000, fecha 1968):

Foto índice 4976	rollo 12, 02212, 02213	Junio de 1968
	rollo 16, 02779, 02780	Julio de 1968

Imagen Satelital:

LANDSAT TM 228-075, Q3/1-2-3-4 y Q3, fecha de toma 06.09.1986; bandas 3-4-7 en B-G-R, procesado en el sistema GLOBUS de la BGR en las escalas 1:100.000 (aprox.) y 1:250.000 respectivamente.

Drenaje

En la imagen de satélite se puede observar un sistema de drenaje (color rojo a rojo azulado que viene del Este y baja en forma ondulante por el Fn. Tte.Montanía, llegando a la zona de Campo Loro, el cual posee una forma alargada de NW a SE siendo notorio en las fotografías aéreas, como relictos (paleomeandros abandonados), pero con evidente unión con el sistema de drenaje. Existe cauces modernos que se desplaza al Norte y Sur del área de trabajo el cual se activa en épocas de lluvias. El lugar es característico de zona de inundación.

Vegetación y suelos

Paleocauce de Monte

En las fotos aéreas presenta forma alargada, con cierta transición con el monte, su tonalidad es gris clara. En la margen SW del paleocauce, existe una hilera de árboles, alineados de forma NW a SE, aparte de ello la vegetación es casi nula (baja) En el terreno la vegetación es no tan alta como la de monte, no son tan nítidas las diferencias por encontrarse el lugar poblado.

Monte

El monte presenta vegetación de mato denso típica del Chaco. En las fotos satelitarias presentan color verde a verde oscuro, en las fotos aéreas presentan un gris oscuro.

En los mapas de la DOA-BGR el monte es clasificado como matorral denso. Los suelos son franco arcillo limoso a franco limoso, clasificados como regosoles eútricos y cambiosoles eútricos.

Característica de los pozos existentes en el área modelo.

Los pozos construidos en áreas cercanas a Campo Loro, en zonas de monte dieron resultados negativos con aguas de salinidad encima de 20.000 $\mu\text{mhos/cm}$, ya dentro del paleocauce de monte en Mayo de 1996 se realizó un pozo el cual dio agua potable (440 $\mu\text{mhos/cm}$), la cual es utilizada por la comunidad, actualmente con una red de distribución por medio de canillas (grifos).

Los perfiles muestran en la parte superior una capa de arcilla (0 hasta 12 metros), con una intercalación de arena seca entre los 12 y 14 metros (2 metros de espesor). El acuífero explotado va a de los 18 a 22 metros, presentando arena fina, la base esta compuesta de material arcilloso.

Conclusiones

En realidad aún no se hizo ningún estudio hidrogeológico en la zona de Campo Loro, las perforaciones de los alrededores se hicieron por pedido de los propietarios y el pozo para los ayoreos por necesidades de agua. Con el apoyo de los sensores remotos y comprobación de campo se puede resumir las características del área de la manera siguiente:

Existe un sistema continuo de drenaje E-W, que se bifurca en dos, uno se detiene y penetra a Mcal Estigarribia conectando a Santa Teresita por medio de paleocauces de monte y el otro continua hacia el este (Campo Loro, Sto Domingo, etc.). En las fotos aéreas es claro la comunicación entre los paleomeandros, a través de brazos medianamente sepultados por suelo y vegetación de monte.

La localización de estas áreas en el terreno se torna difícil en el campo sea esto por la utilización de la tierra o por ser muy densa la vegetación del monte con pocos accesos disponibles y mayormente por no distinguirse claramente los límites entre paleocauce y el monte.

Para el estudio del paleocauce de monte sería efectivo, con fotos aéreas de 1968, debido a que el área aún era virgen.

3.2.4 PESEMPOÓ (NW de Loma Plata)

1. Ubicación y situación geológica - geomorfológica.

El área de trabajo está ubicada a 1,9 km. W del aeropuerto de Loma Plata, el nombre de la comunidad asentada en este lugar es Pesempoó. En cuanto a la geología el área de trabajo está situada en la zona central del paleodelta que está caracterizada por los paleocauces anchos de tipo campo o espartillar.

Fotos aéreas y imágenes satelitales utilizadas

Para la interpretación las imágenes siguientes fueron disponibles:

Fotografías aéreas (1:60.000, año 1968):

Índice 4976, rollo 12, 2206-2208, rollo 16, 2785.

Índice 4976, rollo 12, 2207 (escala aprox. 1:15.000).

Imagen satelital:

LANDSAT TM 228-075, Cuadrantes 3 y 4; fecha de toma 06.09.1986; bandas 2-4-7 en B-G-R, procesado en el sistema GLOBUS de la BGR en las escalas 1: aprox. 100.000 y 1:250.000.

Drenaje

El área presente suaves depresiones buzando hacia la zona donde se encuentran los pozos de explotación, en donde existe excavaciones a los costados, destinada a la recarga artificial pero de reducido tamaño con respecto a la efectuada por los colonos mennonitas.

Vegetación y suelos

Paleocauce tipo espartillar con densidad de arboles altos (E2)

En el paleocauce de Pesempoó la vegetación ya no tiene su composición natural por la intervención del hombre.

En los mapas de la DOA-BGR figura como de uso agropecuario. Los suelos son franco arenoso a arena franca, clasificados como regosoles eútricos.

En las fotografías aéreas se nota la forma típica de un paleocauce de tipo espartillar, habría que agregar a esto solamente un incremento en la vegetación más densa y mayor cantidad de arboles altos de quebracho colorado (E2), tiene en la parte superior una capa limo-arenosa y en profundidad arena, lo cual se verifica en el terreno en el área de asentamiento y alrededores, los contactos con el monte son mayormente irregulares hacia el Sur y Norte. La foto aérea muestra depresiones pequeñas perteneciendo a una zona de transición entre E2 y el monte. En las depresiones alargadas mencionadas arriba se observan una vegetación más densa de tono oscuro, debido a ser el suelo limoso. En E2 la proporción de arena fina es mayor, con menor contenido de limo.

En la imagen satelital lamentablemente no fue posible observar nada ya sea por el uso de la tierra, el asentamiento poblacional y la dimensión pequeña del segmento del paleocauce local.

Monte

En los mapas de la DOA-BGR la vegetación del monte es caracterizada como matorral denso. Los suelos son franco arcillo limoso a franco limoso, clasificados en general como luvisoles haplicos y cambisoles eútricos.

En las fotos aéreas el monte tiene un tono oscuro y una textura fina. Alrededor de Pesempoó se trata de un monte denso (M1).

En la imagen satelital el monte denso (M1) corresponde a áreas verdes a rojizos con textura fina. El color verde sobre M1 corresponde a una vegetación todavía rica en clorofila basando en el suelo arcilloso que retiene la humedad. El color rojizo a rosado significa, en la combinación de bandas y filtros de esta imagen, una vegetación un poco mas seca, que indica suelos más arenosos (E2).

Unidades de transición

Como en otros paleocauces tipo espartillar con vegetación más densa (E2) como en este caso, los contactos no son tan claros. Fue separada la unidad de transición T1 (área con vegetación con abundancia de árboles) que se presenta dentro y en conexión con los segmentos de paleocauce.

En el terreno se pudo constatar la presencia de esta zona de transición que sirve como divisoria entre pesempoó (un segmento del paleocauce) con las tierras de los colonos mennonitas (otro segmento del paleocauce), existe mayor proporción de arboles y arbustos, con suelo limoso , pero a poca profundidad ya esta la arena, la cual es utilizada para plantar por los colonos locales.

Hacia el W sin embargo se nota el contacto nítido (Colonia Blumengart) del monte con el paleocauce E2.

Característica de los pozos existentes en el área modelo.

Existen 4 pozos, uno entubado en 6" con molino de viento , el cual tiene agua potable con 2 metros de columna de agua, otro pozo es calzado construido hasta el techo del acuífero y los otros dos restantes son el tipo diafragma los cuales actualmente están obstruidos con arena.

Conclusiones

Desde la vista de sensores remotos se puede resumir las características del área de la manera siguiente:

Pesempoó pertenece a un segmento de los paleocauces típicos de la zona central.

El paleocauce fue clasificado como E2, indicando suelos limo-arenosos y vegetación con espartillar y arboles altos del tipo quebracho colorado predominantemente con una infiltración indirecta.

Dentro del área de trabajo no existen sistemas mayores de drenaje que podrían aumentar el afluente de agua .

E2 tiene algunas depresiones suaves con vegetación densa con una capa limosa-arcillosa sobre la arena. Las depresiones son las únicas estructuras morfológicas en que el agua superficial podría concentrarse.

Además, se puede pensar del significado hidrogeológico de las capas delgadas más limosas encima de la arena del paleocauce. Ellas reducen la infiltración.

Para aprovechar las lluvias se podría ampliar el área de recarga, que actualmente es reducida y esta excavada a aprox. 1 m, esto es suficiente porque ya ahí arena y porque el nivel de agua esta 4 metros, esto posibilitaría una infiltración prácticamente directa con una autodepuración natural, se recomienda protección del área y no construcción cercana de letrinas (si no son selladas) por ser fuente de contaminación del agua subterránea.. En caso de planearse un pozo, sería importante una perforación de estudio para saber el espesor de la arena, su granulometría y calidad del agua a profundidad para una buena construcción de un pozo.

3.2.5 CAMPO LARGO

Ubicación y situación geológica - geomorfológica.

Campo Largo está ubicada aprox. a 15 km. SO de Fn. Boquerón. En cuanto a la geología el área de trabajo está situada al margen meridional de la zona central del paleodelta que está caracterizada por los paleocauces anchos de tipo campo o espartillar.

Campo Largo es un área interesante de manera que forma el primer segmento más ancho en el curso de un paleocauce tipo espartillar meándrico estrecho y muy largo, que comienza al menos 40 km. línea directa hacia el Oeste. Por su extensión (ancho máximo 1.5 km.) se debe atribuir este segmento como eslabón entre la zona marginal y la zona propia de los paleocauces tipo campo del Chaco central. Alrededor de este paleocauce se encuentran depósitos de sedimentos arcillosos con una cobertura vegetal de monte.

Fotos aéreas y imágenes satelitales utilizadas

Para la interpretación las imágenes siguientes fueron disponibles:

Fotografías aéreas (1:60.000, año 1968):
Índice 4975, rollo 16, 2792-2794, rollo 12, 2199-2200.

Imagen satelital:

LANDSAT TM 228-076, Cuadrante 2; fecha de toma 14.05.1985; bandas 1-4-7 en B-G-R, procesado en el sistema GLOBUS de la BGR en las escalas 1: aprox. 100.000 y 1:250.000.

Drenaje

En la foto aérea, en el espartillar se observan depresiones suaves alargadas que representan un relicto de una red de drenaje antiguo. En parte estos bajos transcurren paralelos al margen del paleocauce. En el monte también falta una red de drenaje. Sin embargo, se observan relictos pequeños de paleocauces de monte y además alineaciones numerosas de arboles altos que en parte pueden seguir cauces muy estrechos y cortos que coleccionan las aguas en la época de lluvia.

Vegetación y suelos

Espartillar

En el espartillar de Campo Largo la vegetación ya no tiene su composición natural por la intervención del hombre.

En los mapas de la DOA-BGR la vegetación está indicada como espartillar. Los suelos son franco arenoso a arena franca, clasificados como regosoles eútricos.

En las fotografías aéreas el espartillar es claro en contraste a su alrededor (E1 en el mapa de interpretación). El contacto con el monte es muy nítido al norte, no obstante es más irregular hacia el Sur. La foto aérea muestra depresiones pequeñas perteneciendo aparentemente a una zona de transición entre espartillar y monte. En las depresiones alargadas mencionadas arriba se observa fajas estrechas en parte paralelas que son cubiertas de una vegetación densa de tono oscuro indicando un subsuelo poco permeable. El fue identificado en el campo como capa de arena muy fina y limosa, que parece estar puesto encima de las arenas del espartillar (véase Cpo. Loa). Probablemente estas fajas fueron formadas en la última fase de la sedimentación fluvial. En parte ellas siguen meandros antiguos.

En la imagen satelital el espartillar ya no da su aspecto usual por su completa transformación en campos y pastos. Sin embargo se puede identificar las fajas estrechas de la vegetación mencionada arriba.

Monte

En los mapas de la DOA-BGR la vegetación del monte es caracterizada como matorral denso. Los suelos son franco arcillo limoso a franco limoso, clasificados en general como luvisoles haplicos y cambisoles eútricos.

En las fotos aéreas el monte tiene un tono oscuro y una textura fina. Alrededor de Campo Largo se trata de un monte bajo y denso (M1). Aparentemente, algunas alineaciones de árboles altos siguen los límites de cuerpos de la sedimentación fluvial.

En la imagen satelital el monte bajo (M1) corresponde a áreas verdes a rojizas con textura fina. El color verde sobre M1 corresponde a una vegetación todavía rica en clorofila basando en el suelo arcilloso que retiene la humedad. El color rojizo significa, en la combinación de bandas y filtros de esta imagen, una vegetación un poco más seca, que podría indicar suelos un poco más arenosos.

Unidades de transición

Como en otros paleocauces tipo espartillar en Campo Largo los contactos entre el espartillar y el monte no son siempre nítidos. Fue separada la unidad de transición T1 (área vegetada con abundancia de árboles) que se presenta dentro del espartillar en fajas estrechas con árboles y arbustos. Estas fajas transcurren paralelos a los márgenes del campo. En el SO siguen las curvas de un meandro. Se trata de capas limosas, que aparentemente están encima de las arenas propias del campo.

Característica de los pozos existentes en el área modelo.

Por el momento 3 pozos calzados son conocidas situadas en las arenas del paleocauce. Dos de ellos están marcados en el mapa. El material excavado consiste de arena fina con muy poco de material limoso. Todos los pozos proveen agua dulce en cantidad reducida.

Conclusiones

Desde la vista de sensores remotos se puede resumir las características del área de la manera siguiente:

- A pesar de su posición marginal el espartillar de Campo Largo ya pertenece por su anchura a los paleocauces típicos de la zona central.
- El Espartillar fue clasificado como E1, indicando suelos muy arenosos y vegetación de sabana con una infiltración rápida.
- Dentro del área de trabajo no existen sistemas mayores de drenaje que podrían aumentar el afluente de agua al campo. Solamente un afluente muy pequeño fue encontrado en el Este.
- El campo tiene algunas depresiones suaves, estrechas y alargadas con fajas estrechas de vegetación densa debido a una capa limosa-arcillosa sobre la arena.. Las depresiones son las únicas estructuras morfológicas en que el agua superficial podría concentrarse.
- Además, se puede pensar del significado hidrogeológico de las capas delgadas más limosas encima de la arena del paleocauce. Ellas reducen la infiltración. Sin embargo con lluvias fuertes podrían correr de las partes marginales hacia las arenas del campo y aumentar la infiltración local.

3.2.6 CAMPO LOA

Ubicación y situación geológica - geomorfológica.

Campo Loa está ubicada aprox. a 30 km. SSE de Mariscal Estigarribia. En cuanto a la geología el área de trabajo está situada al margen Este de la zona central del paleodelta que está caracterizada por los paleocauces anchos de tipo campo o espartillar. Correspondiente a la posición marginal los campos son estrechos. Como indica la vegetación, los materiales superficiales en los campos como también en el monte fuera de los campos son más heterogéneos y variables que en el centro de dicha zona.

Fotos aéreas y imágenes satelitales utilizadas

Para la interpretación las imágenes siguientes fueron disponibles:

Fotografías aéreas (1:60.000, año 1968):

Índice 4775, rollo 2, 302-304, rollo 16, 02849-02851

índice 4875, rollo 26, 04403-04405

Imagen satelital:

LANDSAT TM 228-076, Q1/2, fecha de toma 14.05.1985; bandas 1-4-7 en B-G-R, procesado en el sistema GLOBUS de la BGR en las escalas 1: aprox.100.000 y 1:250.000.

Drenaje

En los campos existen relictos de una red de drenaje antigua, que no forman un sistema continuo. En la foto aérea se observa depresiones redondeadas o alargadas, las últimas mayormente a los bordes laterales. En el monte se encuentra paleocauces estrechos y meandriformes tipo monte y también pocos riachos que sirven ambos para la colección del agua de las lluvias. El derrame se realiza más a través los riachos. Existen lagunas pequeñas en parte aisladas, en parte en hileras que forman sistemas cortos de drenaje. En ninguna parte la red del monte cruza los paleocauces del tipo campo.

Vegetación y suelos

Espartillar

El tipo espartillar es llamativo por su contraste alrededor y está asociado a los paleocauces tipo campo. Los campos de Campo Loa tienen una vegetación de sabana con gramíneas y árboles grandes dispersos. Sin embargo en contraste a los campos típicos del Chaco central se observa en parte numerosos arbustos en el conjunto de la vegetación.

En los mapas de la DOA-BGR la vegetación varía entre espartillar y matorral abierto. Los suelos son franco arenoso a arena franca, clasificados como regosoles eútricos. En las fotografías aéreas el espartillar es evidente en contraste al alrededor (E1 en el mapa de interpretación) debido a su tono claro. Sin embargo algunas partes del espartillar aparecen mas oscuras con indicaciones de un aumento de la vegetación (en parte el "matorral abierto", DOA-BGR). En el campo se encontró arena muy fina un poco limosa. Este tipo fue clasificado como E2. En la imagen satelital el espartillar natural aparece en un color marrón claro a un gris rojizo. En algunas partes aparecen colores diferentes por causa de la colonización (campos y pastos en las colonias Jotoichá y Nasuc). Las partes con una vegetación más densa visible en las fotos (E2) coinciden en la imagen con áreas rojizas, que también indican una vegetación mas densa, que se secó ya en Mayo en consecuencia del suelo arenoso, que pierde su humedad más temprano que el monte con suelos arcillosos.

Monte

El término incluye suelos arcillosos-limosos y la selva seca típica del Chaco. En los mapas de la DOA-BGR la vegetación es caracterizada como matorral denso a abierto. Los suelos son franco arcillo limoso a franco limoso, clasificados en general como luvisoles haplicos y cambisoles eútricos. En las fotos aéreas el monte tiene un tono mucho más oscuro que el espartillar. Se puede distinguir un monte denso y bajo (textura fina, tono gris claro, M1), un monte denso con árboles grandes (textura mas gruesa, tono gris oscuro, M2) y al fin un matorral muy abierto con manchas pobres en árboles (textura gruesa, tono gris mediano M3). Se puede interpretar las diferencias con un aumento de arena en el suelo según el orden mencionado. En la imagen satelital el monte bajo (M1) corresponde a áreas verdes con textura fina. Los tipos M2 y M3 tienen una textura gruesa y colores variando entre verde y rojo. En la combinación de bandas y filtros de esta imagen el color verde corresponde a una vegetación todavía rica en clorofila basando en el suelo arcilloso que retiene la humedad. El color rojo corresponde a una vegetación seca, aparentemente en suelos más arenosos. Lluvias irregularmente distribuidas pueden ser una causa adicional del color variable.

Unidades de transición

A menudo los contactos entre el espartillar y el monte no son nítidos. Por esta causa era necesario de introducir unidades de transición entre ambas unidades. Se trata de las unidades T1 (área con vegetación con abundancia de árboles) y T2 (área vegetada con arbustos, y pocos árboles). En la foto y en la imagen estas unidades no son muy distintas del monte, pero siempre son conectadas con el curso de los paleocauces y forman ya manchas dentro de ellos, ya unidades marginales de ellos. Además, en la mayoría de las veces muestran contactos nítidos con el monte adyacente. Estas unidades son interpretadas como capas de suelos limosos etc., encima de las arenas de los paleocauces o como zonas de transición entre ellos y el monte. Al borde meridional del campo SE de Nasuc verificamos una superposición de esta unidad encima de las arenas del campo ya que forma la elevación muy nítida. En las fotos y imágenes parecen al monte abierto (M3).

Característica de los pozos existentes en el área modelo.

Según el informe de García (1995) en los últimos 15 años 25 pozos fueron realizados mayormente en los campos. Solamente en uno de ellos se encontró una lente pequeña de agua dulce en la colonia Jotoichá.

Los perfiles muestran en principio una capa de arena fina y seca (10 hasta 16 metros, a veces más espesa) seguida hacia abajo de una capa de arcillas (2-11 m de espesor). Debajo continua arena fina con agua salada.

Conclusiones

Según los datos colectados por pozos y geofísica García (1995) concluyó que en el área de las colonias Jotoichá y Nasuc no existen las condiciones de una formación de lentes extensos de agua dulce en los campos para abastecer las comunidades indígenas. El confeccionó una tabla con los indicadores superficiales para el moderado potencial de agua subterránea somera, incluyendo en ella morfología, drenaje, suelos, vegetación, posición geológica en el delta y área de recarga.

En adición a los resultados de la parte hidrogeológica, desde la vista de sensores remotos se puede resumir las características del área de la manera siguiente:

- La posición marginal del área en respecto al delta del Río Pilcomayo caracterizado por los paleocauces anchos tipo campo, aparentemente causa una variación mayor de las unidades superficiales. Los campos son mas estrechos y menos continuos que en las partes centrales. Además un cambio rápido lateral de la vegetación en la superficie se manifiesta en el cambio de los suelos. Se puede concluir que esta heterogeneidad influye el sistema de la formación de agua subterránea, por ej. la infiltración.
- En las fotos los contactos entre el espartillar y el monte en parte no son nítidos. Por eso fueron introducidos unidades de transición que se parecen a un monte abierto. Aparentemente se trata de una formación más limosa encima de las arenas, causada por las últimas actividades del paleocauce.
- Gran parte del espartillar de los campos fueron clasificadas como E2, indicando suelos menos arenosos y vegetación mas densa con una infiltración reducida.
- Dentro del área de trabajo no existen sistemas mayores de drenaje que podrían aumentar el afluente de agua a los campos o concentrar la infiltración dentro de ellos.

3.2.7 JORBA

Ubicación y situación geológica - geomorfológica.

El área de Jorba está ubicada aproximadamente a 100 km. al S de Mariscal Estigarribia y aprox. 50 km. SO de Neuland. En cuanto a la geología el área de trabajo está situada al Sur enteramente fuera de la zona central del delta antiguo con los paleocauces tipo espartillar. Predominan depósitos limosos-arcillosos.

Fotos aéreas y imágenes satelitales utilizadas

Para la interpretación las imágenes siguientes fueron disponibles:

Fotografías aéreas (1:60.000, año 1968):

Índice 4774/5, rollo 2, 311-313, rollo 16, 02840-02842
índice 4874/5 rollo 26, 04394-04396 rollo 37A, 06159-06161

Imagen satelital:

LANDSAT TM 228-076, Cuadrante 1 y 2; fecha de toma 14.05.1985; bandas 1-4-7 en B-G-R, procesado en el sistema GLOBUS de la BGR en las escalas 1: aprox.100.000 y 1:250.000.

Drenaje

En el monte de Jorba se nota una red de paleocauces finos meándricos tipo monte y algunos riachos que sirven como derrame. Los cauces comienzan de repente, pueden ser muy largos, y terminan sin desembocar en otro cauce.

A menudo en la foto aérea los cauces desaparecen perceptibles solamente por una alineación de lagunas redondas o alargadas. Además, lagunas pequeñas son muy frecuentes en el área de Jorba sin que pertenecen en la mayoría a un sistema de drenaje según la fotointerpretación. En la época lluviosa gran parte del área es anegadiza. Desde las fotos y los imágenes parece que paleocauces de monte y riachos son usados casi de la misma manera como derrame.

Vegetación y suelos

Espartillar

El tipo espartillar aparece solamente en el margen del mapa de interpretación un poco fuera del área propio de trabajo hacia el Oeste. Según la posición fuera de la zona central estos paleocauces son aislados. En un solo lugar un riacho cruza partes marginales (con vegetación) de un paleocauce de este tipo.

Monte

El monte cubre todo el área de Jorba. El término incluye suelos arcillosos y la selva seca típica del Chaco.

En los mapas de la DOA la vegetación es caracterizada como matorral, dividido en matorral denso y abierto. Los suelos son franco arcillo limoso a franco limoso, clasificados en general como luvisoles haplicos y cambisoles eútricos, asociados con el matorral denso. Suelos franco a franco arenoso coinciden con las áreas de matorral abierto, clasificados como cambisoles eútricos.

En las fotos aéreas se puede separar un monte denso y bajo (textura fina, tono gris claro, M1), de un monte abierto con árboles grandes (textura mas gruesa, tono gris oscuro, M2). Conforme con el mapa de DOA/BGR se puede interpretar las diferencias con el contenido elevado de arena en los suelos de M2.

En la imagen satelital el monte bajo (M1) corresponde a áreas verdes hasta rojizos con textura fina. El monte abierto (M2) tiene una textura gruesa y colores variando entre verde y rojizo. El color verde corresponde a una vegetación todavía rica en clorofila basando en el suelo arcilloso que retiene la humedad. El color rojo significa, en la combinación de bandas y filtros de esta imágen, una vegetación seca, probablemente en suelos más arenosos. Lluvias irregularmente distribuidas pueden ser una causa adicional del color variable.

Característica de los pozos existentes en el área modelo.

Según el informe de García (1995) en los últimos 22 años 36 pozos fueron realizados generalmente en depresiones como ser en lagunas. En el mapa solamente los pozos de la DRH fueron marcados.

Los perfiles muestran en principio una capa de arcilla o limo arcilloso hasta casi 5 metros, debajo arena fina hasta muy fina de 6 a 10 metros de espesor. Continúa posteriormente arcilla y limo. Según García las arenas son secas en general. Agua dulce se encuentra solamente en capas de limo saturadas.

Pocos pozos del área tienen agua dulce en cantidades pequeñas. En parte la recarga es superficial causada por inundaciones.

Conclusiones

Según los datos colectados por pozos y geofísica García (1995) concluyó que "en el área no existe agua subterránea de buena calidad en la cantidad que es requerida". El confeccionó una tabla con los indicadores superficiales para moderado potencial de agua subterránea somera, incluyendo en ella morfología, drenaje, suelos, vegetación, posición geológica en el delta y área de recarga.

En adición a los resultados de la parte hidrogeológica, desde la vista de sensores remotos se puede resumir las características del área de la manera siguiente:

- La posición del área de Jorba dentro del monte, fuera de la zona central con los campos típicos de espartillar, reduce la eventualidad de infiltración seriamente.
- Existen muy pocas localidades con un potencial teórico de infiltración como lagunas mayores en comparación a la zona septentrional (véase Sto. Domingo, Campo Loro). Los resultados de las perforaciones y de la geofísica tampoco revelaron cuerpos de arenas aprovechables para la acumulación de agua subterránea.

3.3 Criterios generales para la búsqueda de agua subterránea somera deducidos de las áreas pilotos.

Las observaciones y conclusiones hechas de las fotografías aéreas y de las imágenes fueron usados para definir criterios generales a ser utilizados en las áreas pilotos para la búsqueda de agua subterránea somera (Tabla 1). Al mismo tiempo fue tratado clasificar estos resultados en el contexto regional. Naturalmente, los criterios en la tabla son indicaciones generales que no guían a un hallazgo directo de agua subterránea. Sin embargo, la tabla da por primera vez la posibilidad de evaluar el potencial de agua subterránea somera en el Chaco Central.

Según la descripción del paleodelta del Chaco Central (véase 3.1 y Fig.1) la primera columna se refiere a las áreas de investigación. Las dos columnas siguientes contienen los criterios decisivos de la clasificación debido a los sensores remotos: La situación geológica-geomorfológica y los criterios favorables y desfavorables con respecto a la búsqueda de agua. La última columna añade resultados obtenidos de la hidrogeología. Las filas horizontales corresponden a las áreas principales del Chaco Central, teniendo en cuenta su ubicación en el paleodelta, se decidió distinguirlas en zonas, esto es decir **Zona Norte** (Mcal Estigarribia, Sta. Teresita y Campo Loro), **Zona Central** (Campo Loa, Campo Largo y Loma Plata) y **Zona Sur** (Jorba). Este orden permite la coordinación de los criterios con las áreas y viceversa.

La descripción de la situación geológica-geomorfológica fue discutido más en detalle en el capítulo 3.1.

4. Bibliografías

DOA-BGR: Proyecto Sistema Ambiental del Chaco
Potencial de los Espacios Naturales de la Región Occidental. -

Hoja Mariscal Estigarribia

Tipos de Suelo 1:250.000 (1996)

Tipos de Vegetación y Uso actual de la Tierra 1:250.000 (1995)

Hoja Loma Plata

Tipos de Suelo 1:250.000 (1996)

Tipos de Vegetación y Uso actual de la Tierra 1:250.000 (1996)

Hoja Fortín Tte. 1ro Emilio Ochoa

Tipos de Suelo 1:250.000 (1995)

Tipos de Vegetación y Uso actual de la Tierra 1:250.000 (1995)

García, Daniel (1995). "**Investigación Hidrogeológica y Geofísica en el Área de Jorba, Chaco Central**". Informe Técnico No. 15. BGR/DRH, Filadelfia.

García, Daniel (1995). "**Estudio Hidrogeológico y Geofísico de Campo Loa, Chaco Central**". Informe Técnico No. 16. BGR/DRH, Filadelfia.

García, Daniel (1995). "**Estudio Hidrogeológico y Geofísico de Santa Teresita, Chaco Central**". Informe Técnico No. 17. DRH/BGR, Filadelfia.

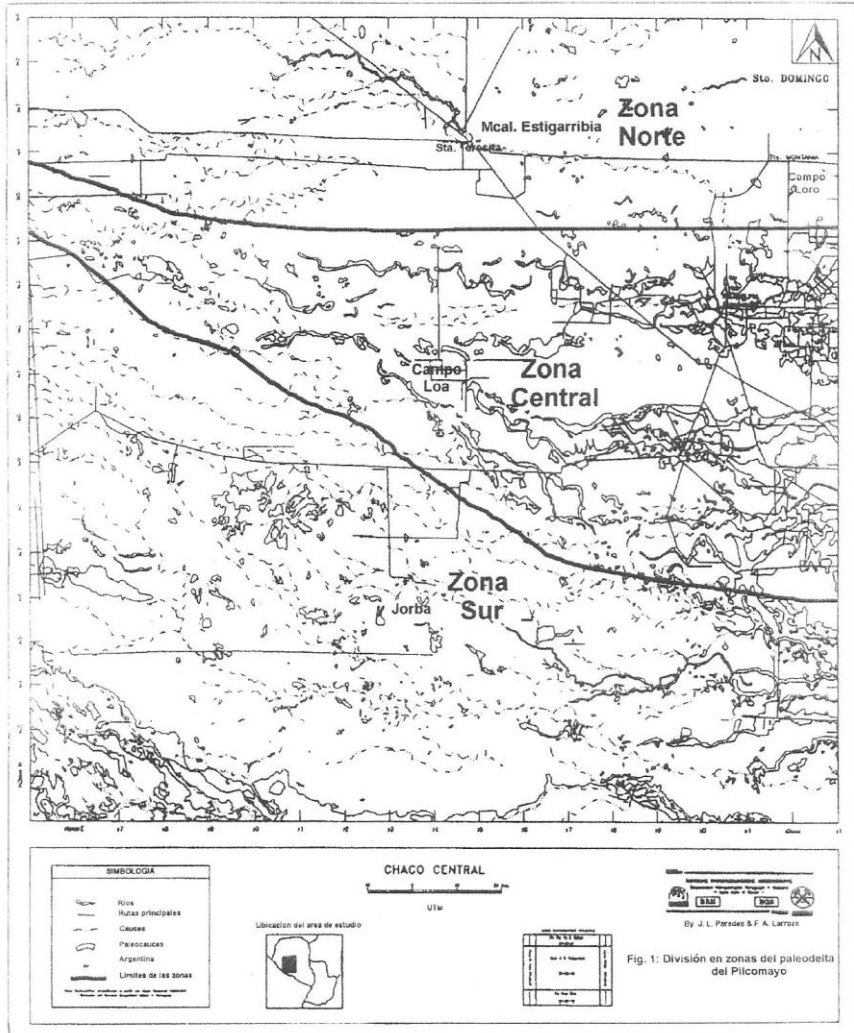
Geyh, M. et.all. (1996). "**Sincronopsis del Desarrollo Morfológico y Climatológico del Chaco Boreal y de Atacama en los Últimos 35.000 años AP**". "Memorias del XII Congreso Geológico de Bolivia, Tomo II. Tarija, Bolivia. pag 1267-1276.

Godoy, Eugenio (1981). "**Informe sobre las Perforaciones de Puesto Santo Domingo, Asentamiento Tobas - Maskoy**". Informe interno, Dirección de Recursos Hídricos, Filadelfia.






Godoy & Larroza (1996). "**Síntesis Hidrogeológica del Área Norte del Chaco Paraguayo**". Memorias del XII Congreso Geológico de Bolivia, Tomo I. Tarija, Bolivia. pag 295-307.

Kruck, W. (1996). "**Pleistoceno Superior y Holoceno del Chaco Paraguayo**". Memorias del XII Congreso Geológico de Bolivia, Tomo II. Tarija, Bolivia. pag 1217-1220.

Paredes & Orrego (1994). "**Resultados de los Trabajos de Perforación en el Área de la Misión Santa Teresita, Mcal Estigarribia**". Informe Técnico No. 6. DRH/BGR, Filadelfia.



Leyenda de los mapas en las áreas de estudio

E1	Paleocauce tipo campo o espartillar con árboles y pastizales
E2	Paleocauce como E1, pero con arbustos y una vegetación más densa
M1	Monte con matorral denso, con árboles bajos
M2	Monte con matorral abierto, con árboles grandes
M3	Monte con matorral muy abierto, posiblemente con suelos arenosos
T1	Zona de transición, selva abierta dentro y a los bordes de paleocauces tipo espartillar, abundantes árboles.
T2	Zona de transición como T1, pero con pocos árboles
	Paleocauce de Monte, formas alargadas semicirculares (lagunas, depresiones)
PM1	Paleocauce de Monte, similar a E1, meandroso
D	Duna (Campo Loa, incierto)
	Crestas
	Caminos
	Áreas de investigaciones geofísicas
	Pozos

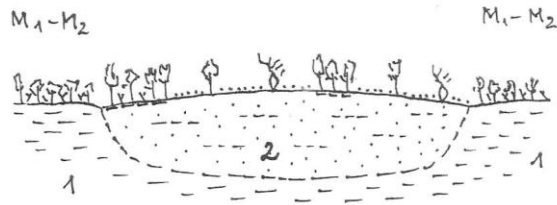


Fig. 2a. Esquema del paleocauce tipo espartillar

1. Suelos de monte (franco arcilloso) con matorral denso hasta abierto (M1-M2)
2. Relleno del paleocauce con arenas finas hasta medianas, con intercalaciones de capas limosas. Suelo arenoso, vegetación espartillar. Capas limosas encima de las arenas causan una vegetación más intensiva (antes: "paleocauce antiguo").

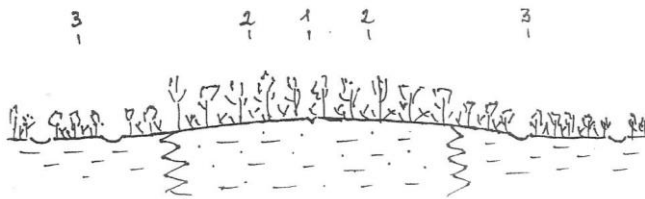


Fig. 2b. Esquema del paleocauce de monte

1. Cauces meandriformes inactivos. Al fin de la época lluviosa (fin del Mayo) a veces con colección de agua con vegetación fresca. En plena época seca (Setiembre) vegetación rica pero seca.
2. Monte abierto, faja paralela al cauce. Vegetación rica y muy fresca en Mayo, seca en Setiembre. Suelos franco arenoso
3. Fajas alargadas un poco más bajas en ambos lados y paralelas a 1 y 2. Llanura de inundación con suelos arcillosos y vegetación reducida (monte bajo). Numerosas lagunas preferentemente en los márgenes. En estas depresiones se colecciona agua de lluvia, especialmente en las lagunas. Localmente se desarrollan riachos cortos. En Mayo la vegetación todavía es muy reducida. Las lagunas son llenas de agua, en parte los riachos. En Setiembre la vegetación ya esta seca.

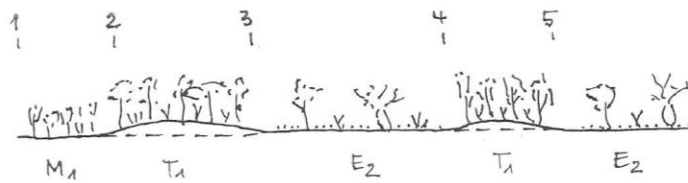
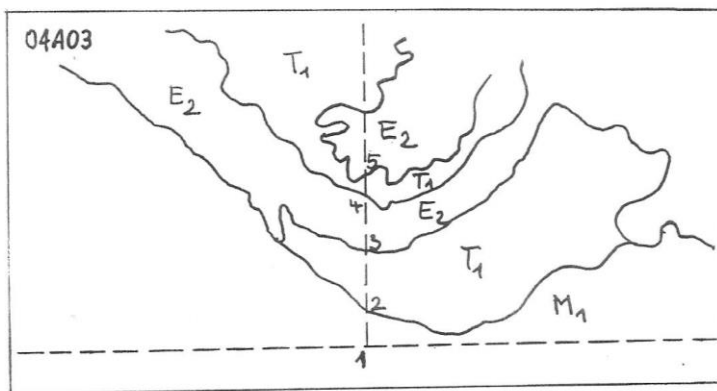
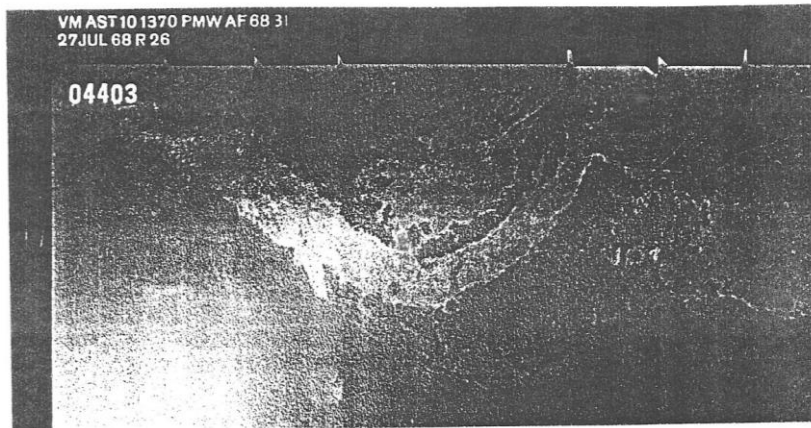


Fig. 3 Paleocauce tipo espartillar, Campo Loa
a) Foto aérea b) Interpretación c) longitudinal (observación de campo, puntos 1-5)
M1=Mato denso; E2=Espartillar con arbustos; T1=Zona de transición con árboles y arbustos,
morfológicamente elevado, suelo ligeramente limoso.

Área	Criterios geológicos-geomorfológicos	Criterios para agua subterránea somera favorables	Criterios para agua subterránea somera desfavorables	Criterios hidrogeológicos
Norte Sta. Teresita Sto. Domingo Campo Loro	Suelos, vegetación y paleocauces de monte. Paleocauces meándricos de un sistema continuo, paralelo, de veces conectado (Sta. Ter.) Numerosas depresiones en forma de lagunas mayores y pequeñas, las primeras como parte del sistema parecidos a un segmento de cauce o son redondeadas. Áreas de inundación. Riachos	Depresiones aisladas en forma de laguna de extensión mediana dentro del sistema de drenaje Infiltración directa y indirecta en la época lluviosa. Épocas de inundaciones	Fuera de las depresiones es de esperar que la infiltración directa y indirecta es generalmente muy baja, a excepción de condiciones locales favorables (Ej. Sto. Dom.)	Buen espesor de las arenas a profundidad Es de esperar acuíferos con agua dulce (?ac extenso: Sta. Ter.; ac. local: Sto. Dom., Cpo. Loro)
Zona Central Loma Plata (Pesempoó) Campo Largo Campo Loa	Zona de paleocauces anchos tipo espartillar. "Sistema" de paleocauce con estructuras internas y con zonas de transición al monte. En la posición marginal de la zona, los paleocauces son estrechos (C. Loa) y tienen coberturas más limosas. Paleocauces de monte esporádicos. Ocurrencia de riachos hacia el E	Paleocauces anchos Con vegetación natural de espartillar, infiltración directa por poseer superficie arenosa. Depresiones para la colección de aguas de lluvias para infiltración indirecta.	Paleocauces estrechos. Una cobertura más densa de vegetación sobre un suelo limoso reduce la infiltración (C. Loa)	Arenas acuíferas de buen espesor A menudo infiltración directa sin enriquecimiento aprovechable, a no ser con tajar de infiltración.
Sur Jorba	Suelo, vegetación y paleocauces de monte. Paleocauces paralelos y con distribución irregular. Abundantes lagunas pequeñas, escasas mayores de contorno irregular. Áreas extensas de inundación. Riachos	Arenas debajo de lagunas mayores. Épocas de inundaciones	Infiltración directa y indirecta muy baja por suelos arcillosos de monte	Arenas de poco espesor Lagunas mayores sin acuífero.

Tabla 1. Criterios generales a ser utilizados en las áreas pilotos según los sensores remotos para la búsqueda de agua subterránea somera.