

PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO

Inventario, Evaluación y Recomendaciones para la Protección
de los Espacios Naturales en la Región Occidental del Paraguay



Tomo I:

INFORME FINAL

Asunción 1998

Cooperación Técnica

Ministerio de Agricultura y
Ganadería MAG; Dirección de
Ordenamiento Ambiental,
DOA, Asunción, República del
Paraguay

Bundesanstalt für Geowissen-
schaften und Rohstoffe,
Hannover, Bundesrepublik
Deutschland



Editorial

Editor	Kruck, W.
Autores	Alvarenga, D. (4.10), Barboza, F. (B 4.7), Bender, H. (B 4.4), Carlini, A. (B 4.6), Degen, R. (B 4.5), Fracchia, F. (B 4.10), Geyh, M. (B 4.1), Hoffmann, R. (B 4.7), Kruck, W. (B 1 - B 4.5, B 4.8, B 4.9, B 4.10), Medina Netto, A. (B 4.7), Mereles, F. (B 4.5), Mollat, H. (B 4.3.2), Nitsch, M. (B 4.9, B 4.10), de Pablos, Th. (A), Portillo, L. (B 4.9), Raidán, G. (A), Rojas, C. (B 4.2.1.5), Wiens, F. (B 4.3.1, B 4.9)
Fotos	Böker, F., Hoffmann, R., Mereles, F.
Procesamiento de datos satelitales	Fracchia, F., Schäffer, U., Schwonke, F.
Cartografía	Avalos, Y., Alfonso, L., Casco, G., Valdez, D., Martínez, L.,
Redacción	Alvarenga, D., Avalos, Y., Kruck, W.
Diseño Grafico	Stickler, A.
Copyright	Dirección de Ordenamiento Ambiental (DOA) Ruta Mcal. Estigarribia km 10,5 San Lorenzo - Paraguay E-Mail: DOA@quanta.com.py Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Postfach 51 01 53 30631 Hannover - Bundesrepublik Deutschland Fax: +49-511-643 23 04 San Lorenzo 1998

Cooperación Técnica Paraguay - Alemana

PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO

Inventario, Evaluación y Recomendaciones para la Protección
de los Espacios Naturales en la Región Occidental del Paraguay

Tomo I: INFORME FINAL

Ministerio de Agricultura y
Ganadería (MAG)

Subsecretaría de Estado de
Recursos Naturales y Medio
Ambiente (SSERNMA)

Dirección de Ordenamiento
Ambiental (DOA)

Bundesministerium für
wirtschaftliche Zusammenarbeit
und Entwicklung (BMZ)

Bundesanstalt für
Geowissenschaften und Rohstoffe
(BGR)

El trabajo ha sido dividido en diferentes tomos. El Tomo I corresponde al informe general. Los tomos adicionales se refieren a investigaciones específicas y documentaciones:

Tomo I INFORME FINAL

Tomo II INVESTIGACIONES ESPECIALES

A. Carlini	Informe paleontológico
A. Carlini	Documentación Fauna
F. Mereles/ R. Degen	Aspectos Fenológicos de Arboles y Arbustos del Chaco I
F. Mereles/ R. Degen	Contribución al Estudio de la Flora y la Vegetación del Chaco Boreal Paraguayo
F. Mereles/ R. Degen	Los Nombres Vulgares de los Arboles y Arbustos del Chaco Boreal, Paraguay
F. Mereles/ R. Degen	Formaciones Vegetales del Chaco Boreal Paraguayo
F. Mereles/ R. Degen	Contribución al Conocimiento de los Arboles y Arbustos Indígenas Utilizados como Medicinales en el Chaco Boreal (Paraguay)
R. Degen	Caranda y
F. Mereles/ R. Degen	Documentación Vegetación

Tomo III DOCUMENTACION SUELOS

Tomo IV INFORMES TECNICOS

M. Nitsch	Agua Subterránea Cerca de la Superficie del Suelo y la Salinización en el Este de las Colonias Mennonitas en el Chaco Central Oriental del Paraguay
R. Mitlöhner	Caracterización de Sitios en el Chaco Central Paraguayo a través de la Capacidad de Succión Vegetal y la Presión Osmótica Potencial
F. Wiens	Evaluación económica del uso de la tierra al Este de Loma Plata, Chaco Central - Paraguay
H. Bender	Propuesta para el Mapeo de Unidades de Relevancia Hidro-económica en el Chaco Central
M. Geyh	Estudios Geogronológicos y Ensayos Isótopos Aplicados a la Hidrogeología
H. Bender	Abastecimiento de Agua Subterránea en la Región Occidental del Paraguay
R. Wagner	Determinación del Aforo de los Rios Chaqueños
U. Schäffer	Utilización de los Satélites de Observación Meteorológica TIROS - N/NOAA - N para su Aplicación en el Terreno
F. Böker	Informe de un Viaje Técnico
U. Schäffer	Satélites de Observación Metereológica NOAA-N para su Aplicación en la Agricultura con el Sistema de Procesamiento de Imágenes Satelitarias ERDAS

INDICE - TOMO I

Parte A	CARACTERISTICAS GENERALES Y MARCO SOCIO-POLITICO	9
	PROLOGO	10
1	INTRODUCCION	11
2	EL PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO	12
2.1	ANTECEDENTES	12
2.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO	12
2.3	MARCO SOCIO-POLÍTICO	13
2.4	ASPECTO JURIDICO-INSTITUCIONAL	15
2.5	CONCIENCIA AMBIENTAL	18
Parte B	EL CHACO PARAGUAYO COMO ECOSISTEMA	21
1	RESUMEN	22
2	PERSONAS INVOLUCRADAS Y EQUIPAMIENTO TECNICO	23
2.1	PERSONAL	23
2.2	EQUIPAMIENTO	24
3	METODOLOGIA DE TRABAJO	27
3.1	PRINCIPIOS TEORICOS	27
3.1.1	Teoría General de Sistemas	27
3.1.2	Definición del sistema «Chaco Paraguayo»	29
3.1.3	Camino hacia la obtención de conocimientos, ejemplos de la recolección de datos y representación de los resultados.	30
4	RESULTADOS	35
4.1	CLIMA	35
4.1.1	Desarrollo climático	35
4.1.2	Clima actual	36
4.2	DRENAJE	39
4.2.1	Sistema de drenaje actual y su desarrollo	39
4.2.1.1	Río Pilcomayo	41
4.2.1.2	Nivel de agua y salinidad de ríos chaqueños seleccionados	42
4.2.1.2.1	Río Verde	43
4.2.1.2.2	Río Siete Puntas	44
4.2.1.2.3	Río Montelindo	44
4.2.1.2.4	Río Negro	44
4.2.1.2.5	Río Aguaray Guazú	45
4.2.1.2.6	Río Confuso	45
4.2.1.2.7	Comparación de los ríos evaluados	46
4.2.1.3	Áreas de inundación de los ríos en el Bajo Chaco	47
4.2.1.4	Drenaje en el Chaco Central y Occidental	47
4.2.1.5	El comportamiento de los ríos Paraguay y Paraná	48
4.3	Geología	51
4.3.1	Marco Geológico	51
4.3.2	Las unidades geológicas	51
4.3.2.1	Precámbrico	51
4.3.2.2	Eocámbrico	51
4.3.2.3	Paleozoico	51
4.3.2.3.1	Silúrico	51
4.3.2.3.2	Devónico	51
4.3.2.3.3	Carbonífero Superior	51
4.3.2.3.4	Pérmico	52

4.3.2.4	Mesozoico	52
4.3.2.4.1	Triásico - Cretácico	52
4.3.2.5	Cenozoico	52
4.3.2.5.1	Terciario	52
4.3.2.5.2	Cuaternario	52
4.3.2.5.2.1	Tardiglacial/ Holoceno Inferior	52
4.3.2.5.2.2	Holoceno Medio y Superior	53
4.3.2.5.2.3	Holoceno Superior a Reciente	53
4.3.3	El desarrollo geológico	53
4.3.3.1	Sedimentación fluvial del Pleistoceno - Holoceno	53
4.3.3.2	Sedimentación eólica del Holoceno	54
4.3.3.3	Formación de las dunas	55
4.3.4	Tectónica	57
4.4	HIDROGEOLOGIA	59
4.4.1	Migración de las aguas subterráneas regionales y su renovación	59
4.4.1.1	Complejo Acuífero Aluvial	59
4.4.1.2	Complejo Acuífero Paleocauce (Campo)	60
4.4.1.3	Complejo Acuífero Yrendá	60
4.4.2	El complejo de la salinización	60
4.4.3	Relaciones entre Nivel Superior del agua subterránea y contenidos de arena de los sedimentos	61
4.4.4	Bases teóricas para aspectos hidroeconómicos	61
4.4.5	Investigaciones paleogeográficas detalladas respecto a la hidrología en el Chaco Central	62
4.5	VEGETACION	63
4.5.1	La unidad xerofítica	65
4.5.1.1	Formaciones xerofíticas no inundables	65
4.5.1.1.1	Matorral sobre arenas eólicas (dunas)	66
4.5.1.1.1.1	Sabana arbolada	67
4.5.1.1.1.2	Sabana parque	68
4.5.1.2	Formaciones sobre arenas hídras	68
4.5.1.2.1	Bosque xerofítico	68
4.5.1.2.2	Campos cerrados	69
4.5.1.2.3	Campos con espartillo, (espartillares)	70
4.5.1.3	Bosque xerofítico sobre suelos en transición	71
4.5.1.4	Bosque xerofítico sobre suelos arcillosos y limosos	72
4.5.1.5	Matorral sobre paleocauces recientes del Río Pilcomayo (peladares)	72
4.5.1.6	Matorral de ribera del Río Pilcomayo	73
4.5.1.7	Matorral de saladar (saladares)	74
4.5.1.8	Bosques inundables	74
4.5.1.9	Bosque claro con algarrobo («algarrobales»)	75
4.5.1.10	Matorral con labón («labonales»)	76
4.5.1.11	Bosques higrofilos con palo blanco («paloblancales»)	77
4.5.1.12	Matorral con chañar («chañarales»)	78
4.5.1.13	Matorral con vinal («vinalares»)	79
4.5.1.14	Bosques higrofilos con timbó'y	80
4.5.1.15	Matorral higrofilo con palo bobo («bobales»)	81
4.5.1.16	Bosques higrofilos con sauces («sauzales»)	82
4.5.1.17	Matorral mixto con carandá'y	82
4.5.3	La unidad mesoxerofítica	82
4.5.4	Adaptación fisiológica de la vegetación (según MITLÖHNER, 1990)	83
4.5.5	Conclusiones	84
4.5.6	Plantas medicinales del Chaco	84
4.6	FAUNA	89
4.6.1	Parte Paleontológica	89
4.6.1.1	Antecedentes en Paraguay	89
4.6.1.2	Hallazgo y determinación de los fósiles de Filadelfia (Chaco)	89
4.6.1.3	Fauna de Aremb'y (proximidades de Asunción)	90

4.6.2	Fauna actual	91
4.6.2.1	Objetivos	91
4.6.2.2	Inventario	91
4.6.2.3	Metodología	91
4.6.2.3.1	Diagramación de la Base de Datos General	91
4.6.2.3.2	Selección de los Taxones	94
4.6.2.3.3	Base de Datos General	94
4.6.2.3.4	Metodología y localidades de muestreo	94
4.6.2.3	Resultados de los trabajos del laboratorio y del campo	95
4.6.2.3.1	Laboratorio	95
4.6.2.3.2	Campo	96
4.6.2.4	Discusión	96
4.6.2.4.1	Porcentajes de registro	96
4.6.2.4.2	Registro de Aves y Mamíferos considerados Raros e Hipotéticos para el Chaco Paraguayo	96
4.6.2.4.3	Taxones no registrados	99
4.6.2.4.4	La transformación del paisaje chaqueño y su influencia en la composición faunística	99
4.6.2.5	Conclusiones	100
4.6.2.6	Propuesta de trabajo	100
4.7	SUELOS	101
4.7.1	Objetivos	101
4.7.2	Trabajos realizados	101
4.7.3	Metodología del trabajo edafológico	101
4.7.4	Resultados	102
4.7.4.1	Los suelos de las dunas en el Chaco Occidenta	102
4.7.4.2	Suelos del Chaco Central Occidental	102
4.7.4.2.1	Suelos de bosque (de monte)	102
4.7.4.2.2	Suelos de campo alto	103
4.7.4.2.3	Suelos de campo bajo	104
4.7.4.3	Los suelos del Chaco Central Orienta	104
4.7.4.3.1	Suelos de monte poco salinos	105
4.7.4.3.2	Suelos de monte salinos	105
4.7.4.3.3	Suelos de campo alto	105
4.7.4.3.4	Suelos del área de transición con el Bajo Chaco	106
4.7.4.3.5	Suelos del Bajo Chaco	106
4.7.4.3.5.1	Suelos desarrollados sobre sedimentos no consolidados	106
4.7.4.3.5.2	Suelos desarrollados sobre sedimentos consolidados	107
4.7.4.4	Suelos del Norte del Chaco	107
4.7.4.4.2	Suelos del Centronorte	108
4.7.4.4.3	Suelos del Noreste	108
4.7.4.5	Procesos de formación de los suelos	109
4.7.4.5.1	Desarrollo del suelo en sedimentos aluvial fluviales	109
4.7.4.5.2	El desarrollo del suelo en arena movediza	110
4.7.4.5.3	Desarrollo del suelo en arena movediza transportada en forma fluvial	110
4.7.5	Riesgos ecológicos por el uso de la tierra	110
4.7.5.1	Degradación del suelo	110
4.7.5.2	Erosión eólica	111
4.7.5.3	Salinización	111
4.7.6	Análisis de los resultados	112
4.7.6.1	Comparación con los trabajos anteriores	112
4.7.6.2	Evaluación de los resultados edafológicos	112
4.7.6.2.1	Interpretación edafológica de imágenes satelitales	112
4.7.6.2.2	Trabajos de campo y mapa de suelo	112
4.8	PRESENTACION DE PROCESOS ESTRUCTURADOS Y AUTOORGANIZADOS EN EL SISTEMA «CHACO»	113

4.9	LA REGION EXPLOTABLE «CHACO»	115
4.9.1	Historia de colonización	115
4.9.2	Datos agropecuarios	117
4.9.2.1	Pastura	117
4.9.2.2	Agricultura	117
4.9.3	Monitoreo del uso de la tierra	117
4.10	IMPACTOS AMBIENTALES A CAUSA DE ACTIVIDADES ANTROPOGENAS	119
4.10.1	Chaco Occidental (región de dunas)	119
4.10.2	Terrenos pastoriles en el Chaco Central	119
4.10.3	Medidas de embalsamiento de ríos chaqueños	119
4.10.4	Deforestación en la zona de transición entre el Chaco Central y el Bajo Chaco	121
4.10.5	Deforestación en la zona playera de lagunas de agua dulce	123
4.10.6	Construcción de caminos e instalación de alambrados en el Bajo Chaco	123
4.10.7	Medidas de deforestación en el Bajo Chaco	123
5	RECOMENDACIONES	125
	GLOSARIO DE ABREVIACIONES	127
	PUBLICACIONES DEL "PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO"	128
	BIBLIOGRAFIA	130
	ANEXO	
	Mapa de Suelos	
	Mapa de Vegetación	
	Mapa de Geología	

Parte A

CARACTERISTICAS GENERALES Y MARCO SOCIO-POLITICO

PROLOGO

Numerosas calles, monumentos y plazas de Asunción y ciudades del interior llevan nombres de héroes y de lugares importantes de la guerra del Chaco con Bolivia, que había estallado hace poco más de 60 años por problemas territoriales. No obstante de la abundancia de mitos alrededor de este conflicto sangriento bajo condiciones climáticas extremas en un bosque casi impenetrable muy pocos paraguayos han viajado y conocen el Chaco.

Tal vez por la extensión y la abundancia de la vegetación existe la creencia generalizada de un potencial de desarrollo sin límites de esta parte del país.

Sin embargo, el Chaco ya ha demostrado a sus colonizadores y depredadores los límites de su explotación. Necesariamente se tendrá que entender el “meta-

bolismo” y el proceso histórico del desarrollo del organismo Chaco. Tal vez de ello se debe interpretar y evaluar su sensibilidad y restricciones, para evitar que en el afán de su mayor aprovechamiento se llegue a la disminución o destrucción de la base de vida para las personas que lo habitan.

El Chaco, muy caro al sentimiento patrio de los ciudadanos de los países que abarca, fue escenario bélico entre “dos pueblos hermanos que se agredieron por error de los hombres”¹.

El desarrollo sensible y adaptado a la naturaleza de este paisaje único y aún poco tocado, significa un nuevo y gran desafío para estos pueblos.

¹ Inscripción en uno de los trofeos de guerra (tan-

1 INTRODUCCION

El Chaco, a pesar de varios estudios y proyectos realizados, aún no se conoce a cabalidad su potencial productivo, sus limitaciones y varios aspectos de los procesos que lo identifica como ecosistema.

Los recursos del Chaco tienen una capacidad productiva, pero, ¿cual es el límite de esa capacidad? ¿Que intensidad de explotación permitirá los suelos, la vegetación, la fauna, sin que se llegue a un deterioro hasta el límite de irreversibilidad de los mismos? ¿Que tipo de actividad podrá desarrollarse sin quebrantar los sistemas de regulación natural de los procesos? ¿Cuales son los indicadores ambientales del comportamiento normal de los componentes del ecosistema?

La actividad humana en el Chaco ha ocasionado alteraciones que se orientan hacia la ruptura de los procesos que han llevado miles o millones de años, como la geológica, climática, edáfica y de la biodiversificación. Un desarrollo sustentable requiere de conocimientos técnico-científicos del potencial de los recursos naturales, y de decisiones basadas en informaciones confiables.

El Chaco paraguayo con una superficie de 246.945 km², representa casi 25 % del Gran Chaco Americano, que presenta condiciones extremas de temperatura, sequedad y exceso de agua que dificulta la explotación económica. Esta parte del territorio representa el 60% de la superficie del país y alberga tan solo el 2,5 % de la población total. No obstante esta baja densidad demográfica, el Chaco va adquiriendo cada vez mayor importancia debido a que en la Región Oriental han sido ocupadas totalmente las tierras y dilapidado la

mayor parte del potencial de sus recursos naturales. Esta situación hace que la Región Occidental se convierta en un espacio posible de "colonización", con asentamientos humanos y explotación de sus recursos.

Con la integración del MERCOSUR, con los medios de comunicación conectados en los países limítrofes, la tendencia de la globalización de la economía y el libre mercado, el Chaco adquiere mayor importancia por los valores naturales de su ecosistema y como parte de un territorio socio-político.

Con la rápida disminución de la superficie boscosa de la Región Oriental, crecerá considerablemente la presión hacia los aún relativamente abundantes recursos naturales de la Región Occidental (Chaco). Por ello el Gobierno paraguayo tiene el propósito de integrar el Chaco en el marco del desarrollo sustentable mediante el ordenamiento ambiental del territorio y otros instrumentos de gestión ambiental.

Para entender el ecosistema del Chaco se ha decidido ejecutar el proyecto "SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO" (Inventario, Evaluación y Recomendaciones para la Protección de los Espacios naturales de la Región Occidental). Este proyecto comprende el estudio integral de la geología, la hidrogeología, el clima, la edafología, la vegetación y la fauna, complementado todo ello un análisis de los procesos antropogénicos.

Para el trabajo de amplio enfoque integral, las investigaciones que se realizan en el marco del Proyecto, tienen base teórica en la Teoría General de Sistemas (v. Bertalanffy).

2 EL PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO

2.1 ANTECEDENTES

Numerosos estudios y proyectos se han desarrollado en el Chaco sin que se llegue a conocer muy bien el funcionamiento de los factores que determinan sus características y el comportamiento de sus componentes, como así también el impacto que ocasionan las actividades del hombre cuando se las somete a la acción productiva o se emprende obras de infraestructura de magnitud importante.

Además, ninguno de los proyectos anteriores han tenido el enfoque integral en sus estudios, es decir, que no se consideró la naturaleza compleja y frágil del ecosistema Chaco, cuando es sometida al proceso productivo. Esta característica de fragilidad y las condiciones extremas en el comportamiento de sus elementos, es lo que le confiere al territorio chaqueño una baja oferta ambiental comparada a la oferta de la Región Oriental.

En orden cronológico, algunos de los emprendimientos mas importantes llevados a cabo en el Chaco son:

- 1971: La Cuenca del Río de la Plata, Estudio de Planificación y Desarrollo,(OEA)
- 1974: Proyecto para Uso diversificado de la Cuenca del Pilcomayo,(primera fase).
- 1977: Creación de la Comisión Nacional de Desarrollo Integrado del Chaco, (MDN).
- 1978: Proyecto Regional para el Aprovechamiento del Area de Influencia de la Ruta Trans-Chaco, (STP).
- 1980: Proyecto para Uso diversificado de la Cuenca del Río Pilcomayo, (segunda fase).
- 1980: Estudio para el Uso diversificado del Territorio Paraguayo del Proyecto Pilcomayo, (OEA).
- 1982: Proyecto Regional de Integración del Chaco Paraguayo, (primera fase, OEA).
- 1983: Estudio y Estrategia para el Desarrollo del Chaco Paraguayo, (primera fase CNDICh-OEA)
- 1985: Proyecto Sistemas de Areas Protegidas para el Gran Chaco, (FAO).
- 1990: Estudio para la Electrificación del Chaco, (ANDE - KFW).
- 1992: Proyecto Bajo Chaco, (MAG-JICA).

En las décadas de 1960 y 1970, por la necesidad de preservar muestras representativas del ecosistema Chaco y prohibir la caza a fin de defender la fauna

silvestre de la depredación se establecieron los siguientes Parques Nacionales.

Decreto No.18.205/66 - Fortín Tinfunqué.

Decreto No.16.806/75 - Defensores del Chaco.

Decreto No.15.936/80 - Tte. Agripino Enciso.

Otro de los antecedentes importantes del proyecto Sistema Ambiental Chaco es el Decreto No. 18.845/91 por el que se establece el Sistema Nacional de Ordenamiento Ambiental (SINOAT) a cargo de la Dirección de Ordenamiento Ambiental (DOA) de la Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SSERNMA) dependiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería(MAG)..

Ante la necesidad de establecer una política de uso racional de los recursos naturales orientando las actividades de la comunidad mediante el ordenamiento ambiental del territorio, el Gobierno de Paraguay en fecha 20 de febrero de 1989 solicitó al Gobierno de Alemania una cooperación técnica a fin realizar los estudios necesarios para establecer las bases del Sistema Ambiental del Chaco.

El convenio de cooperación se concretó el 19 de julio de 1991. El cronograma básico es:

- Fase piloto: febrero de 1991 - enero de 1993
- Fase principal: febrero de 1993 - enero de 1996
- Fase complementaria: febrero de 1996 - julio de 1997.

El Gobierno de Alemania designó, a través del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, al Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Hannover (BGR, su sigla en Alemán), para la ejecución del proyecto. Como organismo de contraparte fue designada la Dirección de Ordenamiento Ambiental de la Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

2.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo superior del Proyecto es: "Se ha incorporado el Chaco a la actividad productiva con criterios de conservación de los Recursos Naturales, en base a un Ordenamiento Ambiental"

El objetivo del Proyecto fue definido como sigue: "Las informaciones sobre Recursos Naturales (vegetación, suelo, agua) para un plan de Ordenamiento Ambiental

se han generado en áreas seleccionadas del Chaco. La metodología de investigación es elaborada y se aplica en la DOA.”

2.3 MARCO SOCIO-POLÍTICO

El Paraguay con una superficie de 406.752 km² comprende dos regiones naturales: la Oriental y la Occidental o Chaco. Estas dos regiones tienen características morfológicas, climáticas, edáficas y vegetales muy diferentes.

La población total del país es de 4.152.588 habitantes (Censo de Población 1992). La Región Oriental con una superficie de 159.827 km², representa el 40% del área total del país y una población de 4.046.955 habitantes. La Región Occidental con una superficie de 246.925 km², tiene una población de 105.633 habitantes que representa el 2,5 % del total. Esta desigual en la distribución poblacional es debido a la mejor oferta ambiental de la Región Oriental. En esta región se desarrolla la mayor parte de las actividades sociales y económicas.

El proceso jurídico-institucional se inicia con la llegada de los españoles, conocida como la época colonial, regido por las “Leyes de la India” hasta la independencia, ocurrida el 15 de mayo de 1811.

En el periodo independiente del país, basados en los principales acontecimientos político-bélicos que influyeron en la formación socio-ambiental del Paraguay, se consideran diferentes etapas.

El periodo 1811 hasta 1840 desde la independencia hasta la muerte del Dr. Gaspar Rodríguez de Francia se caracterizó por la dictadura absoluta del mismo, cerrando las fronteras, dejando al país aislado, con economía de subsistencia y autoabastecimiento, donde la población se conformaba con las disposiciones del dictador.

“La superficie terrestre paraguaya de hecho y derecho pertenecía al Estado. El Estado en su carácter de propietario de la tierra, planificaba la forma de producción y también la realizaba: ganadería, agroforestería y la producción de la yerba mate. Los denominados “bienes de la patria” representaban la base de la economía y desarrollo del país. Entre 1815 y 1860 el Estado centralista formó un sistema económico aislado del mercado mundial y altamente rentable, autónomo y autosuficiente (GTZ - MAG, 1993).

Desde la muerte del Dr. Francia en 1840 hasta el inicio de la guerra en 1865 contra la triple alianza el gobierno inició la apertura de sus fronteras y con una etapa de modernización del país en el intercambio comercial, firma de tratados internacionales, creación de centros educativos y actualización de los medios de

comunicación. También ofreció tierras con algunos incentivos con el compromiso de desarrollar asentamientos rurales. Sin embargo, a excepción de algunos pocos, estos intentos de colonización fracasaron.

El periodo 1865 hasta 1954 empezó con la guerra contra la triple alianza, llamada también guerra grande o guerra del 70, el Paraguay sufrió grandes desmembraciones, reduciéndose su territorio y su población exterminada. A partir de 1870 se suceden acontecimientos socio-políticos, institucionales y militares que tuvieron gran influencia en el uso de los recursos naturales y la conformación ambiental del país.

En el orden jurídico-institucional, se promulga la Constitución Nacional de 1870 y se inicia la conformación de los Poderes del Estado, la creación de Ministerios, Universidades y otros organismos.

Una de las medidas importantes de la post guerra fue la privatización de las tierras, hasta entonces propiedad del Estado, que por necesidad del fisco, empobrecido por la guerra, parecía que no existía otra opción. La venta de tierras no fue regulada, y los únicos compradores, las empresas extranjeras, adquirieron grandes extensiones, legalizándose así el latifundio, como indican los datos siguientes:

PROPIEDADES MAYORES DE 100.000 HECTAREAS (en ha.)

REGION OCCIDENTAL

	Hasta 1950	1989
Carlos Casado y Cia. S.A.	2.467.277	1.065.609
Sociedad P.I.A. Company	1.580.653	-
International Products Corporation	620.825	-
Sociedad de Tierra y Madera	468.750	-
The A. Quebracho Company	446.250	-
Puerto y Quebrachales Pto. Sastre	371.078	-
Marcelino Escalada	292.198	-
Roberto Cairo	262.500	-
Pablo Frangenhein	253.321	-
Paraguay Castle Fam. Ltda.	202.106	-
Jorge Dickinson	185.625	-
Quebrachales Fusionados	168.750	-
Banco Inglés de Río de Janeiro	131.250	-
Nicolás Mihanovich	116.874	-
Quebrachales Pto. Colón	-	225.000
Cobe Patricio	-	170.625
Paiva Carlos	-	401.500
Paraguay Intem. Agropec. S.A.	-	319.251
Calder Ltda.	-	100.285
total	7.567.387	2.282.270

Fuente: Dirección de Impuestos Inmobiliarios.

REGION ORIENTAL

	Hasta 1950	1989
La Industrial Paraguaya S.A.	2.647.727	68.072
S.A. Domingo Barthe I.C.	881.442	78.195
S. A. Argent. Paraguaya de Madera	496.945	-
S. A. Montes, Yerbales y Estancias	425.568	159.674
Com. e Inmob. Paraguaya Argentina	419.760	314.340
Joaquín y Cía.	288.730	-
Fassardi y Cía.	153.214	-
B. Quevedo y Cía.	144.480	-
Cía. Industrial de Madera	136.609	-
Benjamín Fontao	136.029	-
Montes y Cía.	177.947	-
Cardozo Concepción de	-	121.875
Barbi Abelardo	-	102.563
Avalos Silva Expedita	-	100.001
De Cazal Pereira Joaquín	-	288.723
Ayala Estanislao	-	116.771
Soc. Gral. Paraguay Argentina	-	203.863
Cía. Amer. de F. Económico	-	185.203
TOTAL	5.908.451	1.739.280

Fuente: Dirección de Impuestos Inmobiliarios.

Las cifras indican que hasta 1950, 25 propietarios eran dueños de 13.115.831 hectáreas que representa el 32 % de la superficie total del país. En 1991, según el censo agropecuario del mismo año, fincas de hasta 20 hectáreas en número representaba el 83 % y disponían de tan solo el 6 % de la superficie. Propiedades de grandes extensiones, en el mismo año y según el mismo censo, en número representaban el 17 % y disponían del 94 % de la superficie. Estas cifras indican que existe, por un lado, una gran concentración de tierras en pocos números de propietarios, y por otra parte, un gran número de productores con escasa superficie disponible para la producción.

En el intento de solucionar el problema de la tierra, la reforma agraria no ha dado resultado, y con el incremento de la población se ha empeorado en los últimos años, convirtiéndose en problemas sociales, agravados por la no absorción de la mano de obra por otros sectores. La excesiva concentración de la propiedad de las tierras que persiste actualmente proviene de esta época, a pesar de que entre 1881 y 1954 se han fundado 105 colonias en tierras gubernamentales con el propósito de distribuir tierras a los pequeños productores. (GTZ-MAG, 1993).

El sistema jurídico desde el inicio del presente siglo (derecho penal 1910) hasta los años 50, refleja el concepto privado especulativo respecto a la tenencia

de tierras. No se trata de normas relacionadas al medio ambiente, sino de normas de uso de los recursos naturales como factor de producción.

“La exuberancia y disponibilidad de tierras y recursos naturales en el Paraguay, favorecido por el aprovechamiento limitado al cual estaban sujetos hasta hace tres décadas, hasta este momento no habían despertado ni preocupación ni miedo por el empeoramiento y la eliminación de los bienes que la naturaleza le ha brindado al Paraguay en forma tan abundante. Bastaban algunas disposiciones que reglamentaban el aprovechamiento y la propiedad, y los que más bien estaban dirigidos a evitar conflictos entre los propietarios, sin tener como meta la protección real de los mismos” (FAO, 1985).

“A comienzos de los años 50 el modelo de desarrollo vigente en esta época, la forma de las colonias privadas, la crisis entre minifundios en el departamento central, los conflictos sociales y la opresión política, un grupo de población creciente que tradicionalmente había vivido en la región central del país, obligan a una migración estacionaria o continua”, (GTZ-MAG, 1993).

Ante la necesidad de un organismo técnico-político que atienda los problemas agrícolas y agroforestales, se crea el Ministerio de Agricultura y Ganadería, mediante el Decreto No. 13681, en agosto de 1950. A partir de este momento los asuntos de índole agropecuario y forestal dejan de ser competencia exclusiva del Ministerio de Economía.

Sin embargo, los temas de los recursos naturales renovables y del suelo siguen siendo considerados bajo aspectos económicos.

Otro hecho importante constituye la llegada de los primeros colonos de origen europeo, quienes se instalan al sur del país, en el Departamento de Itapúa, y posteriormente en la parte central (La Colmena) inmigrantes japoneses.

El periodo de 1954 hasta 1989 fue gobernado por un solo presidente, militar y dictador, caracterizado por una política de inversiones en infraestructuras, consistente en construcción de carreteras, puentes, grandes hidroeléctricas e industria de acería y cemento. En esta época fueron creados varios organismos, se firmaron convenios internacionales y se promulgaron leyes por la que se rigen actualmente el uso de los recursos naturales. (ver punto 2.4: Aspecto jurídico-institucional)

Así como este periodo se caracterizó por grandes realizaciones materiales, también se caracterizó por la violación de los derechos humanos y la no participación de la población civil en las decisiones de interés colectivo.

En el orden económico se caracterizó por una época inflacionaria, un sistema impositivo socialmente injusto, con una fuerte injerencia del Estado en la producción y el comercio lo que llevó a un excesivo agrandamiento estatal, con mecanismo administrativo burocrático, déficit en la balanza de pagos, elevada deuda externa y una administración pública prebendaria. Esta situación de amoralidad no se circunscribió solamente a la esfera pública, sino llegó a afectar gran parte del sector privado que obtuvieron importantes beneficios ilícitos.

Desde el comienzo de los años 60, el MAG inicia una política de “expansión de la frontera agrícola” con la creación del Instituto de Bienestar Rural y la puesta en vigencia del Estatuto Agrario, a fin de afrontar institucionalmente el fenómeno de la migración e iniciar una reforma de las estructuras de la propiedad de las tierras. También en esta época y las dos décadas siguientes, se fomentaron fuertemente la mecanización y la conformación de los grandes establecimientos agropecuarios.

Mientras se expandían las áreas agropecuarias, surgió el agudo problema de la especulación de la tierra, acompañado de una explotación selectiva de ciertas especies forestales y la eliminación de los bosques. Grandes extensiones de tierras pasaron a manos de empresas agrícolas o madereras, en su mayoría de origen brasilero. Estas empresas a su vez dividían las tierras y las volvían a vender una vez explotadas las maderas de mayor valor comercial. Las mayores propiedades pasaron a ser propiedad de empresas financieras subregionales, los que adquirirían tierras de los antiguos latifundistas o de empresas madereras. Este proceso de compraventa masiva de tierras por parte de extranjeros fue incentivado por el gobierno mediante la ley de fomento a las inversiones extranjeras.

La aplicación de la tecnología moderna, el incremento de la población y la explotación masiva y extensiva de los recursos llevaron a una rápida disminución y pérdida de calidad de los propios recursos naturales y del ambiente. Ante esta situación y sólo cuando surgían problemas específicos, se tomaron medidas, las que, sin embargo, más bien se trataban de remediar los daños surgidos y no de evitar que surjan.

Mientras que los problemas ecológicos se agudizaban, las primeras preocupaciones se registran en los primeros planes de desarrollo en la década de 1960 (ver punto 2.5). En la Constitución Nacional de 1967 se introducen principios de conservación de los recursos naturales, aunque de escasa efectividad por

la no aplicación de las leyes vigentes, la debilidad de las instituciones y la falta de conciencia ambiental.

El último periodo comenzó en febrero de 1989 con un golpe militar y en mayo del mismo año se realizaron elecciones generales con lo que se inicia una etapa de libertades cívicas e inicio de democratización del país. Esta apertura tiende hacia una mayor participación de la población civil en las decisiones relativas a los intereses de la comunidad y el funcionamiento de los Poderes del Estado establecido en la nueva Constitución Nacional, promulgada en junio de 1992.

En el contexto de la evolución socio-político desde la independencia en 1811, los acontecimientos que tuvieron gran impacto en el contexto socio-ambiental, especialmente en el Chaco, fueron:

1. A fines del siglo pasado, la instalación de la industria taninera que explotaba el quebracho colorado con intensa actividad hasta mediados del presente siglo. Esta actividad se desarrolló en una superficie estimada en 35.000 km² (Perfil Ambiental del Paraguay, STP - IIED - AID, pag.22) cuyo impacto ambiental no ha sido evaluada aún.
2. La llegada y asentamiento de los colonos Mennonita a mediados de los años 20, instalándose en la parte central del Chaco y dedicándose a las actividades agropecuarias y agroindustriales.
3. La guerra del Paraguay con Bolivia (1932 - 1935), de cuyo resultado se fijaron los límites entre ambos países.
4. La construcción de carreteras, especialmente la Trans Chaco, No. 9 “Presidente Carlos Antonio López”, Asunción - Gral. Eugenio A. Garay.
5. La instalación de estaciones experimentales agropecuarias, y
6. La prospección petrolífera.

2.4 ASPECTO JURIDICO- INSTITUCIONAL

Existe gran número de disposiciones que regulan el aprovechamiento de los recursos ambientales y varios organismos responsables de la aplicación de tales disposiciones. No existe claridad del alcance de las normativas de carácter nacional, departamental y distrital.

Las principales normativas referente al medio ambiente, al territorio, a los recursos naturales, y las instituciones responsables de las mismas se resumen en los siguientes:

PRINCIPALES INSTRUMENTOS JURIDICOS Y ORGANISMOS COMPETENTES

Las informaciones precedentes indican que existen una

Instrumento jurídico	Artículo	Objeto	Ámbito	Organismo compet.
Medio ambiente				
Constitución Nacional	6-7-8-115	marco general	Nacional	Los 3 Poderes del Est.
Ley 836 Código Sanitario	6	Protección	Nacional	SENAS A-MSPBS
Ley 1294 Orgán. Municipal	18-33-44-64	Protección	Distrital	Municipalidades
Ley 294/93 de EIA	td	Protección	Nacional	DQA - S SRNMA
Decreto 18.831/86	td	Protección	Nacional	MA
Ordenamiento espacial				
Constitución Nacional	155/171	Administrac.	Nacional	Municipalidades
Ley 426/73	td	Divis. Polític.	Nacional	Gobernaciones
Ley 854/83	59	Planificación	Colonias	IBR
Decreto 10.845/91	td	Ordenamiento	Nacional	DQA - S SRNMA
Dec.s/Parques Nacionales	-	Reservas	Local	DPNVS-SSRNMA
Recursos geológicos				
Constitución Nacional	100-112	Marco gen.	Nacional	P.Legis. y Ejecut.
??		Prospección		SSME-MDPC
??		Explotación		SSME-MDPC
??		est. e invest.		FACEN, FQUF-UNA
Aire, atmósfera, clima				
Ley 836 Código Sanitario	66 / 82	Protección	Nacional	SENAS A-MSPBS
??		Infar. Pronost.	Nacional	DINAG-MDN
Recursos hídricos				
Constitución Nacional	112	Marco gen.	Nacional	P.Legis. y Ejecut.
Ley 1183 Código Civil	2004/2014	Uso	Nacional	P. Judicial
Ley 836 Código Sanitario	66/83	Protección	Nacional	SENAS A-MSPBS
Ley 1248 Código Rural	258,348/397	Uso	Rural	IBR
Ley 1298 Org. Municipal	18,44,106,208	Provisión	Distrital	Municipalidades
Ley 422/73 Forestal	6	Protección	Rural	SNF - S SRNMA
Decreto 18.831/86	2,3,4,9	Protección	Nacional	MAG
Decreto 3.729/49	td	Uso	Nacional	MAG
Suelos				
Constitución Nacional	115	Uso	Rural	IB
Ley 966/64	68	Uso	Nacional	ANDE
Resol. Minist. NO.31/86	td	Protección	Nacional	MAG
Vegetación y fauna				
Ley 422/73 Forestal	td	Explotación	Nacional	MAG
Conv. Int.s/flora y fauna	td	Protección	Nacional	MAG
Conv. Int.s/flora y fauna	td	Protección	Nacional	MAG
Ley s/biodiversidad	td	Protección	Nacional	MAG
Ley 1183 Código Civil	2030	Uso	Nacional	MAG
Ley 854 Estatuto Agrario	18	Protección	Nacional	MAG
Decreto No 4034	td	Protección	Nacional	MAG
Decreto No 18.796	td	Protección	Nacional	MAG
Decreto No 6.418	td	Protección	Nacional	MAG
Decreto No 13.782	td	Protección	Nacional	MAG

Instrumento jurídico	Artículo	Objeto	Ámbito	Organismo compet.
Humedales				
Conv. Int. Ramsar	td	Protección	Nacional	MAG
Patrimonio cultural				
Constitución Nacional	81	Protección	Nacional	?
Ley 946/82	td	Protección	Nacional	MEC
Ley 1294 Org. Municipal	18,39,43,69	Protección	Nacional	Municipalidades
Comunidades indígenas				
Constitución Nacional	62/67	Derecho	Nacional	?
Ley 904 Est. Com. Indígena	td	Derecho	Nacional	INDI
Ley 43/89	td	Derecho	Nacional	INDI
Ley 1372	td	Asentamiento	Nacional	INDI
Alteraciones - contamin.				
Ley 836 Código Sanitario	66/68,90/91,1071-10,157	Protección	Nacional	SENASAMSPBS
Ley 1294 Org. Municipal	42/44,63,128	Protección	Distrital	Municipalidades
Ley 1183 Código Civil	2000	Protección	Nacional	P. Judicial
Caza y pesca				
Ley 1248 Código Rural	37/48	Uso-protec.	Nacional	DII
Ley 1183 Código Civil	2030, 2033, 2034	Uso	Nacional	P. Judicial
Ley 1294 Org. Municipal	44	Protección	Distrital	Municipalidades
Incendio, fuego				
Ley 422 Forestal	12,29,30	Protección	Nacional	SNF-MAG
Ley 1294 Org. Municipal	39, 40, 46, 128, 197	Protección	Distrital	Municipalidades
Inundaciones				
Ley 422 Forestal	6	Protección	Nacional	SNF-MAG

profusión de disposiciones que regulan el uso de los recursos ambientales y establecen normas de protección. Así mismo existen varias instituciones que tienen funciones de investigación, fomento, prospección, divulgación y educación sobre los bienes ambientales. Las disposiciones se hallan dispersas en diferentes instrumentos jurídicos que en conjunto no constituyen un cuerpo legal coherente, de lo que se deducen los siguientes:

- ni existe una política ambiental explícita, y tampoco
- un mecanismo de gestión ambiental incipiente,
- los instrumentos de gestión ambiental son débiles y no muy bien definidos,
- la necesidad de fortalecimiento de los principales organismos de gestión ambiental,
- la necesidad de una ley marco, y
- la necesidad imperiosa de la tipificación del delito

ecológico

Es evidente que con la abundancia de normativas no es suficiente para la solución de los problemas del medio ambiente. Además, es necesario la intensificación de la educación y otros medios de concientización de la población y mecanismos de aplicación efectiva de las leyes.

La falta de claridad de las competencias de las instituciones caracterizan a las disposiciones de carácter ambiental, con algunas excepciones, especialmente en el área de los recursos naturales. En este contexto fueron desarrollando un sistema complicado y confuso de normativas, organismos y dependencias con funciones ambientales mezclados con otras atribuciones de fomento a la producción, el comercio, el ordenamiento, el uso de los recursos, etc., como se observa en el siguiente cuadro sinótico:

ORGANISMOS CON COMPETENCIA AMBIENTALES

Institución	Competencia
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Agricultura, ganadería Recursos naturales (uso, conservación) Suelo (estudio, clasificación, conservación) Agua (prospección, uso, riego) Bosque (fomento, estudio, clasificación) Flora y fauna (estudio, clasificación, uso, ...) Pesca (normatizar, estudio, ...) Áreas protegidas Ordenamiento Ambiental Evaluación de impacto ambiental
Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social SENASA	Salud Pública Abastecimiento de agua potable Normas y control de la contaminación
Ministerio de Industria y Comercio	Fomento de la industria Normas y control de la contaminación
Ministerio de Educación y Culto	Educación ambiental de nivel secundario
Secretaría Técnica de Planificación	Planificación económica y social Evaluación de proyectos Propuesta de política
Municipalidades	Gestión ambiental en los distritos Normas control de la contaminación Disposición de basura Educación ambiental
Universidades	Educación ambiental nivel universitario

2.5 CONCIENCIA AMBIENTAL

La alteración antrópica del medio ambiente cada vez mas grave, en los países industrializados se ha generalizado la concientización sobre los valores ambientales. En el Paraguay, todavía existe deficiencias en los mecanismos de educación ambiental, por la cual la toma de conciencia resulta escasa. Además se otorga prioridad de asegurarse la subsistencia aun en contra de la conservación de la naturaleza.

Contrario a los países industrializados, donde la toma de conciencia ambiental ha sido en su mayor parte por iniciativa de la población civil, en el Paraguay se ha originado en instituciones gubernamentales y la acción efectiva de la prensa, sin desmerecer, desde luego, las acciones de las ONGs.

La intención de concientizar a la población ha sido mediante diversos mecanismos: (además de los citados en el punto 2.4), promulgación de leyes y otras disposiciones, celebración de convenios internacionales, ejecución de proyectos con medidas de conservación de los recursos naturales, creación de organismos, inclusión de temas ambientales en los currículum educativos y desarrollo de programas educativos dirigidos a diferentes sectores de la población.

La preocupación estatal por los problemas ambientales

se inicia en los años 60 y los principales testimonios se hallan en los anales de la Secretaría Técnica de Planificación (STP), como se comprueba en los documentos siguientes:

- ❑ PLAN NACIONAL ECONÓMICO Y SOCIAL. Bienio 1965 - 1966, Asunción - Paraguay 1965. Página 27, Objetivos: "5) Realizar estudios y relevamientos de los Recursos Naturales", Página 46, capítulo de Políticas "- Relevamiento, evaluación y conservación de los Recursos Naturales renovables"
- ❑ PLAN DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y FORESTAL 1969 -1973. Asunción - Paraguay 1968. Página 7, Objetivos: "1 -Proseguir y ampliar la realización del Inventario de los Recursos Naturales"
- ❑ PLAN NACIONAL DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL 1971 - 1975, Sector Agropecuario Forestal. Asunción - Paraguay 1970. Página 29 Objetivos: "8. Mejorar la utilización de los recursos naturales de que dispone el país,..."
- ❑ PLAN NACIONAL DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL 1977 - 1981, Tomo II, Diciembre 1976. Página 1, Objetivos Nacionales: "4. Racionalizar la explotación de los recursos

naturales; y defender y mejorar el medio ambiente”, Página 53, capítulo Estrategia del Desarrollo Agrícola: “6. Reconocimiento, clasificación e inventario de los recursos naturales”

En 1985 se produce un hecho importante con la publicación del Perfil Ambiental del Paraguay por la Secretaría Técnica de Planificación para la cual contó con la cooperación de la AID. Este documento comprende un análisis integral de la problemática ambiental y se plantean acciones y proyectos concretos, entre los cuales se encuentra el Ordenamiento Territorial y los objetivos del mismo.

A partir de 1985 en todos los planes de desarrollo se plantean la cuestión ambiental con objetivos y propuestas definidas, especialmente el ordenamiento ambiental del territorio como una de las acciones básicas de la gestión ambiental (página 35).

La escasa o falta de conciencia por los valores ambientales y la despreocupación por los problemas derivados de la utilización inadecuada de los recursos naturales tiene su origen en los siguientes hechos:

- la falta de sanción a las infracciones o delitos ecológicos
- la ambigüedad de las disposiciones y la diversidad de los organismos de aplicación de las normas,
- la relativa baja densidad demográfica y la creencia generalizada en la abundancia e ilimitada capacidad de los recursos naturales.
- la deficiente educación ambiental,
- el desconocimiento de las funciones y de la importancia de los valores de los componentes ambientales, y
- al estilo de vida que a las personas al consumismo excesivo.

El Proyecto Sistema Ambiental del Chaco tiene el propósito de establecer los fundamentos técnico-científicos y la base de información para la política de uso del territorio Chaqueño y la tecnología alternativa que puede aplicarse en los procesos productivos.

Parte B

**EL CHACO PARAGUAYO
COMO ECOSISTEMA**

1 RESUMEN

El proyecto Sistema Ambiental del Chaco se realizó entre 1992 y 1997.

Se ha investigado el Chaco basada en un cuadro holístico bajo los aspectos de la geología, la hidrogeología y la hidrología, la edafología, la botánica, la zoología, la paleontología el clima y el paleoclima. Para la preparación de los trabajos de campo y la sinopsis se ha usado datos de sensores remotos, como imágenes satelitales, fotos aéreas y aerovideo. El trabajo de campo incluye 200 barrenadas y 550 calicatas de suelos acompañadas por el mismo número de descripciones de los tipos de vegetación en estos lugares, además de 8500 plantas coleccionadas para un herbario. Adicionalmente se ha documentado las plantas del Chaco con su uso medicinal, sus aplicaciones e indicaciones.

El desarrollo climático y geológico en los últimos 35.000 años está evaluado. Se utilizaron los resultados multidisciplinarios y geocronológicos de aguas subterráneas, arenas de dunas, paleocauces de ríos y suelos con 250 nuevos análisis de ^{14}C , Tl, OSL y U/Th del Chaco y alrededores.

La dinámica areal de los procesos de salinización de suelos se ha investigado en la zona más afectada.

Los resultados del proyecto aparecen en 30 mapas, diagramas e informes de las diferentes disciplinas. La visión integrada permite interpretar la historia del ecosistema, entender causas y consecuencias encadenadas y pronosticar resultados de impactos humanos. Se deduce informaciones para la planificación como aptitud del uso de la tierra, restricciones y riesgos.

2 PERSONAS INVOLUCRADAS Y EQUIPAMIENTO TECNICO

2.1 PERSONAL

En la ejecución del Proyecto por la parte paraguaya han participado más de 20 personas (funcionarios del Ministerio y consultores) y por la parte alemana, con dos expertos a largo plazo y varios expertos a corto plazo.

Como contrapartes de la DOA figuraron Ing. Agr. Pedro MOLAS, Ing. Agr. David ALVARENGA, Ing. Agr. Antonio MEDINA NETTO M.Sc. y Ing. Agr. Francisco FRACCHIA.

La parte edafológica está a cargo de Dr. Rainer HOFFMANN. El trabajo con Ing. Agr. Felipe BARBOZA y Antonio MEDINA NETTO. Este grupo de trabajo ha sido apoyado temporalmente por Ing. Agr. Benicio CAÑETE, Ing. Agr. Crisanta RODAS y Ing. Agr. Fernando FARIAS.

Lic. Fátima MERELES era responsable del tema de vegetación, siendo apoyada parcialmente por su colega Lic. Rosa DEGEN NAUMANN. Dr. Ralph MITLÖHNER realizó investigaciones de la fisiología de plantas.

Dipl. Ing. Manfred NITSCH y Ing. Agr. Lilian PORTILLO han investigado en especial problemas relacionados con la salinización del suelo, con el apoyo parcial de Felipe BARBOZA. El aspecto hidrogeológico ha sido aportado por Dr. Hans BENDER(†) y Dr. Wolfgang KRUCK, habiendo sido marcados los enfoques por Hans BENDER.

Wolfgang KRUCK era responsable de la parte teórica del Proyecto y también se abocó a la Geología apoyado por Lic. Carmen ROJAS. Dr. Joseph MERKT ha dado incentivos importantes para el entendimiento de la Geología Cuaternaria. Dr. Fernando WIENS aportó, sobre todo, sus conocimientos sobre el subsuelo geológico. También Wolfgang KRUCK se ha dedicado a problemas hidrogeológicos y climatológicos, apoyado en parte por Dr. Hartmut MOLLAT (Río Pilcomayo), Ing. Agr. Anibal SERVIN, Francisco FRACCHIA, Carmen ROJAS y Sergia ALONSO AMARILLA.

En zoología trabajaron Dr. Alfredo CARLINI, Lic. Jorge NORIEGA, Lic. Ulyses PARDIÑAS, Lic. H. POVEDANO y Lic. Jorge CASCIOTA.

La conversión de los resultados del trabajo en mapas, fue realizado por Ing. Agr. Lorenzo ALFONSO, Lic. Ylsa AVALOS y Liliana de MARTINEZ quienes fueron entrenados y especializados en el manejo del GIS por Dipl. Geogr. Gabriele REUB. Ellos fueron acompañados más tarde de Lic. Gustavo CASCO, Daniel VALDEZ y Patricio FLORENTIN (†).

El sistema informático en su totalidad ha sido armado e instalado bajo la responsabilidad de Dipl. Geogr. Friedhelm SCHWONKE; Ing. Electr. Franz BÖKER y Dr. Uwe SCHÄFFER quienes han realizado además las ampliaciones necesarias. Los tres recibieron apoyo de parte de Francisco FRACCHIA, quien posteriormente se ha encargado del mantenimiento de las instalaciones del sistema informático, temporalmente apoyado por Ing. Inform. Wolfgang KÖNIG.

Uwe SCHÄFFER ha introducido la aplicación de los datos satelitales NOAA para el monitoreo de la deforestación. Franz BÖKER ha realizado el entrenamiento en la técnica de tomas de fotografías aéreas y aerovideo. Dipl. Ing. Jürgen RUDER ha instalado la infraestructura del Proyecto y ha realizado mediciones con el espectroradiómetro. Ing. Agr. Gregorio RAIDAN y Geogr. Thierry de PABLOS trabajaron sobre el trasfondo político y compilaron datos sobre la legislación ambiental en el Paraguay (Parte A).

Prof. Dr. Mebus GEYH ha tomado muestras para las determinaciones cronológicas TL (termoluminiscencia) y OSL (termoluminiscencia estimulada ópticamente) realizadas en el Instituto MAX PLANCK en Heidelberg. Las determinaciones ¹⁴C y ¹⁸O han sido acompañadas y evaluadas por él mismo.

Dipl. Ing. Rüdiger Wagner ha capacitado en la determinación del aforo de los ríos chaqueños.

David ALVARENGA y Gregorio RAIDAN son la contraparte paraguaya que han comenzado exitosamente la organización del Proyecto, conversión de los resultados y la revisión del texto en castellano.

Deben mencionarse como coiniciadores del Proyecto a los Señores Ing. Agr. Oscar FERREIRO, Dr. Hans-Siegfried WEBER y Dr. Hans-Rudolph LENTHE(†).

Ing. agr. Alfredo MOLINAS ha hecho mucho por la divulgación de los resultados del proyecto a nivel nacional e internacional.

Responsables del asesoramiento del Proyecto por la parte alemana fue la Sección Sudamérica y la Sección Administrativa de la BGR. Importante apoyo técnico se recibió de las Secciones Sensores Remotos y Edafología de la BGR en Hannover, sobre todo, de Doris ECKHARDT y Vincent W. BATTERSBY(†). Los análisis de suelo fueron realizados en la BGR por las Secciones Cartografía Edafológica, Protección de Suelo, Uso del Suelo y Sedimentología.

Dipl. Geol. Heidi LECHNER - WIENS ha traducido al castellano unos informes redactados en alemán.

Andreas STICKLER M.A. ha dado al presente informe su presentación definitiva.

Dr. Klaus FESEFELD realizó la lectura de corrección en alemán y dio valiosos consejos para el mejoramiento del presente informe.

La compilación de todos los datos del Proyecto hasta la presentación del texto explicativo ha sido realizado por Wolfgang KRUCK, quien también coordinó el Proyecto, por la parte alemana.

2.2 EQUIPAMIENTO

En el caso del Proyecto, se eligió por razones obvias la metodología de los sensores remotos satelitales como herramienta básica. Además se han filmado las regiones claves desde el aire con el aerovideo y fotografiado con una cámara 6 x 6 (Fig. 1).

El Proyecto está equipado para el procesamiento de datos satelitarios digitales, y para la digitalización de la imagen de vídeo. Hasta ahora se han utilizado datos de los satélites de exploración terrestre Thematic Mapper (TM), Multispectral Scanner (MSS) y de satélites meteorológicos del tipo NOAA AVHRR.

Como no se está previendo la instalación de un laboratorio de fotografía a colores para el sistema de procesamiento de imágenes ERDAS del Proyecto, se elaboran imágenes de mayores formatos en el laboratorio de sensores remotos - GLOBUS - de la BGR en Hannover. El Proyecto posee una impresora Phaser II para la elaboración de imágenes en colores hasta el tamaño DIN A 4.

El sistema de elaboración de imágenes del proyecto está conectado con el sistema de información geográfica PC ARC/INFO, lo cual facilita la conversión de evaluaciones de imágenes en representaciones cartográficas.



Fig 1: Impresión del Bajo Chaco (cámara 6 x 6)

3 METODOLOGIA DE TRABAJO

3.1 PRINCIPIOS TEORICOS

Este Proyecto es multidisciplinario ya que abarca sensores remotos, botánica, zoología edafología, geología, hidrogeología y climatología y es el primero de esta característica realizado por la BGR en el marco de la Cooperación Técnica.

Para poder realizar afirmaciones con respecto a las posibilidades de aprovechamiento y necesidades de protección de una región como el Chaco, es indispensable la reconstrucción de su historia de desarrollo en el pasado geológico reciente y la detección de la interacción entre sus componentes, sean de naturaleza, con o sin vida. Sólo entonces se comprenderán los efectos de acciones antropógenas y las modificaciones naturales del medio ambiente, es decir, se podrán hacer pronósticos sobre sus consecuencias.

Para el cumplimiento de una tarea de semejante complejidad y extensión exige una forma de observación integrada analítica - holística que enfoca procesos y no situaciones. El presente texto por el momento sólo puede brindar principios dirigidos hacia esta forma de observación y representación. Refleja una instantánea de nuestro proceso de reconocimiento sistémico.

3.1.1 Teoría General de Sistemas

El Chaco es analizado y descrito como sistema de acuerdo a la Teoría General de Sistemas (L. von BERTALANFY, 1968) intentándose entender y describir los procesos que están actuando dentro del sistema, así como los procesos que influyen desde afuera respecto a sus direcciones, estructuras y contextos.

En la segunda mitad de nuestro siglo se ha ampliado el camino científico del reduccionismo en el área académica por métodos de observación holístico - sistémicos. Sobre todo en las ciencias biológicas y sociales adquirieron destacada importancia fenómenos de la auto-organización y comportamiento coherente con cambios estructurales permanentes (steady - state). Se trata de estructuras dinámicas de desequilibrio cuyo metabolismo se mantiene a través de la materia e intercambio energético con el medio ambiente y que son denominados "sistemas abiertos". En las geociencias es mencionada la auto-organización de cuerpos sólidos sin vida por BAGNOLD (1954) en su publicación orientadora "The physics of blown sand and dunes" (ver cap. 4.8). Los actuales programas globales internacionales como por ejemplo "Global Change" suponen el concepto del sistema."

El concepto "sistema abierto" tiene sus raíces en la física del non-equilibrio, biofísica y bioquímica. Estudios trascendentales al respecto provienen de PRIGOGINE y sus colaboradores. Sus ideas desde entonces influyen en las ciencias naturales, en especial en las ciencias biológicas, como también en las ciencias filosóficas.

Los sistemas abiertos son direccionados a través del tiempo, contrario a los sistemas clásicos cerrados de la física, en los cuales la dirección del tiempo no tiene importancia. Desde el punto de vista de la termodinámica, BOLTZMANN (en PRIGOGINE & STENGERS, 1993) en el siglo XIX ha postulado como principio fundamental de la experiencia, la irreversibilidad, según el cual todos los procesos macroscópicos que ocurren en la naturaleza son procesos irreversibles. Sin embargo, desde el punto de vista de la dinámica clásica tuvo que quedar debiendo la comprobación.

Según v. WEIZSÄCKER (1986) aparentemente no existen "sistemas cerrados" o nosotros no podemos afirmar nada al respecto por falta de efectos recíprocos. El ha definido el concepto "sistemas cerrados" de manera muy amplia y cita cristales, volcanes y todos los sistemas hídricos de nuestra tierra como ejemplos de "sistemas abiertos" que mediante intercambios energéticos están relacionados con su medio ambiente.

En la práctica resulta que se pueden describir múltiples sistemas en forma amplia como para tratarlos de manera empírica como autónomos. Consideramos su desviación de la autonomía absoluta como insignificante (no inexistente!) y los denominamos "sistemas cerrados" (WEISS, 1970).

A través de la observación macroscópica de sistemas naturales se concluyó que ahí se realizan procesos relacionados a través de intercambios dinámicos y que su comportamiento global no se puede deducir de la suma de las características de sus partes individuales, lo que generalmente se describe como: "El conjunto es más que la suma de las partes individuales". Este postulado se entiende según WEISS de tal manera que la información sobre el conjunto, "lo colectivo", es mayor que la suma de informaciones con respecto a las partes.

Durante los últimos años, seguramente en forma acelerada a través de la concientización en el área de la problemática ambiental, está ganando peso la idea de que el entendimiento de ecosistemas será solamente posible con un enfoque holístico - sistémico y de que un método exclusivamente reduccionista - científico

no puede llegar al éxito.

Sin embargo, el entendimiento del funcionamiento de un ecosistema no será posible sin el conocimiento detallado de sus sub-sistemas, o mejor dicho, de sus componentes y sus interrelaciones. Por esto se analizan muchas veces problemas relacionados con el sistema general en forma reduccionista, para poder completar el aspecto general; eso significa la complementación de las partes faltantes en el cuadro holístico a través de conocimientos adquiridos en forma reduccionista. Mediante un mayor conocimiento surge un nuevo

de sistemas mecanicistas de la manera que el producto de su operación como sistema siempre es el sistema mismo y que es autónomo. Las características de un sistema autopoyético se determinan (como en sistemas en general) a través de la condición de su uniformidad. Estas son las características de la red que crea sus componentes y se crea a través de éstos.

La estructura de tal sistema es una estructura espacio-tiempo denominada disipativa. La estructura disipativa puede ser clasificada como estructura material que organiza corrientes energéticas, o como estructura energética que organiza corrientes materiales (JANTSCH, 1982). Lo contrario a estructuras disipativas son las estructuras conservativas (EIGEN & WINKLER, 1985), en las cuales existen efectos dinámicos estáticos entre las partes materiales y caracterizan todo a través de su forma más o menos simétrica.

El análisis sistemático se ha concentrado hasta ahora sobre todo en las acciones dentro del sistema autopoyético, definiendo al "medio ambiente" como proveedor de materia y energía para la disipación.

Los estudios en el Chaco Paraguayo permiten ahora una consideración desde el punto de vista abiótico, las estructuras de los procesos que se auto-organizan y se influyen mutuamente y de las condiciones resultantes para la característica y composición de los sistemas bióticos. En el presente caso se observa el sistema del Chaco como un ecosistema limitado, todavía a la vegetación y su ambiente abiótico bajo el aspecto de un aprovechamiento adaptado a través del hombre.

Las prioridades de los estudios se concentran no tanto en el estudio de "las relaciones del organismo con su ambiente" como definió HAECKEL (1866), en la ciencia "Eoecologie", sino en el estudio del ambiente y sus contextos, así como las bases para y relaciones con organismos.

Generalmente la dificultad en la definición de un sistema conceptual, como lo es el Chaco, está en que se tienen que elegir suficientes parámetros para la concepción, sin obstaculizar sus posibilidades de capitación y/o representación a través de la complejidad de estos parámetros y sus interrelaciones.

A diferencia de sistemas autopoyéticos (como p. ej. en el caso de células en el organismo, y/o como el organismo en sí), que demuestran un carácter material intersubjetivo (sistemas reales), los límites del ecosistema "Chaco" no son exclusivamente concep-

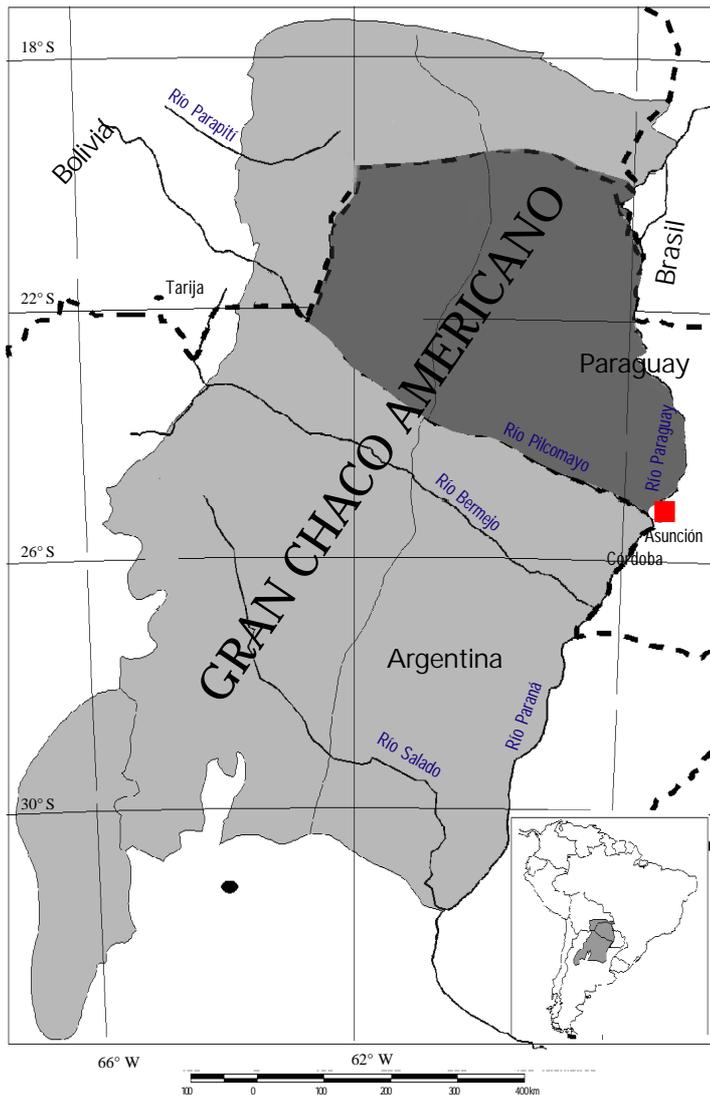


Fig. 2: Ubicación del área de trabajo

cuadro con otras partes faltantes en un nivel más elevado, las cuales tienen que ser abarcados nuevamente, en un proceso continuo.

BERTALANFFY (1968) ha diferenciado entre sistemas reales y conceptuales; definiendo sistemas reales como por ej. organismos vivos o células, los cuales más tarde fueron llamados sistemas autopoyéticos (VARELA, et al., 1974). El entendía por sistemas conceptuales también ecosistemas, entre otros.

VARELA et al. diferenciaron sistemas autopoyéticos

tuales, sino también dinámicos. Los límites son definidos con respecto al espacio - tiempo y también a los campos bióticos y abióticos que deben ser revisados constantemente durante el proceso de reconocimiento en desarrollo y necesariamente es iterativo. Con respecto al espacio, la flexibilidad se halla reducida por los límites políticos. Como consecuencia la definición depende en gran escala del observador, quien la desarrolla de acuerdo al estado de conocimiento sobre las componentes, pero pudiendo jugar un rol importante los puntos de vista pragmáticos, como también las preferencias personales.

3.1.2 Definición del sistema "Chaco Paraguayo"

El sistema "Chaco Paraguayo" (Fig. 2) comprende los subsistemas antiguos y actuales del Río Pilcomayo, Río Parapetí y del área occidental del Río Paraguay, con sus características geológicas, edafológica, hidrológicas, florísticas, faunísticas y socioculturales.

El aspecto geomorfológico actual del Chaco y su génesis se caracteriza por los procesos fluviales y eólicos. El cuadro de drenaje en su estructura general, probablemente se ha formado durante levantamientos andinos en el Plio-Pleistoceno. Procesos fluviales, eólicos, erosionales y de sedimentación así como procesos tectónicos han contribuido en gran escala a modelar el paisaje. La gran distancia a las áreas de origen de los sedimentos, da como resultado una deposición de material fino (arcilla y arena fina) y fue la causa también por la cual los sedimentos más gruesos llegaron al área de investigación en épocas de mayor efluencia, en dependencia de la energía de transporte de los ríos. Estas diferencias de los sedimentos relacionados con el desarrollo climático durante el Cuaternario, influyeron en la formación de suelos, la infiltración de precipitaciones, la velocidad de migración del agua subterránea, el contenido salino del agua subterránea y la cobertura vegetal. Todos estos factores o se condicionan entre sí de manera muy compleja o se pueden entender como relaciones simples de causa - efecto.

Por la limitación espacial del Chaco en su parte paraguaya (aunque se extiende como Gran Chaco también a

regiones bolivianas y argentinas) no se restringe la posibilidad de entendimiento y descripción de este ecosistema.

El sistema Chaco se clasifica como complejo de acuerdo a puntos de vista pragmáticos. Esta clasificación se determina a través de las diferentes disciplinas científicas involucradas. Los estudios de dichas disciplinas y la sinóptica interdisciplinaria tendrán que posibilitar una visión orgánica del Chaco, con su historia de desarrollo a través de observaciones de protocolo. Por esto se estudian estructuras, organizaciones, direcciones y velocidades de procesos y sus influencias mutuas. Esta manera de observación inevitablemente lleva a redundancias de las descripciones.

Generalmente surge un problema serio en la presentación de estos conocimientos en mapas temáticos, porque se tiene que reducir un sistema formado por espacio y tiempo a dos dimensiones.

El orden de los capítulos del informe en el compo-

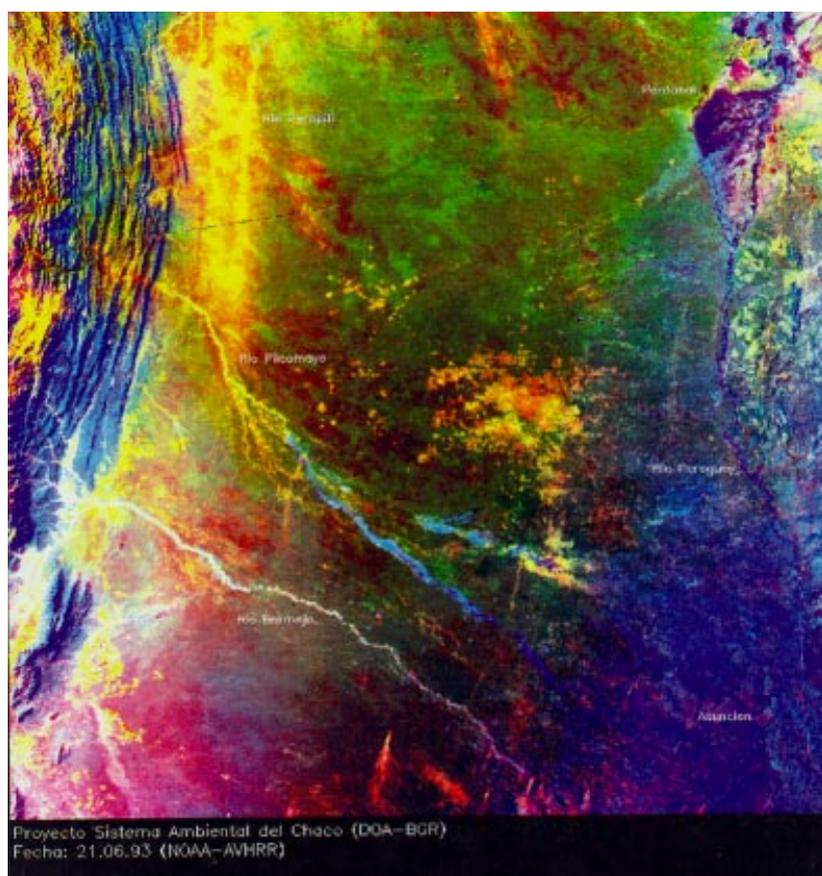


Fig. 3: El Chaco paraguayo y regiones lindantes NOAA-AVHRR (fracción de imagen) de fecha 21.6.93

Azul = canal 1; verde = canal 2; rojo = canal 3

Borde de la imagen = dirección norte

Escala: (1.500.000)

Cadenas andinas en el borde izquierdo de la foto

Colonias menonitas como superficies claras (desmonte) aproximadamente en el centro de la imagen

Líneas amarillas (norte-sur) en el lado oriental de los Andes son nubes de polvo (arrastre del Río Grande)

nente “Resultados” se realizó al azar, de manera que la presentación de los mismos permite otro orden.

3.1.3 Camino hacia la obtención de conocimientos, ejemplos de la recolección de datos y representación de los resultados.

En el área del Proyecto, la extensión y la poca accesibilidad al mismo, representaron ciertos factores limitantes para la obtención de información. Como consecuencia, las herramientas básicas fueron sensores remotos satelitales, apoyados por fotografías aéreas 6x6 y tomas con el aerovideo.

Las informaciones visuales más importantes y directamente medibles, que puede aportar la metodología de los sensores remotos para la obtención de conocimientos, son la distribución, densidad y diferencias en la vegetación, la distribución de aguas superficiales (red hídrica) como también diferentes ca-



Fig. 4: Una fracción de Imagen satelital Thematic Mapper Asunción (abajo en rojo) a orilla del Río Paraguay. El río forma el límite oriental del Chaco. Las diferentes intensidades del color verde reflejan diferentes coberturas con vegetación viva. Aguas abiertas aparecen en color azul. En el borde izquierdo superior de la imagen se pueden reconocer superficies anchas de agua, las así llamadas depresiones inundables (véase Cap. 4.2.1.3).

Escena 226-077; azul = canal 2; verde = canal 4, rojo = canal 7, ancho inferior de la imagen = 43 km).

Escala: 1:600.00

racterísticas de reflexión de suelos o rocas en el momento de la grabación.

Los datos satelitales son procesados de acuerdo a los problemas en cuestión, p.ej. según diferencias de vegetación, material rocoso o contenido de humedad. Allí es importante la selección y la codificación colorimétrica de los canales espectrales individuales. Las imágenes de colores disimulados o auténticos se podrían entender como mapas temáticos sin leyenda (Fig. 4).

Con la primera interpretación de las imágenes se formula una primera hipótesis con respecto al contenido de las imágenes; las planicies se diferencian a través de sus características reflectivas (coloración), su textura y ciertos patrones se interpretan hasta donde sea posible. La cantidad y calidad de las informaciones existentes y la experiencia del evaluador son determinantes para la profundidad del análisis. Coberturas multitemporales de las imágenes facilitan entre otros, informaciones adicionales sobre límites de unidades de vegetación, porque se facilita el reconocimiento de las unidades a través del registro de las diferencias estacionales del material botánico, o mejor dicho, el ciclo fenológico del crecimiento de las plantas (KIRCHHOFF et.al, 1984, KANTOR et al., 1994).

Sistemas de grabación de diferentes resoluciones geométricas (la más pequeña unidad de superficie identificable) y radiométricas (la ubicación y número de canales espectrales de grabación) facilitan panoramas globales regionales; NOAA registra franjas hasta 2400 km de ancho, con 1 km x 1 km de resolución en el campo Nadir, mientras Thematic Mapper permite una vista más detallada (185 km de ancho de la franja y resolución en tierra de 30 m x 30 m).

Durante la interpretación preliminar generalmente ya se puede evaluar la accesibilidad del área y elegir las áreas claves y las que parecen poco accesibles para fotografías aéreas y aerovideo. A través de las primeras evaluaciones se planifican los trabajos de campo de acuerdo a la complejidad de la información obtenida de las imágenes (o mejor dicho la diferenciación subjetiva de las unidades) y de las características infraestructurales.

El evaluador respectivo marca los temas de mayor interés en su área profesional y discute los resultados con los otros colegas de otras áreas profesionales, para luego optimizar y eventualmente reconocer contextos interdisciplinarios.

De acuerdo al estado actual del paisaje se puede formular una hipótesis sobre la historia del desarrollo del paisaje, según el modelo de estructuras fijas de procesos (Cap. 4.8) y según las informaciones

paleoclimáticas existentes. Esta hipótesis se confirmaría posteriormente a través de determinaciones cronológicas específicas de sedimentos (termoluminiscencia=TL; termoluminiscencia estimulada opticamente = OSL y radiocarbono = ^{14}C) y aguas.

Recién con la comprensión del estado del área del proyecto y su desarrollo fitoecosistemático, se pueden presentar afirmaciones con respecto al potencial del área natural, sus posibilidades de aprovechamiento de acuerdo a aspectos ambientales, es decir, la necesidad de ser protegido.

En base a la evaluación de datos de sensores remotos se establecen los puntos de observación en el campo. Los trabajos en el campo se realizan en campañas de

2 a 3 semanas de duración, concentrando los estudios sobre todo en el registro de las unidades de vegetación y los suelos correspondientes, porque por razones de escaso número de afloramientos y datos de pozos de agua, pronto se agotan las posibilidades para los trabajos del campo geológico e hidrogeológico.

Los trabajos de campo consisten en el estudio de las unidades preseleccionadas respecto a la vegetación, suelos, y en menor escala, geología. Según los resultados obtenidos en el campo se decide la realización de calicatas para perfiles o perforaciones superficiales manuales (barrenadas) para el estudio de suelos y el muestreo para botánica. Con la evaluación posterior de los datos del campo se verifica y se am-

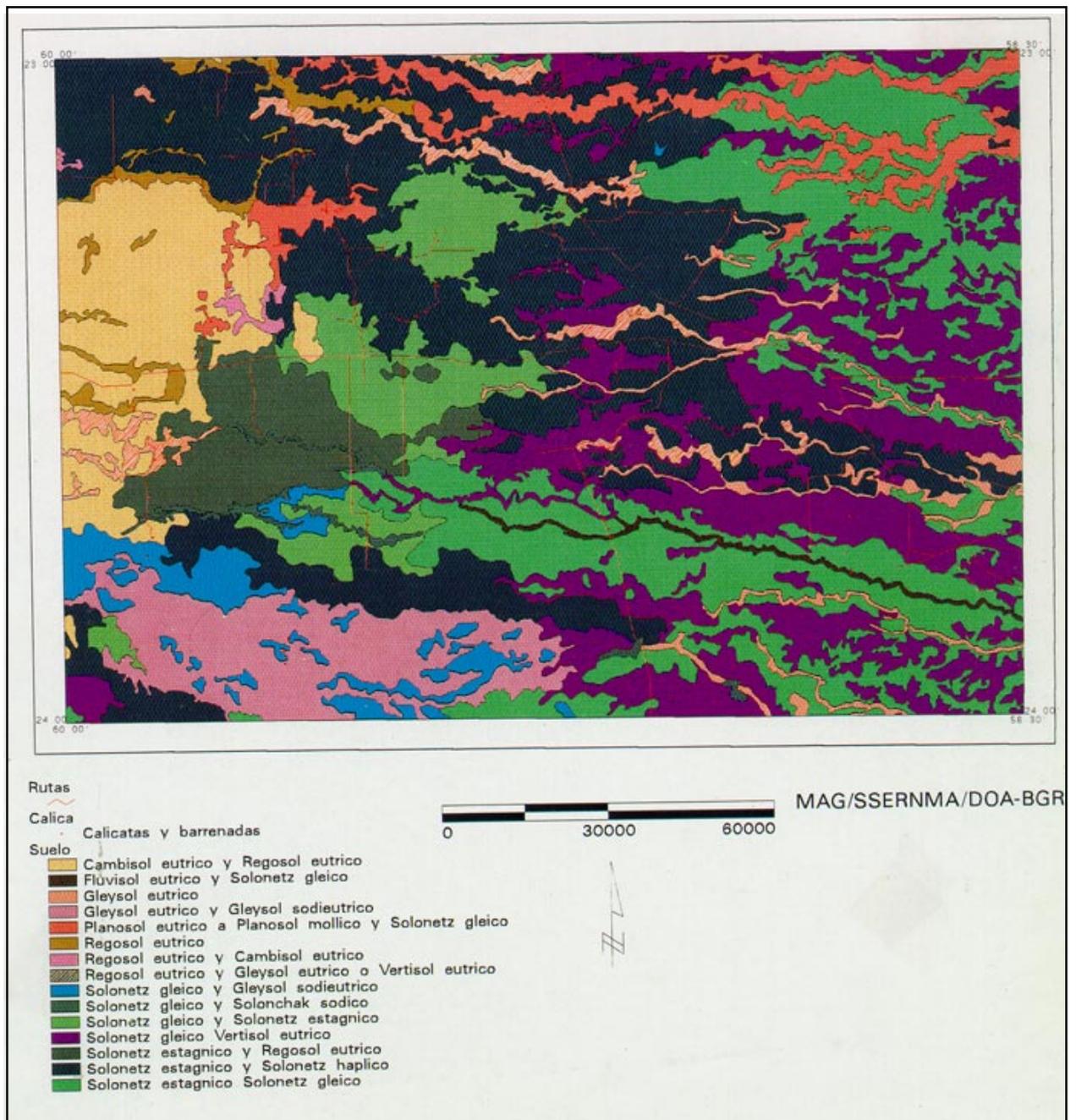


Fig 5: Representación simplificada del mapa de suelos, Hoja Pozo Colorado, mediante ARCVIEW

plía la primera hipótesis. Durante este proceso se observa la nueva imagen a través de las perspectivas de las diferentes disciplinas profesionales, para poder aclarar p. ej. los contextos entre vegetación, suelo, geología, hidrología e hidrogeología y del clima.

Durante las campañas de trabajo en el campo se miden regularmente los niveles de agua de los ríos chaqueños y la conductividad eléctrica del agua, para poder entender las relaciones entre cantidad de agua y contenido de sal.

Las informaciones del campo son analizadas bajo los aspectos de las diferentes disciplinas involucradas, luego observadas en su contexto y finalmente convertidas en mapas temáticos a escala 1:250.000, incluyendo los temas de geología, hidrogeología, suelo, vegetación y uso de la tierra. Adicionalmente se presenta un mapa de fauna (vertebrados) de una zona específica.

Los mapas de suelo contienen además informaciones sobre la capacidad y las limitaciones para el uso de los suelos. Otros mapas muestran la vegetación y el uso de la tierra, también con las evaluaciones correspondientes, p.ej. sobre posibilidades de aprovechamiento medicinal o productos utilitarios que pueden ser extraídos de diferentes plantas, así como indicaciones en relación a las consecuencias, en caso de un tratamiento equivocado del ambiente natural. La geología, las ubicaciones de pozos e informacio-



Fig 6b: *Prosopis ruscofolia* Griseb.

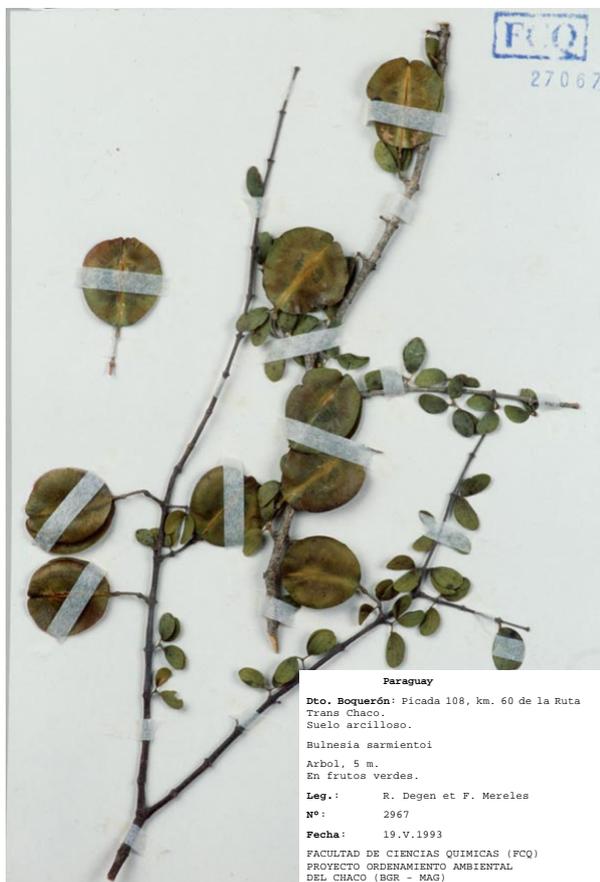


Fig 6a: *Bulnesia sarmientoi*

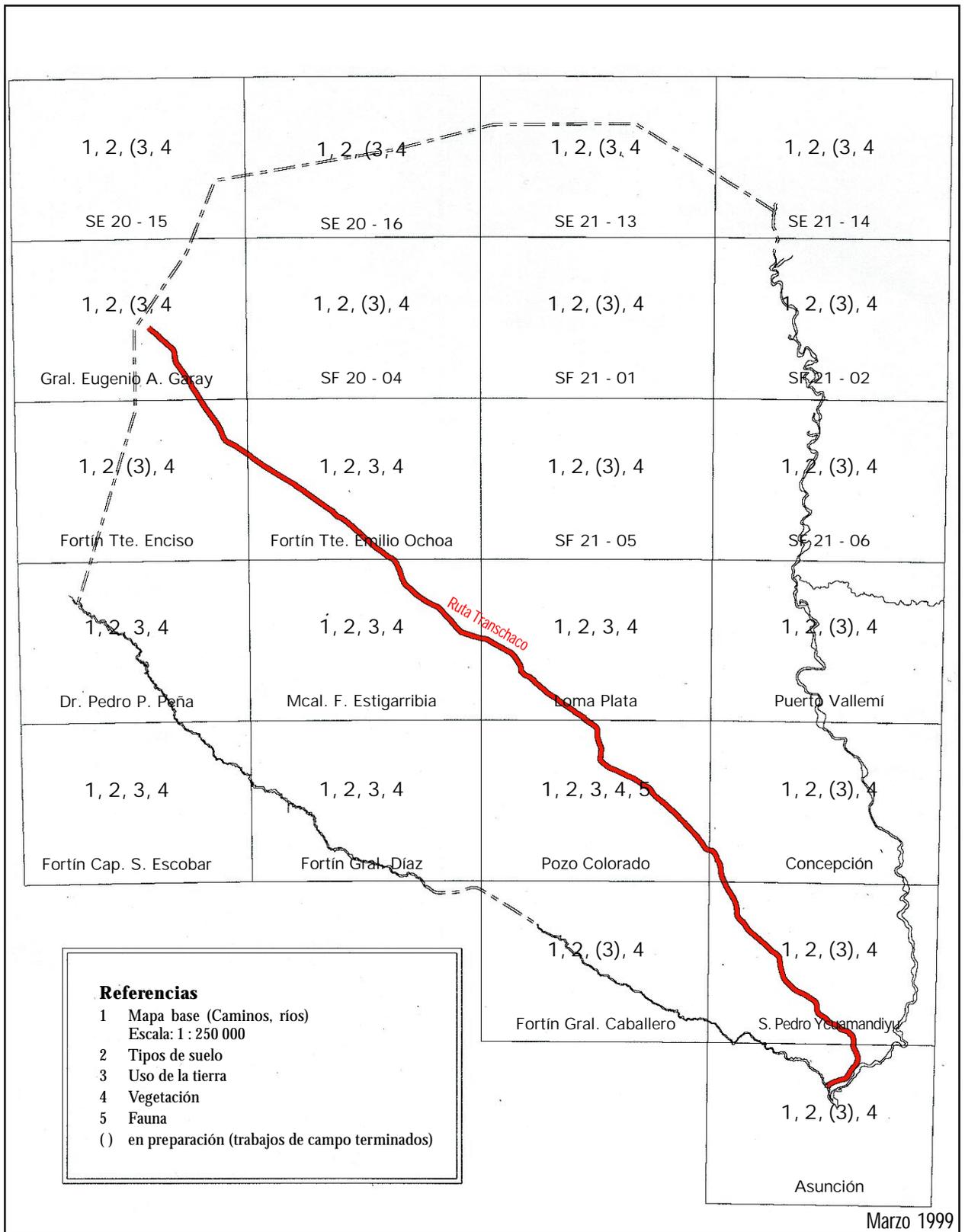
nes sobre condiciones de aguas subterráneas se han fijado en otro juego de mapas adicionales. La confección de mapas se realiza con el sistema de información geográfica (ARC/INFO) propio del Proyecto.

La Fig. 5 es una presentación simplificada de un mapa mediante ARCVIEW.

Dentro del marco del muestreo de la vegetación se han preparado, descrito y archivado (Fig. 6a, 6b) en el Museo Botánico de la Universidad Nacional de Asunción alrededor de 8.500 ejemplares de plantas (ejemplos de la descripción, véase el ítem "Documentación").

El muestreo de perfiles edafológicos se ha realizado en 750 lugares de observación con profundidades de alrededor de 1,50 m y en muchos de los casos barrenadas adicionales, hasta una profundidad de 2 m. (ejemplos de descripción de perfiles se encuentran en el ítem "Documentación").

El estado actual de los trabajos y la planificación se observa en la Fig. 7.



*Fig 7: Mapa Índice de los productos del proyecto.
Otros mapas temáticos como resultados del proyecto:*

- *Ubicación de comunidades y etnias indígenas (1 : 1 000 000)*
- *Mapa geológico del CHACO paraguayo (1 : 500 000)*

4 RESULTADOS

4.1 CLIMA

4.1.1 Desarrollo climático

Procesos climáticos globales, regionales y locales han tenido influencias en el desarrollo del Chaco. Epocas pluviales, glaciales y procesos de deshielo en los Andes, procesos de precipitación/ evaporación en el Chaco mismo y en el área de afluencia del Río Paraguay se reflejan en la historia de sedimentación, en procesos hidrológicos e hidrogeológicos y en la dinámica de la vegetación. Las condiciones de precipitación en los Andes son en parte responsables del volumen de los sedimentos acarreados en los ríos, la diferenciación granulométrica y el área de sedimentación. Ellos determinan, conjuntamente con los procesos de precipitación/ evaporación, el contenido de sal en las aguas subterráneas. La precipitación y la evaporación en la cuenca del Río Paraguay determinan su nivel de marea incipiente e influyen así sobre el desagüe superficial y el flujo de las aguas subterráneas. La precipitación y la evaporación en el Chaco mismo son parcialmente responsables de la distribución y composición vegetal.

En relación al desarrollo climático antes, durante y después del último período glacial, existen mucho menos informaciones con respecto al hemisferio Sur, comparado con el hemisferio Norte. Sin embargo, es posible reconstruir un modelo bastante claro para el Chaco, basándose en las publicaciones, los cuales han realizado investigaciones relacionadas al tema en toda Sudamérica, especialmente en Argentina y Chile, y en los resultados de las investigaciones del Proyecto.

Para el Pleniglacial Mediano (aprox. 60.000 a 30.000 BP) v.d. HAMMEN reconstruye un clima muy húmedo y para el Pleniglacial Superior (aprox. 21.000 a 14.000 BP) un clima muy seco. De acuerdo a esto él concluye que la extensión máxima de los glaciales y de los depósitos fluvioglaciales en terrazas tendrían que ubicarse en el Pleniglacial Mediano, que presentaba condiciones muy húmedas y parcialmente en la fase inicial del Pleniglacial Superior temprano (datos ^{14}C > 50.000 a 39.000 BP y localmente de 27.000 a 23.000 BP).

Relacionado al último glacial pronunciado, entre 21.000 y 14.000 años, IRIONDO determina deposiciones de loess con espesores entre 12 y 18 m, como formación URUNDEL en la Pampa Argentina.

Determinaciones ^{14}C en madera procedente de la parte media de la formación URUNDEL resultaron en edades entre 16.000 \pm 270 años. Con esta época él

relaciona también la formación de las dunas longitudinales de 200 km de largo en las llanuras sureñas argentinas.

Condiciones comparables describen REICHELDT et al. (1992) referente al hemisferio norte de Mali (Africa de Oeste), donde fueron halladas edades para la extensión del desierto ogólico entre 17.000 a 16.000 BP.

Durante esta época el nivel del mar se encontraba 100 m por debajo de nivel de mar de hoy día.

Según los análisis de polen (MARKGRAF, 1989) los glaciales disminuyeron a partir de 14.000 BP, el nivel del mar subió rápidamente y la velocidad del viento disminuyó, lo que da como resultado una disminución abrupta de partículas de polvo en testigos de hielo antárticos. Probablemente con ello terminó la mayor fase glacial de la migración de loess, en Argentina.

FERNANDEZ et al. (1991) analizaron mediante isótopos estables y polen, un yacimiento con restos de Hippidion, el caballo americano extinto, de camelidas y material arqueológico en la región del Barro Negro del Altiplano en el noroeste de Argentina. Según este análisis el Hippidion existía en esta parte del Altiplano entre 12.000 y 10.000 BP y fue seguido por las Camelidas. Es evidente que alrededor de 10.000 BP la Sub - Puna - Scrub moderna semiárida comenzó a suprimir la vegetación de pastos "Andina Alta" y al mismo tiempo pudieron observarse las primeras influencias antropógenas. Los autores concluyen de estos resultados que alrededor de 10.000 BP se ha realizado un cambio climático de húmedo - fresco (régimen de precipitaciones invernales) a seco - caluroso (régimen de precipitaciones veraniegas).

En el Sur de Brasil ROTH & LORSCHHEITTER (1991) han analizado polen en perfiles de turba y han encontrado un cambio llamativo hacia temperaturas generalmente elevadas y precipitaciones alrededor de 10.500 BP. Así puede confirmarse la transición del Pleistoceno al Holoceno alrededor de 10.500 a 10.000 BP.

Análisis de polen de MARKGRAF (1984) de El Aguilar en Jujui (norte de Argentina) demuestran una fase más húmeda y fresca en comparación a las condiciones actuales entre 10.000 y 7.500 BP y una disminución de las precipitaciones a partir de 7.500 BP con un cambio hacia condiciones climáticas calurosa - secas.

La interpretación de MARKGRAF se ve apoyada por determinaciones cronológicas de dunas en la región del río Grande (en las cercanías de Santa Cruz de la

Sierra, Bolivia), donde v. d. HAMMEN determinó edades desde 7.000 hasta 5.000 años.

En la región central andina del Norte de Chile se determinaron formaciones de travertina en ríos (información no publicada, GEYH) con 7.000 BP.

Resultados analógicos se encuentran en el hemisferio norte en Mali, donde empezó, según REICHELDT et al. (1992), una fase árida alrededor de 7.000 BP, continuándose hasta 6.000 o 5.000 BP dentro de la cual se supone que se ha formado el Sahara de hoy día.

Alrededor de 3.500 a 1.000 BP IRIONDO & GARCIA encuentran un cambio de las condiciones húmedas y cálidas (las cuales aparentemente reinaron entre 5.000 y 3.500 BP) hacia un clima seco y árido. En esta época ubican la deflación de los suelos, la formación de los campos de dunas y la interrupción del sistema de desagüe del Río Paraná, el cual se desintegró en lagunas aisladas. Estos resultados concuerdan con las determinaciones cronológicas de v. d. HAMMEN de las dunas del Río Grande en Bolivia, donde se ha encontrado una generación de dunas más jóvenes con edades cronológicas entre 3 400 a 1 400 BP. En la región central andina surgen sedimentaciones de cal en los ríos alrededor de 3 000 BP (información no publicada GEYH). Después de 1 400 BP el clima actual parece haberse estabilizado.

Para obtener un análisis más confiable y preciso de los cambios de fases húmedas y secas del Cuaternario Superior utilizamos investigaciones multidisciplinarias y geocronológicas de aguas subterráneas, arenas de dunas, paleocauces de ríos y suelos del Chaco. Estos trabajos se han realizado conjuntamente con el Proyecto CABAS (Convenio Alemán Boliviano de Aguas Subterráneas) para el Chaco boliviano y la Universidad de Bern (Suiza) para la Atacama (Chile). Con estos resultados, el desarrollo climático de la franja Atacama, Chaco paraguayo, en los últimos 35.000 años - ¹⁴C está evaluado en forma sincronóptica.

La época extremadamente húmeda, la fase Minchin, empezó hace más de 35 000 años-¹⁴C BP y duró hasta alrededor de 23 000 años-¹⁴C BP. Su existencia está confirmada por aguas subterráneas antiguas y profundas en el Chaco Boreal y estromatolitos en terrazas que se encuentran a 70 m por encima del nivel actual de los lagos en el Altiplano de Atacama.

Después de una época árida, correspondiente al último glacial (con el máximo de glaciación global) que duró aproximadamente hasta 12 500 años-¹⁴C BP, empezó otra época húmeda, la fase Tauca. En este tiempo los niveles de los saladares y lagunas subieron solo 25 m por encima del nivel actual. En el Chaco Boreal se formaron los suelos limo - arcillosos, que probablemente dificultaron o imposibilitaron la recarga de agua subterránea.

Sin transición, el clima volvió a ser árido hace alrededor de 8000 años-¹⁴C BP pero aumentaron las precipitaciones torrenciales tan fuertemente, que el Río Pilcomayo se desplazó muchas veces y transportó gran cantidad de material arenoso hacia la parte Oriental del Chaco.

En la parte Sur de Atacama (Saladar de Atacama; Saladar Puntas Negras) se nota un hiato cultural en el Holoceno Medio, el silencio arqueológico. El hombre por las condiciones poco favorables en las llanuras, se retiró a los valles río arriba, donde encontró recursos de agua más seguros. Los niveles de los lagos fueron probablemente más bajos que hoy día y predominaron procesos erosivos.

Esta fase árida terminó hace alrededor de 3500 años-¹⁴C BP. Se desarrollaron suelos con material orgánico en las depresiones del Chaco. En Atacama la colonización se extendió otra vez hacia el Sur hace alrededor de 4800 años-¹⁴C BP y aproximadamente a los 3200 años-¹⁴C BP empezó la agricultura. Desde hace alrededor de 3000 años-¹⁴C BP no se registra cambios climáticos bruscos y las condiciones no eran muy diferentes a las actuales.

Este esquema de tiempo está confirmado con casi 250 nuevos análisis de ¹⁴C, TL, OSL y U/Th, además de las informaciones florísticas y faunísticas locales. Supraregionalmente también se confirman los datos con los desarrollos climáticos del Pleistoceno Superior/ Holoceno Inferior en el Sahara del Norte y con el contenido del metano en el hielo de Groenlandia (GEYH et al., 1996).

4.1.2 *Clima actual*

El Chaco Paraguayo pertenece a la zona de transición entre el clima semiárido y el húmedo. "Semiárido" significa que por un largo tiempo existe un régimen deficitario de humedad porque la evaporación potencial es mayor que la precipitación. En general se registran las precipitaciones en el Bajo Chaco con 1.400 mm (promedio) disminuyendo hacia la frontera con Bolivia en el Oeste, a aproximadamente 500 mm.

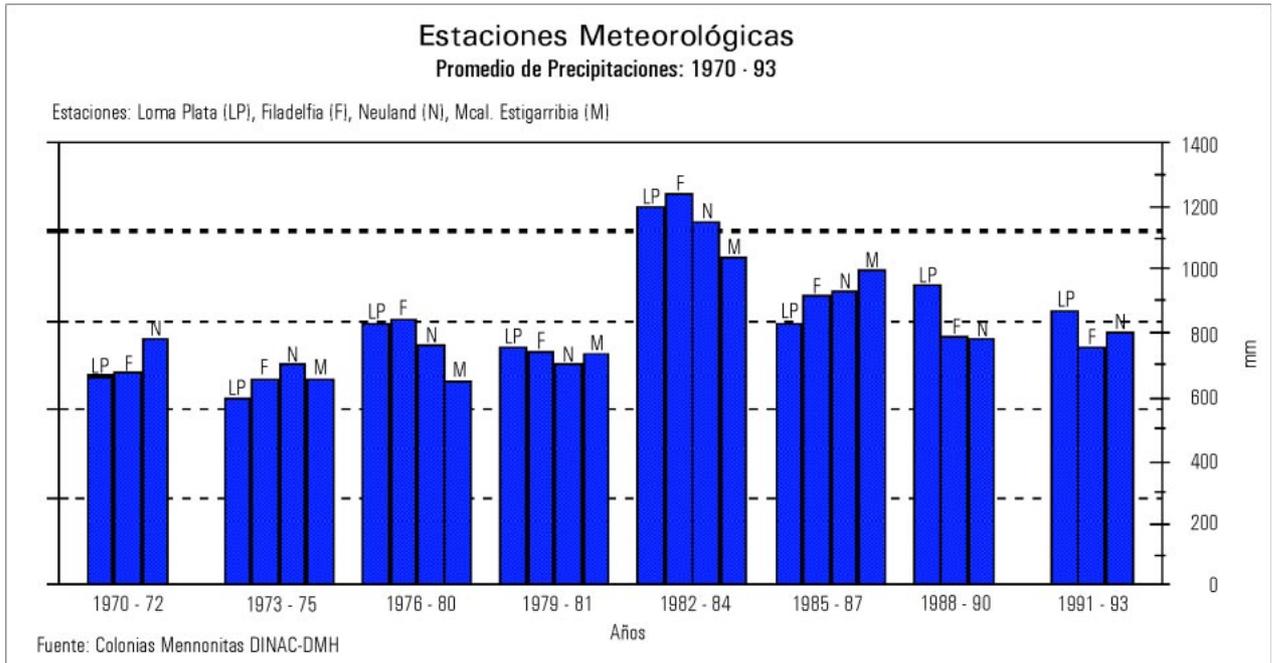
Las determinaciones de evaporación potencial existentes son muy puntuales, pero en general se estima la evaporación potencial en aproximadamente 2.200 mm en el Oeste y en aprox. 2000 mm en el Este.

En todo el Chaco las temperaturas promedios anuales están por arriba de 23°C.

Los datos promedios sobre precipitaciones en el Chaco no son muy ilustrativos para la recarga de los acuíferos y la agricultura, siendo importante saber con qué fuerza y qué frecuencia caen las precipitaciones. Si las lluvias son pocas pero fuertes, se van a acumular superficialmente grandes cantidades de agua que pueden llegar a favorecer la formación de aguas subterráneas,

mientras que para la agricultura son mas bien perjudiciales porque las plantas precisan humedad prolongada. Si las precipitaciones ocurren en intervalos y en cantidades moderadas no pueden llegar a formarse aguas subterráneas pero la agricultura es favorecida. Mediciones de precipitaciones en las Colonias Mennonitas, en el Chaco Central y en Mcal. Estigarribia se reflejan en la Tab. 1 (El resumen de los datos fue proporcionado gentilmente por la Estación Experi-

mental Chaco MAG/GTZ). Se resumieron ciclos de 3 años respectivamente a partir de 1970, calculándose el valor promedio anual para destacar la situación especial de los años 1982 a 1984 que se atribuyen al fenómeno El Niño. Se observan que las precipitaciones promedio entre 1970 y 1981 alcanzaron 750 mm, mientras que en los años 1982 y 1984 subieron a alrededor de 1 100 mm. Después vuelven a caer los valores sin alcanzar los niveles bajos anteriores.



Tab. 1

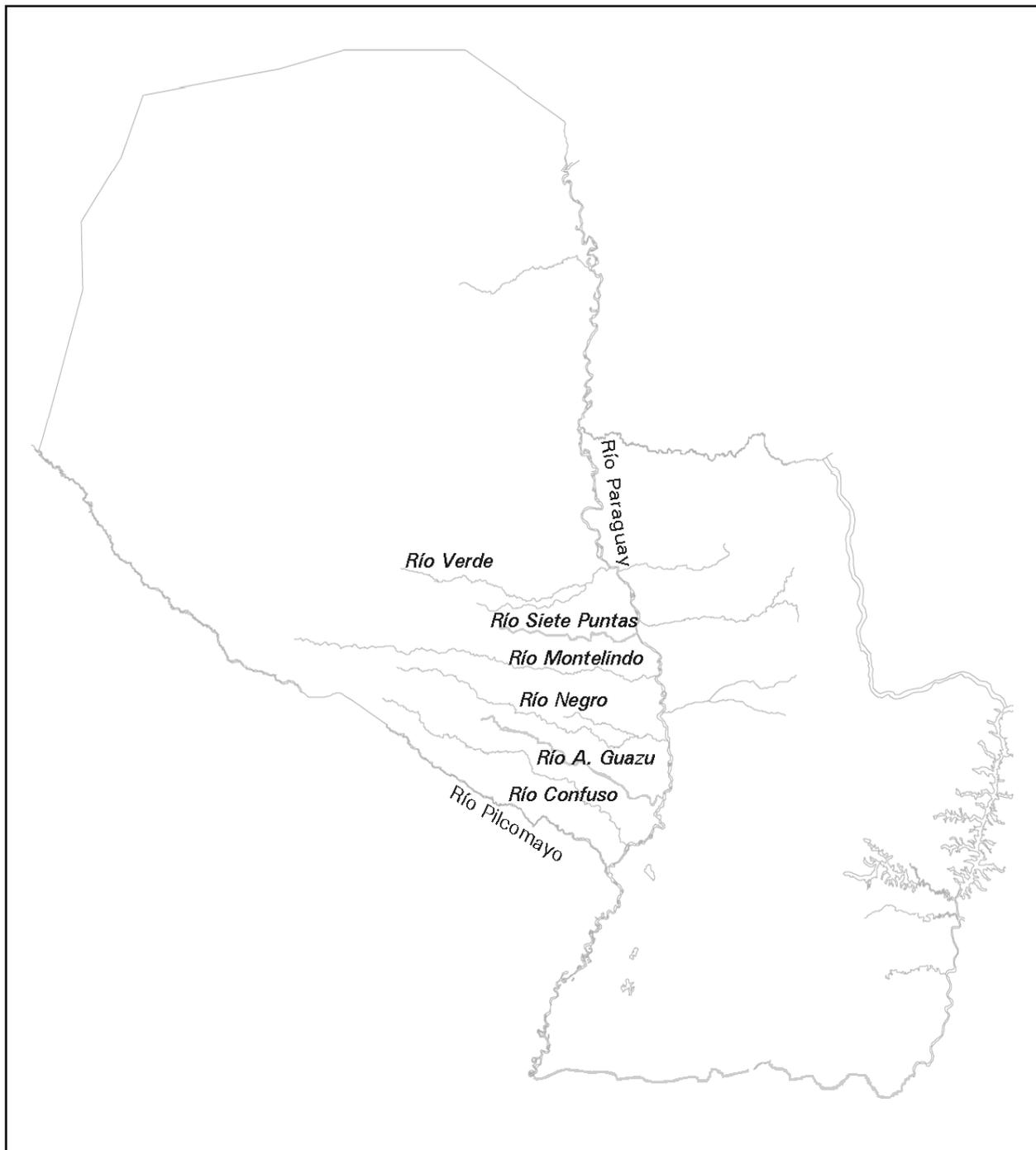


Fig. 8: Ríos chaqueños analizados

4.2 DRENAJE

El drenaje en el Chaco es determinado principalmente por:

- condiciones de precipitación en los Andes y en el Chaco mismo
- relieve poco pronunciado
- menor energía de relieve (gran distancia hacia la planicie de marea absoluta)
- contacto permanente o temporal con el agua subterránea
- procesos anteriores morfogénéticos - fluviales, determinantes para sistemas de drenaje más jóvenes
- la distribución de sedimentos de variada permeabilidad

4.2.1 Sistema de drenaje actual y su desarrollo

La historia de los sistemas fluviales en el Chaco comienza con el levantamiento y plegamiento de los Andes y de los cinturones pre - andinos durante el Plio - Pleistoceno. Los ríos Pilcomayo, Parapití y Grande han influido en forma determinante en los procesos de drenaje y de sedimentación en el Chaco desde la configuración del cuadro geológico global, presente con los Andes y su cuenca adyacente en el Este. Penetraron en el plegamiento andino en forma constante y en las cadenas andinas durante su levantamiento y han transportado agua con productos erosionados hacia el Chaco. Sus fuentes alcanzan hasta zonas andinas altas.

Por las imágenes satelitales y las observaciones de campo se puede deducir que la carga sedimentaria fluvial en la historia de los ríos han tenido fluctuaciones de mayor impacto a través de los conocidos cambios climáticos, actualmente más conocidos.

En épocas anteriores, el sistema del Río Pilcomayo se dirigía directamente hacia el Este y en forma temporaria también hacia el Noreste (Fig. 9a). Hoy el río fluye en dirección Sudeste. El Río Parapití anteriormente se dirigía hacia el Sudeste casi paralelo a la ruta Transchaco de nuestro tiempo y desembocaba en el antiguo cauce del Pilcomayo que se dirigía hacia el Pantanal (Fig. 24). Actualmente el Río Parapití fluye hacia el Norte hasta desembocar en la cuenca del Río Amazonas. Posiblemente el Río Grande, antiguamente desembocaba en el Río Parapití y posteriormente se desvió para dirigirse también hacia el Norte.

El desplazamiento del Río Parapití hacia el Norte, según WERDING (1977) ocurrió como consecuencia de la acumulación y sedimentación de los materiales arenosos arrastrados por el agua del río hacia el Sur, ocasionando la colmatación del cauce en esta parte.

El tampoco excluye movimientos tectónicos como causas probables de este desvío. Existen sistemas fluviales de menor escala que han mudado su cauce hacia el Norte, aunque no se pueden identificar efectos de arenas arrastradas eólicamente; el cauce del río Pilcomayo, sin embargo, ha sido desviado hacia el Sur. Se puede también atribuir el desvío de estos sistemas fluviales hacia el Norte y el Sur a levantamientos tectónicos subcrecientes en la región de Altos de Boyuibé, que se encuentran entre los dos ríos Parapití y Pilcomayo. Los Altos de Boyuibé se entienden, según WERDING (1977) como alturas morfológicas, probablemente también geológicas. Ellos forman una parte de la línea divisoria de las aguas entre el Amazonas y el sistema de La Plata.

Al Este de la última cadena subandina, la Sierra de Ibibobo, localizada aproximadamente en 21° S, se ubicaría la línea culminante del levantamiento (Fig. 9b).

Hacia el Este, el límite del Chaco está conformado por el Río Paraguay el cual recibe el desagüe hídrico superficial desde el Oeste, Norte y Este. Su área de influencia es una de las más grandes en Sudamérica. Grandes variaciones en las precipitaciones han ocurrido en la zona de influencia durante los últimos tres años que han llevado a veces el nivel de agua hasta 7 m.

En el año 1992, la región del Bajo Chaco ha sido afectada por inundaciones de gran magnitud, poniendo bajo agua extensas áreas. Esta situación extrema fue causada por las influencias del fenómeno "El Niño". Al año siguiente, sin embargo, fue extremadamente seco y el nivel del río bajó en forma llamativa. El caudal de los afluentes del río se convirtieron en arroyos y grandes áreas pantanosas se secaron.

Proyectando estas observaciones recientes hacia el pasado, de manera histórica y bajo el aspecto climático, se llegaría a la probable inexistencia del Río Paraguay durante las épocas secas del Holoceno; el Pantanal de aquél entonces, era un lago continental durante el periodo glacial y las fases áridas.

El Estero Patiño y tal vez las zonas arcillosas hacia el Norte de las Colonias Mennonitas, seguramente fueron lagos terminales del Pilcomayo en esta época.

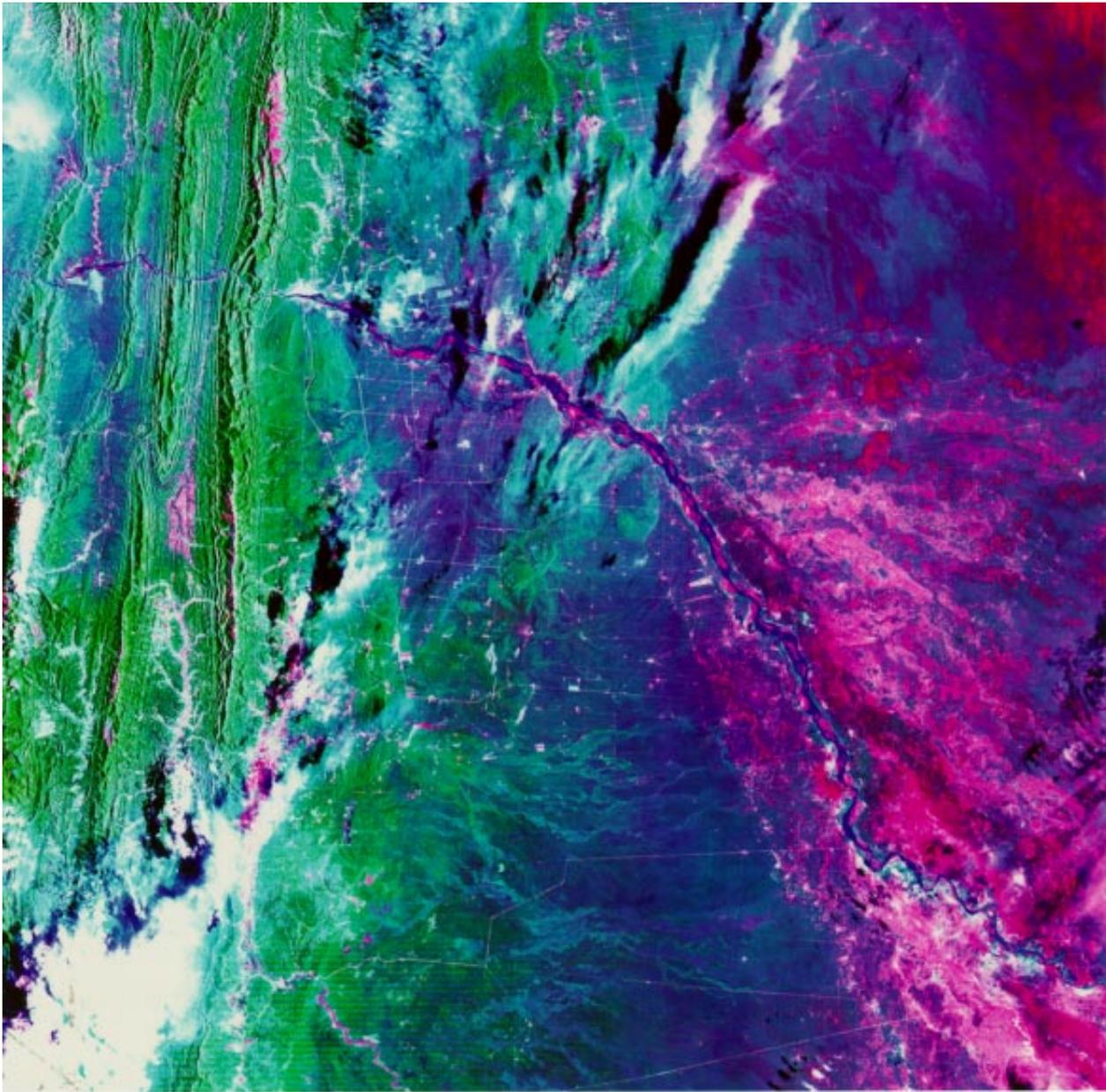
De acuerdo a interpretaciones de imágenes satelitales de esta región, parece que algunos cauces han dirigido sus cargas hacia el Oeste, hacia aquellas depresiones en épocas secas, al contrario del relieve actual.

Al Norte del actual Río Pilcomayo existe una serie de ríos que corren en dirección Este hacia el Río Paraguay (Fig. 8), los cuales están drenando las precipitaciones y las aguas subterráneas de gran parte del Chaco. Ellos representan sus paleo - brazos, los cuales han sido abandonados subsecuentemente durante el retroceso

del canal mayor. Actualmente existe un sólo caudal superficial temporario y continuo desde el Río Pilcomayo hacia el Río Confuso que aparece durante la fase de la crecida en los pantanales del Estero Patiño. Fuera de esto existen sólo ríos ajenos que hoy en día se encargan del drenaje de las precipitaciones y de las aguas subterráneas de la planicie del Chaco. Normalmente se trata de ríos con albardones, lo que indica una crecida general de las áreas inundables relacionadas. La existencia de albardones puede

significar el levantamiento general de la marea absoluta. Esta conclusión está apoyada a través de observaciones en la sociedad vegetativa de los palmares que avanza hacia adentro de los bosques remanentes del Bajo Chaco (véase también Cap. 4.5), lo que está preconditionado solamente por una crecida general del nivel del agua subterránea y fases de inundación prolongadas.

Los ríos chaqueños se desbordan en épocas de



Escala: 1:1.000.000

Fig. 9a: Salida del Río Pilcomayo de las cadenas andinas. La red de drenaje fosilífero aparece en rojo. La señal indica una vegetación relativamente rala y seca en cuerpos sedimentarios más bien arenosos. Combinación de canales: 2 = azul; 4 = verde; 7 = rojo)

Imagen TM de fecha 07.01.86



Escala: 1:100.000

*Fig 9b: Cadenas andinas orientales
 Río Parapiti y su red de drenaje fosilífero. Transgresión del sistema
 fluvial
 hacia el Norte y formación de dunas (líneas N-S) a causa de
 erosión eólica. (combinación de canales: 1 = azul; 4 = verde; 7 =
 rojo)*

inundaciones del Río Paraguay por abundancia de aguas o embalses por reflujo. En ciertas épocas, en las cercanías del cauce inferior del Río Pilcomayo se depositan la mayor carga sedimentaria, con sedimentos más gruesos, y a mayor distancia del mismo sedimentos más finos.

4.2.1.1 Río Pilcomayo

Hace 60 años el Río Pilcomayo no llega más en forma directa a su emisario, el Río Paraguay, sino está sedimentando su propio cauce desde el Este al Oeste en forma subsecuente, llegando a retroceder entre 8 a 10 km por año. Este proceso ha ocurrido repetidamente en la historia del río. El mismo, sale de su cauce para buscar otro nuevo camino siguiendo la morfología de la zona, ya sea hacia el Norte o al Sur.

Hoy en día, el río transporta aproximadamente 2 000 m³/s de agua durante épocas de inundación (aprox. 200 m³/s promedio anual) con una carga sedimentaria estimada entre 50 000 a 90 000 toneladas.

El estancamiento del canal principal en Paraguay se ubica a sólo aproximadamente 70 km de la frontera boliviana. En el lado paraguayo se teme que el río en un futuro cercano, tomaría en cualquier momento su cauce fuera del territorio paraguayo hacia la Argentina, como consecuencia, se secarían las grandes áreas pantanosas del Estero Patiño.

Al inicio de los años 90 esta situación se agravó por la construcción de canales de desagüe hacia Argentina y Paraguay; por causa de la deficiente realización técnica en los trabajos del lado paraguayo, el agua corrió exclusivamente hacia la Argentina en épocas de niveles de agua bajas y niveles de agua mediano -

altos. Mientras tanto, el Río Pilcomayo ha encontrado un nuevo cauce hacia el Río Paraguay.

A través de la excavación de un nuevo canal de conexión hacia la Cañada de la Madrid, se ha encontrado una solución.

Según la interpretación de datos satelitales existe actualmente una tendencia natural de un desplazamiento hacia el Sur. En imágenes NOAA - AVHRR se detecta el flujo hídrico a través de la distribución de la humedad que se concentra fuertemente en el lado argentino (Fig. 3).

4.2.1.2 Nivel de agua y salinidad de ríos chaqueños seleccionados

Los sistemas de desagüe interiores en el Norte del Pilcomayo son, además de una serie de cauces más

cortos, los sistemas de desagüe de los ríos Confuso, Aguaray Guazú, Negro, Montelindo, Siete Puntas y Verde. Estos presentan cortes morfológicos más profundos en el área Este de las Colonias Mennonitas, región en la cual el nivel del agua subterránea se acerca a la superficie y donde empieza el drenaje de la misma. Como el agua subterránea se encuentra generalmente muy salada, los ríos llevan, sobre todo en épocas secas, agua salada.

Menos salinos son los ríos Confuso y Aguaray Guazú, alimentados a través del Río Pilcomayo. También el Río Siete Puntas es menos salino porque no es muy profundo, llevando casi exclusivamente agua de lluvia y alcanzando sólo localmente al agua subterránea.

Los ríos Verde, Siete Puntas, Montelindo, Negro, Aguaray Guazú y Confuso han sido analizados desde Junio de

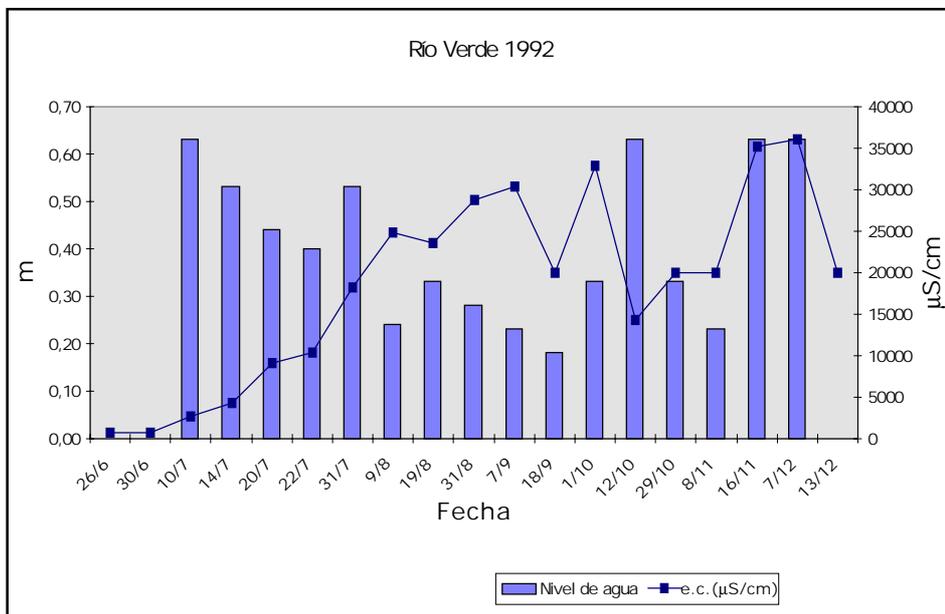


Fig 10

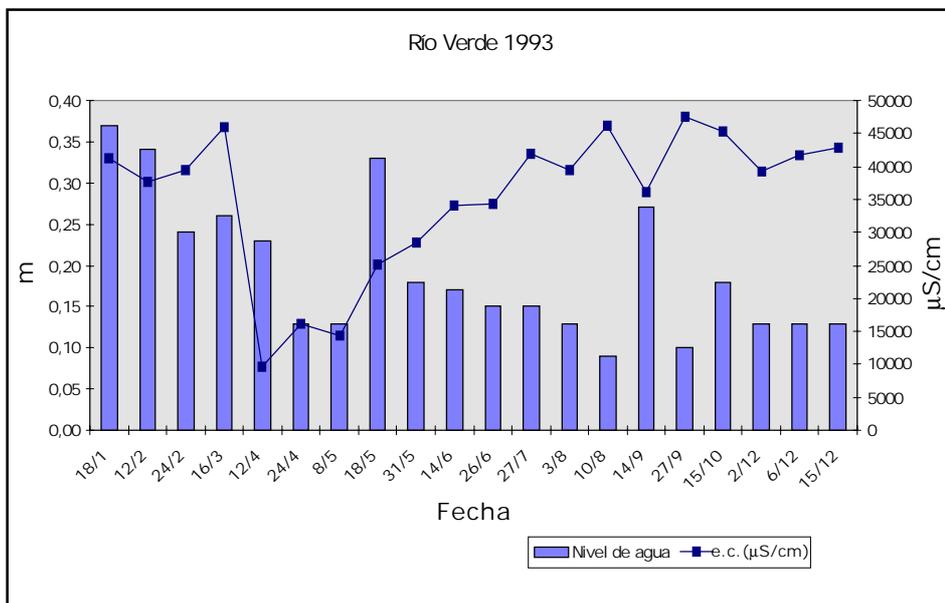


Fig 11

1992 con respecto a su nivel y su conductividad eléctrica. Las observaciones no siguen un ritmo fijo, sino han sido incluidas dentro de las actividades de ida y de vuelta de los viajes al campo.

Las mediciones tomadas son demasiado esporádicas para reflejar exactamente las condiciones de estos ríos, pues, los niveles de agua y contenidos de sal varían rápidamente, pero facilitan un panorama general respecto al desarrollo a largo plazo y pueden servir como base para eventuales análisis posteriores más detallados. El aporte de estas mediciones aumenta por lo siguiente: el año de medición 1992 era extremadamente húmedo y el año de medición 1993 era extremadamente seco, así que se podría postular que las condiciones normales se ubicarían entre estos datos de medición. Esto es importante para la evaluación de p.ej. la disponibilidad de agua potable para consumo humano y consumo animal. El nivel superior para agua potable (consumo humano) se determina con 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que equivale a 1500 TDS (total de sólidos disueltos), y para agua de abrevadero (consumo de vacuno) con 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que equivale a 4800 TDS.

Las áreas de influencia de todos los ríos se encuentran en regiones de aguas subterráneas altamente mineralizadas y que por lo menos en ciertas épocas son drenadas por estos ríos.

4.2.1.2.1 Río Verde

El Río Verde es el río más septentrional de los ríos analizados y es el punto de observación, más alejado (180 km) del emisario, Río Paraguay. De todos los ríos, éste transporta la menor cantidad de agua y su nivel no ha pasado la marca de 0,65 m durante los años 1992 y 1993.

Normalmente cuando sube el nivel de agua es por la precipitación ocurrida en su cuenca y con-

secuentemente disminuye el contenido relativo de la sal. En Julio de 1992 se registra un contraste obvio entre nivel y conductividad, lo que indica un afluente creciente de agua salada. La situación anómala del 31.7.1992 podría indicar un fenómeno de precipitación en el área de influencia, en el cual sales ya precipitadas fueron disueltas por el agua de lluvia y así aumentaron el contenido salino y la cantidad de agua. Después sigue el contraste descrito hasta setiembre donde posteriormente se notan relaciones más irregulares, probablemente influenciados por precipitaciones, fenómenos de solución de sales y afluentes de aguas subterráneas.

Solamente en Junio de 1992 los contenidos de sales del agua fluvial estaban dentro del rango de agua potable, luego se han registrado valores por encima de los rangos permitidos para agua de abrevadero en todo el período. Los valores aceptables se han

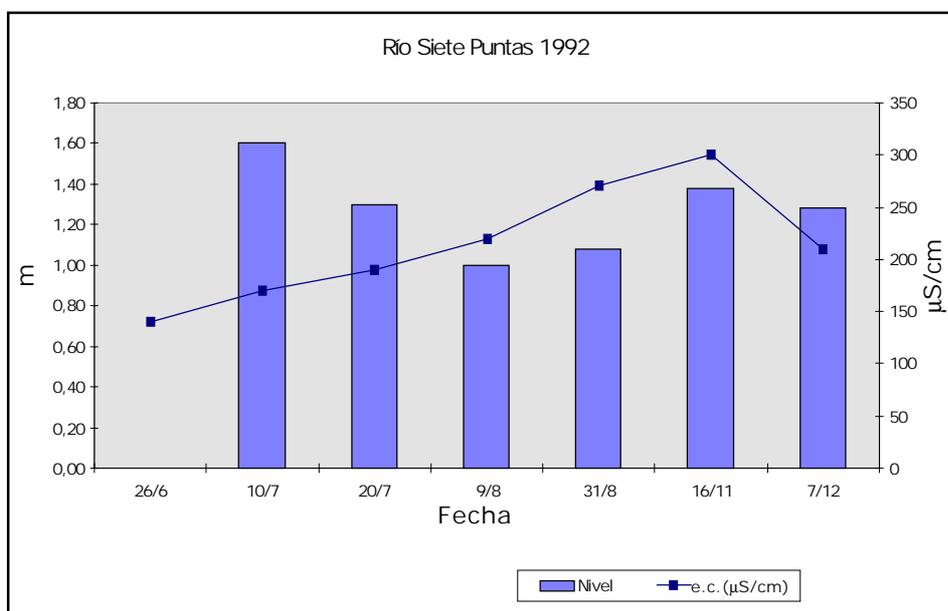


Fig 12

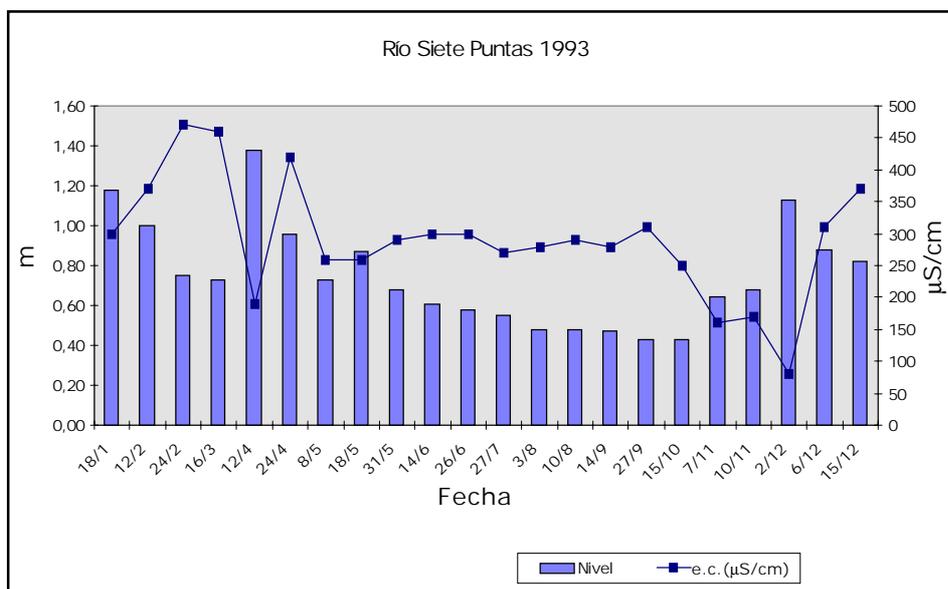


Fig 13

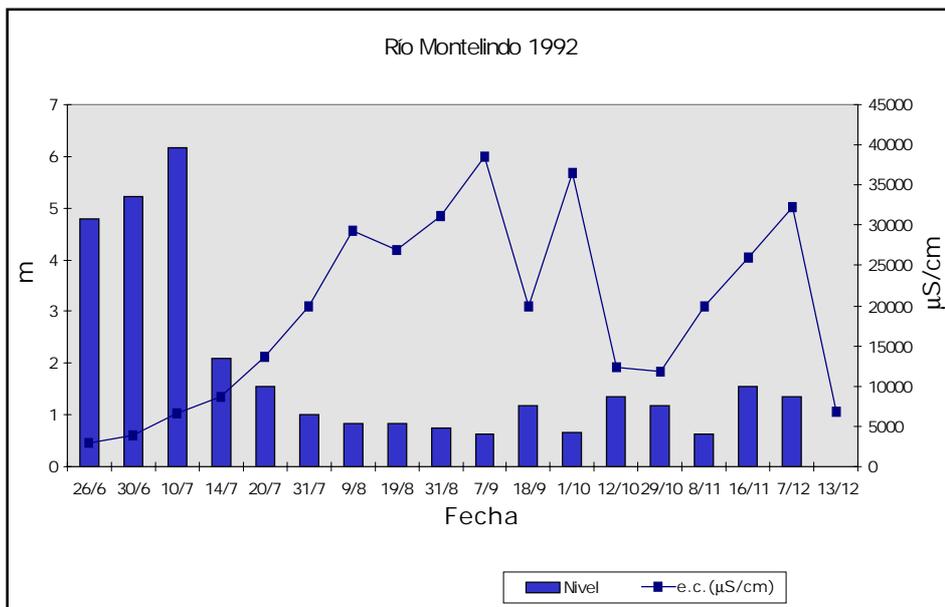


Fig 14

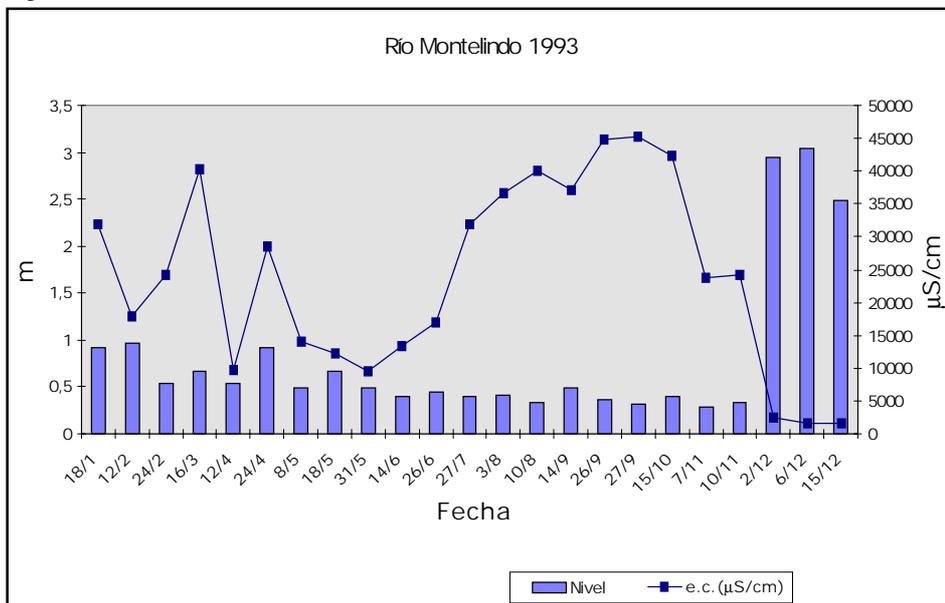


Fig 15

observado solamente durante períodos de precipitaciones extremadamente altas, entonces se puede concluir, que en general las aguas del Río Verde no son aptas para el consumo (Fig. 10 y 11).

4.2.1.2.2 Río Siete Puntas

Durante el año 1992, los valores de conductividad de este río se mantenían menores a 300 µS/cm. En el año 1993 que fue mucho más seco, tampoco se alcanzaron valores mayores a 500 µS/cm.

En la primera mitad de 1993 la mayoría de las aguas provenían de precipitaciones, mientras que en la segunda mitad del mismo año el mayor contenido del río provenía de las aguas subterráneas, ya que se pudo observar cierta marcha opuesta de conductividad y nivel.

Las aguas del Río Siete Puntas son aptas para el consumo humano durante todo el año, el volumen de

agua, sin embargo, es relativamente bajo (Fig. 12 y 13).

4.2.1.2.3 Río Montelindo

Al comienzo de la serie de mediciones del Río Montelindo, en 1992, se nota el crecimiento del nivel de agua con un paralelo y ligero aumento del contenido salino y luego un fuerte descenso del nivel de agua en Julio (Fig. 14).

En el año 1993 los niveles de agua fueron mucho más bajos y los contenidos salinos más altos, hasta que las precipitaciones de Diciembre llevaron a una dulcificación y crecimiento del nivel de agua.

Se presume que las medidas de embalsamiento en las estancias río arriba de los puntos de observación hacen parecer borrosos los contextos; además, son responsables de los contenidos salinos relativamente altos, porque las aguas dulces de precipitación

apenas llegan a los puntos de registro (Fig. 14 y 15).

El volumen de las aguas del Río Montelindo en general es muy bajo y los contenidos salinos son tan altos que las aguas ni siquiera son aptas para el consumo del ganado.

Probablemente estos valores disminuyen solamente cuando en el área de influencia caen fuertes precipitaciones y los embalses se desbordan; bajo otras condiciones el río estará drenando solamente agua subterránea salada.

4.2.1.2.4 Río Negro

Durante el período Junio/Julio de 1992, el Río Negro presentaba altos niveles de agua y contenidos salinos bajos. Obviamente se llega a un embalse por reflujos debido al alto nivel de agua del Río Paraguay, el cual llegó a su máximo valor en la desembocadura el día 23.5.1993. Esta hipótesis se basa en la observa-

ción de que los contenidos salinos varían muy poco durante la época de la creciente, a pesar de que el río crece considerablemente. Cuando el nivel de agua baja, sin embargo, la concentración salina aumenta de manera relativamente constante. Entre Diciembre de 1992, Abril de 1993 y otra vez al final de 1993 se acentuó un contraste claro entre nivel de agua y contenido salino (Fig 16 y 17).

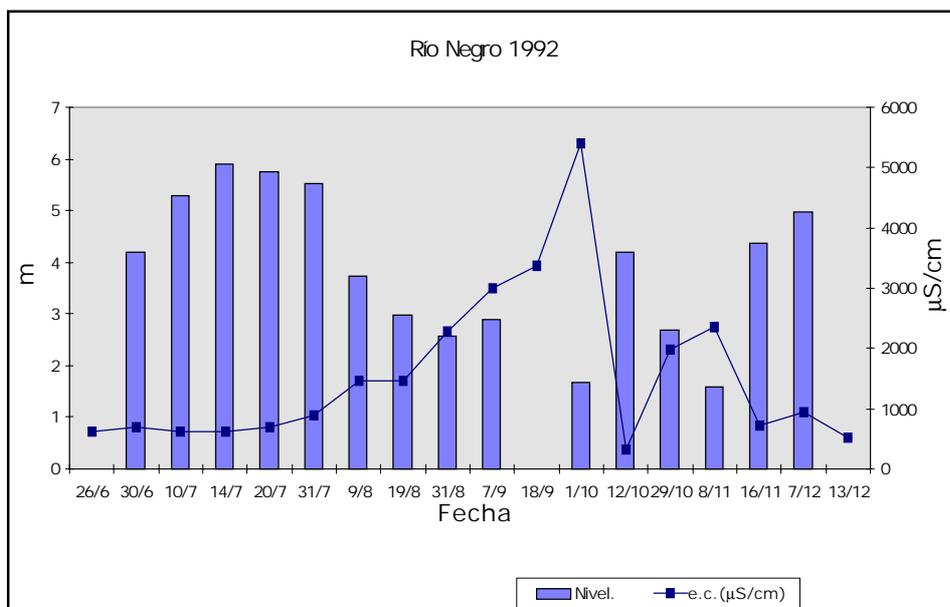


Fig 16

El volumen de agua corriente del Río Negro es relativamente alto. Los contenidos salinos durante el año 1992, con abundantes precipitaciones - a excepción del mes de Setiembre -, eran relativamente bajos y por tanto generalmente apto para el consumo. En el año 1993, al comienzo y al final del mismo, la salinidad del agua se encontraba justo en el límite de agua potable y en el resto del año apto para el consumo abrevadero; sin las medidas de embalsamiento es probable que las condiciones para consumo como agua potable estarían dadas.

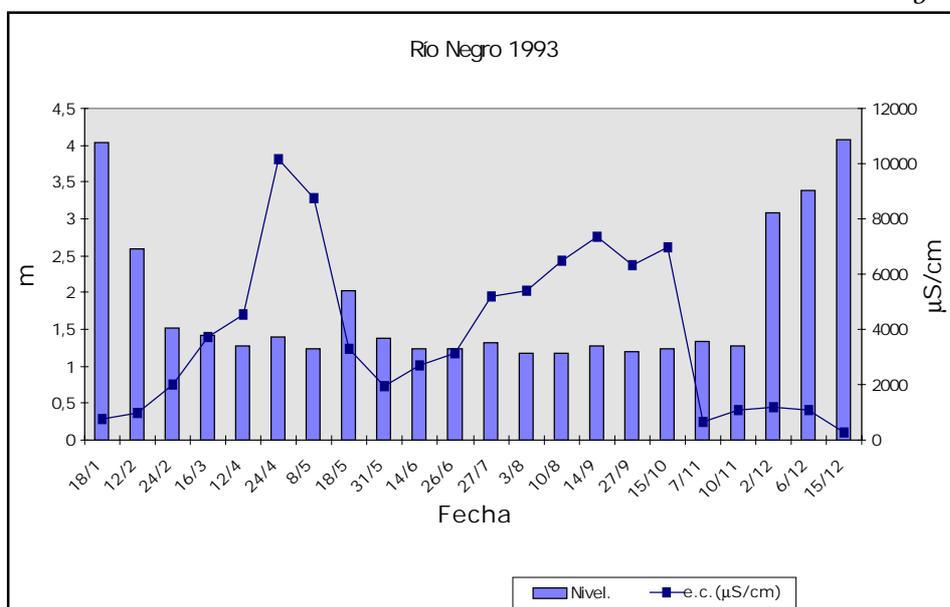


Fig 17

4.2.1.2.5 Río Aguaray Guazú

El Río Aguaray Guazú presentaba durante Julio de 1992, un nivel de agua en fase de decrecimiento, aumentando el contenido salino. Esto indica que la fase de la crecida causada por el embalse por reflujo del río Paraguay, observada al comienzo de la serie de registro, ya había terminado en este período. El punto de medición se encuentra más cerca del emisario que del Río Negro, así que el embalse por reflujo debe haber tenido su efecto más rápidamente. En todo el año 1992 se observa buena correlación entre el contenido salino y el nivel de agua. Para el Río Aguaray Guazú resulta una correlación bastante buena entre los contenidos salinos y el nivel de agua para todo el año 1992.

En Marzo de 1993 el contenido de sales aumentó fuertemente con un nivel de agua relativamente estable, lo que se podría explicar con un aumento relativamente continuo de las aguas subterráneas y un descenso simultáneo del contenido de las aguas procedentes de precipitaciones pluviales. En los últimos meses del año 1993 el nivel de agua aumentó en forma considerable y los contenidos salinos fueron muy bajos (Fig. 18 y 19).

Durante todo el año 1992 el río presentaba calidad de agua para consumo, pero en 1993, durante un período prolongado, aumento la salinidad superando el límite de calidad de agua para consumo. Se puede esperar que el río presente valores normales en los años con precipitaciones equivalentes a agua para consumo, o tal vez un poco por encima.

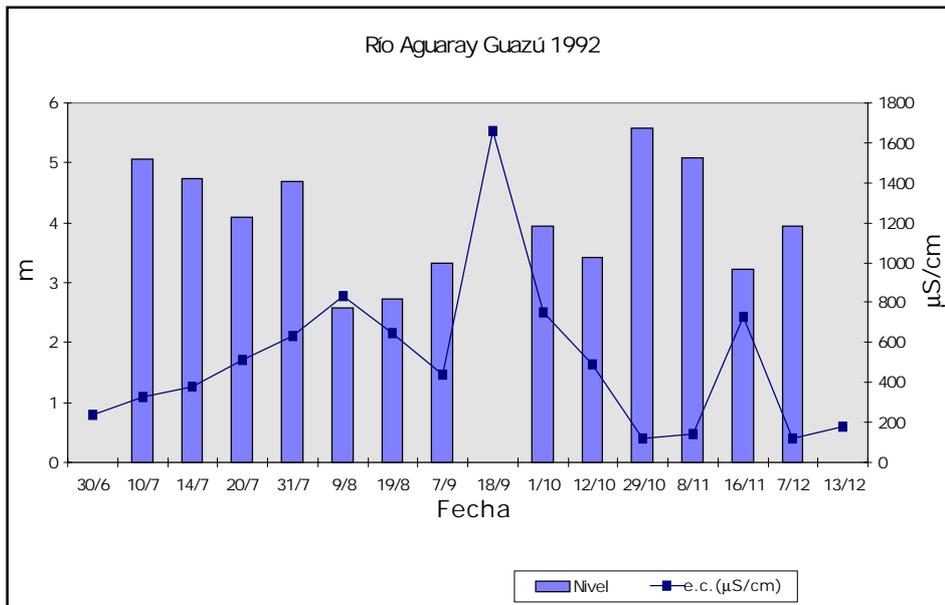


Fig 18

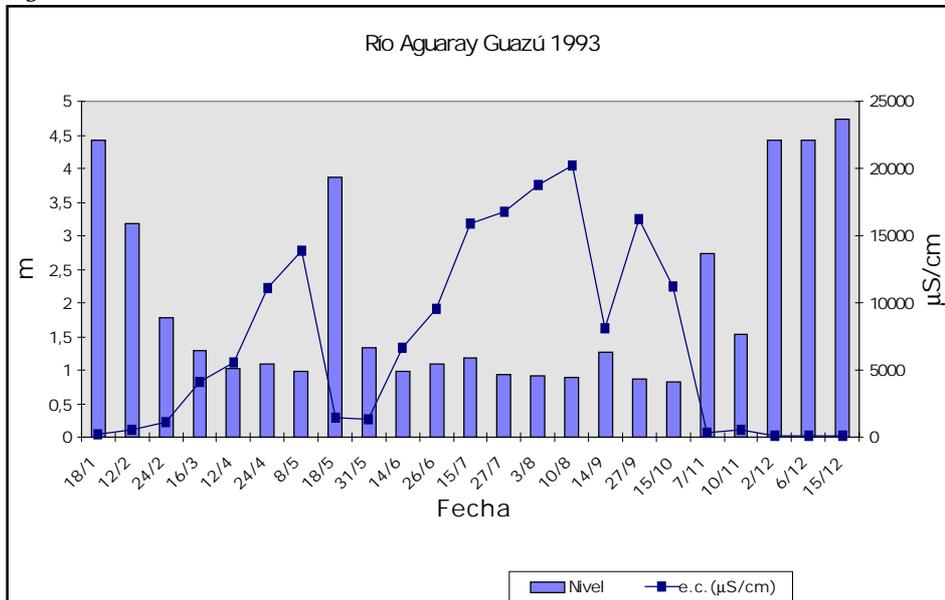


Fig 19

4.2.1.2.6 Río Confuso

Durante casi todo el año de 1992 y 1993 los valores del Río Confuso oscilaban dentro del rango de agua para consumo, con valores tope un poco por encima de los límites (en Mayo de 1993). El río transporta constantemente grandes volúmenes de agua, observándose caudales inferiores en 1993 en comparación al año anterior. En el año 1992, el tenor salino fue muy bajo debido al gran volumen de agua de lluvia y entonces de una contribución de agua subterránea relativamente baja. Durante la sequía del año 1993 se pudo observar correlaciones bien acentuadas, causadas por el mayor contenido de las aguas subterráneas (Fig. 20 y 21).

4.2.1.2.7 Comparación de los ríos evaluados

El río con contenido de sal más elevado, es el Río Verde, es por eso que no se puede esperar en ningún período calidad de agua para consumo humano y raras veces agua apta para consumo animal. En el caso del Río Montelindo las relaciones son parecidas, con condiciones un poco más favorables en épocas de lluvia, llegando así periódicamente a una calidad de agua apta para consumo animal. Mejores aún son las condiciones del Río Negro, lo que permitiría en años con precipitaciones normales, llegar a condiciones de agua apta para consumo humano. Tanto este río como el Montelindo se ven afectados en cuanto al volumen y calidad de sus aguas, por causa de embalses aguas arriba.

El Río Negro transporta grandes volúmenes de agua comparado con el Río Montelindo, aunque

ambos se ven obstaculizados por varios represamientos. El nivel promedio de agua mayor del Río Negro comparado con el Río Montelindo, es el responsable de una mayor correlación entre contenido salino y nivel de agua. A lo largo del Río Montelindo se observa interrupciones localizadas cuando su nivel es muy bajo, con altas concentraciones salinas en las aguas estancadas. En condiciones extremas estas aguas llegan a evaporarse hasta la sequedad.

El efecto del embalse por reflujos del Río Paraguay no se puede detectar con seguridad en el Río Verde, ni en el Río Siete Puntas, ni eventualmente en el Río Montelindo. En los ríos Negro, Aguaray Guazú y Confuso se puede reconocer fácilmente.

El Río Siete Puntas es una excepción entre los ríos observados, porque drena escasos volúmenes de aguas subterráneas, debido a su poca profundidad. El

volumen de agua de este río es normalmente limitado. Aguaray Guazú y Confuso son ríos con las mejores condiciones para un aprovechamiento de las aguas. Los volúmenes de agua de los ríos dependen aparentemente de las precipitaciones pluviales, de la ubicación, de la superficie de la cuenca y de la profundidad del cauce. La profundidad del cauce determina el contenido de agua subterránea salada transportada.

Todos los ríos constituyen, por lo menos en parte, ríos meandriformes acentuados y ríos con albardones cuyas riberas están conformados por bosques en galerías. Estos bosques en galerías de los ríos, demuestran diferentes características de su reflexión en las imágenes satelitales. Las causas están todavía en fase de estudio, aunque se trate de diferentes composiciones de la vegetación, en dependencia de los diferentes contenidos salinos de los ríos.

4.2.1.3 Areas de inundación de los ríos en el Bajo Chaco

Aparte de los ríos mencionados anteriormente, aparecen otros sistemas de drenaje en las zonas más bajas del Chaco Oriental. Se trata de depresiones anchas, someras y alargadas que drenan hacia el Río Paraguay. No tienen riberas altas y no presentan características erosivas en su parte occidental. En su parte oriental, en las cercanías del emisario, están empezando a erosionarse, lo que es indicio de la existencia de una marcada depresión del terreno o fuertes variaciones de nivel del Río Paraguay.

Estos sistemas de drenaje - palangana inundable - reciben las aguas de las crecidas del Río Paraguay al igual que las precipitaciones correspondientes a su área de influencia y actúan como embalse del río. En las

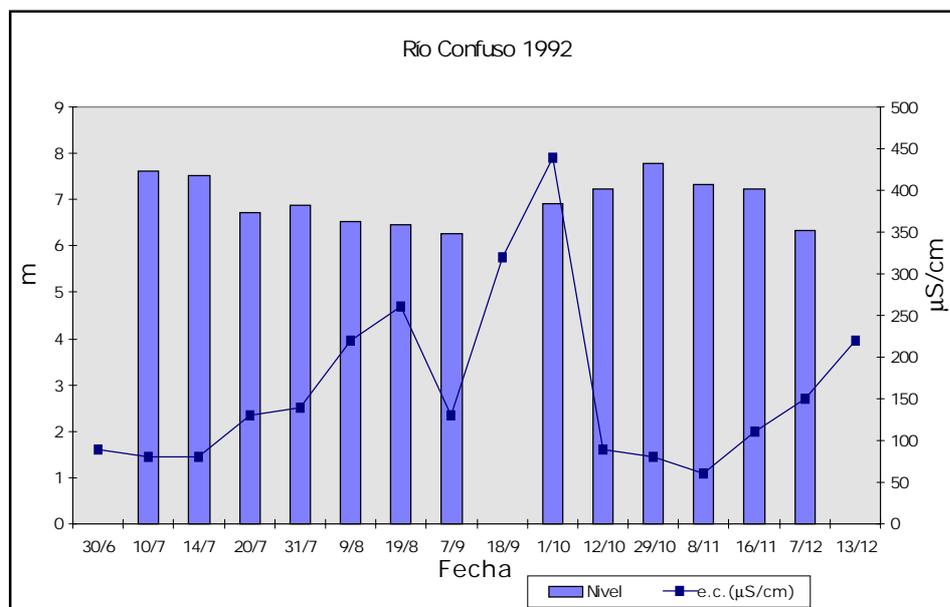


Fig 20

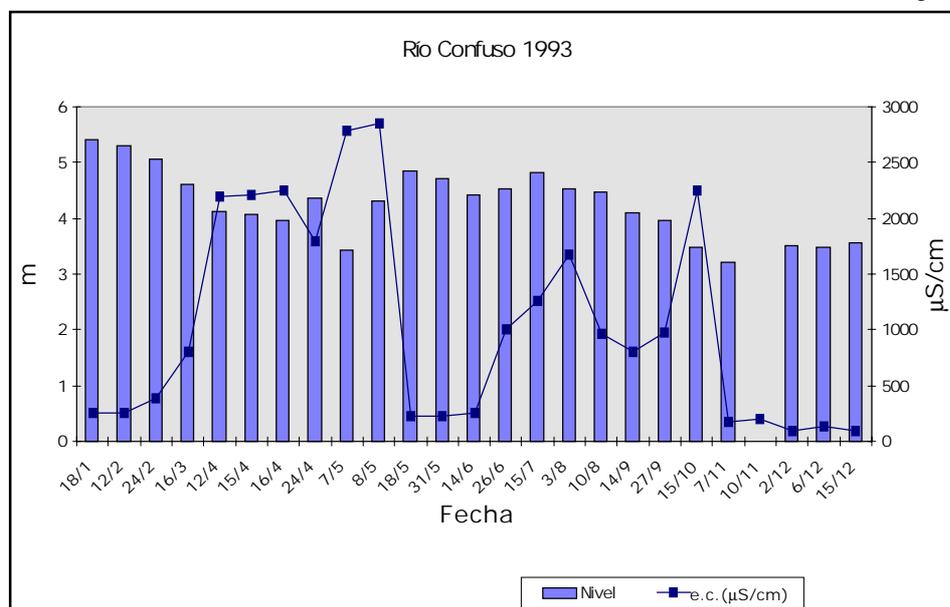


Fig 21

imágenes satelitales se puede observar que las palonganas inundables existían antes que los ríos chaqueños, porque son atravesados por los mismos ríos que cruzan el Bajo Chaco en carácter de "río ajeno".

Con la interpretación de las imágenes satelitales, se presume que los bosques en las áreas elevadas existentes entre las depresiones, sufren una regresión lenta a favor de los palmars. Esto hace suponer que habían existido fases de inundaciones y/o precipitaciones de mayor escala en la región.

4.2.1.4 Drenaje en el Chaco Central y Occidental

En el Oeste del Chaco Central, fuera de la distancia crítica del agua subterránea, existe un sistema de drenaje superficial sólo en forma rudimentaria. (El nivel superior (N.S.) crítico se define de manera preli-

minar como distancia del nivel superior libre de las aguas subterráneas a la superficie terrestre, en la cual la cobertura vegetal se ve dañada a través de aguas mineralizadas. Bajo las presentes condiciones se ubica en aproximadamente 3 m).

Dentro de las colonias menonitas y al Oeste de las mismas se observan algunos ríos temporales. Como el contenido arenoso en los paleocauces (ver Cap. 4.2.) aumenta fuertemente hacia el Oeste, aumenta también la permeabilidad, lo que lleva a una fuerte reducción del drenaje superficial terrestre. Existe drenaje activo únicamente en casos de precipitaciones torrenciales. Dentro del área de las colonias estos sistemas de drenaje recientes representan las precondiciones para la formación de lentes de aguas subterráneas dulces (ver Cap. 4.4).

Al Norte de las colonias, los sedimentos son generalmente más arcillosos, en estos también existe un drenaje superficial esporádico. Sin embargo, en las imágenes satelitales se pueden reconocer drenes de drenaje que se asemejan a la soliflucción de suelos periglaciales. Se trata probablemente de una red de paleo-drenaje de una época climática mucho más fría, cuando existía una escasa o ninguna cubierta vegetal.

Al Oeste, hacia la frontera con Bolivia, los paleobrazos arenosos del Río Pilcomayo ocupan mayor espacio.

Generalmente el paleo - sistema fluvial se dirigía hacia el Este y sus aguas tendrían que haber llegado hasta la región de Pozo Colorado, donde existía, en aquel entonces, un bañado o un lago, según indica la disminución de los sedimentos arenosos. Un brazo se dirigía hacia el Noreste donde alcanzaba el Río Paraguay o el Pantanal, a la altura actual de Bahía Negra. Este brazo aún está activo como drenaje temporal formando parte de la Cañada la Florida. El trayecto liner del mismo y los resultados sísmicos de la exploración petrolífera caracterizan a esta estructura como línea tectónica que atraviesa el Chaco de Sudoeste a Noreste.

En el Noroeste del Chaco se encuentra el área de las dunas, cuyas arenas provienen del Río Parapití (hoy en día drenando hacia el Norte, en Bolivia). En las imágenes satelitales se puede reconocer que este río drenaba hacia el Sudeste y que desembocaba en un antiguo cauce del Río Pilcomayo mencionado arriba (Cañada la Florida). Poco a poco iba cambiando su cauce hacia el Norte y dejaba en el Sur un área de dunas como producto de erosión eólica de los cauces. Según los datos geo - cronológicos se puede decir que en el Holoceno el Río Parapití era un tributario del Río Pilcomayo hasta por lo menos 2 900 años antes de hoy.

El Río Timane, uno de los paleobrazos del Río Parapití, se encuentra aún activo y llega durante la época de

lluvias al área del Fortín Pablo Lagerenza, situado al Noroeste del Chaco.

Las regiones inundables activas del Río Pilcomayo se pueden reconocer en las imágenes satelitales a través de la abundante vegetación de áreas pantanosas y superficies acuáticas abiertas. En los brazos fluviales abandonados transluce el suelo porque la densidad de vegetación es menor (Fig. 22).

Hacia el Noroeste, el sistema del Río Pilcomayo, relativamente arenoso, se ve separado de un paisaje de dunas por una zona más arcillosa con drenaje poco desarrollado.

4.2.1.5 El comportamiento de los ríos Paraguay y Paraná

Observando los promedios anuales del nivel de agua, del Río Paraná, estación Entre Ríos, Paraná y el Río Paraguay, estación Asunción desde principio de siglo, muestran una marcada fluctuación repentina entre 1972 y 1974, y quedan altas a partir de allí en adelante (Fig. 23).

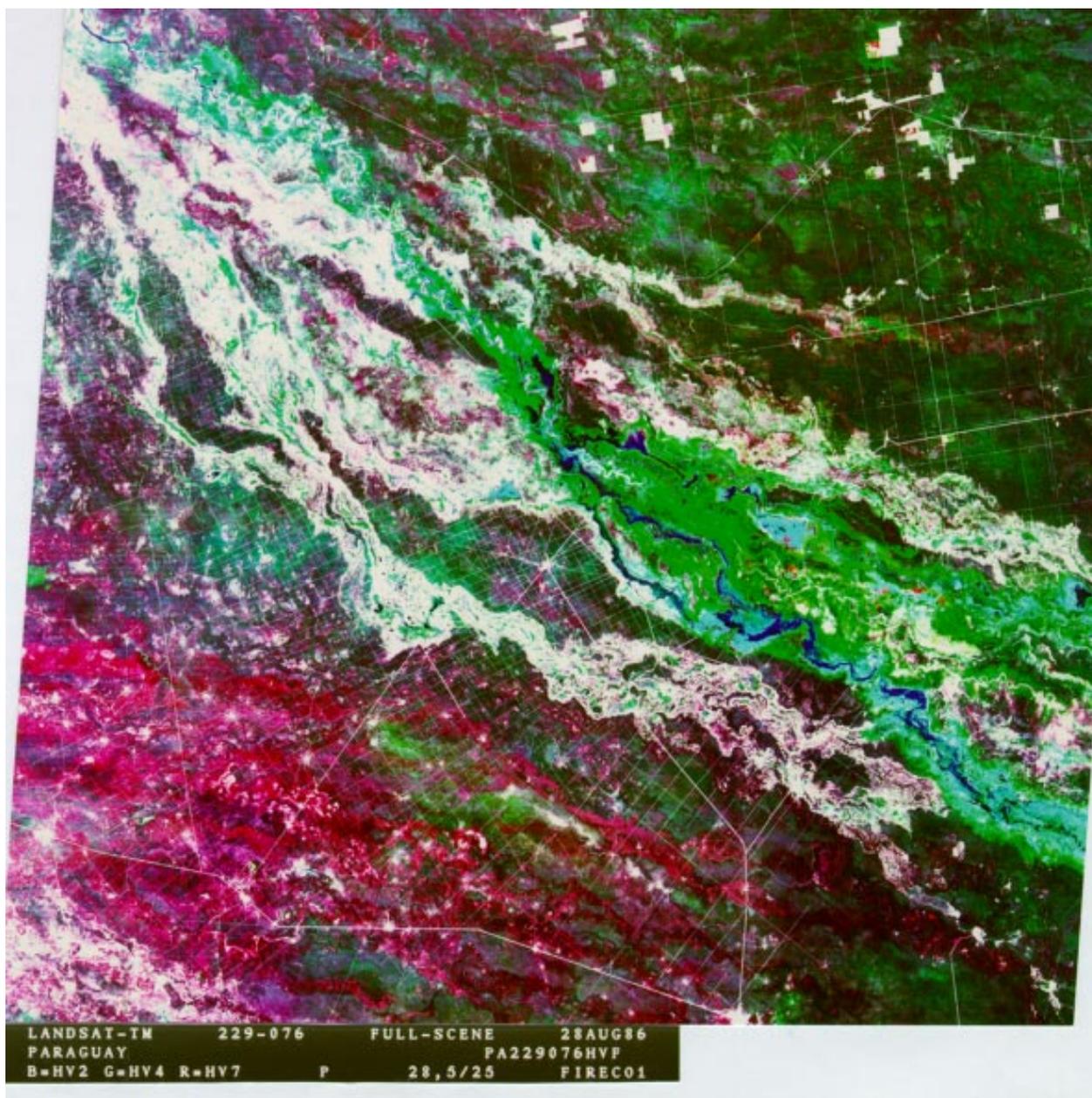
Según Casas y Pittaluga (en Ghasseni et al., 1995, p. 140), aumentó el promedio anual de precipitación en la provincia de Buenos Aires entre 1971 hasta 1984.

Para saber si este fenómeno está relacionado con aumentos de precipitaciones en la cuenca de ambos ríos en el Paraguay fueron seleccionadas estaciones con registros, los más largos y completos posibles, anteriores a 1970. Fueron encontrados nueve estaciones con estas condiciones en el Paraguay, y dos adicionalmente en países vecinos como la ciudad de Paraná, Argentina y Yacuiba, Bolivia.

Fue calculado el total de precipitaciones anuales y comparados en tres periodos, que cotejando sus promedios entre sí muestran apreciables diferencias. Para la separación en periodos tendría que tener en consideración el periodo después de 1970, para comparar los resultados de los caudales de los ríos Paraguay y Paraná y los fenómenos del aumento de la precipitación en la provincia de Buenos Aires luego de 1971. Los periodos son:

- a) Años anteriores a 1970.
- b) De 1971 a 1981.
- c) De 1982 a 1992.

El aumento de la precipitación mencionado por Casas y Pittaluga, para la provincia de Buenos Aires no se verifica para las once estaciones pluviométricas entre los años 1971 - 1984. Al contrario, observamos un descenso suave en la mayoría de las estaciones entre 1971 - 1981, y un ascenso considerable entre los años 1982 - 1992.



Escala: 1:1.000.000

Fig 22: Río Pilcomayo

Actual área inundable en color verde. Paleodrenaje del Río Bermejo (abajo, izquierda). Sistema de drenaje subreciente del Río Pilcomayo aparece en color blanco debido a la cobertura vegetal muy rara.

Simultáneamente con la precipitación, aumentó el nivel de agua subterránea en la zona Oriental del Chaco Central (Godoy 1996). Se verificó que la mayor cantidad de lluvia adicional fue dentro de los meses de mayor precipitación. Colegas de la Provincia de Córdoba, Argentina mencionan que en la Laguna Mar Chiquita subió el nivel de agua unos metros y bajó el contenido de sal.

En las áreas que corresponden a las cuencas paraguayas del Río Paraguay y Paraná no se observa aumento significativo de la precipitación en los primeros años de la década de los '70, que pueda explicar el aumento de las mínimas de ambos ríos.

Alteraciones de los mismos con construcciones de represas de gran envergadura no se implementaron en ese tiempo. Entonces se puede concluir que quedan dos posibilidades:

- 1 La precipitación aumentó en la zona de la cuenca brasileña de estos ríos.
- 2 Los niveles mínimos permanente de agua (flujo de base) aumentaron, por causa de la deforestación en las cuencas de ambos ríos, dando como resultado disminución de la evapotranspiración y en consecuencia aumento de recarga y descarga de los acuíferos.

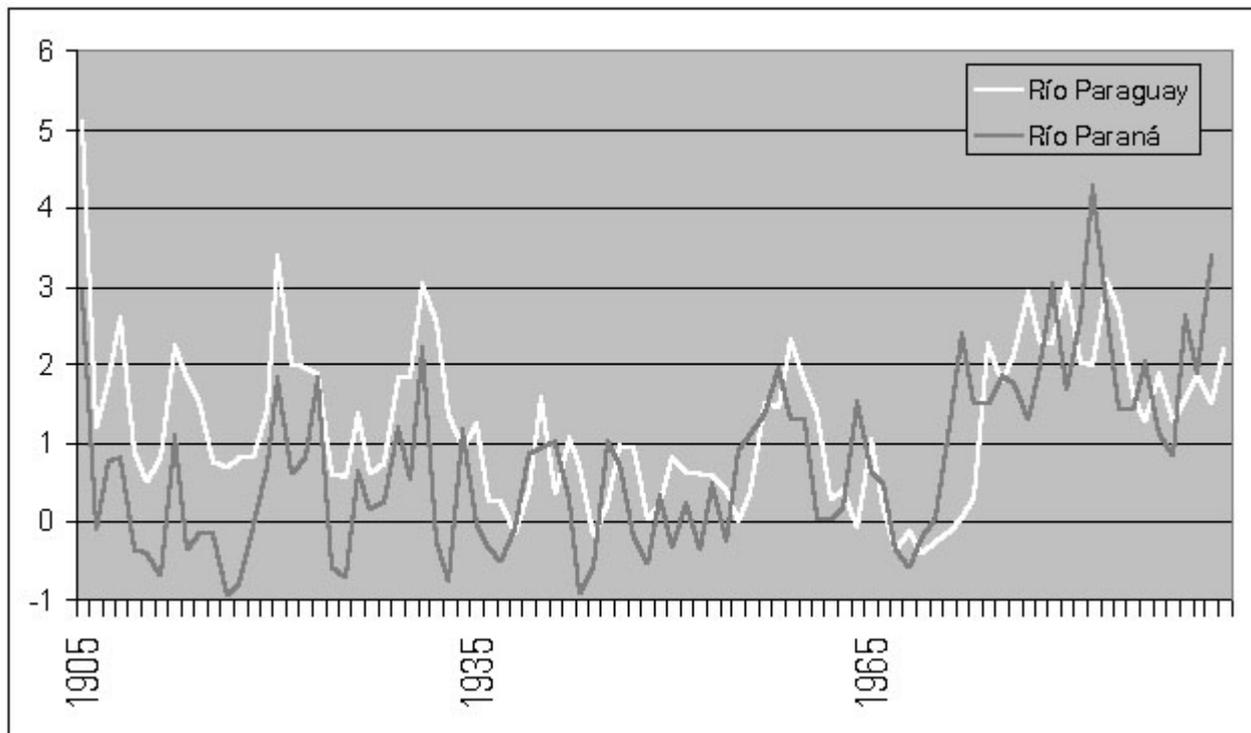


Fig. 23: Alturas mínimas del Río Paraguay (Fuente: Comando de la Armada, DHN) y del Río Paraná (Fuente: Prefectura Naval Argentina)

4.3 GEOLOGIA

4.3.1 Marco Geológico

Los conocimientos geológicos referente al Chaco Paraguayo, sobre todo respecto a la cobertura de sedimentos sueltos más recientes, son todavía muy escasos. Esto se explica por la infraestructura poco desarrollada, y además por la situación geológica; porque aproximadamente el 80 - 90% de la superficie se compone de sedimentos finos Cuaternarios y eventualmente también Terciarios, varias veces redepositados, los cuales se encuentran generalmente cubiertos por una vegetación más o menos densa. Además no se conocen todavía recursos minerales de alto valor económico, los que habrían podido levantar mayor interés geológico en esta región. En la mayor parte del Chaco las excavaciones para la construcción de la ruta Transchaco o las aguadas artificiales para la acumulación de aguas pluviales (denominados "tajamares") son los únicos lugares que permiten escasos y someros exámenes en los 2 - 3 metros superficiales de los sedimentos Cuaternarios. Con respecto al subsuelo más profundo se adquirió alguna información a través de la prospección de hidrocarburos (hasta hoy poco exitosa).

4.3.2 Las unidades geológicas

En el Norte del Chaco afloran rocas del Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico. Ya existen investigaciones sedimentológicas y paleontológicas (especialmente Palynología) de las perforaciones petrolíferas que dieron como resultado una diferenciación lito - bioestratigráfica de las rocas consolidadas (WIENS, 1995).

Al noreste, en el área del Carbonífero, Pérmico y Mesozoico no existen afloramientos de rocas que complica el mapeo geológico, por la falta de morfología y descomposición profunda de los sedimentos. Al Noroeste la situación es un poco mejor. En la facie Cabrera del Carbonífero, existe un afloramiento a lado de una ruta y en la de San Alfredo del Devónico se encuentran dos canteras y unos bancos de arena, descubierto por la construcción de caminos.

La ayuda más importante son las imágenes satelitarias, por tanto el mapeo en el campo tiene que concentrarse en cambios mínimos de colores y de la morfología. Se observan exclusivamente el estado de la vegetación, en donde se puede diferenciar los estratos arenosos y arcillosos plegados del Devónico por su diferente cobertura vegetal. Adicionalmente, se identifica rumbo y depresión de la estructura tectónica, que no se puede observar en el campo.

Las rocas en esta parte del Chaco sufrieron un largo tiempo de descomposición. Es difícil estimar el espesor del estrato de descomposición, pero en las imágenes satelitales se identifica una textura característica de las unidades geológicas que refleja la roca original. No se ha mapeado estas coberturas de descomposición, que muy probablemente, representan el Terciario en esta área.

Las unidades geológicas de las rocas consolidadas están descriptos brevemente a continuación. Descripciones más detalladas se encuentra en WIENS (1995).

4.3.2.1 Precámbrico

Riolitas de edad Precámbrica forman unas lomas aisladas en la región de Fte. Olimpo en la orilla del Río Paraguay.

4.3.2.2 Eocámbrico

Los carbonatos del Grupo Itapucumí también afloran en lomas aisladas cerca de la desembocadura del Río Apa (Vallemí).

4.3.2.3 Paleozoico

4.3.2.3.1 Silúrico

El único afloramiento del Grupo Cerro León son las claras cuarcitas y areniscas del Cerro León. Forman el núcleo de una elongada anticlinal de edad Terciaria. La determinación estratigráfica se obtuvo mediante el estudio de un trilobite (*Arthropycus*) de WOLFART (1961).

4.3.2.3.2 Devónico

Rocas del Grupo San Alfredo afloran en la gran ventana de erosión cerca de San Alfredo al oeste de Cap. Pablo Lagerenza. El Grupo esta formado por areniscas en placas y arcillitas. En el Devónico Inferior la secuencia es de origen continental. Desde el tope del Devónico Inferior el ambiente es marino. En el Devónico Medio aparecen calcarenitas. WOLFART (1961) encontró en el margen noroeste del Cerro León una fauna del Devónico Inferior.

En la línea 8A se encuentra dos canteras con areniscas, calcarenitas y arcillitas. La depresión es menos que 5 °. En las imágenes satelitales disponibles se identifica una distribución vegetal diferente que corresponden a los estratos. Se infiere un eje de pliegue de rumbo NNO - SSE con una culminación del eje, que significa una depresión hacia el NNE y también el SSE dentro de la ventana de erosión. El pliegue ocurrió en el Visé y anteriormente del Westfal (superior?). El Carbonífero Superior sigue discordantemente.

4.3.2.3.3 Carbonífero Superior

El Devónico esta representado por la Formación San José/ Cabrera.

La discordancia entre el Devónico y el Carbonífero Superior se identifica exclusivamente en la imagen satelital por el Devónico plegado extensivo y la vegetación específica del Carbonífero Superior recubriendo horizontalmente el Devónico.

El Carbonífero Superior es de origen glacial. En el área de Palmar de las Islas se encuentra una facie más gruesa (San José) con arena de grano medio, conglomerados y arcillitas en forma subordinada. Más al Sur y Oeste se cambia a una facie clástica fina (Cabrera) con predominancia de siltita y arcillita. Estas diferencias se identifica en las imágenes satelitales fácilmente. En el Norte falta el drenaje. El agua se infiltra directamente en la capa de rocas descompuestas (drenaje interno). Adicionalmente, la vegetación se seca más rápidamente en los suelos arenosos que en el sustrato mixto del Pérmico y Mesozoico. La facie siltita en el Oeste refleja un sistema de drenaje externo con numerosos depresiones..

4.3.2.3.4 Pérmico

La Formación Chovoreca recubre las areniscas del Carbonífero Superior en el NE. Esta constituida predominantemente de arcillitas, siltitas y carbonatos oolíticos fosilíferos. Esta formación se identifica en las imágenes satelitales por su drenaje distinto, extensivo y diferenciaciones de la vegetación en correspondencia con las diferencias en la litología. También se identifica depresiones en forma de dolinas probablemente por la existencia de carbonatos. La cantidad de depresiones aumenta al este.

Cerca del Río Paraguay en el área de Pto. Coeú y Pto. Tres Palmas afloran rocas alkalimagnéticas básicas y sieníticas (Cerro Siete Cabezas) como rocas filonianas de edad Permo - Triásico.

4.3.2.4 Mesozoico

4.3.2.4.1 Triásico - Cretácico

La Formación Adrian Jara es la unidad superior de la secuencia del Chaco Norte que aparece en el área de Adrian Jara y continua hacia el Noreste. Pequeños remanentes de erosión de esta unidad se encuentra en el Cerro Cabrera y sus alrededores.

La formación se constituye en la parte basal de conglomerados rojos de origen fluvial. Encima aparecen areniscas eólicas rojas de edad Mesozoica sin posibilidad de diferenciar más detalles. Genéticamente esta unidad equivale, en la parte oriental del Paraguay, a la secuencia Misiones. La Formación Adri-

an Jara, en general, no supera los 100 metros de espesor.

4.3.2.5 Cenozoico

4.3.2.5.1 Terciario

Magmatitas Terciarias (Paleoceno Inferior al Eoceno Superior) forman conos, diques y piroclásticas básicas, nefeliníticas y fonolíticas aisladas en el área entre Villa Hayes y Benjamin Aceval. Sedimentos Terciarios no se identificaron como afloramientos superficiales pero si en los perfiles de las perforaciones de hidrocarburos. Son areniscas, arcillitas y esporádicos conglomerados con espesor variable hasta aproximadamente 1.100 m en total (WIENS, 1995).

4.3.2.5.2 Cuaternario

Es muy difícil hacer un relevamiento geológico respecto a la cobertura de sedimentos sueltos del Cuaternario. Esto se explica por la casi inexistencia de afloramientos, la infraestructura poco desarrollada y la densa cobertura vegetal.

Los sedimentos Cuaternarios del Chaco han sido investigado profundamente por los edafólogos del proyecto. El mapa de suelos de los mismos se usó en la descripción de los sedimentos sueltos del Cuaternario, además se utilizó como base para la elaboración del mapa geológico. Se interpretó su desarrollo, fluvial y eólico a través de su textura e interpretaciones de imágenes satelitales. La clasificación estratigráfica se realizó por determinaciones de edades de unas unidades claves (TL, OSL, ¹⁴C).

Los sedimentos Cuaternarios que ocupan la mayoría de la superficie chaqueña son de edad Tardi-glacial (Paleoceno)/ Holoceno Inferior hasta Holoceno Superior/ Reciente.

4.3.2.5.2.1 Tardiglacial/ Holoceno Inferior

Los sedimentos del Tardiglacial/Holoceno Inferior se encuentra en gran extensión en la parte oeste del Chaco. Son arcillas limosas y limo de origen fluvial que muestran huellas de paleocanales depositados en la fase TAUCA (SERVANT & FONTES, 1978), una época húmeda que duró aproximadamente desde 12 500 hasta 8 000 años-¹⁴C. Estos sedimentos son probablemente productos de grandes inundaciones, movimientos suaves del agua del Oeste al Este y continuas redeposiciones del material fino. Determinaciones de edades por termoluminiscencia, luminiscencia infrarroja asimilada (por Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg) de estos sedimentos resultaron 12 300 ± 1 500, 12 100 ± 2 600 y 9 800 ± 1 300 años. En este tiempo los niveles máximos de agua de los lagos de Atacama alcanzaron 25 metros encima de los actuales (GEYH et al. 1996).

Desde el punto de vista de la edafología los sedimentos del Tardiglacial/Holoceno Inferior se describen como Regosoles éutricos/ Cambisoles éutricos, Regosoles éutricos/ Luvisoles háplicos.

4.3.2.5.2 Holoceno Medio y Superior

El clima volvió a ser árido hace alrededor de 8 000 años. Se encuentra por ejemplo dunas longitudinales agrupadas en la zona fronteriza con Bolivia. Pero también se desarrollaron diferentes paleocauces de los Ríos Pilcomayo y Parapití con sedimentos arenosos. Los paleocauces del Río Parapití son visibles entre las dunas. Las interpretaciones de las dataciones de termoluminiscencia y la manera de sedimentación reflejan un clima generalmente árido interrumpido de precipitaciones torrenciales. Los paleocauces del Río Pilcomayo alcanzan la zona Este de las Colonias Mennonitas. En general los sedimentos de esta época se concentran en el Chaco Oeste y Central.

Desde el punto de vista edafológico los sedimentos del Holoceno Inferior se describen como Regosoles éutricos/ Cambisoles éutricos, Regosoles éutricos/ Luvisoles háplicos.

4.3.2.5.3 Holoceno Superior a Reciente

Desde hace 2 700 años-¹⁴C se desarrollaron suelos en depresiones. Los sedimentos del Holoceno Superior y del Reciente aparecen en los valles subrecientes y recientes en causes antiguos del Río Pilcomayo como limo arcilloso y como coluviones en áreas bajas, periódicamente inundables. En los valles del Bajo Chaco (Chaco oriental) se encuentra arena limosa de origen fluvial. Las arcillas de los esteros cerca del Río Pilcomayo tienen un alto contenido de materia orgánica, resultado de las inundaciones periódicas. Sedimentos limo arenosos llenan los cauces secos del mismo río, los cuales fueron abandonados recientemente por el desvío artificial.

Los sedimentos de los meandros del Río Paraguay son arenosos, limosos con alto y medio contenido de materia orgánica.

Desde el punto de vista edafológico los sedimentos del Holoceno Superior a Reciente se describen como Solonetz háplico/ Solonetz gléico, Solonetz estágnico/ Solonetz gléico y Gleysol éutrico.

4.3.3 El desarrollo geológico

El desarrollo geológico del Chaco se caracteriza por su ubicación entre el escudo brasileño y las cadenas andinas, habiéndose formado y trasladado cuencas y regiones altas durante el Paleozoico y Mesozoico. Estos procesos se correlacionan con el ciclo brasileño y suratlántico (WIENS, 1989). En el comienzo de la fase andina durante el Plioceno surgieron pliegues con

rumbo Norte - Sur que van desapareciendo hacia el Este y se sumergen en el Chaco afectando en forma bien visible a los sedimentos pleistocenos (AHLFELD & BRANISA, 1960).

El Chaco paraguayo forma parte de una gran cuenca de sedimentación en la cual llegan los materiales erosionados producidos por el levantamiento de los Andes, siendo transportados por el agua o el viento. Son los sedimentos importantes para el presente estudio del sistema del Chaco. Los productos de la erosión fueron transportados de manera fluvial a través de los efluentes andinos hacia la cuenca chaqueña, donde los materiales han sido distribuidos por repetidos procesos fluvio - eólicos de redeposición. La agricultura en el Chaco Central y Chaco Occidental favorece la erosión eólica que se puede observar bien, en los bordes de las superficies cultivadas debido a la formación de dunas y a través del alto contenido salino del agua pluvial (por el contenido de polvo).

4.3.3.1 Sedimentación fluvial del Pleistoceno-Holoceno

Procesos de sedimentación fluviales se pueden observar en la dinámica actual en el cauce mediano del Río Pilcomayo. Estos procesos aparentemente tienen una historia larga, pues, las perforaciones hídricas y petrolíferas demuestran una serie alternante de sedimentos arcillosos y de arenas finas, con un espesor de más de algunos cientos de metros.

La distribución de los sedimentos arcillosos de las áreas inundables y de los sedimentos arenosos de los paleo - sistemas fluviales de la superficie terrestre se puede mapear con ayuda de datos satelitales, a través de su típica vegetación. Contrario a los sedimentos arcillosos, los sedimentos arenosos están cubiertas por otra "comunidad" de vegetación menos densa. La diferencia entre ambas unidades se facilita todavía más durante la época seca, porque el pasto seco y el suelo trasluciente muestran una reflexión característica (Fig. 22). Los sedimentos arcillosos presentan una vegetación más densa, con un porcentaje más alto de biomasa.

El patrón de vegetación del Chaco, sobre todo en la región Sudoeste, parece un paleo - delta tipo "pata de gallina"; aunque en realidad los brazos tienen diferentes edades. El Río Pilcomayo de hoy corre en su totalidad hacia el Sur de este sistema.

Los brazos del paleo - Pilcomayo abarcarían una región de aproximadamente 180 000 km² trasladándose hacia el extremo Sur, contrariamente al Río Parapití que lo hace hacia el extremo Norte; Fig. 9b.

Son denominados "Campos Altos" los brazos del Paleo - Pilcomayo que se encuentra al Este del Chaco Central, estos se componen, sobretudo, de materiales

arenosos finos hasta limosos gruesos y son más altos topográficamente en comparación a las arcillas que se encuentran a sus alrededores. Su forma podría ser consecuencia de albardones causados por el ascenso del nivel del emisario o a través del desborde de las aguas durante fases de inundación, aunque también podría ser causada por compactaciones diferentes por dentro y por fuera de los campos altos, o por una combinación de varios de estos procesos seguidos.

BENDER (1961) llegó a analizar algunos campos a través de perforaciones y muestreos identificando fracciones de arenas de dunas en el estrato más profundo. Según análisis granulométricos, su existencia no se ha podido explicar aún satisfactoriamente. Sin embargo, LÜDERS (1962) ya presumió un tipo de transporte fluvial del material eólico. Según la interpretación satelitaria estos sedimentos son supuestamente materiales erosionados eólicamente desde el Río Parapití y redepositados de manera fluvial; este material sedimentario ha sido transportado desde el Norte hacia el área del Río Pilcomayo, más cercano en aquel entonces y luego transportado más hacia el Este mediante las aguas de las crecidas. Los sedimentos de los paleocauces se afinan hacia el Este (en dirección del transporte) según la energía de transporte decreciente y también disminuye el espesor de los cuerpos arenosos.

Las condiciones de deposición en los paleocauces (según BENDER: material eólico en la parte inferior y fluvial en la parte superior) se explican por energía eólica decreciente o por el proceso de traslado del Río Parapití. Por esta razón los productos eólicos transportados desde el Río Parapití no llegaron más al sistema de drenaje del Río Pilcomayo. También es factible un posible solapamiento de ambos procesos.

En los suelos denominados “Campos Altos” se presenta un desarrollo muy poco avanzado o incipiente. Según la clasificación FAO se tiene que denominar a estos suelos como “Regosoles éutricos”. Ocasionalmente existen también suelos muy arenosos y que son los “Arenosoles háplicos”. Estos suelos permiten una buena infiltración de las precipitaciones, favoreciendo una vegetación especial de árboles y de hierbas muy variadas, especialmente durante la época de lluvias. A este tipo de vegetación se lo denomina Sabana Arbolada.

Los típicos suelos de los “Campos Altos” de menor espesor que se encuentran más hacia el Norte, son Planosoles.

Las áreas entre los paleocauces del Río Pilcomayo y de las dunas, en el Norte, son predominantemente arcillosos. Pertenecen a las áreas inundables y están ocupando la mayor parte de la superficie del Chaco. Se trata de depósitos sedimentarios de las fases de

inundación; cuando las aguas desbordaron y se expandieron, pasando los albardones de los ríos redepositando de manera fluvial el material fino arrastrado.

En algunos pocos sitios se puede estimar el producto de sedimentación de los últimos 2 500 años. En los suelos del Chaco Central llegó a un promedio de un metro, comprobado por determinaciones geocronológicas ^{14}C . Cálculos mediante la carga sedimentaria actual del Río Pilcomayo se aproximan a este valor, así que se puede aplicar el producto de sedimentación como orientación y/o valor indicativo para el Holoceno; local y temporalmente existirán posiblemente también otras condiciones.

Los suelos poco desarrollados, originados por estos sedimentos, son en su mayoría Luvisoles (suelos con horizonte B, más arcilloso), parcialmente con alta saturación de Na, así que se clasifican como “Solonetz”. Paralelamente existen Cambisoles caracterizándose por la ausencia de horizonte de abundantes arcillas. Los suelos presentan contenidos salinos medios, aumentando hacia el Este.

Hacia el Noroeste, el sistema del Pilcomayo, relativamente arenoso, se ve separado el paisaje de dunas por una zona más arcillosa con drenaje poco desarrollado.

4.3.3.2 Sedimentación eólica del Holoceno

Las dunas ubicadas en el Chaco Occidental se pueden identificar en las imágenes satelitales a través de su forma; las diferencias de vegetación entre cresta y el resto del conjunto de la duna facilitan aún más la identificación.

En las imágenes satelitales (Fig. 9b) se puede ver, sin lugar a dudas, que los sedimentos de las dunas son productos de erosión eólica del sistema fluvial del Río Parapití, eventualmente también del Río Grande; ambos trasladaron, en el transcurso del tiempo su cauce desde el Sur hacia el Norte. Se observan las distintas generaciones de cauces hídricos abandonados, en cuyas riberas hacia el Sur comienzan las dunas.

A través de la ubicación, forma y dirección de las dunas se puede concluir que el material ha sido transportado por el viento del Norte hacia el Sur. WERDING (1977) ya había indicado las interrelaciones generales.

Como se concluye, de las perforaciones de la DRH (Dirección de Recursos Hídricos) que llegan a profundidades de hasta 300 m, las áreas de deposición de sedimentos arenosos y arcillosos, no han variado durante períodos prolongados. Probablemente por debajo del actual área de las dunas, hoy morfo-

lógicamente más alto, podría existir una cuenca de mayor extensión del paleo - río Parapití.

Determinaciones geocronológicas de estos sedimentos se realizaron en el Instituto MAX - PLANCK en Heidelberg.

BENDER (1961) correlaciona los sedimentos aparentemente loessicos con el loess de la Pampa en el Norte de Argentina, el cual no presenta, según WILHELMY (1952), edades glaciales, sino que ha sido depositado durante períodos interglaciales de los Andes orientales áridos - calientes y luego fueron transportados vía fluvial hacia las llanuras. (La descripción de los sedimentos "aparentemente loessicos" significa que la génesis no está aclarada todavía). Según IRIONDO & GARCIA (1992) la Formación Urundel, que es la última del loess de la Pampa, Argentina, se originó durante el último glacial, que ha sido comprobado con determinaciones geocronológicas ¹⁴C.

Estudios sedimentológicos del proyecto muestran que las partículas, en los sedimentos finos del Cuaternario del Chaco Central, solamente un bajo porcentaje son transportados eólicamente. Dentro de esta cantidad limitada aparecen granos muy finos para los cuales se deben suponer mayores distancias de transporte. Con la ayuda de imágenes tomadas por el Space Shuttle en la región del Altiplano se reconoce alta erosión eólica de polvo que sube hasta alturas de más de 10 000 m. Una de las corrientes en esta altura es el "jetstream" dirigido hacia el este, directamente desde el Altiplano hacia el Chaco. La posibilidad es grande de que este material de granulometría muy fina proviene de esta parte de los Andes, donde es movilizado a causa de actividades agrícolas. (Erosión eólica de gran tamaño pueden reconocerse en imágenes de NOAA - AVHRR, en el Río Grande del Chaco boliviano).

Al Norte del Río Parapití en Bolivia, se han realizado dos series de muestreos de las arenas de dunas, procedentes del Río Grande; para la serie más antigua se obtuvo una edad de entre 5 000 hasta 7 000 años, y para la más joven entre 1 400 hasta 3 400 años, con determinaciones ¹⁴C (C. SERVANT et al., 1981). Basándose en análisis de ¹⁴C, los mismos autores describen, además, el final del bosque denso del "Amazonas", cerca de Santa Cruz de la Sierra y situado un poco más septentrional que la región de las dunas, alrededor de 7.000 a 5.000 y 3.400 a 1.400 BP.

Las edades de las dunas del Río Grande coinciden probablemente con las edades de las dunas del Río Parapití, sin excluir generaciones más antiguas.

Por un lado las dunas se formaron durante una fase seca, lo que queda comprobado por datos geocronológicos de SERVANT et al (1981), al igual que las condiciones climáticas (secas - calientes) a través del

análisis de polen; por otro lado el Río Parapití y el Río Grande transportaron, como es evidente, periódicamente más agua que hoy en día, lo que se puede reconstruir a través del tamaño y la longitud de sus paleo - canales.

En la actualidad el Río Grande está transportando sobre todo materiales arcillosos - limosos. La carga sedimentaria consiste casi exclusivamente de material en suspensión. Sólo aproximadamente 0,5% se transporta como carga de fondo, que en su mayoría son arenas finas. El volumen promedio de la cantidad total de sedimentos que transporta este río ha sido determinado con 163 millo. ton/año.

El Río Parapití transporta menos sedimentos y su contenido de carga de fondo llega a 40% del material en suspensión. La carga de fondo en este caso consiste en arenas de tamaño medio a grueso. La carga sedimentaria promedio total del Parapití llega a 7,7 millones/ton/año (según WERDING, 1977).

Para acarrear aquellas cantidades de sedimentos que seguidamente habían sido transportadas de manera eólica, es necesario grandes volúmenes de agua. Como hipótesis parece probable que durante la primera fase seca - caliente, posterior a la época glacial (a partir de 7.000 BP), existían procesos de deshielo dependientes de las estaciones del año, o precipitaciones ocasionales de alta intensidad en los Andes, los cuales (en síntesis) habían sido responsables del desagüe de mayores volúmenes de aguas, cargadas con sedimentos hacia las llanuras del territorio. El transporte eólico de polvos del Río Parapití a través de una distancia mayor a 300 km puede observarse hasta hoy mediante el satélite meteorológico NOAA (ver Fig. 3).

Las arenas del cauce del Río Pilcomayo no han sido erosionado eólicamente, probablemente porque el área de influencia más extenso de este río, presentaba aguas corrientes durante todo el año, humedeciendo el sedimento; mientras tanto el Río Parapití y el Río Grande llevaron aguas, solamente durante las fuertes precipitaciones y la fase del deshielo en los Andes.

Los sedimentos de las dunas originados en el Río Parapití están conformados, hasta en un 90%, de arenas muy bien clasificadas de tamaño medio hasta grueso, presentando un contenido arcilloso menor de 5%. El desarrollo de los suelos es escaso o no existe. En general, la cobertura vegetal consiste en un bosque tipo xerofítico. Las crestas de las dunas están cubiertas de un matorral de crestas, mientras en las partes más bajas predomina la sabana clara arbolada (ver Cap. 4.5).

4.3.3.3 Formación de las dunas

La formación de dunas está documentada a través de los estudios orientadores realizados por BAGNOLD

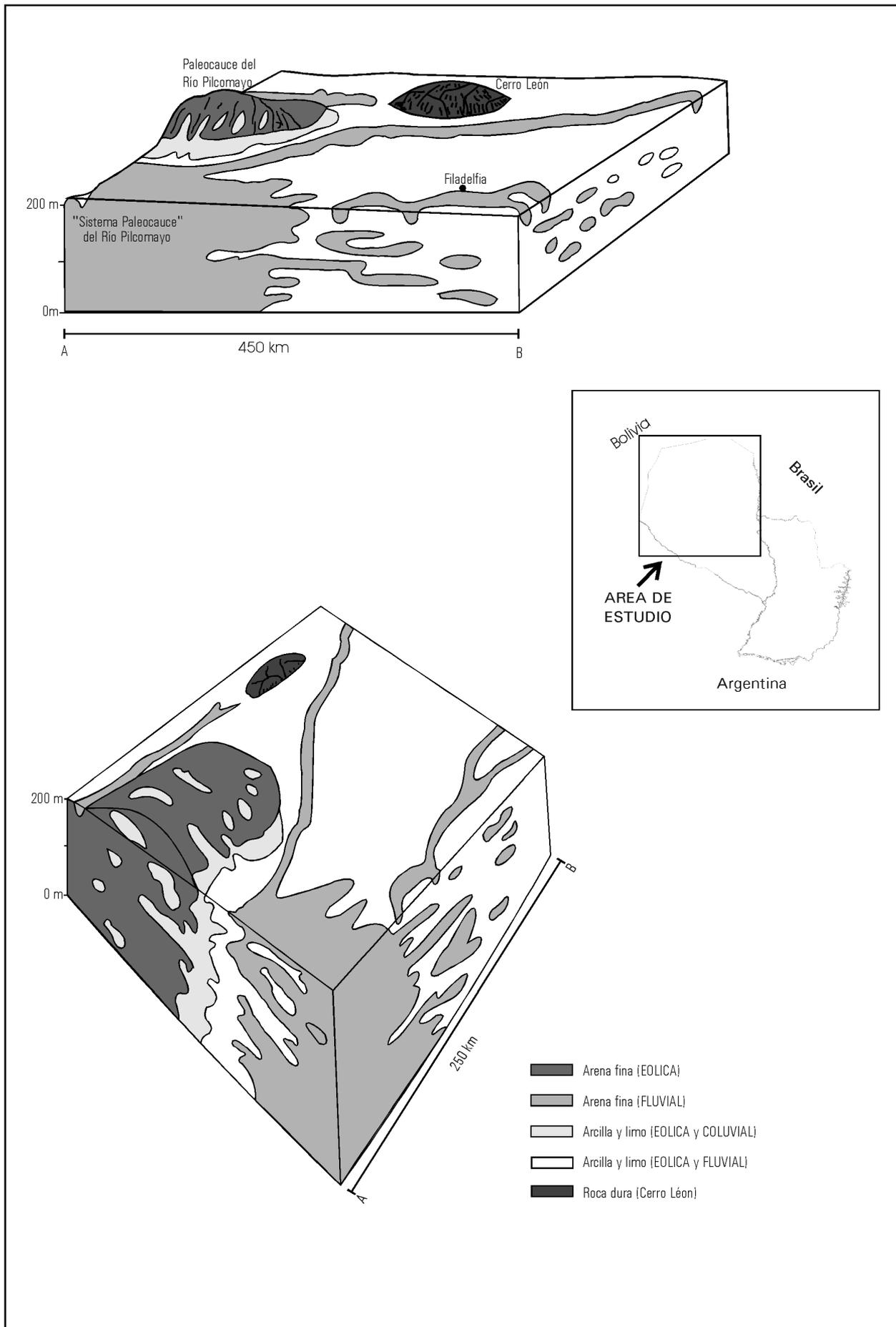


Fig. 24: Bloque geológico simplificado

(1941). Sus ensayos en el canal de viento demostraron, que el transporte de granos de arena en áreas desérticas ocurre de tres maneras diferentes, en relación al tamaño granulométrico:

- en suspensión (tamaño granulométrico pequeño)
- en saltación (tamaño granulométrico mediano)
- de manera rastrera ("sand creeps" = reptación)

El mismo autor define el límite inferior de la fracción arenosa, independientemente del material y de la forma, en la cual la velocidad gravitativa es menor que el movimiento ascendente de los remolinos del viento reinante (promedio de las velocidades del viento).

La altura promedio de los granos de arena arrastrados por el viento, se ubica en los primeros 10 cm por encima de la superficie del suelo, sobrepasando raras veces alturas de 1 m. Se determinó que la velocidad necesaria para poner en movimiento a granos de arena es de 5 m/s.

Los granos saltantes reciben su impulso directamente a través de la energía del viento, mientras que el movimiento de los granos en el "velo" de arena está ocasionado por el impacto de los granos saltantes. Los componentes de los granos en los "sand creeps" llega a 1/5 hasta 1/4 del total de las arenas transportadas. Cuanto más gruesa es la superficie en la cual se mueven los granos, tanto más alto suelen saltar.

En el caso del Río Parapiti ya existía cierta gradación sedimentaria por causa del transporte fluvial anterior. Luego se habría erosionado eólicamente el material fino y quedado el grueso. Durante vientos poco fuertes, el material fino llega a ser depositado en superficies con los de granos gruesos - efecto de almacenaje (storage effect) - para ser erosionado otra vez bajo la influencia de vientos fuertes. Diferencias en la aspereza de la superficie, causan remolinos, los que transportan la arena hacia el lado más áspero, es decir, en sitios donde ya se había depositado arena, se acumula aún más arena. El movimiento de las arenas hace variar la característica del viento. Cuando hay viento cargado con arena, presenta una inestabilidad transversal cuando existe movimiento a lo largo de una superficie áspera y homogénea. Esto ocasiona movimientos rotativos de gran escala, así que la arena se arregla en franjas longitudinales.

La formación de dunas tipo "Seif" (espada), como existen p.ej. en el Chaco Occidental, se explica como efecto acumulador por vientos de diferentes direcciones que se cruzan y facilitan el aumento de la altura de las dunas. Los vientos paralelos causan la migración de la arena en dirección de las dunas.

Las condiciones actuales del viento en el área del Río Grande y del Río Parapiti se reflejan en el diagrama

de WERDING (1977). Según esta información no se pueden interpretar vientos con direcciones cruzadas para la situación reinante, sino una dirección predominante N-NE.

Fuera de la aspereza de la superficie, existe la cobertura vegetal en las dunas que crea también un efecto de almacenaje (storage effect), sobre todo, observado en las fases estables interinas. Sin embargo, se diferencia de la situación de la superficie con granulometría gruesa, de tal manera que tallos de hierba presentan una flexibilidad. Con efecto "protector" contra la erosión eólica bajo la influencia de vientos fuertes, la arena ya no se erosiona eólicamente, los tallos de hierba (pasto) vuelven a crecer pasando la cobertura de arena. Este mismo proceso se repite de nuevo.

Directamente por debajo de la superficie de las dunas se suele encontrar una zona húmeda. Esta se trata de aguas de precipitación (pluviales) conservadas, que están protegidas contra la evaporación mediante la mala conductividad térmica del cuarzo.

El agua puede evaporarse únicamente cuando el aire en el área del contacto está subsaturado de humedad. Por debajo de aproximadamente 20 cm no existe intercambio de aire en las dunas. Por encima se calienta el aire húmedo durante el día, se expande y es expulsado; durante la noche se reabsorbe el aire a través de la contracción.

4.3.4 Tectónica

En general, la secuencia desde el Silúrico hasta el Mesozoico representa un lapso de tiempo de movimientos tectónicos tranquilo. La depresión de los estratos no supera los 10°.

Las cuarcitas silúricas del Cerro León representan el núcleo de un anticlinal suave que se formó en el Terciario (WIENS, 1995).

Notablemente más antiguo es el plegamiento que sufrió el Devónico. En la ventana de erosión, en el área de Cap. Pablo Lagerenza, se identifica un plegamiento extenso con pequeños valores de depresión cuyo eje se inclina al Nornoroeste y Sudsudeste respectivamente.

El Carbonífero Superior recubre el Devónico discordantemente según datos de perforaciones petrolíferas. El Carbonífero Superior y el Pérmico aparece poco perturbado. El drenaje en el área de la facie de Cabrera, en el Oeste de Cap. Pablo Lagerenza, aparece controlado tectónicamente, aunque en partes, sin movimientos tectónicos graves.

Una discordancia suave existe entre el Pérmico y el Mesozoico. Las areniscas de la Formación Adrian Jara pasan discordantemente hacia el Carbonífero superior (Adrian Jara; Cerro Cabrera).

4.4 HIDROGEOLOGIA

La presencia y característica de las aguas subterráneas en el Chaco, su distribución, migración y calidad se determinan principalmente por:

- las características de los sedimentos (composición química y granulometría)
- las condiciones de las precipitaciones para la recarga (cantidad e intensidad absoluta)
- la morfología del paisaje
- el nivel superior de las aguas subterráneas (N.S.)
- la permeabilidad de los sedimentos
- la posibilidad de drenaje
- la cobertura vegetal

4.4.1 Migración de las aguas subterráneas regionales y su renovación

Los sedimentos del Chaco sureño son productos de erosión procedentes de los Andes, que han sido transportados en una alternancia fluvio - eólica hacia el Este.

Durante el transporte se produjo un proceso de selección, de tal manera que, el material más grueso fue depositado preferentemente en el Oeste y el más fino hacia el Este del Chaco. Por la disminución de la energía de transporte se han depositado mayor cantidad de material en el Oeste, lo que dio como resultado, en la parte sur del Chaco paraguayo, un relieve con declive hacia el Este de aproximadamente 360 m snm hasta 60 m snm en el Río Paraguay. De acuerdo a la morfología transcurre la dirección del efluente y se inclina el buzamiento del N.S. hacia el Este, disminuyendo el N.S. del nivel libre del agua desde el Oeste hacia el Este.

En el Oeste aparecen diferentes niveles de aguas subterráneas con diferentes grados de salinización. En el Este, en cambio, hasta ahora se han encontrado solamente aguas subterráneas saladas. La salinización de las aguas subterráneas es el resultado de una evaporación más elevada en relación a la precipitación. En una zona de transición (al Oeste de las Colonias Menonitas) el afluente de aguas subterráneas dulces, desde el Oeste, está oprimiendo las aguas saladas de los estratos más profundos. Este acuífero está confinado. Determinaciones geocronológicas mediante análisis de ^{14}C arrojaron edades entre 26 000 hasta 33 000 años (GEYH, 1994). La velocidad de la supresión depende sobre todo de la permeabilidad en los acuíferos. La zona de transición se caracteriza por el contacto de acuíferos de agua dulce, salobre y salada. Los afluentes de agua subterránea dulce, probablemente empezaron a formarse en una época,

geológicamente más joven que el anterior, entre 7 000 y 5 000 años BP (Cap. 4.1), cuando se depositaron las arenas de los campos (kamp). La falta de agua dulce en las arenas de los campos es debido a que las precipitaciones no son suficientes para una infiltración directa.

Una parte de la sal en las aguas subterráneas proviene probablemente del agua del Río Pilcomayo mismo, el cual hoy día presenta una conductividad de 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante el nivel de aguas medias (medido el 4.3.1994), y de las precipitaciones que constantemente aportan pequeñas cantidades de sal al sistema. Así la erosión eólica que surge en superficies inadecuadamente labradas (Cap. 4.9), transporta polvos salinos hacia la atmósfera, que luego bajan en otros sitios por gravedad ("fallout") cuando los vientos disminuyen o como lavado de las lluvias ("washout"). Al comienzo de la época de lluvia se ha medido hasta 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en las aguas de precipitación, en el área de estudio.

Durante el Holoceno el régimen de las aguas subterráneas del Oeste ha variado mucho, debido al desplazamiento de los ríos afluentes, como el Río Pilcomayo y Río Parapiti, que además ocasionaron el traslado de las principales zonas de recarga de aguas subterráneas como también varió la dirección del efluente subregional.

La mayoría de las informaciones sobre las condiciones de las aguas subterráneas en el Chaco proviene de la DRH (Dirección de Recursos Hídricos). Según estos datos, las condiciones de las aguas subterráneas en el Chaco pueden entenderse como un sistema hidrogeológico conexo, que según las diferencias sedimentarias y su ubicación se puede clasificar como sigue:

4.4.1.1 Complejo Acuífero Aluvial

Los sedimentos de este acuífero están relacionadas al Cuaternario Chaco Aluvial. El Complejo Acuífero Aluvial está formado por cuerpos de agua subterránea freáticos, sólo a veces confinados, compuestos de arenas finas, que han sido transportados por los cuantiosos afluentes del Chaco por el Río Paraguay hacia sus áreas inundables. Su agua subterránea generalmente es salada; solo a veces aparecen pequeñas lentes de agua dulce temporarias, que prácticamente flotan encima de las aguas saladas. Durante la época seca el agua afluente forma el flujo base ("base flow") de los ríos chaqueños, que entonces llevan aguas más o menos saladas. El N.S. del agua subterránea se ubica entre 1 - 3 m de profundidad aproximadamente.

En las áreas inundables del Río Pilcomayo los cuerpos sedimentarios de los paleocauces son importantes para la formación de aguas subterráneas aprovechables.

Aquí las inundaciones anuales causadas por aguas procedentes de precipitaciones y deshielo andino, son responsables de la formación y recarga de los yacimientos de agua dulce en un ambiente de agua salada predominante.

4.4.1.2 Complejo Acuífero Paleocauce (Campo)

En este Complejo Acuífero Paleocauce se trata de cuerpos de aguas freáticas y semi - confinados que se han formado en los paleosistemas de drenaje acumulados del Río Pilcomayo y otros ríos chaqueños. Los sedimentos se componen predominantemente de arenas finas con granos bien redondeados y bien clasificados. A veces están intercaladas con lentes arcillosas muy poco permeables. También aquí las aguas subterráneas generalmente son saladas, con "lentes de agua dulce flotantes" que pueden ser aprovechados. Aquí ocurre infiltración indirecta y el nivel superior de las aguas subterráneas se encuentra fuera de la influencia de la evaporación.

El espesor de estos cuerpos de arena en el área de las Colonias Menonitas varía mucho y llegan a > 25 m. Forman serranías morfológicas de varios metros por encima de la llanura de los "sedimentos arcillosos del monte", lo que se podría atribuir a una inversión del relieve por causa de una compactación heterogénea, a su función como ríos de albardones, o ambas circunstancias.

Hacia el Este los campos están lindando con "lagunas". Estas depresiones serían remanentes del drenaje, que se pueden relacionar con la formación de los campos, o se trataría de sistemas de drenaje más recientes. Tienen aproximadamente 100 m de ancho y penetran de 2 a 3 m en los sedimentos del monte. A veces estos canales tienen conexión con pequeños afloramientos de agua subterránea dulce, originados seguramente a través de infiltración indirecta, igual que los afloramientos de agua dulce en los campos.

Más hacia el Este, donde termina la deposición de la arena, se integran canales de erosión, los así denominados "riachos". Empiezan aproximadamente en el área de la isolínea del N.S. de 3 m. Es considerada aquí como límite superior del N.S. "crítico" (el N.S. "crítico" se define aquí de manera preliminar como aquella distancia del nivel libre de las aguas subterráneas hacia la superficie del terreno, con lo cual la cobertura vegetal sufre daños por causa de las aguas subterráneas mineralizadas). Entre otros factores depende del clima, de la textura y de la estructura del suelo. Hasta ahora se han realizado estudios con suelos del monte, en donde el N.S. crítico llega aproximadamente a 3 m. Con este valor el margen capilar llega

a la zona enraizada de 0,3 m de profundidad. Con este N.S. aproximadamente también se puede iniciar la plena evaporación.

4.4.1.3 Complejo Acuífero Yrendá

Bajo el nombre de Complejo Acuífero Yrendá figuran las aguas subterráneas confinadas y semi - confinadas de todo el Chaco y están ubicadas al sur de la línea de 21° grados de latitud sur. Se encuentran en diferentes niveles, generalmente a más de 50 m de profundidad en el Oeste y 3 - 5 m en el Este y llegan a espesores de 25 a 45 m. El complejo acuífero normalmente se compone de arenas finas, a veces también de arenas medianas, intercaladas con estratos aislantes de material arcilloso.

Hasta una profundidad de aproximadamente 350 m se ha podido comprobar que aumenta la salinidad de acuerdo a la dirección del efluente subterráneo, hacia el Este, es decir; en el Oeste predominan aguas de buena calidad, mientras que en el Este son saladas.

4.4.2 El complejo de la salinización

Causas naturales:

- Energía de relieve de poca consideración.
- Permeabilidades bajas.
- Cantidades de precipitación considerables.
- Tasas de evaporación altas.

Consecuencias:

- Movimientos verticales de las aguas subterráneas, mayor afluente horizontal.
- Permanencia prolongada de las aguas subterráneas.
- Alto índice de ingreso de sales al sistema (a través de aguas de lluvias e influencia de ríos).
- Bajo índice de egreso de sales del sistema (lenta afluencia de aguas subterráneas; ausencia de escurrimiento superficial).
- Nivel superior de las aguas subterráneas pequeño.
- Aumento general de las concentraciones de sal en el sistema (suelo y agua) con el paso del tiempo.

Factores estabilizantes:

- Permeabilidades verticales de los suelos de poca consideración.
- Vegetación densa (mantiene un nivel freático profundo).
- Riachos (transporte de sales fuera del sistema).

Influencias antropógenas:

- Desmonte (disminución, destrucción de la cobertura protectora de vegetación).
- Arado (aumento de la permeabilidad vertical de

los suelos).

- ❑ Represión de riachos y lagunas por la construcción de represas y caminos.

Consecuencias de las influencias antropógenas:

- ❑ Cese del descenso del nivel freático, p. ej. a través de árboles.
- ❑ aumento de la infiltración como consecuencia del arado.
- ❑ Ascenso del nivel freático.
- ❑ Aumento de la evaporación del agua subterránea.
- ❑ Aumento de los contenidos de sal en el agua subterránea.
- ❑ Salinización de los suelos.
- ❑ Disminución del egreso de las sales del sistema.
- ❑ Aumento del contenido total de sal en el sistema.

4.4.3 Relaciones entre Nivel Superior del agua subterránea y contenidos de arena de los sedimentos

Generalmente el N.S. disminuye del Oeste hacia el Este. Sin embargo, está demostrado que el curso

Delas líneas del mismo, dependen en detalle de las unidades geomórfológicas.

- El N.S. crítico que corresponde a la línea de 3 metros corre en el límite oriental de los campos, pero en el área de los canales meandriformes, donde no se encuentran porciones de arena de consideración, la línea retrocede repentinamente en aproximadamente 30 km hacia el Oeste.
- La línea que corresponde a los 6 metros del N.S. demuestra un comportamiento diferente. Transcurre la zona de los canales meandriformes sin retroceder hacia el Oeste. El área de los canales meandriformes demuestra un contenido de arena de consideración. El mismo comportamiento muestra la isolínea del N.S. en una zona de lagunas, originalmente comprobada por F. BENDER et al. (1961; área de Orloff, Grünfeld y chacra experimental). Aparentemente aquí también se trata de una zona de canales meandriformes.
- La relación entre el contenido de arena cerca de la superficie y el N.S. puede observarse muy claramente en el área de los campos arenosos de Hochfeld - Ebenfeld, donde la línea de 6 m avanza bien hacia el Este.
- La línea que corresponde a los 9 m también demuestra un avance bien acentuado hacia el Este, sobre todo en el área de los campos arenosos de Auhagen, Filadelfia y Neuhalbstadt.

Según estas observaciones se puede considerar el transcurso de las isolíneas del N.S. como indicador

del contenido arenoso en la zona superficial de los sedimentos - por lo menos en el área de estudios especiales (Colonias Menonitas).

En el área de las Colonias Menonitas la conductividad eléctrica de las aguas subterráneas varía en los campos, pero raras veces traspasa los 3.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En los sedimentos arcillosos del monte, depositados en las áreas inundables de los campos (alto contenido de material fino redepositado de manera fluvial), el N.S. es marcadamente menor que en los campos, y el agua subterránea tiene alto contenido de sal.

La alta evaporación y la evapotranspiración también impiden una recarga directa de aguas subterráneas en las partes arenosas superiores y permeables de los campos. Excepto en algunos lugares en que los campos son traspasados por sistemas de drenaje subrecientes, donde las aguas superficiales pueden permanecer durante períodos prolongados llegando a infiltrarse hacia el subsuelo. Sólo ahí y cuando el N.S. crítico es traspasado, pueden formarse lentes de agua dulce por encima de aguas subterráneas saladas (Fig. 25). Fuera de los campos no se llegaron a conocer yacimientos de agua subterránea dulce en el Chaco Central, ni en los estratos superiores, ni en los estratos más profundos.

Un indicador muy importante para yacimientos de agua dulce son los algarrobales con follaje muy abundante, que se concentran por encima de estos lentes.

4.4.4 Bases teóricas para aspectos hidroeconómicos

En el Chaco Central, un área con poca energía de relieve y un N.S. generalmente bajo, el balance hídrico de los estratos superiores de los sedimentos se determina a través de dos parámetros:

- permeabilidad (conductividad hidráulica)
- N.S.

La permeabilidad depende de la distribución granulométrica en el acuífero (la arena condiciona permeabilidades relativamente altas, la limo/arcilla relativamente bajas).

Respecto al aprovechamiento hídrico en el terreno, citado anteriormente, esto significa por ejemplo:

Afloramientos de arena:

Posibilidades de construcción de pozos y tajamares (excavaciones) con fines de recargar artificialmente las aguas subterráneas, pero no apto para tajamares de aguas superficiales.

Terrenos limosos:

Posibilidad de instalación de tajamares de aguas superficiales (si el N.S. del agua subterránea hacia las aguas subterráneas saladas no es demasiado pequeña).

Ninguna posibilidad de extracción de aguas subterráneas y su recarga artificial.

4.4.5 Investigaciones paleogeográficas detalladas respecto a la hidrología en el Chaco Central

La distribución arena - arcilla en la superficie chaqueña se identifica bien en fotografías aéreas e imágenes satelitales. Los campos arenosos aparecen en las mismas como franjas claras, distinguiéndose bien de los suelos oscuros del monte.

El trayecto de esta generación fluvial facilita indicadores del espesor arenoso de los campos: trayectos relativamente rectos indican espesores mayores de

arena, mientras que trayectos meandriformes indican mayores contenidos de arcilla. Entre los campos arenosos y las áreas sedimentarias del monte, los desniveles topográficos son generalmente mayores en comparación a los campos más arcillosos y sus inmediaciones. Sin embargo, dentro de estos últimos, el microrelieve es más pronunciado.

Al Oeste de las Colonias Mennonitas, en el área de mayor declive, los paleocauces se presentan con trayectos más rectos, mientras que al este, en las áreas de menor relieve, presentan trayectos meandriformes. A través de las acumulaciones como río de albardón acumulado o el relieve invertido por compactación heterogénea (eventualmente por ambos) los sistemas más jóvenes han sido desplazados entre los más antiguos y finalmente más hacia afuera.

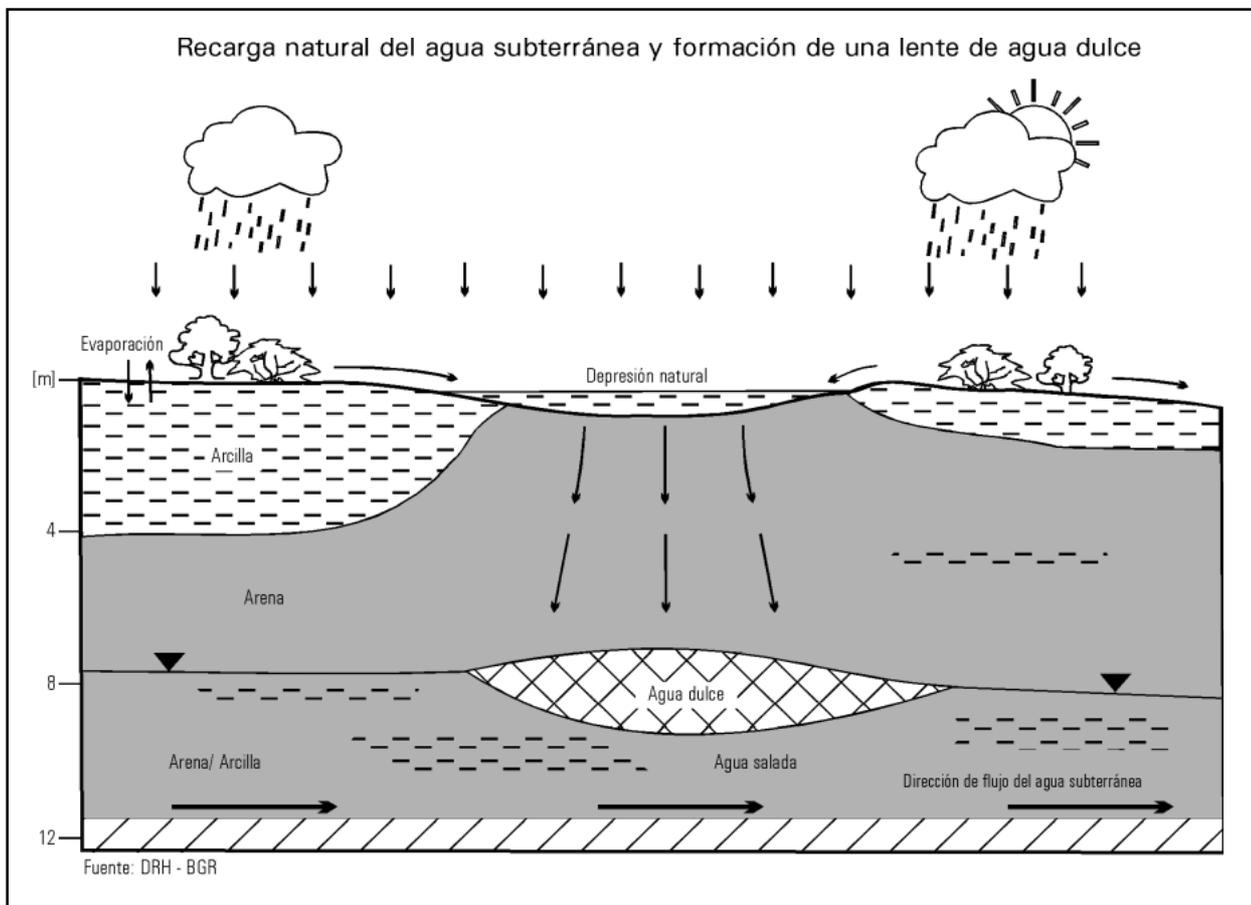


Fig 25: Formación natural de aguas subterráneas y formación de un lente de agua dulce

4.5 VEGETACION

La vegetación del Chaco depende (en principio):

- del promedio de precipitación a largo plazo
- de las condiciones del suelo
- del nivel superior de las aguas subterráneas y de su contenido de sal

Generalmente el agua es el factor limitante en el área de trabajo. La capacidad de poder establecer el equilibrio hídrico interno de acuerdo a las condiciones medio ambientales extremas es típico para las especies y al final decisivo para la capacidad de supervivencia de las plantas, es decir, para la diversidad de especies y de la biomasa en general, sobre todo en las regiones más áridas del Chaco. Aquí la capacidad de "succión" de la planta es decisiva, es decir, según MITLÖHNER (1990, pág. 36): "Una especie con capacidad de succión alta, bajo condiciones dadas del potencial total del material hídrico en los suelos, está en condiciones de extraer en total más volumen de agua del suelo, sobre todo durante períodos secos, y llegar a decidir eventualmente a su favor una situación de competencia por agua".

En la disertación "La competencia entre las plantas leñosas en el bosque seco, verde en épocas de lluvia en el Chaco Boreal, Paraguay" por MITLÖHNER (1990), fueron aplicados por primera vez planteamientos sinecológicos para esta área natural. El indicó que la observación del comportamiento auto- y sinecológico de las especies en Europa ya tiene una larga historia y ha llevado al establecimiento de ecosistemas estables y con ello a una producción de madera sostenible. Sin embargo, la rápida deforestación del bosque en zonas tropicales a favor de un aparente mejor aprovechamiento de los suelos, no permite tal proceso de aprendizaje.

Historia y adaptación de la vegetación a los procesos abióticos

La historia de la vegetación de América del Sur se remonta a su pasado geológico. Una síntesis de los conocimientos hasta la actualidad fue elaborado por v.d. HAMMEN (1991) quien menciona que la presencia de la vegetación neotropical puede comprobarse hasta el período Jurásico en el continente Gondwana. La flora del Cretácico Medio de América del Sur y de África occidental representa la misma provincia florística, muy distinta a la del resto del mundo.

Durante esta época aparecieron las primeras angiospermas. Las relaciones florísticas estrechas permanecieron hasta el Terciario inferior, luego comenzó el desarrollo de la flora neotropical real, bajo condiciones climáticas generalmente más cálidas que hoy en día, como es conocido también en otras partes del mundo.

Durante el Mioceno se produjo un aparente enfriamiento que continuó hasta el Cuaternario, causando la reducción latitudinal del bosque húmedo neotropical, hasta el Terciario superior, por ejemplo de 38°S hasta su posición actual. Al comienzo del Cuaternario la situación geológica - geográfica y florística de la región neotropical era muy parecida a la actual. Basándose en análisis ¹⁴C SERVANT et al. (1981) describen la desaparición del bosque denso del "Amazonas" cerca de Santa Cruz de la Sierra (Bolivia) alrededor de 7 000 a 5 000 y 3400 a 1 400 B.P.

Si bien la cobertura vegetal del Chaco actual está adaptada a las localidades y los procesos que condicionan la oferta de agua y nutrientes, esta adaptación no significa solamente la adaptación del organismo a ciertas condiciones ambientales, sino también la influencia de la planta en su medio ambiente abiótico. Así, en una forma de acoplamiento regenerativo a través de procesos fisiológicos, su fenología y su densidad mejora las condiciones medio ambientales para sí misma o sus sucesores.

MITLÖHNER (1990) ha investigado las diferencias de vegetación a lo largo de un trayecto este - oeste a través del Chaco y llegó a la conclusión que la disminución de precipitaciones pluviales (es decir hacia el Oeste):

- disminuye la cantidad de especies
- disminuye volúmenes, cantidades y alturas de los individuos
- disminuye las superficies básicas de las poblaciones (m²/ha)
- disminuye la regeneración generativa a favor de la vegetativa
- la vegetación refleja cada vez más los factores mínimos

De estos estudios resultan nuevas posibilidades para simplificar y acelerar a través de bioindicadores, evaluaciones respecto a las posibilidades de aprovechamiento y la necesidad de protección del potencial de los recursos naturales en el Chaco.

Inventario

El Gran Chaco Americano ha sido objeto de estudios desde fines del siglo pasado; en efecto, entre las primeras publicaciones, aunque en descripciones someras, se mencionan los trabajos en Bolivia de HERZOG (1910 y 1923) y CARDENAS (1940); en Argentina, LORENTZ (1876), FRENGUELLI (1941), CASTELLANOS & PEREZ MOREAU (1945) son los primeros en incluir al Chaco dentro de las regiones fitogeográficas argentinas; más adelante, CABRERA (1953 y 1976) propone al Chaco como un "dominio" dentro del esquema fitogeográfico

argentino. Otros autores como MORELLO & SARAVIA TOLEDO (1959), MORELLO (1967), MORELLO & ADAMOLI (1968 y 1974) ADAMOLI (1975), RAGONESE & CASTIGLIONI (1970), LEWIS & PIRES (1981) y MORELLO et al. (1983), han estudiado profundamente toda la extensión de los diferentes tipos de "Chacos" dentro de este territorio.

El Chaco Boreal, debido probablemente a su gran extensión territorial (Fig. 26), no ha sido estudiado en relación a su posible potencial.

Las primeras colecciones de plantas dentro del Chaco Boreal se inician con las de MORONG & BRITTON (1893), en el área del Río Pilcomayo; otros trabajos en la época han sido los de HASSLER (1909), quien recopiló colecciones hechas dentro del área de diferentes botánicos y FIEBRIG & ROJAS (1933), este último con una primera descripción de la vegetación de la región, basado en diversas colecciones de plantas.

GORHAM (1973) refiere aspectos muy generales de

esta parte del país. Posteriormente se han llevado a cabo otros proyectos, los que han incluido estudios, en particular de sus recursos forestales, los que han sido realizados siempre dentro de áreas restringidas; en este sentido, se citan los trabajos de TORTORELLI (1967) y del ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO MULTIPLE DE LA CUENCA DEL RIO PILCOMAYO (1976).

Recientemente se utilizaron en muchos estudios imágenes satelitarias y aerofotografías.

El primer indicio de una cartografía general de la vegetación dentro de esta vasta superficie, es la propuesta por LOPEZ GOROSTIAGA (1984), de la COMISION NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL DEL CHACO, en la cual se describen las formaciones vegetales a una escala 1: 1.000.000, basados en tres estudios regionales. Trabajos más generales describen al Chaco Boreal paraguayo dentro del contexto del gran Chaco Americano, HUECK (1978), en donde se da además una aproximación de la importancia económica de las especies de este territorio.

En ésta última década, autores como ESSER (1982); SEIBERT (1989), RAMELLA & SPICHIGER (1989) y SPICHIGER et al. (1991) han propuesto descripciones de la vegetación sobre una escala 1:500.000, en base a la bibliografía existente y observaciones de campo, compensando un poco más el mapa de "Vegetación y Uso de la Tierra", elaborado por la Carrera de Ingeniería Forestal, (CIF - Universidad Nacional de Asunción) en cooperación con la GTZ (1991) y el apoyo de P. Seibert.

MITLÖHNER (1991) ha realizado estudios fisiológicos más detallados de la vegetación, obteniendo conocimientos importantes respecto a la adaptación de las plantas del Chaco a su ambiente extremo.

Otros lo han estudiado más específicamente desde el punto de vista etnobotánico, ARENAS (1982) y SCHMEDA (1993); ante el avance del desarrollo y preocupados por los problemas ecológicos que acciones como ésta acarrearán, se tienen los resultados de un taller sobre un sistema de áreas silvestres protegidas para el Gran Chaco, PROYECTO FAO - PNUMA (1985).

Desde el punto de vista botánico, en los últimos años se han realizado colecciones dentro de este territorio, incompletas probablemente por razones de accesibilidad a esta vasta superficie. Dentro del marco de nuestro proyecto han podido complementarse



Fig. 26: El Gran Chaco

estas colecciones, pudiendo realizarse primeras menciones para algunas especies del Chaco (MERELES & DEGEN, 1993, 1994). Hasta el momento se han coleccionado, catalogado y descrito alrededor de 8.500 ejemplares de plantas. Esta colección se encuentra en la Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Químicas; Dpto. de Botánica.

4.5.1 *La unidad xerofítica*

En éste capítulo se describe la vegetación del N, NO, O y centro del Chaco, teniendo en cuenta que la parte S y SE queda sometida al dominio de la Tesis. Para las áreas mencionadas, se describen las diferentes formaciones vegetales con sus especies más representativas, según las variaciones del clima y los tipos de suelos (Fig. 27).

Esta unidad se desarrolla con índices de precipitación que oscilan entre los 900 y 400 mm de lluvias anuales y distribuidas muy irregularmente durante los meses de verano.

Cubre la mayor parte del Chaco seco y para algunos como UNESCO (1973), es extremadamente xerofítico, aunque el carácter de xeroficidad varíe con la ubicación de las formaciones; algunos autores han hecho referencia a esta unidad; en efecto, TORTORELLI (1967), lo menciona como el “parque chaqueño” y “monte occidental”; HUECK (1978) como el “bosque de quebracho de las llanuras del Chaco Central”; ESSER (1982) lo denomina como “matorral xerofítico espinoso con suculentas”; LOPEZ GOROSTIAGA (1984) como “bosque xerofítico denso”; “quebrachal”, por RAMELLA & SPICHIGER (1989) y “bosques xeromórficos del Chaco seco” (SPICHIGER et al., 1991). Otros autores han descrito a éste bosque dentro del contexto de zonas ecológicas de vegetación, como es el caso de SANJURJO (1977) quien lo define dentro de las zonas denominadas “de médanos” y Chaco cruceña.

En efecto, ésta unidad es muy variable fisionómicamente hablando, por lo que denominaciones tales

como “quebrachal” o “bosques de quebracho” engloban varios tipos de bosques. Su aspecto general es el de un matorral con árboles aislados, cuya densidad varía en función a los tipos de suelos y disponibilidad de agua en los mismos (Fig. 27 y 28).

Se ha constatado que cuando mayor es la impermeabilidad de los suelos en superficie y éstos se tornan más secos, la formación se hace mas abierta y mas clara.

Sin embargo, cuando hay una mayor disponibilidad de humedad, la formación se vuelve más densa. También se conoce actualmente que algunas especies son pioneras en colonizar suelos extremadamente xeromorfos en el Chaco, por lo que las mismas abundan en donde la humedad es escasa (MITLÖHNER, 1990).

Atendiendo a factores como los tipos de suelos y la toposecuencias, a ésta unidad se la puede volver a diferenciar en las siguientes formaciones:

4.5.1.1 Formaciones xerofíticas no inundables

Esta formación se desarrolla sobre diferentes tipos de suelos en un poco mas del 50% del territorio chaqueño boreal; los tipos de vegetación que van desarrollándose tienen que ver con el cambio de los tipos de suelos y la geomorfología. Según la fisionomía de la vegetación, esta ira tomando diferentes denominaciones. Son las siguientes:

4.5.1.1.1 Matorral sobre arenas eólicas (dunas)

Denominación dada a las formaciones hasta o menos de 5 m de altura (UNESCO, 1973)

Se encuentra en dunas longitudinales de dirección Norte - Sur que se han desarrollado y ampliado hacia el norte, de acuerdo a la transgresión del Río Parapití (véase también Cap. 4.2.1). Las dunas son productos

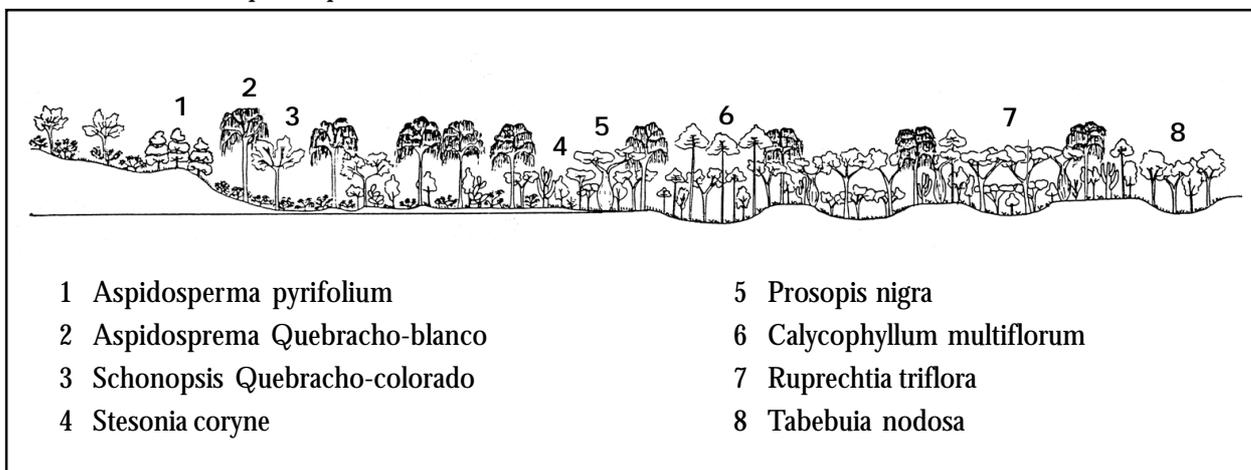


Fig. 27: Diagrama de la unidad xerofítica



Fig. 28: Vegetación típica del matorral xerofítico



Fig. 29: Aspecto de las dunas

del transporte eólico de los sedimentos aluviales del Río Parapití por fuertes vientos norte.

La edad de estas dunas es comparable a la de las dunas del Río Grande, más al norte, en Bolivia, donde SERVANT et al. (1981) han determinado edades de 7 000 a 5 000 y 3 400 a 1 400 años mediante determinaciones ¹⁴C.

Probablemente hace por lo menos 7 000 años, el río comenzó a trasladarse hacia el Norte con lo que el área de las dunas se expandía, es decir trasladaba cada vez más hacia el Norte. Las dunas comenzaron a fijarse gracias a una vegetación más densa, probablemente alrededor de 5 000 a 3 400, cuando el clima árido fue seguido por una fase más húmeda. Según ello, la comunidad botánica "bosque xerofítico sobre dunas" comenzó a instalarse por primera vez hace alrededor de 5 000 años en el Chaco.

Desde el punto de vista edafológico los suelos de los campos de dunas son denominados Arenosoles. Son suelos poco desarrollados con bajo contenido de nutrientes, baja capacidad agrícola utilizable, alta infiltración y buena aireación.

El matorral sobre arenas eólicas es una formación predominantemente caducifolia (MERELES & DEGEN, 1993), conformado preponderantemente por arbustos y árboles aislados (Fig.28 y Fig. 29) que no sobrepasan una altura de 5 m y en donde no se observa una diferencia en la estratificación; se desarrollan con poca precipitación (unos 400 - 500 mm) pluvial (CIFUNA-GTZ (1991), valores que pueden variar dentro de un pequeño rango según las estaciones más o menos lluviosas; éstas caen en 1 - 3 meses como máximo. Sus fuertes vientos que soplan desde el NO son casi una constante. Se desarrollan sobre suelos muy sueltos y arenosos casi en su totalidad; éste matorral es denominado por LOPEZ GOROSTIAGA (1984) como "matorral de dunas y man-

tos arenosos" y como "matorral de médanos" por CIFUNA-GTZ (1991).

Su geomorfología predominante es la de las dunas, las que presentan crestas de varios metros de altura y sobre las que se desarrolla un tipo de vegetación característica (Fig. 30), que se describe más adelante. Según SANJURJO (1977), éstas dunas proceden de las arenas arrastradas por el Río Parapití, depositados por la acción hídrica y remodelados por acción eólica. Según LOPEZ GOROSTIAGA, (1984), éstos suelos no muestran desarrollo pedogenético, sin horizontes distinguidos; son excesivamente permeables y con predominancia de procesos eólicos.

La dominancia de las especies se encuentra dada por las variantes en la geomorfología del terreno; de acuerdo a eso, se tienen dentro de éste matorral, a las siguientes sub -formaciones:

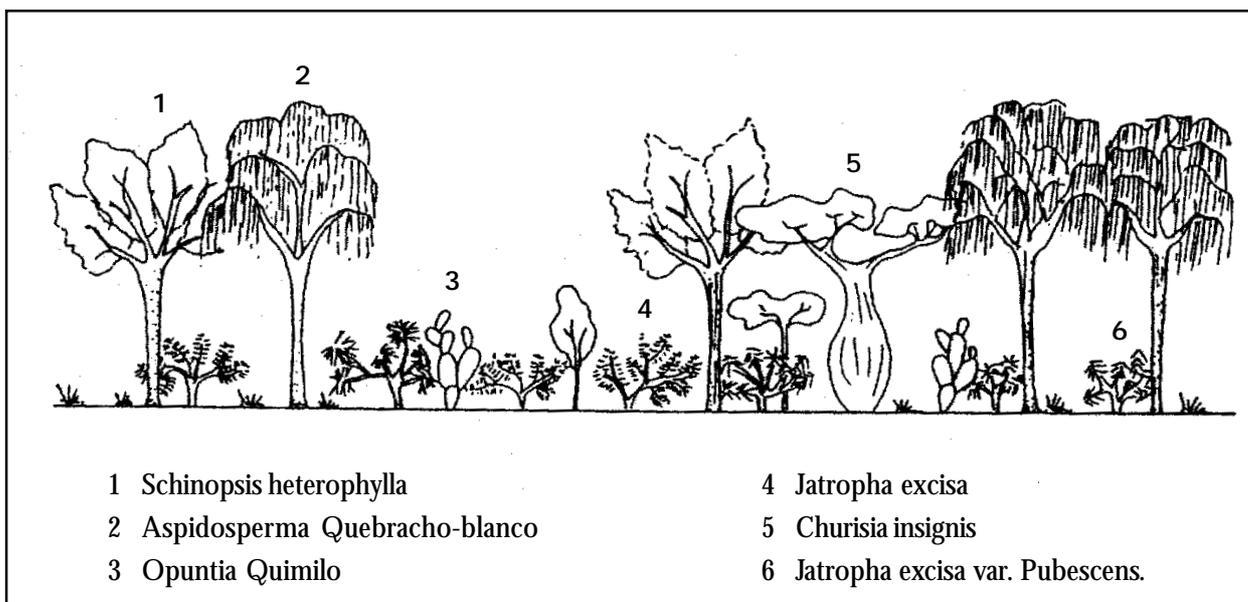


Fig. 30: Matorral xerofítico sobre dunas

La vegetación de las crestas de las dunas se presenta como la de un matorral, que se desarrolla en forma muy discontinua y por manchones; tienen un marcado carácter xerofítico, con especies de suculentas (cactáceas, euphorbiáceas) y con iguales características en el estrato herbáceo en donde las especies son además en su mayoría, rizomatozas (Fig. 31).

Las especies dominantes en el estrato leñoso, son las siguientes:

Aspidosperma piryfolium, *Schinopsis balansae*, *Jacaranda mimosifolia*, *Acacia aroma*, *Pterogyne nitens*, *Schinopsis cornuta* (según MUÑOZ, 1990), no sería solamente *Schinopsis balansae* el dominante en éstas áreas sino también *Sch. cornuta*; en efecto, según sus apreciaciones, la segunda especie mencionada también se encuentra en el Chaco Boreal; siguiendo su clave para las especies del género, se ha llegado a la conclusión de que ambas crecen juntas, con diferencias, si las hay, muy sutiles y son muy abundantes en todos los Chacos, por lo que se agrega a ésta especie dentro de la lista de los dominantes. En ejemplares jóvenes dan la impresión de ser la misma cosa y en ejemplares adultos aún las diferencias son efímeras).

Tanto *Aspidosperma piryfolium*, *Jacaranda mimosifolia* como *Schinopsis balansae*, tienden a formar poblaciones puras, en tanto que *Pterogyne nitens* crece en forma aislada.

Estas sub-formaciones aparecen en las laderas y bajos aledaños a las crestas de las dunas; la fisiografía de la vegetación es la de una sabana de pastizal tipo "espartillares" (formaciones de herbáceas con fisionomía de sabanas en donde el dominante en el estrato herbáceo es el "espartillo", *Elionurus muticus* u otras especies tales como: *Aristida* spp, *Schizachyrium condensatum* y *Schizachyrium* sp.), semejantes a los del Chaco Central, en el cual

aparecen, en forma aislada, arbustos y árboles de mediano porte.

Las especies leñosas preponderantes en el estrato arbóreo, son las siguientes:

<i>Tabebuia aurea</i>	<i>Schinopsis heterophylla</i>
<i>Pterogyne nitens</i>	<i>Jacaranda mimosifolia</i>
<i>Schinopsis cornuta</i>	<i>Agonandra excelsa</i>

Aunque conforma parte de la formación matorral sobre dunas, la dominancia en la monoespecificidad de algunos elementos le dan un aspecto de "sabana".

En general, sobre los médanos los matorrales presentan dos aspectos:

4.5.1.1.1 Sabana arbolada

El comprendido por un estrato arbustivo a arbóreo que no sobrepasan los 6 - 7 m de altura, monoespecifico, el que es acompañado por un estrato herbáceo más bien gramíneo teniendo este conjunto casi un aspecto de sabana arbolada (Fig. 31); las especies preponderantes en el estrato superior y que crecen en forma monoespecifica, son:

Schinopsis cornuta, *Aspidosperma piryfolium*.

Especies acompañantes:

Elionurus spp, *Eragrostis lugens*, *Aristida mendocina*, *Cenchrus ciliaris*, *Stachytarpheta* spp, *Pfaffia fruticulosa*, *Alternanthera* spp, entre otras.

4.5.1.1.2 Sabana parque

El de las formaciones discontinuas con árboles aislados, en donde las especies arbustivas son de porte achaparrado y tortuoso, destacándose en el primer estrato algunas especies arbóreas; el estrato herbáceo no presenta un tapiz gramíneo continuo como en el primer caso.

suelos y permeables, lo que permite un acumulamiento de la humedad.

De hecho, algunas especies que se encuentran en el estrato superior dan a esta formación una fisionomía de bosque abierto.

Dentro de esta formación se destacan las siguientes especies en el estrato arbóreo:

Pisonia sapallo (*Toma en estas formaciones un aspecto inusual midiendo entre 15 - 20 m de altura.*), *Anadenanthera colubrina*, *Anadenanthera peregrina*, *Aspidosperma quebracho-blanco*, *Schinopsis heterophylla*, *Amburana caerensis*, *Cochlospermum tetraporum*, *Athyana weinmannifolia*, *Tabebuia impetiginosa* (*Mencionado por primera vez como originario del país; se lo ha mencionado como componente típico del Chaco húmedo en Argentina. Crece como una especie pionera en donde ha sido modificado por acción antrópica como por ejemplo las picadas petroleras.*)

En el sotobosque aparecen:

Capparis retusa, *Ruprechtia triflora*, *Quiabentia pflanzii*, *Ximena americana*, *Schinus fasciculata*, *Acacia praecox*, *Mimosa velloziana*, *Mimosa bimucronata* var. *adenocarpa*, *Aloysia virgata*, *Reichembachia hirsuta*, *Capparis tweediana*, *Capparis speciosa*, *Bauhinia* sp (*Las últimas dos siempre al borde de caminos o donde el matorral presenta indicios de modificación antrópica.*), *Ziziphus mistol*, *Cordia bordasii*, *Pithecellobium chacoense*, (*Siempre al borde de caminos o donde el matorral presenta indicios de modificación antrópica.*), *Helietta apiculata* (*Mencionado por primera vez para el Chaco Boreal, cfr. SPICHIGER & STUTZ DE ORTEGA (1987).*).

El estrato herbáceo está compuesto principalmente por:

Dicliptera tweediana, *Physalis* sp, *Jatropha grossidentata*, *Croton* spp, *Oxalis erosa*, *Dickya* sp, *Bromelia hyeronimi*, *Rivina humilis*, *Eupatorium squarrosoramosum*, *Justicia squarrosa* *Borreia ocymoides*, *Talinum triangulare*, *Desmodium glabrum* (*Las últimas tres siempre al borde de caminos o donde el matorral presenta indicios de modificación antrópica.*), *Sellaginella sellowii*, *Rhynchosida physocalix* y otras.

Algunas lianas son comunes, tales como:

Arrabidaea corallina, *Ipomoea* spp, *Passiflora foetida*, *Cardiospermum corindum*, *Janusia guaranitica*, *Heteropteris angustifolia*, *Serjania marginata*, *S.*



Fig 32: Bosque con quebracho colorado

hebecarpa, *Galactia texana* y *Mikania periplocifolia*.

Algunos epífitos comunes son:

Tillandsia lorentziana, *T. meridionalis*, *T. loliacea*, *T. reichembachii*, *Cyrtopodium pflanzii*, *Philodendron bipinnatifidum* (*Mencionado por primera vez para el Chaco Boreal, cfr. CROAT & MOUNT (1988).*), *Ocimum* sp, entre otros.

4.5.1.2.2 Campos cerrados

Denominado así por SPICHIGER et al. (1995); al igual que el anterior, se desarrolla sobre los suelos arenosos del Norte; denota una fisionomía mucho más abierta que el matorral, tendiendo a una fisionomía de "sabana-parque", dado que algunos árboles y arbustos forman "isletas" con matas aisladas equidistantes unas de otras sin formar masas continuas y rodeadas de pastizales con dominancia de gramíneas tales como: *Elionurus* spp y *Schizachyrium* sp.

Las especies arbustivas y arbóreas encontradas en estos campos son las siguientes:

Tabebuia aurea, *Tabebuia* spp, *Cordia trichotoma*, *Pseudobombax* sp, *Luehea* sp, *Trema micrantha*, *Astronium fraxinifolium*, *Magonia pubescens*, *Hymenaea* sp, *Acrocomia* sp.

Entre los arbustos, se destacan:

Banisteriopsis sp, *Cochlospermum regium* (*Mencionado por primera vez para el Chaco Boreal, cfr. POPPENDIECK (1981).*), *Acacia praecox*, *Bauhinia* spp.

En el estrato herbáceo, se destacan:

Lantana camara, *Justicia* spp, *Angelonia* sp *Julocroton* spp, *Cleome* sp, *Macroptilium lathyroides*, *Crotalaria incana*, *Cnidocolus albomaculatus*, *Physalis* sp, *Jatropha grossidentata*, *Turnera krapovikassii*, *Dyckia*

sp, *Stachytarpheta* sp, *Macrosiphonia petraea* var. *pinnifolia*, entre otros.

Algunas lianas que aparecen en estos campos, son las siguientes:

Phitecoctenion spp, *Arrabidaea* sp, *Mascagnia brevifolia*, *Clematis montevideensis*, *Evolvulus* sp, *Cardiospermum corindum*, *Serjania marginata*, *S. caracasana*, *Paullinia pinnata*.

4.5.1.2.3 Campos con espartillo ("espartillares")

Son formaciones con una fisionomía de sabanas, constituidas por un estrato arbóreo aislado, sin estrato medio, sobre un pastizal de "espartillo", *Elionurus* spp, *Aristida* sp o *Schizachyrium condensatum*, de ahí la denominación de "espartillar". Se desarrollan sobre paleocauces colmatados del Chaco Central, cuyo origen serían antiguos cauces del Río Pilcomayo y cuya edad oscilan entre los 3.000 - 5.000 años; sus suelos son de textura areno - limosa, sueltos y con un 60 - 80% de arena fina y muy poca arcilla, lo que permite una abundante infiltración de agua, que se traduce en la presencia masiva de herbáceas, especialmente durante el verano (época lluviosa), las que se encuentran ausentes sobre los suelos arcillosos e impermeables.

Estas sub - formaciones abarcan un área aproximada de 6580 has, CIF - GTZ (1991).

El estrato arbóreo se encuentra compuesto por:

Schinopsis balansae, *Tabebuia aurea*, *Schinopsis heterophylla*, *Jacaranda mimosifolia*, *Astronium fraxinifolium* y *Pterogyne nitens*.

Frecuentemente, las borduras de éstas praderas se encuentran invadidas por *Acacia aroma*, (MERELES & DEGEN 1997), sobre todo en aquellas partes modificadas, lo mismo que *Aloysia gratissima* y menos frecuentemente con *Celtis pubescens*.

SPICHIGER et al. (1991), mencionan que éstas sabanas son un elemento constitutivo no solo de éstos paleocauces sino de los médanos del NO y la cima del cerro León; es probable que la fisionomía sea parecida; sin embargo, los orígenes del sustrato no son los mismos; en efecto, los médanos del NO son de origen eólico y los paleocauces de origen fluvial y si bien la textura de los suelos es similar (suelos sueltos), su porcentaje de sedimentos es diferente; en efecto, los suelos de los paleocauces son del tipo regosol, ricos en limos, en cambio los de los médanos o dunas, son del tipo arenosol.

LOPEZ GOROSTIAGA (1984), menciona a éstas sub - formaciones como "formaciones herbáceas" o simplemente "campos", en los que muestran una cobertura con exclusividad de gramíneas y menciona que en la sucesión, desde el O hacia el E, según el tenor de humedad, las mismas evolucionarían hacia los "campos con matorral", más húmedos y finalmente hacia los "campos palmares" inundables, en las cercanías del Río Paraguay.

En efecto, esa sucesión se produce en la medida que los suelos también van evolucionando, lo que demuestra el carácter fuertemente edáfico de las sub - formaciones mencionadas.

Según el mismo autor, los mismos aparecen como unidades ubicadas en la periferia de los bosques en galería, lo que indicaría su vinculación genética con el modelado fluvial; siempre ocupan posiciones topográficas más altas que la formación herbácea del Chaco más deprimido, adoptando formas longitudinales.

Este autor dice además que se ha verificado una cierta relación entre el tipo de cauce colmatado y las especies arbóreas presentes, mencionando que *Schinopsis balansae* aparece solo en cauces angostos y que las demás especies arbóreas mencionadas se incorporan cuando la formación es más ancha y el cauce es capaz de almacenar más agua.

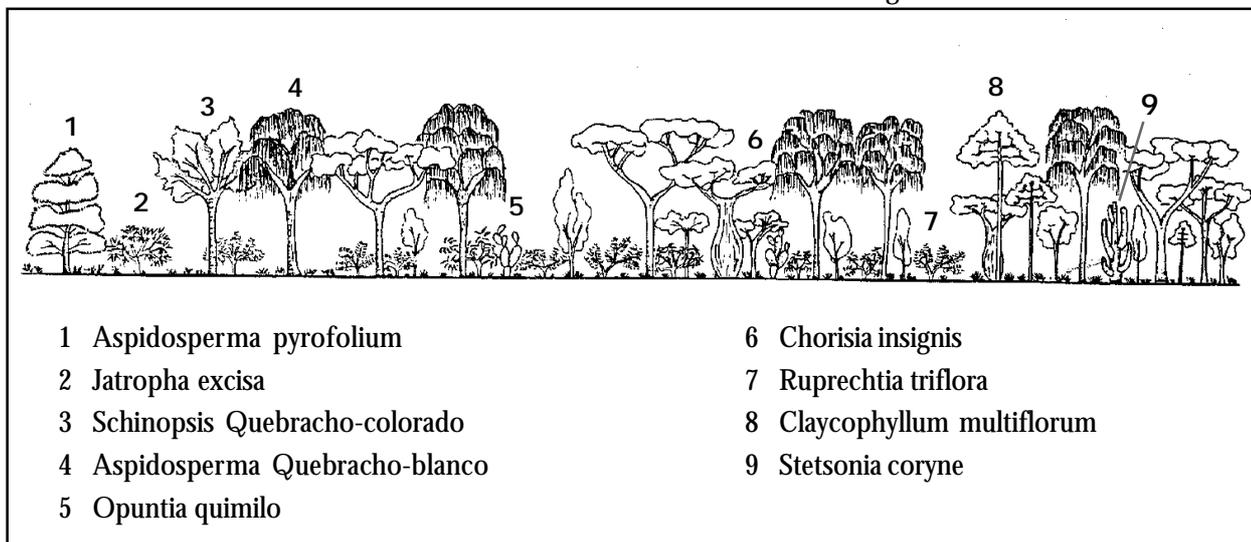


Fig. 33: Bosque xerofítico denso en transición

El estrato herbáceo, bastante rico, se encuentra dominado por el “espartillo”, *Elionurus muticus* y otras especies del mismo género, *Aristida* sp y *Schizachyrium condensatum* en suelos modificados; abundan las rizomatozas anuales y los sufrútices, que aparecen en la estación lluviosa; las especies preponderantes son: *Caesalpinia stuckertii*, *Aristolochia* spp, *Mimosa chacoensis*, *Bulbostylis capillaris*, *Cnidocolus albomaculatus*, *Gomphrena martiana*, *Gomphrena tomentosa*, *Heliotropium dunaense*, *Buddleja stachyoides*, *Gymnocalicium pflanzii*, *Lobelia xalepensis*, *Acemella leptophylla*, *Eupatorium patens*, *Trixis papillosa*, *Evolvulus nummularius*, *Evolvulus sericeus*, *Craniolaria integrifolia*, *Mimosa chacoensis*, *Croton orbignyanus*, *Dolichopsis paraguariensis*, *Tephrosia cinerea*, *Zornia gemella*, *Waltheria indica*, *Turnera grandiflora*, entre otras.

Es de destacar que éstos campos de “espartillares” (Fig. 34 y Fig. 35), a medida que se desarrollan sobre los paleocauces que se encuentran más al Sur del área de las Colonias Mennonitas, ya en el límite con las formaciones típicas del Chaco más húmedo, van cambiando en la estructura de sus suelos, tornándose éstos cada vez más compactos, salinos y arcillosos, aunque cubiertos por una superficie de sedimentos sueltos (arenas y limos); esto influye directamente en la composición de la vegetación a nivel de estrato arbóreo ya que, aparte de los componentes usuales dentro de éste estrato, aparece otra especie de suelos más compactos y arcillosos, *Copernicia alba*, el “carandá’y”.

Este componente poco usual en los espartillares podría deber su presencia a que en ésta parte del Chaco, los suelos se constituyen ya en una faja de transición entre los más xerófitos del N y los más húmedos del S; por lo tanto, estos espartillares podrían considerarse como “de transición”, entre la vegetación del N y del S.

4.5.1.3 Bosque xerofitico sobre suelos en transición

Se presenta como una formación semi - abierta pero más densa que la anterior, con árboles aislados y se denomina de transición puesto que en él se mezclan especies dominantes del matorral desarrollado sobre las dunas, con suelos arenosos y los elementos típicos del bosque xerofitico más denso del Chaco Central, desarrollado sobre los suelos arcillosos. En efecto, los suelos sobre los que se desarrolla este bosque corresponden también al de transición entre los arenosos del NO, los limosos del O y los arcillosos del Chaco Central, siendo del tipo cambisoles, con preponderancia de limos sobre las arcillas y arenas; estos son menos sueltos, más compactos y con textura arcillo - limosa, con una mayor retención de agua superficial, pero arenosos arriba (hasta unos 40 cm), por lo que son considerados también suelos en transición hacia los más compactos del Chaco Central.

Esta formación ya se desarrolla con una precipitación un poco más abundante que la primera y ya con una caída más regular de las aguas (unos 500-600 mm).

Las especies arbóreas predominantes son:

Aspidosperma quebracho - blanco, *Schinopsis quebracho - colorado*,

Chorisia insignis, *Prosopis alba* (*elemento preponderante de los barrancos consolidados del Río Pilcomayo y que aparece en estos sitios en forma aislada.*) y *P. chilensis* (*elemento propio del Chaco más nórdico (Departamentos de Santa Cruz y Tarija, Bolivia y que sin embargo llegan a estas latitudes en forma aislada.)*)

Las especies preponderantes que intercalan en éste bosque xerofitico y que responden también a la transición en los suelos, son las siguientes:

Pithecellobium chacoense (*especie colonizadora de los ambientes modificados, con este tipo de suelos, al igual que*

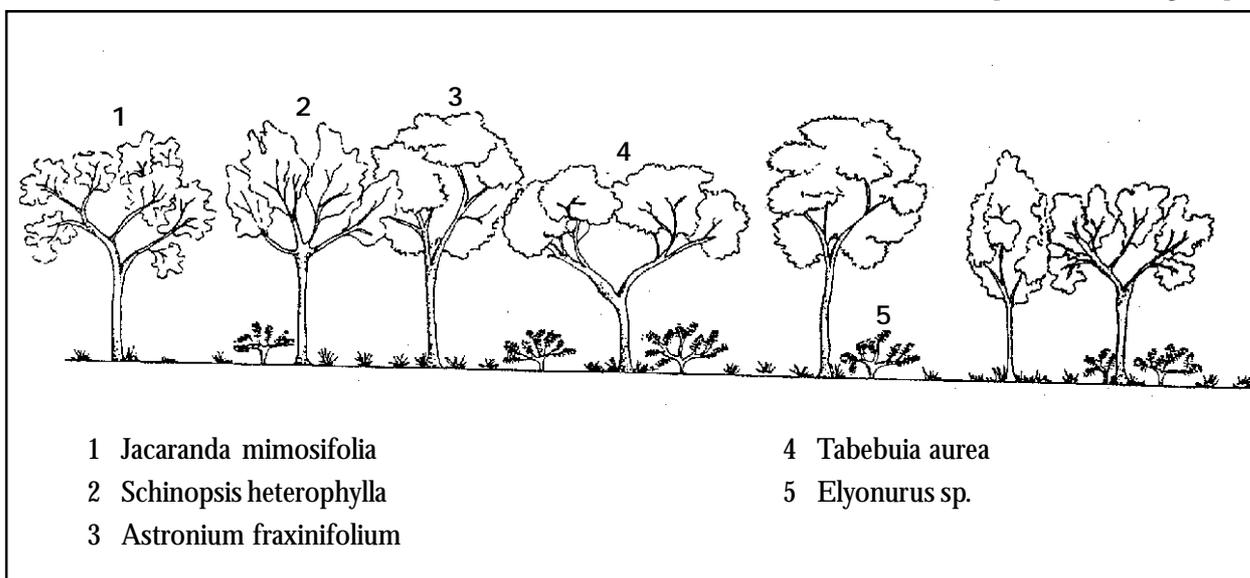


Fig 34: Espartillar

Mimosa castanoclada y *Senna chlorochlada*, (MERELES & DEGEN 1997), *Ziziphus mistol*, *Ruprechtia triflora* (aparece escasamente hasta consolidarse más hacia el SE y SO), *Pereskia saccharosa*, *Jatropha excisa*, *Syderoxylon obtusifolium*, *Ximena americana*, *Quiabentia pflanzii*, *Cordia chacoensis*, *Cnidocolus vitifolius* var. *cnidodendron*, *Cordia bordasii*, *Jatropha excisa* var. *pubescens*, *Capparis retusa*, *Mimosa castanoclada*, *Cereus stenogonus*, *Acacia aroma*, *Senna chlorochlada* y *Quiabentia pflanzii*.

El sotobosque es ya más bien ralo en donde dominan las suculentas tales como cactáceas y bromeliáceas: Son las siguientes:

Bromelia balansae, *Bromelia hieronymi*, *Dyckia* sp, *Cleistocactus baumannii*, *Monvillea* spp, *Opuntia chacoensis*, *Gymnocalycium mihanovichii*, *Harrisia guelichii*, *Echinopsis* spp, entre otras.

Las lianas son también abundantes y aparecen:

Araujia sp, *Funastrum bonariensis*, *Metastelma diffusum*, *Morrenia brahcystephana*, *Oxypetalum arnottianum*, *Sarcostemma clausum*, *Arrabidaea corallina*, *Mascagnia brevifolia*, *Janusia guaranítica*, *Banisteriopsis* sp.

4.5.1.4 Bosque xerófitico sobre suelos arcillosos y limosos

Esta formación es probablemente la más típica de todo el Chaco Boreal por la superficie abarcada y la más rica en especies dentro de la parte más xerofítica del Chaco. La CIF - UNA - GTZ (1991), mencionan que esta formación cubre un área aproximada de 9.962.074 has, lo que equivale un 40.34% de la superficie del territorio chaqueño. La fisonomía de la vegetación es la de un bosque xerofítico mucho más denso que los descriptos anteriormente y con una cobertura arbórea muy aislada.

Se desarrollan con parámetros climáticos de una mayor precipitación pluvial (en años lluviosos en el área de Filadelfia, Chaco Central, en los últimos veinte años) y sobre suelos con una textura franco - arcillo - limosa, con abundante limo grueso y un porcentaje superior al 20% de arcilla, duros, compactos y con presencia de carbonatos de Calcio y Magnesio, con dominancia de luvisoles.

Las especies preponderantes en el estrato arbóreo, son las siguientes:

Aspidosperma quebracho - blanco, *Chorisia insignis*, *Schinopsis quebracho* - colorado.

A veces se desarrolla un segundo estrato constituido principalmente por: *Prosopis kuntzei*, *Ziziphus mistol*, *Syderoxylon obtusifolium*.

Este bosque xerofítico se encuentra constituido por las siguientes especies: *Ruprechtia triflora* (ésta especie es la dominante dentro de éste matorral; sin embargo, más hacia el S y SE, en las cercanías de las colonias *Memnonitas*, *Lolita*, *Campo Aceval* y alrededores, *Ruprechtia triflora* es reemplazada paulatinamente por *Thritrinax biflabellata*, transformándose el matorral xerofítico en un palmar xeromorfo, con la dominancia, en el estrato superior, de las mismas especies. Es probable que ésta sustitución de una especie por otra se deba a algunas características en los suelos y a las precipitaciones que, evidentemente en ésta área son más abundantes.), *Stetsonia coryne*, *Capparis retusa*, *Cereus stenogonus*, *Capparis salicifolia*, *Maytenus vitis* - *idaea*, *Capparis tweediana*, *Maytenus scutioides*, *Mimosa detinens*, *Acanthosyris falcata*, *Prosopis rojasiana*, *Prosopis elata*, *Achatocarpus praecox*, *Tritrinax biflabellata*, *Caesalpinia paraguariensis*, *Bulnesia bonariensis*, *Bougainvillea campanulata*, *Bougainvillea praecox*, *Bougainvillea infesta* (ésta especie aparece como un componente bastante común dentro del bosque xerofítico típico denso, hacia el O, evidentemente sobre suelos con dominancia de limos; la misma se encuentra casi siempre en las borduras, sobre los suelos ya modificados, siendo una de las especies pioneras de ambientes modificados, al igual que: *Cercidium praecox* y *Capparis salicifolia*, *Castela coccinea*, *Bougainvillea campanulata*, *B. praecox*, *B. infesta*, entre otras (MERELES & DEGEN, 1997)), *Bulnesia foliosa* (Mencionado por MERELES & DEGEN (1994)), *Prosopis hassleri* (Es dentro de este bosque xerofítico en donde se producen las hibridaciones dentro de éste género; así, aparecen frecuentemente híbridos tales como: *Prosopis hassleri* x *Prosopis alba*, *Prosopis hassleri* x *Prosopis ruscifolia*, (DEGEN & MERELES 1996)), *Prosopis sericantha*.

El sotobosque es ralo y en él preponderan las siguientes especies:

Bromelia balansae, *Bromelia hieronymi*, *Opuntia chacoensis*, *Monvillea* spp, *Cleistocactus baumannii*, *Justicia brasiliana*, *Ruellia tweediana*, *Sellaginella sellowii*, *Ruellia geminiflora*, *Amaranthus muricatus*, *Anemia phyllitidis*, *Croton* spp, *Gouinia paraguayensis*, *Acmella oppositifolia*, *Ambrosia elatior*, *Jacaratia corumbensis*.

Dentro de ésta formación es donde irrumpen la mayor parte de las sub - formaciones, relacionadas principalmente con la geomorfología y los tipos de suelos.

4.5.1.5 Matorral sobre paleo-cauces recientes del Río Pilcomayo ("peladares")

Esta formación se desarrolla hacia el oeste, en las inmediaciones del Río Pilcomayo, sobre suelos muy ralos y extremadamente duros y compactos en seco y más blandos cuando húmedos, impermeables y con alto contenido en sales denominados fluvisoles

compactados; cubren una escasa superficie. Según las imágenes satelitales, se trata de antiguos cauces del Río Pilcomayo cuya edad no pasa de 2.500 años o menos; interpretaciones preliminares hacen suponer que el rumbo de la evolución de estos antiguos brazos va hacia el SO. En la actualidad, no se inundan durante las crecientes del río.

El matorral que se desarrolla es muy abierto, sin vegetación arbórea, con un solo estrato de vegetación y con un sotobosque completamente ralo, casi sin vegetación, de ahí la denominación de “peladares”, (LOPEZ GOROSTIAGA 1984), (RAMELLA & SPICHIGER 1989).

Algunas especies típicas de estos cauces antiguos son: *Bulnesia sarmientoi* (*aparece con un tamaño inusual, no pasando de los 2 m de altura*), *Capparis retusa*, *Stetsonia coryne*, *Cercidium praecox*, *Capparis speciosa* (*las últimas dos aparecen cuando existe modificación antropógena; estas se comportan como especies pioneras*, (MERELES & DEGEN 1997)), *Maytenus vitis - idaea*, *Sellaginella sellowii* (*se nota su presencia después de las lluvias o cuando el suelo se encuentra húmedo*).

Según LOPEZ GOROSTIAGA (1984), son formaciones arbustivas discontinuas, se localizan en el área de divagación y de derrames aluviales del Río Pilcomayo, formando paisajes sumamente inestables y heterogéneos; OEA - BID - PNUD (1977), menciona que éstos paisajes inestables serían la consecuencia del intenso modelado fluvial al que se encuentran sometidos; el primer autor agrega que el estrato arbustivo es discontinuo, apareciendo, entre otras: *Capparis speciosa*, *Vallesia glabra*, *Cereus coryne*, *Prosopis ruscifolia*, *Cyclolepis genistoides* y *Maytenus vitis - idaea*.

RAMELLA & SPICHIGER (1989), consideran a los “peladares” como una forma empobrecida del quebrachal de *Aspidosperma quebracho - blanco*, con un mayor déficit hídrico y con una cobertura vegetal discontinua, en donde las especies preponderantes son: *Thrinax biflabellata*, *Ziziphus mistol*, *Bulnesia sarmientoi*, *Maytenus vitis - idaea*, *Stetsonia coryne* y *Cereus stenogonus*; ésta aseveración estaría más de acuerdo con la de TORTORELLI (1956), quien menciona que *Bulnesia sarmientoi* forma parte del bosque xerofítico con *Aspidosperma quebracho - blanco*, *Schinopsis quebracho - colorado* y *Ruprechtia triflora*.

En realidad, éstos “peladares” probablemente hayan sido muy pobres en especies, sin la presencia de “quebrachos”, tanto *Aspidosperma quebracho - blanco* como *Schinopsis quebracho - colorado*; actualmente se presume que fueron reemplazando al matorral abierto de *Acacia aroma* y *Ziziphus mistol*, ubicado primeramente sobre los derrames sueltos del

Río Pilcomayo, de suelos con textura limo - arenosa, que, a medida que fueron consolidándose, dichas especies fueron reemplazadas por *Stetsonia coryne*, *Capparis retusa*, *Bulnesia sarmientoi* y *Maytenus vitis - idaea*, entre las más comunes.

En efecto, cuando estos cauces abandonados son relativamente nuevos, los sedimentos son muy sueltos y las especies pioneras son: *Acacia aroma* y *Ziziphus mistol* (*forman masas monoespecíficas denominadas “mistolares”*).

CIF - GTZ (1991), mencionan a estos cauces antiguos/peladares como un “matorral de salinar”, en donde la vegetación arbustiva toma un porte muy bajo y en donde las aguas transportan gran cantidad de sales y depositando sobre los suelos; agrega que ésta vegetación arbustiva está adaptada a éstos tenores elevados de sal, encontrándose especies sobresalientes tales como: *Maytenus vitis - idaea*, *Stetsonia coryne*, *Prosopis ruscifolia* y *Capparis salicifolia*, entre otras.

Agregan que los salinares abarcan aproximadamente una superficie de 272.473 has o el 1.10% de la región chaqueña boreal.

4.5.1.6 Matorral de ribera del Río Pilcomayo

Se desarrollan sobre la ribera de éste río, sobre suelos con sedimentos sueltos y muy poca o ninguna estructura, del tipo regosoles y con dominancia de limos. Es probable que éstas formaciones sean las que sucedan con el tiempo a los bosques inundables de “palo bobo”, *Tessaria integrifolia*, *T. dodonaefolia* y *T. ambigua*, sobre los bancos limo - arenosos más consolidados del Río Pilcomayo.

Se destacan en el primer estrato de la formación, las siguientes especies:

Vallesia glabra, *Ziziphus mistol*, *Prosopis alba*, *Capparis speciosa*, *Geoffroea decorticans* y *Capparis retusa*.

Ziziphus mistol y *Geoffroea decorticans* van reemplazando tanto a *Vallesia glabra* como a *Prosopis alba* dentro del matorral, en la medida en que la formación se aleja del curso de agua y dicho matorral se torna más xerofítico, hasta transformarse sucesivamente en un “chañaral” con dominancia de *G. decorticans* o en un “mistolar”, con dominancia de *Z. mistol*.

En el estrato medio se nota la abundante presencia de *Solanum argentinum*, arbusto de porte medio, muy abundante en la zona.

El sotobosque es muy ralo y caracterizado por la presencia de *Ruellia tweediana*, *Justicia*, spp y poáceas varias.

4.5.1.7 Matorral de saladar ("saladares")

Se constituyen en formaciones particulares dentro del bosque xerofítico denso, como consecuencia de la alta concentración de sal en los suelos. Son formaciones típicas que aparecen en ciertas partes del Chaco como el E, en el área de depósito de cloruros, (bordeando a la sucesión de lagunas de la región), en partes equidistantes entre la ruta N 9, Trans-Chaco y hacia el O de ésta, en el centro, así como algunos manchones hacia el N, bordeando a la laguna Trinidad y brazos del Río Timane.

La conformación de los saladares es, en general, la de un matorral carente de vegetación arbórea, de aspecto achaparrado y conformado por las siguientes especies dominantes que, evidentemente, soportan suelos muy salados:

Maytenus vitis - idaea, *Cyclolepis genistoides*, *Lycium curvatum*, *Lycium spp*, *Grawoskia duplicata*, *Laphocarpinia aculiatifolia*.

El sotobosque se halla compuesto por poáceas y bromeliáceas, *Tillandsia sp* de sitios salados y en donde el tenor de sal es más alto, con costra salina de más o menos 2 cm de espesor y condiciones más extremas, aparecen sucesivamente *Sesuvium portulacastrum*, *Sarcocornia perennis* (*Salicornia ambigua*) y en condiciones más extremas, *Heterostachys ritteriana*.

Entre el matorral denso típico y los saladares hay una faja de transición conformada por el bosque xerofítico con árboles en éste caso *Bulnesia sarmientoi* aparece y debajo de este un estrato arbustivo mal achaparrado, conformado por especies que soportan la salinidad de los suelos; estas especies van siendo reemplazadas según el tenor de salinidad; así sucesivamente van apareciendo en el estrato mas bajo: *Stetsonia coryne*, *Maytenus vitis - idaea*, *Cyclolepis genistoides* y *Bulnesia sarmientoi*.

El estrato arbóreo del bosque típico va siendo reemplazado también, apareciendo *Bulnesia sarmientoi*, el "palo santo", hasta constituirse ésta especie en el único componente arbóreo de ésta faja de transición. Esto es lo que típicamente se designa como "palosantales", mencionado por primera vez con éste nombre por MORELLO & SARAVIA TOLEDO (1959), para la región del Chaco argentino, aunque HUECK (1978) menciona que formaciones puras de *Bulnesia sarmientoi* no se encuentran.

Estas formaciones se desarrollan sobre suelos con escasa posibilidad de agua, ondulados, impermeables y donde posiblemente llegue el límite de terreno inundable (SANJURJO, 1977), en tanto que MORELLO & ADAMOLI (1974) mencionan que *Bulnesia sarmientoi* aguanta cierto grado de asfixia

en los suelos, con un alto tenor de salinidad, pudiendo considerarse a éste bosque como el límite entre los ambientes inundables y no inundables; otros autores como LOPEZ et al (1987) mencionan que *Bulnesia sarmientoi* prefiere suelos bien drenados y que se encuentra siempre asociado a *Schinopsis quebracho - colorado*; el primer autor agrega que éstos bosques penetran probablemente desde el NO argentino, Chaco y Formosa, desarrollándose más hacia el O del Río Pilcomayo.

Referencias de FIEBRIG & ROJAS (1933), mencionan que los palosantales son abundantes en el área de Puerto Casado, al NE del Chaco paraguayo, 22° 20' S, 57° 55' W, en las cercanías del litoral del Río Paraguay.

Otras formas de saladares están dadas por la formación de un matorral más abierto y conformado por las siguientes especies, casi únicas:

Maytenus vitis - idaea, *Bulnesia sarmientoi*, *Stetsonia coryne*, entre las mas abundantes.

4.5.1.8 Bosques inundables

Los cambios en la geomorfología del terreno, con leves depresiones poco perceptibles sobre la superficie y los tipos de suelos con un mayor contenido de arcillas, muy impermeables, inundables algunos meses del año, a causa de las lluvias, muy compactos, estructurados y arcillosos o arcillo - limosos, del tipo gleycos tales como los gleysoles y vertisoles, hacen que se desarrollen asociaciones típicas con especies que soportan cierto grado de asfixia en los suelos.

La fisionomía de la vegetación varía de acuerdo a las especies dominantes en éstos bosques, produciendo variaciones dentro del paisaje del bosque xerofítico típico. Se caracterizan por lo general por estar dominados por una o dos especies en el estrato superior, son pobres en diversidad y en el sotobosque abundan especies de naturaleza palustre, es decir, que pueden tolerar por cierto periodo de tiempo, la inundación en los suelos; la humedad de estos también ayuda a aumentar el número de gramíneas.

Por lo general ocupan escasa superficie y en las imágenes de satélites se los detectan como pequeños puntos o manchones dentro de toda la formación xerofítica.

Las especies que aparecen dentro de estas asociaciones a veces se encuentran en ambas regiones naturales del país; como ejemplo se menciona a *Calycophyllum multiflorum*, *Salix humboldtiana* var. *martiana* y *Tessaria integrifolia* y *T. dodonaefolia*; otras si bien se hallan geográficamente en ambas regiones como por ejemplo el litoral del Río Paraguay, son consideradas especies "chaqueñas" debido a que responden a asociaciones edafobotánicas de suelos del tipo "cha-

queño “” como los mencionados más arriba; entre estas especies se mencionan a: *Copernicia alba* y *Tabebuia nodosa* y otras que aparentemente se hallan solo en la región Occidental como: *Prosopis nigra*, *P. ruscifolia*, *P. alba* y *Geoffroea decorticans*.

Atendiendo a la dominancia de las especies leñosas, se tienen las siguientes denominaciones:

4.5.1.9 Bosque claro con algarrobo (“algar-robales”)

Se desarrollan sobre suelos con depresiones o leves pendientes, impermeables y con poca disponibilidad de agua, inundables temporeramente (Fig. 36). La especie dominante y casi única en el estrato superior es el “algarrobo negro”, *Prosopis nigra* y en casos menos abundantes aparecen:

Caesalpinia paraguariensis, *Tabebuia nodosa*, *Phyllostyllum rhamnoides*, *Acanthosyris falcata*.

No siempre desarrolla estrato arbustivo pero eventualmente pueden aparecer algunas especies tales como: *Parkinsonia aculeata*, *Caparis tweediana*, *Celtis pallida*, *Coccoloba spinescens* y *Ziziphus mistol*.

El sotobosque es predominantemente ralo y con especies que soportan inundaciones periódicas, tales como:

Solanum glaucophyllum, *Senna pendula*, *Stemodia palustris* y *Ruellia tweediana*.

HUECK (1978) y ESSER (1982) mencionan que el sotobosque del algarrobal es denso, en donde las bromeliáceas como *Bromelia* y *Dyckia* ocupan grandes extensiones en el suelo, entre los árboles; ESSER (1982) menciona además que son abundantes las lianas entre las que se destacan malpigíáceas, asclepiadáceas y menispermáceas.

Sin embargo, las bromeliáceas no han sido

vistas como componentes de este tipo de bosque, sí las lianas.

LOPEZ GOROSTIAGA (1984) menciona a éste bosque como un “campo con matorral” adaptado a las depresiones del terreno; menciona además que ocupan suelos originariamente cubiertos por *Copernicia alba* y en donde el tenor de precipitación es menor e inician el proceso de sucesión vegetal hacia la formación del bosque heterogéneo.

Según SPICHIGER et al. (1991), éstos bosques colonizan suelos con régimen hídrico muy contrastado a lo largo del año, secos en invierno y húmedos en verano; CABRERA (1976) menciona que éstas comunidades habitan suelos bajos, fácilmente inundables y con horizonte superior destruido; CABRERA



Fig 35: *Espartillar*



Fig 36: *Algarrobal*

(1976) y LEWIS et al. (1981) mencionan que cuanto más elevada es la alcalinidad del suelo, más grande es la suplantación de *Prosopis alba* por *Prosopis nigra*; sin embargo, en suelos similares, se han encontrado en otras áreas formaciones puras de *P. alba*.

Otros autores como MORELLO & SARAVIA TOLEDO (1959) mencionan que éstas formaciones higrófilas dependen de la napa freática y que los algarrobales suplantarian al bosque de *Schinopsis balansae* cuando la napa freática se encuentre a menos de 18 cm; ESSER (1982) menciona lo mismo diciendo que siempre éstos bosques se desarrollan en las cercanías de pantanos, bosques de ribera y lagunas temporarias, debido a la necesidad del freático; en el Chaco Central y O, área de abundancia de los algarrobales en el Chaco paraguayo, sin embargo, en todas las calicatas realizadas en algarrobales, la napa freática a estado siempre a más de 1 m de profundidad; las lagunas son raras o no existen y menos aún los pantanos.

HUECK (1978), menciona que el bosque de algarrobo es característico de las zonas secas y halófilas y que aparecen en las regiones más desfavorables ecológicamente, con precipitaciones que descienden al mínimo, con menos de 500 mm anuales o porque los suelos se vuelven más salobres, a veces cubiertos por una costra de sal; agrega que cohabita con espinosas como *Prosopis ruscifolia*, *Stetsonia coryne*, *Opuntia quimilo* y especies de *Acacia* y *Mimosa*. En el Chaco paraguayo, éstos bosques soportan mayores niveles de precipitación, alrededor de 900 - 1000 mm y en periodos de sequía pueden soportar unos 3 - 6 meses sin agua y se los ha observado en estado prácticamente puros. MORELLO & ADAMOLI (1974), incluyen a *Prosopis nigra* como una especie invasora del Chaco argentino y no dando una definición concreta del hábitats de éstos algarrobos.

Estos bosques son muy abundantes hacia el centro

del Chaco y forma masas densas a la altura de Tinfunké, 23° 48' S, 60° 25' W y Tres Marías, en las cercanías de la localidad anterior. Hacia el E, Río Paraguay, se presentan formando masas discontinuas, en suelos más elevados que los palmares inundables de *Copernicia alba*, bordeando a éstos.

Más hacia el O, en el área cercana al Río alto Pilcomayo (Mayor Gardel, Mayor Infante Rivarola, Pozo Hondo y Pedro P. Peña), se presentan también éstos bosques inundables de "algarrobo", siendo la especie en este caso *Prosopis alba*, el "algarrobo blanco", especie que asociada a otras, se desarrollan sobre las barrancas del Río Pilcomayo.

Tal vez la dominancia hacia el O de *Prosopis alba* sobre *P. nigra* más al centro, se deba a algún factor edáfico, teniendo en cuenta la dominancia de los limos hacia el O y las arcillas hacia el centro.

En efecto, el factor edáfico parece ser el limitante puesto que en las asociaciones vegetales también *Prosopis nigra* se diferencia de *P. alba*; así, mientras que *P. alba* se asocia con *Vallesia glabra* y *Solanum argentinum*, afincándose en las barrancas altas del Río Pilcomayo, *P. nigra* se asocia a otras especies higrófilas tales como: *Cathormion polyanthum*, *Calycophyllum multiflorum* y *Phyllostylon rhamnoides* y *Tabebuia nodosa* (Fig. 37).

4.5.1.10 Matorral con labón ("labonales")

Se desarrollan en las mismas condiciones que el anterior, sobre suelos impermeables, arcillosos y con inundación temporaria (Fig. 38); la especie dominante es en éste caso *Tabebuia nodosa*, el "labón", a veces el único componente o acompañado por *Calycophyllum multiflorum*, *Phyllostylon rhamnoides* o *Cathormion polyanthum*, entre otras; son muy abundantes en el centro - E del Chaco.

En el estrato herbáceo aparecen *Senna pendula* var. *paludicola*, *Ruellia tweediana* y *Solanum glaucophyllum* entre otras.

CIF - GTZ (1991), menciona que los labonales se desarrollan sobre "raleras", correntadas, zonas inundables y depresiones, asociadas frecuentemente a *Bulnesia sarmientoi* y *Phyllostylon rhamnoides*; esto último ha sido constatado en no pocas oportunidades; sin embargo, *Bulnesia sarmien-*

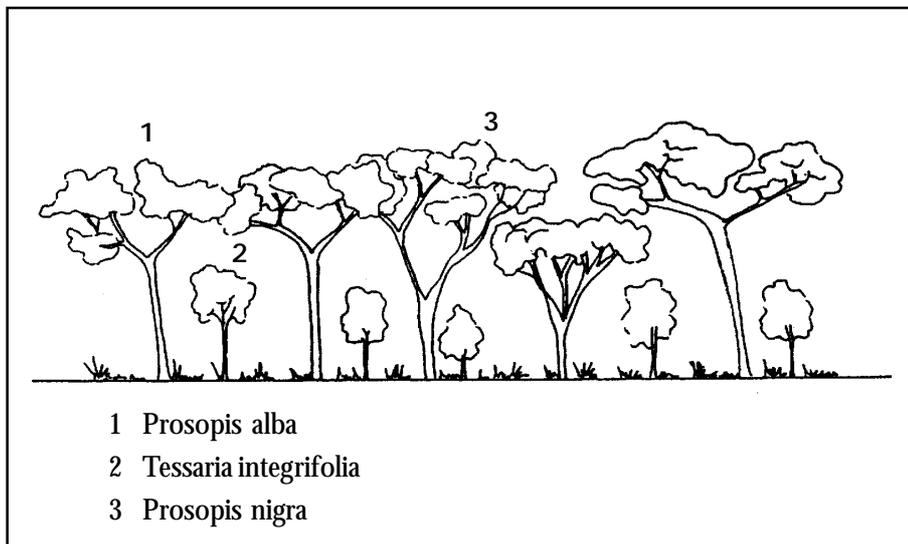


Fig. 37: Algarrobal con *Prosopis alba* y *Prosopis nigra*

toi, el “palo santo”, se caracteriza por ser una especie que, si bien coloniza suelos inundables, son por lo general muy salobres y se encuentran rodeando a los “saladares”.

También SPICHIGER et al. (1991) mencionan la misma asociación de *Bulnesia sarmientoi* y *Tabebuia nodosa* y lo denominan “matorral higrófilo”, agregando que se desarrollan sobre suelos arcillosos e inundables temporariamente y que en sus formas extremas puede llegar a constituir unas formas extremas de Cactáceas denominada “cardonal”; si bien ésta asociación “palosantal - cardonal” es común con condiciones extremas xeromórficas, *Tabebuia nodosa* y *Ruprechtia triflora* están ausentes.

LOPEZ GOROSTIAGA (1984) menciona que *Tabebuia nodosa* aparece en aquellos sitios en donde el modelado fluvial actúa con una mayor intensidad y eventualmente puede aparecer sobre suelos salobres; también agrega que forma parte de las especies que se desarrollan dentro de cualquier matorral que crece en áreas inundables.

Tabebuia nodosa es también una especie que habita en el bosque xerofítico denso, en las partes más húmedas, así como también en las sabanas inundables del Chaco húmedo, en forma aislada.

4.5.1.11 Bosques higrófilos con palo blanco (“paloblancales”)

Son bosques desarrollados en condiciones similares a los anteriores citados, con inundación prolongada que en años lluviosos sobrepasa los 6 meses; la especie dominante es *Calycophyllum multiflorum*, el “palo blanco”, a veces acompañado por *Phyllostylon rhamnoides* y *Tabebuia nodosa* (Fig. 39).

Son muy abundantes hacia el área de las colonias Mennonitas: Neuland, Chaco Central y sus alrede-



Fig. 38: Labonal



Fig. 39: Palo Blanco

dores; el estrato herbáceo es similar al de los anteriores (Fig. 40).

LOPEZ GOROSTIAGA (1984) menciona que los “paloblancales” se desarrollan sobre las “cañadas” como agrupaciones de especies forestales del tipo galería, en algunos puntos de concentración de la escorrentía, en cauces más o menos organizados; agrega que pueden formar un bosque denso en donde es menos intensa la acción de los derrames fluviales; menciona que *Chlorophora tinctoria*, *Pisonia zapallo*, *Pterogyne nitens*, *Cathormion polyanthum* y *Phyllostylon rhamnoides* son acompañantes habituales de éstas formaciones.

Es probable que algunas de las especies mencionadas aparezca, en particular *Phyllostylon rhamnoides*, y otras como *Cathormion polyanthum*, *Chlorophora tinctoria*, *Sapindus saponaria* y *Pisonia zapallo*, ya que

soportan inundaciones periódicas, no así *Pterogyne nitens*, ya que se desarrollan en los “espartillares” arenosos no inundables y con suelos altamente permeables.

CIF - GTZ (1991) menciona que *Calycophyllum multiflorum* forma parte de los bosques de galerías acompañados por las especies mencionadas en el párrafo anterior a las que agrega *Gleditsia amorphoides* y *Enterolobium contortisiliquum*, distribuyéndose preferentemente sobre fluvisoles.

Sin embargo, estas son asociaciones típicamente edáficas desarrolladas sobre los tipos de suelos mencionados anteriormente; los fluvisoles denominados por este autor, tienen completamente otra característica, albergando a especies que componen una vegetación ribereña de cursos activos, tales como: *Bauhinia bauhinoides*, *Crataeva tapia*, *Sapium haemospermum* y *Bergeronia sericea*, entre otras.

SPICHIGER et al. (1991), también cataloga a éstos bosques dentro de la categoría de “bosques higrófilos de galería”, agregando que gracias a los cursos de agua, éstas formaciones penetran en regiones mucho más áridas que la zona de origen, agregando que se desarrollan en el N y en el S y son menos frecuentes en la parte central del Chaco seco. Si bien están presentes en el Chaco bajo, SE y E, las áreas más densas y de poblaciones más puras es justamente el Chaco Central.

4.5.1.12 Matorral con chañar (“chañarales”)

Se desarrollan en las mismas condiciones que los anteriores, es decir, sobre suelos inundables e impermeables, arcillo - limosos y a diferencia de los anteriores, bastante salobres del tipo solonetz y planosoles. Formando rodales puros, abundan hacia el centro y O, en el área de inundación del Río Pilcomayo y su zona de influencia y prácticamente desaparecen como manchones monoespecíficos hacia

el Chaco Central N y E, en donde se los encuentra más frecuentemente como individuos aislados.

La especie preponderante en éste bosque es *Geoffroea decorticans*, el “chañar” que, cuando no forma poblaciones muy puras, se encuentra frecuentemente acompañado por *Caesalpinia paraguariensis*, *Prosopis alba* y *Capparis tweediana*. Como se trata de un bosque inundable, su estrato herbáceo es pobre y adaptado a dichas condiciones; algunas especies dentro de éste estrato son: *Phyla reptans*, *Solanum glaucophyllum*, *S. chacoense*, *Neptunia pubescens* (si hay inundación), *Ruellia tweediana* y *Aster sp* y por lo general no disponen de ninguna cubierta vegetal sobre las capas superiores del suelo.

MORELLO & SARAVIA TOLEDO (1959) mencionan que ésta comunidad forma parte del bosque denominado de “perirepresa” acompañados por *Prosopis alba* y *P. nigra*, en áreas en donde hay asentamientos ganaderos; éste cinturón de “perirepresa” fue observado frecuentemente en el Chaco Boreal, también en zonas ganaderas, sobre suelos removidos, inundables, en borduras de las represas y tajamares.

LOPEZ GOROSTIAGA (1984) menciona que *Geoffroea decorticans* se ubica sobre las “raleras”; éstas se constituyen en una suerte de depresiones poco marcadas que acumulan agua por escurrimiento superficial, RAMELLA & SPICHIGER (1989), acompañada por *Prosopis alba*, *Tabebuia nodosa*, *Prosopis nigra* y *Caesalpinia paraguariensis*, todas especies de áreas inundables, no formando bosques puros.

SPICHIGER et al. (1991) añade que éstas formaciones forman fajas alrededor de las áreas inundadas, como bosques en galería o en las orillas de esteros y pantanos, siendo poco frecuentes en el Chaco seco; de hecho, lo considera como “unidades zonales” dentro de las formaciones del Chaco húmedo; en realidad, *Geoffroea decorticans* se encuentra en forma aislada en éste Chaco, lo mismo que *G. striata*, más escasa; los bosques puros se hallan en el centro y centro O.

los bosques puros se hallan en el centro y centro O.

CIF - GTZ (1991) menciona a éste bosque como un “matorral de inundación” y sujeta a inundaciones temporales, compartiendo con otras especies como *Geoffroea striata*, *Prosopis ruscifolia* y *Prosopis sp*; agregan que abarca una superficie aproximada de 1 018 520 has, lo que equivale a un 4.13% del territorio.

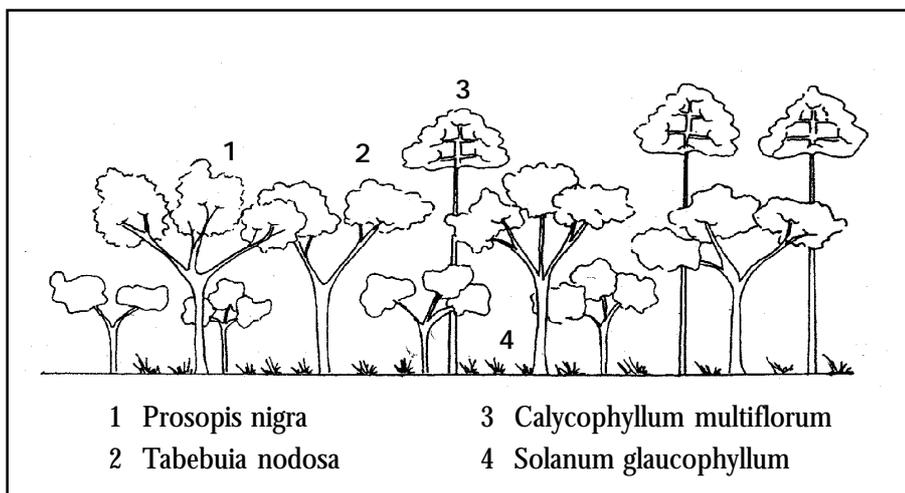


Fig. 40: Paloblanco (*Calycophyllum multiflorum*)

Como se dijo en el párrafo anterior, *Geoffroea decorticans* es particularmente abundante hacia el O, en el área de influencia del Río Pilcomayo, en donde la textura limosa domina en los suelos. Según las observaciones registradas en estas áreas, las poblaciones de *G. decorticans* colonizan suelos abandonados por otras especies como por ejemplo *Tessaria integrifolia*.

En efecto, los bancos arenosos y recién conformados son colonizados rápidamente por *T. integrifolia* y menos abundantemente por *T. dodonaefolia* y *T. ambigua*. A medida que se produce la colmatación del mismo y estos suelos se consolidan, otras especies van reemplazando a *T. integrifolia*, tales como: *Salix humboldtiana* var. *martiana* y *Geoffroea decorticans*. En ambos casos, se conforman nuevas poblaciones puras.

G. decorticans es una especie colonizadora de suelos húmedos, ya consolidados y ricos en limos, muy agresiva en el Chaco Boreal (MERELES & DEGEN, 1997).

4.5.1.13 Matorral con vinal ("vinalares")

Estos matorrales inundables se desarrollan también en condiciones similares a los anteriores, vale decir sobre suelos inundables temporariamente, pero más salados, con dominancia también de solonetz y planosoles. La especie dominante y a veces única componente del bosque es *Prosopis ruscifolia*, el "vinal", que se constituye en especie colonizadora de éstos suelos, (MERELES & DEGEN, 1997) en particular en aquellas áreas en donde el bosque primitivo ha sido modificado (principalmente palosantales con *Bulnesia sarmientoi*).

Se desarrollan más frecuentemente entre los 22° S y 58° W sobre el área de depósito de cloruros, (MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES & PNUD, 1985). Es en ésta área en donde la acción antropógena se concentra sobre el desvío de los cauces temporarios de agua, con construcción de represas sobre los mismos, originando un proceso de salinización de los suelos y es ahí en donde *Prosopis ruscifolia* (Fig. 41), pasa a colonizar áreas de transición, desde las salobres hacia los matorrales ubicados sobre zonas con extrema



Fig 41: Vinalar

salinidad, (saladares), aunque no avanza sobre éstos, aparentemente porque *Prosopis ruscifolia* soporta un tenor máximo de sal luego del cual perece.

Se ha observado también que *Prosopis ruscifolia* es una colonizadora invasora en aquellos lugares en que las sabanas hidromórficas de *Copernicia alba* han sido alteradas por el hombre, lo que puede observarse al S de Pozo Colorado, 23°30'S, y en Palmar de las Islas, 19°30'S, 60°35'W, en aquellas áreas comprendidas entre la vegetación húmeda y los bosques de transición hacia las áreas más secas.

Según SANJURJO (1977), los "vinalares" se encuentran en el área limitante entre dos tipos de vegetación: la húmeda y la que se encuentra en transición hacia el bosque seco. En realidad es muy abundante hacia el litoral del Río Paraguay y centro del Chaco, en el límite Sur de las colonias Mennonitas.

Como resultado de éstas observaciones, se considera a *Prosopis ruscifolia* como una especie invasora pero al mismo tiempo pionera en la restauración de las formaciones leñosas y cuyos bosques originan una vegetación marginal en los campos alterados por el hombre y muy ligada al factor suelo.

El sotobosque es generalmente ralo, muy pobre, con agua casi permanente, sobre todo en primavera, verano y otoño y con abundantes epífitas como: *Tillandsia meridionalis*, *T. loliacea* y *T. duratii* y con abundantes líquenes.

TORTORELLI (1954) y MORELLO (1971) mencionan que *Prosopis ruscifolia* ocupa campos con suelos rudimentarios con mucha facilidad y que, en aquellos suelos con aptitud forestal revela mucha fortaleza en la reconstitución del bosque desaparecido, agregando el último autor que ésta especie juega un rol importante en la reestructuración y restablecimiento de las

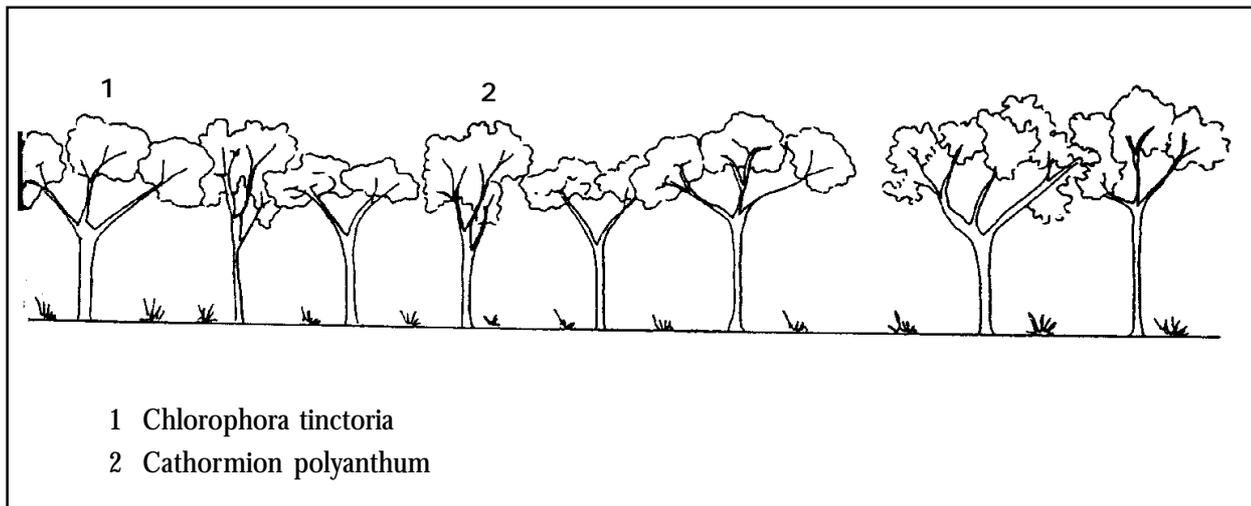


Fig. 42: Bosque de mora *Chlorophora tinctoria* y Timbo'y

relaciones funcionales entre las especies, una vez que los ecosistemas inestables van siendo reestructurados, ya sea por sedimentación natural o por procesos antropogénicos.

Su dispersión es facilitada por el ganado ya que sus frutos son muy apetecidos por los mismos, dando un tratamiento previo a las semillas al sufrir un proceso de ablandamiento dentro del tubo digestivo, (dispersión endozoófila), (TORTORELLI, 1956).

MORELLO (1971), menciona que *Prosopis ruscifolia* nunca penetra en aquellos lugares estables que alojan agrupamientos de fuerte cohesión funcional, estructural y florística, agregando que penetran con facilidad en donde existe inestabilidad por migración de cauces, por desecamiento de esteros y diversos disturbios humanos; agrega que coloniza sistemas abiertos, bien estructurados funcionalmente, pero alterados, desde banquinas hasta pastizales y cultivos abandonados.

LOPEZ GOROSTIAGA (1984), menciona que *Prosopis ruscifolia* forma parte de los matorrales

denominados de "cañadas", (antiguos cauces inundables temporamente), aunque no conformando consocios puros y acompañados por *Cathormion polyanthum*, *Chlorophora tinctoria*, *Phyllostylon rhamnoides* y menos frecuentemente, *Copernicia alba*, especies éstas que soportan inundaciones periódicas; agrega también que forma parte de los "peladares", (áreas bajas con poca cobertura vegetal), en aquellos sitios en donde los suelos presentan alta concentración salina, al igual que CIF - GTZ (1991).

SPICHIGER et al. (1991), menciona a los vinalares como "bosques xerófilos antropógenos", agregando de que se trata de una formación vegetal de sustitución (paraclímax) de las formaciones naturales, luego de un pastoreo intensivo.

4.5.1.14 Bosques higrofilos con timbó'y

Se desarrollan en las mismas condiciones que los anteriores bosques inundables mencionados, sobre suelos impermeables y ricos en contenido de arcillas;

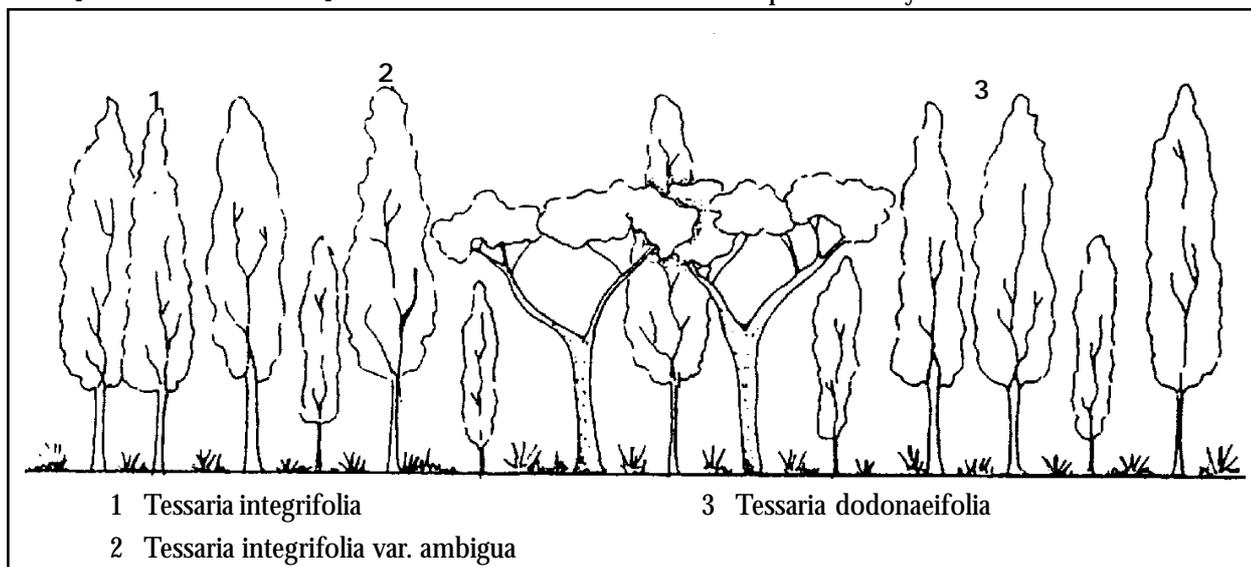


Fig. 43: Palobobal con *Tessaria* spp.

la especie dominante, en éste caso es *Cathormion polyanthum*, el “timbó’y” o “timbó del agua”, que frecuentemente se encuentra acompañada por *Tabebuia nodosa*, *Chlorophora tinctoria* y *Calycophyllum multiflorum*. Su sotobosque es ralo y pobre en especies, predominando las poáceas como *Hymenachne amplexicaulis* y las ciperáceas como *Cyperus* spp, *Rhynchospora corymbosa*, *Eleocharis nodolosa* y *Carex* sp. (Fig.42).

No abarcan grandes extensiones, predominando como manchones dentro del bosque xerofítico típico; en ocasiones, el agua que inunda el bosque puede subir a más de 1m de altura llegando la misma a la altura del fuste de algunos árboles.

LOPEZ GOROSTIAGA (1984), menciona a ésta especie como típica de los bosques de ribera del Chaco más húmedo así como los de galería; agrega que ocupa el bosque mesofítico, habitando terrenos más bien altos y cubriendo suelos bien drenados; sin embargo, *Cathormion polyanthum*, si bien puede formar masas puras o cohabitar con otras especies, lo hace por lo general sobre suelos impermeables, compactos y mal drenados.

El mismo autor agrega que habita los matorrales de cañadas junto a *Calycophyllum multiflorum*, *Chlorophora tinctoria*, *Pisonia zapallo* y *Phyllostylon rhamnoides*; como se ve, especies de suelos mal drenados e inundables.

CIF - GTZ (1991) mencionan a ésta especie como componente de los bosques de galería, asociados a las escorrentías permanentes o relictuales de agua y ocupan áreas sometidas a inundaciones temporales.

Otros consocios que aparecen frecuentemente en áreas de inundación periódicas lo constituyen aquellos conformados por *Chlorophora tinctoria*, la “mora”, *Coccoloba guaranítica* y *C. spinescens*, frecuentes al NE de Teniente Montaña y hacia el área del Río Pilcomayo, en donde son particularmente abundantes; *Sapindus saponaria*, la “casita”, que a menudo aparece formando consocios puros aunque poco frecuentes, en el Chaco Central y área de Campo Aceval, Lolita, Río Verde y poblaciones aledañas, acompaña frecuentemente éstas formaciones.

4.5.1.15 Matorral higrofilo con palo bobo (“bobales”)

Son matorrales muy típicos desarrollados en las riberas del Río Pilcomayo, formando manchones muy característicos sobre los bancos arenosos arrastrados por las aguas de dicho río, naturalmente suelos permeables e inundables (Fig. 43). La especie típica que coloniza a éstos bancos es *Tessaria integrifolia*, el “palo bobo” o también denominado “aliso”, en el Chaco argentino;

a veces está presente *T. dodonaefolia* y *T. ambigua*.

El “palo bobo” coloniza bancos limosos o arenosos nuevos, cercanos al curso de agua, cuando los mismos están consolidados, aparecen otras especies que van sucediendo a éstos bosques, especialmente árboles higrofilos como *Prosopis alba*, *Chlorophora tinctoria* y *Calycophyllum multiflorum*, entre otras.

También se instalan sobre las riberas altas cubiertas con *Sesbania virgata*, el “palo negro”, desplazando a éstos en la colonización de cauces antiguos, temporarios y bancos. En general forman consocios puros en donde *Tessaria integrifolia* y *T. dodonaefolia* son únicos componentes; más raramente, se encuentran acompañados por algunas especies de *Baccharis*, la “chirca”, apareciendo en el estrato inferior *Heliotropium curassavicum* y *Muelhembeckia sagittifolia*, así como varias especies de poáceas.

Según CABRERA (1976), las especies de *Tessaria* colonizan fácilmente los bancos de arena debido a que poseen raíces cundidoras, gemíferas, con multiplicación vegetativa, razón por la cual se propaga fácilmente formando colonias puras, además de dispersarse por semillas ya que las mismas germinan fácilmente en las arenas húmedas de los bancos de los ríos, formando verdaderos almárgos artificiales.

En cuanto a la distribución de los “bobales”, el mismo CABRERA (1976) y SANJURJO (1989) mencionan que son frecuentes en los bancos de los ríos Paraná, Paraguay y Bermejo, mientras que TORTORELLI (1956) menciona que además se encuentran en los ríos temporarios que bañan las provincias de Jujuy, Salta, Santa Fé y Corrientes. Formaciones puras en el área del Pilcomayo han sido observadas hacia Tinfunké, departamento de Presidente Hayes y más hacia el O, en las cercanías de las localidades de Pozo Hondo y Pedro P. Peña, departamento de Boquerón, 22° 25' S, 62° 20' W.

Finalmente, BURKART (1957) menciona que las especies de *Tessaria* mencionadas son invasoras recientes en éstas regiones, penetrando desde el delta del Paraná hacia el N.

4.5.1.16 Bosques higrofilos con sauces (“sauzales”)

Al igual que los anteriores bosques inundables, éste se instala sobre las dunas del Río Pilcomayo y de algunos cauces temporarios o muertos que bañan la región, sobre suelos permeables y sueltos; la especie dominante es *Salix humboldtiana* var. *martiana*, el “saucillo” que rara vez aparece formando consocios puros y es frecuente verlo acompañado con *Acacia caven*, *Sesbania virgata* y en el estrato inferior, *Solanum glaucophyllum*, *Phyla reptans* y *Polygonum punctatum*, entre otras.



Fig. 44: Palmar

Donde sí se los observa formando masas densas en las cercanías del Chaco es en el litoral del Río Paraguay, dominando la vegetación de los numerosos bancos de arena apostados a lo largo de éste río, a veces acompañado por *Pouteria glomerata*, *Ocotea aculiatifolia*, *Sapium haematospermum*, *Genipa americana* y más raramente *Triplaris guaranítica*. En el estrato herbáceo, es frecuente encontrar a *Byttneria filipes*, *Polygonum punctatum* y *Muelhembeckia sagittifolia*.

Aparentemente, éstos salicales son recientes a ésta altura del río pues más hacia el N, área del Gran Pantanal, Brasil, no se ha observado sino en forma de individuos aislados.

4.5.1.17 Matorral mixto con carandá'y

En el Chaco más xerofítico, al N, es frecuente encontrar manchones de áreas inundables ocupadas por *Copernicia alba*, el "carandá'y" o "palmera del

agua"; se desarrollan sobre suelos compactos, duros e impermeables y con alto contenido en arcillas; son inundables temporeramente. Según RAMELLA & SPICHIGER (1989), en ésta parte del Chaco, éstas formaciones se desarrollan como consecuencia de la geomorfología y la hidrología, encontrándose en depresiones inundadas durante el periodo de lluvias y que actualmente son escasas debido a que el sistema hidrológico ha cambiado, avanzando hacia el S, por lo

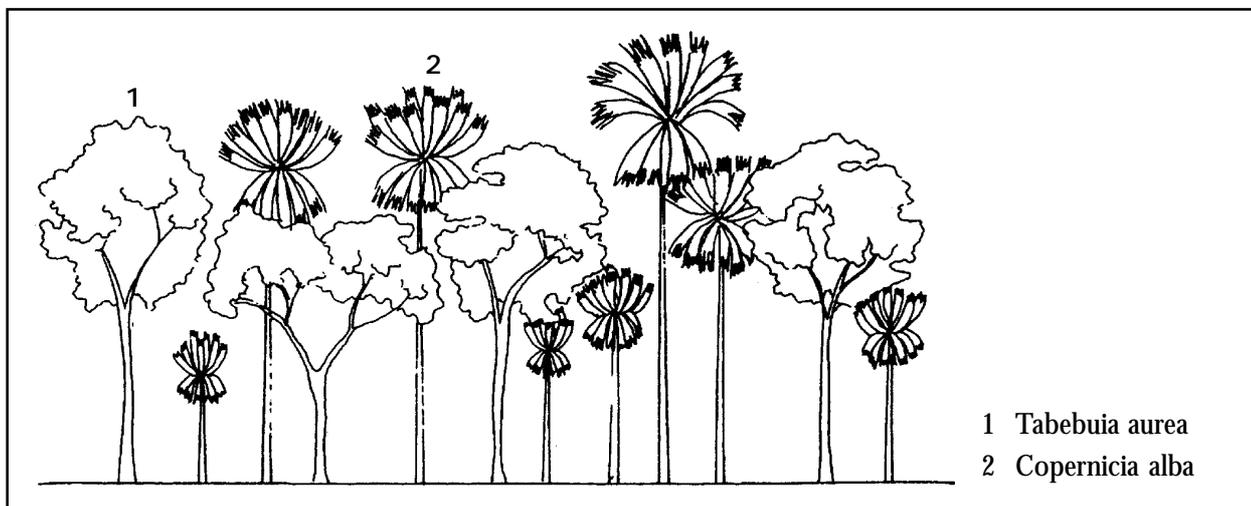
que éstos bosques de palmares podrían ser considerados como las formaciones más antiguas del Chaco y actualmente como "formaciones reliquias".

Actualmente se considera que éstos palmares se encuentran en expansión en el Chaco húmedo, debido probablemente al aumento de la napa freática en ésta parte del territorio, lo que sucede debido al aumento, en las últimas dos décadas, de las precipitaciones e inundaciones provenientes desde el Río Paraguay.

Estos palmares inundables se constituyen en el paisaje más típico del Chaco más húmedo (Fig. 44).

4.5.3 La unidad mesoxerofítica

Se desarrolla sobre un área mucho más húmeda, con inundaciones periódicas más frecuentes y por un mayor tenor en las precipitaciones, las que van hasta 1400 - 1500 m sobre el litoral del Río Paraguay, al E y el denominado "Arco de Asunción" al S y SE, por lo que a esta área se la denomina también como Chaco húmedo; los periodos de sequía son también más



1 *Tabebuia aurea*
2 *Copernicia alba*

Fig. 45: Sabanas de carandá'y y *Copernicia alba* (en transición)

cortos y las precipitaciones se producen en una forma más regular durante todo el año.

Las condiciones geomorfológicas y la textura del suelo hacen que la parte más deprimida de éste territorio se encuentre gran parte del año inundada, dando lugar a formaciones que se relacionan directamente con el factor agua; en el cuadro evolutivo, el área antiguamente regada por las aguas sería el del antiguo delta del Río Pilcomayo, hacia el Chaco Central, hoy área de paleocauces colmatados; la migración del delta continental aguas más al S, hacia el SE y la paulatina sedimentación de la gran cuenca, habría dado lugar a los paulatinos cambios en la vegetación, siendo actualmente ésta parte la considerada “más húmeda”.

Se la puede denominar como la unidad de transición, puesto que dentro de sus formaciones boscosas intercalan especies de la región Oriental del país, más húmeda y las propias del Chaco; además, los suelos también presentan una transición; en efecto, las “praderas de espartillares”, a más de los componentes arbóreos habituales como: *Tabebuia aurea*, *Jacaranda mimosifolia*, *Schinopsis balansae* y *Astronium fraxinifolium*, aparece *Copernicia alba*, un elemento típico de las sabanas hidromórficas de ésta parte del Chaco.

Los suelos son en su mayoría del tipo: gleysoles, vertisoles, solonetz y planosoles, todos ellos con dominancia de arcillas, de consistencia dura, muy compactos, con variado tenor de sal, impermeables y mal drenados.

Bosques de *Schinopsis balansae*:

Se caracteriza por la presencia dominante de *Schinopsis quebracho colorado* en el primer estrato, acompañado por: *Astronium urundeuva*, *Caesalpinia paraguariensis*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Calycophyllum multiflorum*, *Arecastrum romanzoffianum*, entre otras.

El sotobosque es denso a ralo, dependiendo de las inundaciones periódicas y se encuentran, entre otras: *Aechmea distichantha*, *Justicia brasiliana*, *Ruellia tweediana* y *Anthurium paraguariensis*, entre otras.

Sabanas hidromórficas de *Copernicia alba*:

Se inundan periódicamente y conjuntamente con los bosques de *Schinopsis balansae* y los pantanales, constituyen el denominado “mosaico” de vegetación bosque - sabana palmar - vegetación hidrófita, propio de esta parte del Chaco.

Las sabanas hidromórficas están constituidas por un solo estrato leñoso en donde *Copernicia alba* es la especie dominante, acompañada por un rico estrato herbáceo, con especies de hábitos acuático - palustres, es decir, que resisten a los periodos de inundación; sobresalen entre estas: *Echinodorus longiscapus*,

Eleocharis nodulosa, *E. contracta*, *E. elegans*, *Vernonia incana*, *Polygonum punctatum*, *Ruellia tweediana*, *Cyperus entrerrianus*, *C. rotundus*, entre otras.

Pantanales

Ocupan las áreas más deprimidas de la unidad y de la que es característica el mosaico de vegetación: bosque-sabana, palmares y pantanales. Dichas depresiones se encuentran cubiertas siempre de agua y en ellas se desarrolla la vegetación acuático-palustre, la que puede variar según sus hábitos de vida. Las especies preponderantes en estos pantanales son:

- **acuáticas flotantes:** *Eichornia crassipes* y *E. azurea*, *Pistia stratiotes*, *Azolla filiculoides*, *Salvinia sp.*, *Heteranthera sp.*, *Hymenachne amplexicaulis* entre otras.
- **acuáticas sumergidas:** *Myriophyllum sp.*, *Laurembergia sp.*, *Utricularia foliosa*, entre otras.
- **acuáticas enraizadas:** *Cyperus giganteus*, *C. odoratus*, *Schoenoplectus sp.*, *Thalia geniculata*, *Typha domingensis*, *Rhynchospora corymbosa*, *R tenuis*, *Eleocharis elegans*, *E. occidentalis*, *E. nodulosa*, entre otras.
- **palustres:** *Enhydra anagallis*, *Polygonum punctatum*, *Senna pendula* var. *paludicola*, *Oryza sp.*, *Sagittaria montevidensis*, *Pontederia cordata*, entre otras.
- **acuáticas sumergidas:** *Myriophyllum sp.*, *Laurembergia sp.*, *Utricularia foliosa*, entre otras.
- **acuáticas enraizadas:** *Cyperus giganteus*, *C. odoratus*, *Schoenoplectus sp.*, *Thalia geniculata*, *Typha domingensis*, *Rhynchospora corymbosa*, *R tenuis*, *Eleocharis elegans*, *E. occidentalis*, *E. nodulosa*, entre otras.
- **palustres:** *Enhydra anagallis*, *Polygonum punctatum*, *Senna pendula* var. *paludicola*, *Oryza sp.*, *Sagittaria montevidensis*, *Pontederia cordata*, entre otras.

4.5.4 Adaptación fisiológica de la vegetación (según MITLÖHNER, 1990)

La vegetación del Chaco refleja el gradiente de aridez a través de la distribución zonal de familias y especies de las plantas. Los límites entre las zonas de vegetación son generalmente transicionales. Ligeras variaciones de la situación de la localidad, p.ej. en la morfología, de la oferta de las aguas superficiales o contenido hídrico de suelos, las cuales en general influyen en el equilibrio salinar del suelo, modifican las asociaciones vegetales. El gradiente de aridez también es la causa de la permanente disminución de plantas perennifolios

y el aumento de plantas con regeneración vegetativa en dirección occidental. Con menores precipitaciones también disminuye la cantidad de especies.

Fenológicamente se pueden observar diferencias en épocas de sequía avanzada, cuando una parte de las plantas ya ha echado su follaje. El punto de marchitez es específico para cada especie y depende de la capacidad de succión máxima de la planta. Según WALTER (en MITLÖHNER, 1990) el contenido de Cl en el líquido celular aumenta con el aumento del contenido de NaCl en el suelo y esto hace que aumente la presión osmótica potencial de la planta. Esta siempre se encuentra por encima de la presión osmótica potencial de la solución edáfica, como consecuencia de una sobrecompensación.

La capacidad de succión potencial (en relación con la presión osmótica potencial y la presión turgente) decide, cuál de las plantas puede ocupar localidades extremas. La especie con gran amplitud de presión osmótica puede superar situaciones osmóticas extremas del suelo. Las condiciones de precipitación y de suelo en el ambiente extremo Chaco permiten solamente ciertas especies y se expresan también en la fenología de esta especie. Así se puede llegar a conclusiones acerca de las condiciones de la localidad aprovechando la característica externa.

Datos más precisos serían posibles a través de mediciones de la capacidad de succión, de la presión osmótica y a través del comportamiento de la vegetación respecto a dominancia-abundancia-frecuencia, al igual que a través de números de regeneración. Así se puede concluir que la variación de los valores de la capacidad de succión actuales y de las tensiones osmóticas potenciales de la misma planta representa un valor para la hidratación del suelo en la zona de enraizamiento.

Hay condiciones de crecimiento más favorables para especies con menor capacidad de succión en áreas con condiciones hídricas más favorables, porque invierten un contenido asimilativo relativamente alto a la superficie de asimilación en vez de invertirlo en el tronco y a las raíces. La planta se asegura a si misma un mejor aprovechamiento de la luz, mayor transpiración y, relacionado a ello, mayor formación de asimilado.

Según diferentes autores la superficie total del asimilado determina la producción de biomasa durante un período de tiempo. La cantidad de agua consumida aumenta con el tamaño de la superficie transpirante.

4.5.5 Conclusiones

Según lo observado hasta el momento, podemos decir que la vegetación chaqueña actual es el resultado de

las interacciones de los factores edáficos y climáticos. Así, sobre las dunas del noroeste, se presenta un matorral abierto con elementos florales típicos. En la zona de transición el "Bosque xerofítico sobre suelos en transición" refleja las zonas de transición de los diferentes tipos de suelo. Esto también coincide con la aparición de los derrames sedimentarios de origen fluvial, que son el resultado del antiguo delta del Río Pilcomayo.

El bosque típico, dominante en todo el Chaco más xerofítico, se desarrolla claramente sobre los suelos arcillosos y con mucha estructura. Las variantes originadas dentro de este contexto, originan las praderas de espartillares, sobre los paleocauces y los bosques inundables sobre suelos impermeables e inundables.

Al Sur de las Colonias Mennonitas se registran elementos florísticos, con la aparición de los saladares, que soportan elevados tenores de salinidad.

Al Oeste, en el área del Pilcomayo, el matorral desarrollado sobre los antiguos cauces del río, toma una fisionomía muy particular, volviéndose más abierto y con un claro dominio de elementos florísticos que soportan ambientes extremos de sequía.

Más al Sur, los mayores tenores de precipitación, determinan un cambio drástico en la vegetación, con la aparición de los bosques más altos y densos y con la presencia de elementos florísticos característicos de la Región Oriental del Paraguay, constituyéndose en una amplia área con una típica "vegetación en mosaico" entre bosques en transición y grandes sabanas de palmares.

4.5.6 Plantas medicinales del Chaco

Los estudios respecto al uso médico de plantas del Chaco fueron realizados sobre todo en el área argentina, pudiéndose mencionar sobre todo a T. MEYER (1936), R. MARTINEZ CROVETTO (1964, 1965, 1981), P. ARENAS & J.A. BRAUNSTEIN (1981) y G. GIBERTI (1981).

Respecto al Chaco paraguayo sólo hay pocas informaciones obtenidas sobre todo a través de los indígenas como conocedores y aprovechadores de estas plantas. Aquí pueden mencionarse los trabajos de P. ARENAS (1981, 1982, 1983) y de SCHMEDA (1986, 1992).

Según observaciones realizadas en los mercados de Asunción y alrededores, algunas especies son transportados a través de largas distancias para ser ofertadas en estos mercados. Se trata tanto de plantas del Chaco como también de la Región Oriental.

El Proyecto ha realizado un inventario con el objetivo de identificar las plantas del Chaco con uso medicinal

y documentar su aplicación e indicaciones.

Procedimiento

Los datos presentados fueron obtenidos de la literatura y dentro del marco de viajes al campo. Fueron colectados, determinados taxativamente y conservados en el Herbario de la Universidad (Facultad de Ciencias Químicas, UNA, Asunción). Las plantas medicinales registradas hasta ahora pueden agruparse en 29 especies y 16 familias y son descritos en la siguiente tabla. En total el número de plantas medicinales del Chaco es menor que la de la Región Oriental del

Paraguay, lo que responde a la menor diversidad de especies en el Chaco.

La medicina natural es la medicina aplicada en su mayoría por los indígenas y la población rural en el Chaco. Los colonos menonitas, sin embargo, no han aceptado esta forma de tratamiento médico por razones culturales o religiosas.

Las plantas medicinales cuyo hábitat se encuentra muy distante a los mercados son: “palo santo”, “quebracho blanco”, “guayacán” es plantas medicinales: Acacia aroma “aromita”; *Cercidium praecox* “brea” o “verde olivo” y *Ziziphus mistol* “mistol”.

Familia (ev. sub-familia) Especie	Nombre popular	Forma de preparación Utilizador (p.ej. nombre del grupo indígena)	Indicación Utilización
ANACARDIACEAE			
<i>Schinopsis balansae</i> (Engl.)	quebracho colorado	Jugo de las ramas (Mak`a)	Eliminación de lunares ARENAS (1983) SCHMEDA (1986)
<i>Sch. quebracho-colorado</i> (Schlecht.) F. Barkley & T. Meyer	quebracho coronillo	Hojas pisadas, té caliente (Lengua)	Viruela
APOCYNACEAE			
<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schdl.	quebracho blanco	Mujeres en el norte del Chaco	Asma Hemorroides Bronquitis Anticonceptivo Palidez Parásitos intestinales GATTI (1985) investigado respecto a efectos terapéuticos. Aplicación como diurético y sialogogo
ASTERACEAE			
<i>Cyclolepis genistoides</i> D. Don.	Palo azul	La planta se corta, se pisa y se toma como té caliente o frío	Dolor de riñones Contusiones en los huesos
BIGNONIACEAE			
<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don. <i>Tabebuia aurea</i>	- caroba - jacarandá paratodo (por sus múltiples posibilidades de uso)	Cáscara Cáscara picada y colada (Mak`a) Té caliente o en el mate	Astringente Gérmenes sépticos en el estómago- Enfermedades febriles Varicela ARENAS (1983) SCHMEDA (1986) antiinflamatorio
CAPPARACEAE			
<i>Capparis retusa</i> Griseb.		Cáscara colada con agua fría o caliente	Varicela (ARENAS, 1983; SCHMEDA, 1986)
<i>Capparis speciosa</i> Griseb.	payaguá naranja	Cáscara pisada hervida (Mak`a)	Extracción de espinas ARENAS (1983) SCHMEDA (1986)

Familia (ev. sub-familia) Especie	Nombre popular	Forma de preparación Utilizador (p.ej. nombre del grupo indígena)	Indicación Utilización
CARICACEAE			
Jacaratia corumbensis O. K.	Yby'á	Jugo de las raíces	Molestias estomacales e intestinales SCHMEDA (1986)
CELASTRACEAE			
Maytenus illicifolia Mart. ex Reissek	cangorosa	Cáscara de la raíz	males cancerosos
Maytenus vitis idaea Griseb.	- yagareté nambí - Lengua yuky	Hojas coladas con agua fría o caliente (población rural)	Dolores de garganta
EUPHORBIACEAE			
Cnidoscolus vitifolius Mill. ex Pohl. var. cnicodendron (Griseb.) Pax.		Hojas	anestésico analgésico (Efectos hasta 7 días)
LEGUMINOSEAE Mimosoideae			
Acacia aroma Gill. ex Hook. & Arn.	aromito	Flores hervidas Flores coladas Habitantes del norte del Chaco	Antigripal Antitusivo
Pithecellobium scalare Griseb.	tataré	Raíces coladas agregado al agua	apetitoso en caso de enfermedades parasitarias
Prosopis kuntzei Harms	carandá	Las frutas se colocan entre dientes dolorosos	Dolor de dientes ARENAS (1981)
Acacia farnesiana	carandá	Cáscara (contiene tanino)	Astringente GATTI (1985)
Prosopis nigra Griseb.	algarrobo negro	Se pisa y se cola la cáscara con agua fría Población rural	Reducción del Colesterol
Prosopis ruscifolia Griseb.	Viñal	Hojas coladas con agua fría o hojas hervidas	Reducción de los triglicéridos
Caesalpinoideae			
Bauhinia bauhinoides (C. Mart.) J.F. Maclar	Pata de buey-í	Hojas	Refrescante
Caesalpinia paraguariensis (D. Parodi) Burkart	Guayacán	Frutas molidas Cáscara	Analgésico (dientes) ARENAS(1983) SCHMEDA(1986) Disenteria Diarrea en gral
Cercidium praecox (Ruiz & Pavón) Harms	- verde olivo - brea	Resina de las ramas	Bronquitis
Parkinsonia aculeata L.	verde olivo	Hervido	Antifebril
PAPILLONOIDEA			
Geoffrea decorticans (Gill. ex Hook. & Arn.) Burkart	chañar	Hojas y cáscara hervidas con azúcar quemado	Calambres

Familia (ev. sub-familia) Especie	Nombre popular	Forma de preparación Utilizador (p.ej. nombre del grupo indígena)	Indicación Utilización
MORACEAE			
Clorophora tinctoria (L.) Gaud. ssp. mora (Giseb) Hass.	mora	Hojas hervidas	Diarrea
OLACACEAE			
Ximena americana L.		Mak´a del Chaco	Enfermedades venéreas ARENAS (1983)
POLYGONACEAE			
Ruprechtia triflora Griseb.	Guaimí piré	Se fuman las hojas	Asma
RHAMNACEAE		Cáscara colada como bebida (Mak´a)	Varicela SCHMEDA (1986)
		Habitantes en el norte del Chaco	Diarrea
		Población rural	Antitusivo
Ziziphus mistol Griseb.	Mistol	Colado en agua y expuesto al sol	Caspa
SAPINDACEAE			
Sapindus saponaria L.	Casita	Aceite de la semilla	Quemaduras del sol, entre otras LOPEZ et al. (1987)
RUBICEAE			
Calycophyllum multiflorum Griseb.	palo blanco	Cáscara	Tónico Fiebre LOPEZ et al. (1987)
ZYGOPHYLLACEAE			
Bulnesia sarmientoi Lorentz ex Grisab.	palo santo	Habitantes del Chaco	Heridas de la piel LOPEZ et al. (1987)
		Cáscara hervida (Lengua)	Malestares estomacales ARENAS (1981)
		Aserrín, madera pulverizada (Mak´a)	Ablandador para el tratamiento de heridas SCHMEDA (1986)
		Aserrín colado con alcohol	Molestias reumáticas PAVETTI et al.(1988)

4.6 FAUNA

4.6.1 Parte Paleontologica

4.6.1.1 Antecedentes en Paraguay

Las planicies del Chaco paraguayo y las áreas próximas a Asunción siempre fueron consideradas como cubiertas en su mayoría por depósitos pleistocénicos (HOFFSTETTER 1978; MARSHALL ET AL. 1984; TONNI & SCILLATO - YANÉ, 1997). HARRINGTON (1956) da a conocer una breve lista de la fauna fósil de Paraguay en la que incluye los escasos restos de Glyptodontidae y Megatheriidae conocidos hasta ese entonces de las cercanías de Asunción.

En 1978 Hoffstetter da a conocer la fauna de mamíferos de dos localidades paraguayas (Riacho Negro al N de Asunción y General Bruguez a 180 km al ESE de la misma). Los taxones reconocidos por él son:

Faunas más antiguas (terciarias) no han sido reportadas, como tampoco más modernas (holocénicas).

4.6.1.2 Hallazgo y determinación de los fósiles de Filadelfia (Chaco)

Durante la excavación de dos diferentes tajamares (T1 y T2) en la zona de Filadelfia fueron encontrados restos pertenecientes a dos glyptodontes. Ambos ejemplares son asignables al mismo género, *Sclerocalyptus* Ameghino 1891, cuya distribución temporal se extiende con seguridad desde el Uquiense (Plioceno superior-Pleistoceno inferior) hasta el Lujanense (Pleistoceno superior-Holoceno inferior). Los restos consistían en dos corazas dorsales prácticamente completas, una de ellas con el estuche caudal. Luego de la extracción sólo se pudo conservar una coraza parcial con el estuche caudal en perfecto estado de conservación.

El género *Sclerocalyptus* está representado por cuatro especies durante el Ensenadense (Pleistoceno): *S. ornatus* (OWEN 1845), *S. pseudornatus* Ameghino 1889, *S. perfectus* H. Gervais y Ameghino 1880, *S. scrobiculatus* Burmeister (en AMEGHINO 1889) y por una en el Lujanense: *S. migoyanus* Ameghino 1889.

La determinación específica de los restos de Filadelfia es relativamente compleja debido a que la coraza parcial que se conservó muestra su cara externa contra el sedimento que aún la contiene. Afortunadamente, el tubo caudal se encuentra en perfecto estado de conservación y tal vez permita una aproximación mayor en un futuro cercano.

La presencia de *Sclerocalyptus* indicaría una afinidad faunística con las típicas asociaciones australes.

Además, este género no ha sido encontrado en alturas, muy por el contrario se asocia a tierras bajas (MARSHALL et al. 1984) y probablemente ambientes con vegetación no muy cerrada.

Diversos restos óseos pertenecientes a estos ejemplares fueron datados en los laboratorios de Hannover, Alemania (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (NLFB)). Dichas dataciones arrojaron una antigüedad de aproximadamente 7.070 años. De esta manera, los glyptodontes de los alrededores de Filadelfia se convirtieron en los restos más recientes reconocidos para el género y en uno de los pocos ejemplos de supervivencia de la megafauna sudamericana más allá del final del Lujanense (aproximadamente 10.000 años). Solamente se conocen otras cuatro especies que sobrevivieron el final de esa edad, un armadillo (*Eutatus seguini*), un glyptodonte (*Doedicurus clavicaudatus*) y dos tardigrados (*Myloodon listai*, *Megatherium americanum*), todas ellas en Argentina (CARLINI & SCILLATO - YANÉ, ms).

En Filadelfia se prepararon los restos T1 y T2.

T1: este toco contenía una porción incierta de una coraza, ya que en el momento del descubrimiento estuvo casi completa pero fue saqueada y prácticamente destruida la totalidad de la parte expuesta. Sin embargo, al continuar la excavación perimetral, se observaron otras piezas del mismo ejemplar lo que motivó su extracción definitiva. El toco correspondiente tenía una camisa de fibra de vidrio y resina náutica de aproximadamente un centímetro de espesor, por lo que fue necesario una sierra circular para cortarla. Una vez abierto se comenzó con la remoción del barniz que había sido aplicado en el momento de la extracción; esta tarea demandó unas cuatro horas de trabajo.

Terminada la remoción, se comenzó a reforzar el fósil y el sedimento próximo que lo contenía con laca y thinner 1:4, de manera tal que penetrara profundamente.

Lo que en un principio parecía ser el borde de la coraza resultó ser el corte de la misma a nivel de la línea media dorsal, por lo tanto se removió el sedimento que la cubría. Al mismo tiempo se fue restaurando el estuche caudal, que también se conservó y en perfecto estado. Esta pieza es de suma importancia ya que permitirá una aproximación sistemática mayor.

El fósil quedó parcialmente preparado en la camisa y el sedimento que lo contenían. El motivo fue la extremada fragilidad del espécimen (por su escasa mineralización) y la intención de que los restos cumplieran con una función didáctica, mostrando a los pobladores como son y de qué manera se ven los fósiles en los sedimentos portadores.



Fig. 46: *Hydrochoerus Hydrochaeris*, "Carpincho"

Sobre placas aisladas de la coraza, tomadas en el momento de la extracción, se realizó una datación de ^{14}C que arrojó una fecha aproximada de 7000 años (M. Geyh, NLFb, Hannover). Debido a la preocupación de una eventual distorsión de los resultados originales por agentes externos, se tomó otra muestra (#PA 96 - 18) que le fue enviada para una segunda datación. Una vez realizada, sus resultados fueron desechados por ser considerados poco confiables debido al alto grado de contaminación

La preparación total demandó unas 25 horas de trabajo.

T2: originalmente este toco contenía una coraza invertida que, seguramente, se había preservado en sus 2/3 partes superiores.

Debido a la fragilidad de la camisa practicada, a las paredes subparalelas de la misma y al hecho de haber estado sumamente mojado el sedimento en el momento del corte del toco, el mismo se fracturó en numerosas partes involucrando seriamente al fósil en cuestión.

En definitiva, se pudo rescatar solamente una porción articulada de la coraza correspondiente a la zona inmediata superior a la escotadura caudal. Del resto del fósil se conservaron unas falanges y algunas placas sueltas.

que presentaban las muestras.

La preparación total demandó unas 12 horas de trabajo.

El resto correspondiente al T1 fue preparado con un sentido principalmente didáctico ya que no se removió del sedimento que lo portaba y se resaltó la superficie interna de la única porción de coraza que se conservó y la totalidad del estuche caudal.

El toco T1 terminado fue transportado hasta el Museo Jacob Unger de Filadelfia.

4.6.1.3 Fauna de Areemb'y (proximidades de Asunción)

En Areemb'y colaboradores del proyecto coleccionaron restos de fósiles que fueron determinados también en La Plata.

Testudinidae indet.

Crocodylidae indet.

Cervidae: *Paraceros fragilis*

Glyptodontidae: *Panochthus* y *Glyptodon*

Mylodontidae: *Scelidodon*, *Lestodon*, *Mylodon* y *Glossotherium*

Toxodontidae: *Toxodon* sp. Recientemente, Tonni & Scillato - Yané (1997) describieron una fauna semejante a la presente, para una nueva localidad sobre el río Pilcomayo.



Fig 47: *Hyla Raniceps*

4.6.2 Fauna actual

Un mapa faunístico se realizó en el área de la Hoja Pozo Colorado que está principalmente ubicada en la zona de transición entre el Bajo Chaco y el Chaco Central. Las medias de precipitación anual varían desde los 900mm a los 1100mm y la temperatura media anual entre 23° C y 25° C. Debido a la extensión de la Hoja y a la diversidad de ambientes transicionales, se seleccionaron áreas menores de trabajo (para los muestreos de campo), que se consideraron representativas de los principales ecosistemas reconocidos. Las figuras 46 a 51 muestran unos vertebrados típicos del Chaco.

4.6.2.1 Objetivos

- Generar la información necesaria, sobre la base de los datos existentes, para desarrollar un Mapa Base de Fauna para la Hoja Pozo Colorado (SF 21 - 13, Dirección del Servicio Geográfico Militar, Paraguay), que fuera en un todo compatible con el sistema georreferenciado utilizado por el Proyecto "Sistema Ambiental del Chaco" DOA - BGR.
- Confeccionar una Base de Datos General para la fauna de vertebrados sobre la información edita general y específica, donde se contemplen todas las especies que directa o indirectamente fueron indicadas para el área de la Hoja. Incluir en dicha Base datos acerca de la ubicación sistemática, situación de vulnerabilidad, frecuencia, distribución en los diferentes hábitats y principales fuentes de consulta.
- Realizar un trabajo de campo, dentro de los límites de la Hoja, tendiente a corroborar la presencia/ ausencia de las diferentes especies de vertebrados prevista según la Base de Datos General realizada previamente. Relacionado con dichos trabajos de campo, ajustar las diferentes técnicas de relevamiento faunístico a los requerimientos del área.
- Analizar la congruencia entre la información de la Base de Datos General y los datos generados durante los trabajos de campo.

4.6.2.2 Inventario

Los diferentes trabajos sobre Fauna han sido realizados principalmente sobre parcialidades. Por ejemplo:

- Hayes, Floyd E. 1995. "Status, Distribution, and Biogeography of the Birds of Paraguay"
- Norman, David. 1994. "Anfibios y Reptiles del Chaco Paraguayo"
- Redford, Kent H. and John Eisemberg. 1992. "Mammals of the Neotropics, The Southern Cone"

El planteo general en todas estas importantes contribuciones ha sido presentar las características



Fig 48: *Tigrisomo Lineatum*; "Hocó colorado"

principales de los géneros o las especies, sus hábitos y requerimientos, y su distribución, unas veces areal otras puntual. En lo que atañe a las distribuciones se observa claramente que están referidas a un Departamento, una Ciudad, un Pueblo, una Ruta o algún accidente geográfico mayor. Por otro lado, debe notarse la ausencia de obras comprensivas de Peces.

El Museo de Nacional de Historia Natural del Paraguay (1996) ha editado una publicación donde figura la procedencia de los ejemplares de las especies allí depositados hasta 1995. Esta obra contempla, además de los ejemplares florísticos, a los Invertebrados, Peces, Anfibios, Reptiles, Aves y Mamíferos. A los trabajos citados se debe agregar el análisis realizado en el "Documento Base Sobre Biodiversidad" (1995) y toda la información que figura en las correspondientes listas bibliográficas, que constituye la fuente misma de los datos consignados.

4.6.2.3 Metodología

4.6.2.3.1 Diagramación de la Base de Datos General

Las informaciones existentes y las muestras colectadas fueron registradas en un base de datos general aplicable para el mapa de fauna (Hoja Pozo Colorado). Se generó diferentes columnas para la definición de los



Fig 49: *Nandayus Nenday*, "Ñanday"



Fig 50: *Paroaria coronata*, "Cardenal"

diferentes atributos. Las columnas contienen la ubicación sistemática, nombres vulgares, frecuencia, distribución (hábitat), presencia en el Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay y la referencia bibliográfica (entre paréntesis se indica el nombre de la columna en la Base de Datos).

- a) Clase, Orden, Familia, Género y especie = (idem) ubicación sistemática actualizada del taxón en cuestión.
- b) Nombre Vulgar = (N VULGAR) nombre popular de amplia difusión. Si es posible, en primer término se indican los vocablos en idioma Guaraní.
- c) Frecuencia = (FREC) indicador de la probabilidad de presencia en el ambiente propicio.
 - 1 Abundante: especie cuyos ejemplares son muy frecuentemente registrados a lo largo del día.

- 2 Común: especie cuyos ejemplares son registrados frecuentemente a lo largo del día

- 3 No común: especie cuyos ejemplares son registrados eventualmente a lo largo del día.

- 4 Rara: especie cuyos ejemplares son registrados con baja probabilidad luego de varios días de observación o trapeo.

- 5 Hipotética: especie cuyos ejemplares son registrados excepcionalmente. (Las categorías I - IV se consignaron exclusivamente para las Aves).

I = con algunos registros previos a 1940 fuera de la Hoja

II = uno o dos registros modernos a 1940 fuera de la Hoja

III = con uno o dos registros previos a 1940 dentro de la Hoja

IV = uno o dos registros modernos a 1940 dentro de la Hoja

d) Estatus de Riesgo = (STA) indicador de la fragilidad de la especie, según IUCN Red List of Threatened Animals, 1996.

- e) CITES = (CITES) especies incluidas en los Apéndices I y II de la Convención Internacional sobre el Comercio de Especies de Fauna y Flora Silvestres, CITES (MAG), 1992.
- f) Pastizal = (PAS) áreas abiertas ubicadas principalmente al SSW de la hoja donde el estrato herbáceo es el dominante; incluye a los pastizales modificados y no modificados. Dentro de este ambiente se distinguen dos subambientes:
 - 1 Pastizal inundable: si se encuentra anegado durante un tiempo prolongado.
 - 2 Saladar: corresponde a las áreas de bajos inundables por cortos períodos de tiempo y donde el aumento subsecuente de la concentración salina limita el desarrollo de las especies vegetales.
- g) Espartillar = (ESP) áreas abiertas con aspecto fisonómico correspondiente a una sabana arbolada,

con cobertura graminosa dominante y con algunos árboles esparcidos. Se desarrollan principalmente sobre paleocauces colmatados.

1 Espartillar inundado: si se encuentra anegado durante un tiempo prolongado.

- h) Matorral Xerófito = (MX) áreas de bosques no inundables por períodos prolongados que se desarrollan sobre las partes altas del relieve topográfico en el W de la Hoja. Según sea la composición local de los suelos y su geomorfología permitirá el establecimiento de diferentes formaciones vegetales con una fisonomía propia. Predomina el matorral denso espinoso con suculentas y una cobertura arbórea abierta y aislada. Precipitación anual menor a 950 mm. Dentro de este ambiente se distinguen los siguientes subambientes a modo de pequeñas extensiones:

1 Pastizales secos: pequeños claros abiertos con una cobertura principal herbáceo - graminosa xerofítica.

2 Ambientes acuáticos lénticos: lagunas, embalsados, charcas, zanjas al costado de caminos y tajamares periféricos.

3 Bosque húmedo: asociados a corrientes importantes permanentes o relictuales de agua.

- i) Matorral Mesoxerófito = (Mmx) áreas de bosques no inundables por períodos prolongados que se desarrollan sobre las partes altas del relieve topográfico en el Centro y E de la Hoja. Según sea la composición local de los suelos y su geomorfología permitirá el establecimiento de diferentes formaciones vegetales con una fisonomía propia, que además responde a un mayor contenido de agua que el matorral xerofítico. Predomina el matorral con Guagui pire y con Carandilla y una cobertura arbórea abierta y aislada. Precipitación anual mayor a 950 mm (entre 1000 y 1100 mm). Dentro de este ambiente se distinguen los siguientes subambientes a modo de pequeñas extensiones:

1 Pastizal: pequeño claro abierto por deforestación

2 Ambientes acuáticos lénticos: lagunas, embalsados, charcas, zanjas al costado de caminos y tajamares.

- j) Bosque Inundable No Modificado = (BIP) cor-

responden a las áreas más prístinas de bosques húmedos de la Hoja. Se desarrollan sobre las partes bajas del relieve topográfico, con suelos compactos, impermeables por la dominancia de arcillas, e inundables temporariamente. Presentan una baja diversidad florística, con pocas especies dominantes en el estrato superior, con un sotobosque con especies palustres y un estrato herbáceo diferencialmente desarrollado. Dentro de este ambiente se distinguen los siguientes subambientes a modo de pequeñas extensiones:

1 Pastizales con palmar: pequeños claros abiertos con una cobertura principal herbáceo - graminosa y bosques de Carandá'y como única especie del estrato superior.

2 Ambientes acuáticos lénticos: lagunas, embalsados, charcas, zanjas al costado de caminos y tajamares periféricos.

3 Ambientes acuáticos lóticos: ríos, riachos y arroyos.

- k) Bosque Inundable Modificado = (BIM) áreas de bosques húmedos de la Hoja que han sido deforestados parcialmente para uso pecuario o forestal. Se desarrollan sobre las partes bajas del relieve topográfico, con suelos compactos, impermeables por la dominancia de arcillas, e inundables temporariamente. Presentan una baja diversidad florística, con pocas especies dominantes en el estrato superior, con un sotobosque modificado, un estrato herbáceo diferencialmente desarrollado y usualmente invadido por el viñal. Dentro de este ambiente se distinguen los siguientes subambientes a modo de pequeñas extensiones:

1 Pastizales con palmar: pequeños claros abiertos con una cobertura principal herbáceo - graminosa y bosques de Carandá'y como única especie del



Fig 51: *Caiman Latirostris*, "Yacaré mariposa"

estrato superior.

2 Ambientes acuáticos lénticos: lagunas, embalsados, charcas, zanjas al costado de caminos y tajamares.

l) Cuerpos de Agua = (CA) se incluyen los ambientes lénticos y lóticos, temporarios y permanentes, distribuidos en toda la Hoja, por lo tanto cubriendo también los presentes en el área de las Zonas Rurales.

1 Ambientes acuáticos lóticos exclusivamente

2 Grandes espejos exclusivamente

m) Vegetación Acuática = (VA) desarrollada sobre los Cuerpos de Agua y las tierras bajas asociadas. Las especies herbáceas higrófilas (ciperáceas, gramíneas y camalotes) son dominantes.

n) Zonas Rurales = (ZR) áreas de uso agropecuario permanente que provienen de la deforestación de ambientes naturales.

1 Asentamientos urbanos: corresponde a las áreas ocupadas por poblados o caseríos permanentes.

o) Hábitat preferencial = (HAB PF) indica la preferencia de hábitat de los individuos de la especie dentro de las áreas donde se distribuye.

p) Colección del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay: (CM) especies que tienen ejemplares conservados en las colecciones del Museo.

q) Residencia = (RES) indicador de la condición de nidificación y migración, codificado según Hayes, 1995:

BR = residente permanente

BN = nidifica en el área y migra hacia el N en invierno.

BS = nidifica en el área y migra hacia el S en verano.

IB = residente permanente introducido

NM = migrador neártico, nidifica en Aca. del Norte y migra al S en primavera, verano y otoño.

TV = nidifica en los trópicos al N de Paraguay y es un ocasional visitante.

AM = nidifica al S de Paraguay y migra al N en primavera, otoño e invierno.

r) Referencia Bibliográfica: (REF) indica las fuentes principales de donde provienen los datos volcados en las demás columnas de cada taxón respectivo. Los números que figuran en cada Grupo corresponden a las obras citadas en la Bibliografía (Punto 7 del presente informe).

Grupo A: (Peces) 3, 5, 9, 16.

Grupo B: (Anfibios) 1, 3, 5, 9, 13.

Grupo C: (Reptiles) 2, 3, 5, 9, 13.

Grupo D: (Aves) 3, 4, 5, 7, 9, 12, 15, 18, 19.

Grupo E: (Mamíferos) 3, 5, 9, 10, 17, 21.

4.6.2.3.2 Selección de los Taxones

Los taxones fueron seleccionados con un criterio de máxima atendiendo a:

- su área de distribución edita en alguna de las últimas revisiones generales del grupo;
- su área de distribución edita en las últimas revisiones de la especie;
- su presencia constatada en el Dto. de Pte. Hayes, sobre la base del documento "Colecciones de Flora y Fauna del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay" 1996;

De acuerdo a ello se elaboró la lista de 693 taxones, que consideramos máxima en cuanto al número de especies que se pueden incluir como potencialmente presentes en el área de la Hoja Pozo Colorado sobre la base de la consulta bibliográfica.

4.6.2.3.3 Base de Datos General

Utilizando las Columnas descriptas en 2.1.1. y los taxones seleccionados según 2.1.2. como Filas, se confeccionó una Base de Datos General para la Hoja Pozo Colorado atendiendo a las características editas sobre la biología de cada especie considerada y al conocimiento personal de las mismas.

4.6.2.3.4 Metodología y localidades de muestreo

Con el fin de contrastar la información que se generó durante la elaboración de la Base de Datos General y las especies que efectivamente se pueden verificar en el área de la Hoja Pozo Colorado (en la época del año en que fue visitada), se diagramó un viaje de campo con una serie de acciones predeterminadas a desarrollar. La metodología de relevamiento de Presencias/Ausencias de las especies para el área fue la siguiente:

- Para los Peces se utilizaron (dependiendo del tipo de cuerpo de agua en estudio):
 - a) red de arrastre de 15 mts;
 - b) red de enmalle nº35 de 12 metros de largo y 2 mt. de altura;
 - c) camas para los cuerpos de agua sumamente vegetados y copos manuales. Los especímenes coleccionados fueron fijados en formol 10% y conservados en alcohol 70%, rotulados y con una identificación preliminar de campo (posteriormente serán identificados específicamente en laboratorio).
- Para los Anfibios se practicó principalmente una recolección manual nocturna de adultos y juveniles; además, se recolectaron renacuajos con red de arrastre, camas y copos manuales. Los especímenes coleccionados fueron fijados en formol 10% y

conservados en alcohol 70%, rotulados y con una identificación preliminar de campo (posteriormente serán identificados específicamente en laboratorio).

- Los Reptiles se recolectaron en forma manual. Los especímenes coleccionados fueron fijados en formol 10% y conservados en alcohol 70%, rotulados y con una identificación preliminar de campo (posteriormente serán identificados específicamente en laboratorio).
- Para las Aves se emplearon métodos de observación directa con binoculares, grabación de cantos y captura con el empleo de redes de niebla y armas de fuego. Los especímenes capturados y rotulados fueron preparados como pieles y como esqueletos.
- Para los Mamíferos se emplearon métodos de observación directa o indirecta (huellas, heces, etc.), captura con redes de niebla (murciélagos), muestreo con trampas jaula de captura viva y de golpe de captura muerta, y empleo de armas de fuego. Parte de los especímenes capturados y rotulados fueron preparados como pieles y como esqueletos. Los demás especímenes coleccionados fueron fijados en formol 10% y conservados en alcohol 70%, rotulados y con una identificación preliminar de campo (posteriormente serán identificados específicamente en laboratorio).
- Además del muestreo activo, se recolectaron (o se registraron) todos los ejemplares hallados en las rutas principales y caminos secundarios recorridos y en los diferentes asentamientos humanos visitados durante el viaje.

Durante los trabajos de campo se recorrieron aproximadamente 2000 km dentro de la Hoja.

- 1 Riacho Siete Puntas y Ruta Transchaco Km 237 (Localidad ubicada sobre un CA y sus alrededores sobre BIP y BIM).
- 2 Arroyo Salado y Ruta Transchaco Km 265 (Localidad ubicada sobre un CA y sus alrededores sobre BIM).
- 3 Ruta Transchaco entre I y II (Localidad ubicada sobre un CA y sus alrededores sobre BIM).
- 4 Ramal Puerto Militar 6 km E de Pozo Colorado, sobre cruce del arroyo Paisantawa (Localidad ubicada sobre un CA y sus alrededores sobre BIP y Mmx).
- 5 Ramal Puerto Militar 16 km E de Pozo Colorado (Localidad ubicada sobre BIM y ZR; la fisonomía de Paratodo).
- 6 Puente sobre el río Verde. 23° 13' 43" S 58° 56' 04" W (Localidad ubicada sobre un CA y sus alrededores sobre Mmx y ZR).
- 7 Camino a Retiro Primera Vista. 23° 11' 55" S 58° 52' 03" W (Localidad ubicada sobre un CA y sus alrededores sobre BIM).

- 8 Camino a Retiro Primera Vista. 23° 12' 02" S 58° 53' 43" W (Localidad ubicada sobre BIP y Mmx).
- 9 Camino a Retiro Primera Vista, 15 km E de Ruta Transchaco (Localidad ubicada sobre Mmx).
- 10 Camino a Retiro Primera Vista, 3 km E de Ruta Transchaco (Localidad ubicada sobre Mmx).
- 11 Camino entre Laguna Patos y Salada. 23° 11' 47" S 58° 38' 18" W (Localidad ubicada sobre un CA y alrededores sobre BIP).
- 12 Riacho Montelindo Norte, 17 km S de Ramal General Díaz. 23° 35' 50" S 59° 32' 43" W (Localidad ubicada sobre Mmx, ZR y bañados originados por endicamiento del riacho Montelindo Norte).
- 13 Riacho Montelindo Sur, 30 km S de Ramal General Díaz. 23° 43' 09" S 59° 31' 44" W (Localidad ubicada sobre CA y alrededores sobre ESP y ZR).
- 14 Estancia Curiyú. 23° 47' 25" S 59° 44' 25" W (Localidad ubicada sobre CA, que corresponde a bañados originados por el endicamiento del terraplén del camino al casco de la misma estancia Curiyú, y sobre un BIM muy empobrecido).
- 15 Cañadón Cacique sobre Ruta Transchaco ; 23° 01' 46" S 59° 16' 33" W (Localidad ubicada sobre CA con una abundante VA y alrededores de Mmx y BIP).
- 16 Riacho Mboreví sobre Ruta Transchaco Km 298 (Localidad ubicada sobre CA y alrededores de Mmx y ESP próximos).
- 17 Laguna J. Zalazar, 23° 01' 51" S - 59° 11' 19" W (Localidad ubicada sobre CA y alrededores de BIP y BIM con ganado vacuno).
- 18 Riacho Falcón (Localidad ubicada dentro de MX)
 - 23° 03' 13" S - 59° 51' 18" W (CA con VA dentro de MX)
 - 23° 00' 31" S - 59° 49' 36" W (CA dentro de ZR en MX)
 - 23° 03' 12" S - 59° 50' 58" W (PA dentro de MX)

4.6.2.3 Resultados de los trabajos del laboratorio y del campo

4.6.2.3.1 Laboratorio

Los resultados del análisis bibliográfico fueron volcados en la Base de Datos General que se adjunta y entregada también en disquete en Exel v4.0. Esta Base cuenta con un número aproximado de más de 15.000 datos. Además, se construyó un Mapa Base de Fauna (MBF) utilizando una distribución de áreas íntimamente relacionadas con algunas de las formaciones del Mapa Base de Vegetación (MBV) 1996 ya digitalizado en el Proyecto "Sistema

Ambiental del Chaco". Las áreas del MBF son las siguientes:

- PAS: corresponde a los "Pastizales" y "Saladares" del MBV.
 ESP: corresponde a los "Espartillares" del MBV.
 MX: corresponde a los "Matorrales Densos" y "Matorrales Modificados" del MBV.
 Mmx: corresponde a los "Matorrales" del MBV.
 BIP: corresponde a los "Bosque Inundables" del MBV.
 BIM: corresponde a los "Bosques Inundables" y "Bosques Modificados" del MBV.
 CA: corresponde a los cuerpos de agua distribuidos en la Hoja.
 VA: corresponde a la "Vegetación Acuática" del MBV.
 ZR: corresponde a las áreas de "Uso Agropecuario" del MBV.

4.6.2.4.2 Registro de Aves y Mamíferos considerados Raros e Hipotéticos para el Chaco Paraguayo

4.6.2.3.2 Campo

Los registros se indicaron según las localidades de muestreo 1 a 18 descritas en el punto 4.6.2.3.4 de dicho informe. Cada presencia corresponde a la observación personal de los ejemplares, sea por métodos directos como capturas o divisajes o indirectos como huellas, heces, nidos etc. (Ver Informe Hoja Pozo Colorado, por A. A. Carlini, J. I. Noriega y H. Povedano, correspondiendo a los trabajos de relevamiento en el campo realizados entre el 13 y el 24 de Abril de 1997).

4.6.2.4 Discusión

4.6.2.4.1 Porcentajes de registro

Durante el viaje de campaña de 11 días al área de la Hoja Pozo Colorado se registraron los siguientes porcentajes de las especies previstas:

Especie		Damos a conocer
<i>Crypturellus parvirostris</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995). Especímenes colectados en los años 1933, 1936 y 1943. No contaba con registros modernos.	1 individuo en la Loc. 18, 22/4/97
<i>Nothoprocta cinerascens</i>	Sin datos para el Bajo Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 7, 17/4/97
<i>Cochlearius cochlearius</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	5 individuos en la Loc. 17, 22/4/97
<i>Accipiter striatus</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 2, 16/4/97
<i>Circus buffoni</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 5, 16/4/97
<i>Buteo polyosoma</i>	Hipotético para el Paraguay (Hayes, 1995). Sin embargo, hay algunos registros modernos (Peris et al., 1987; Contreras et al., 1989)	1 individuo en la Loc. 12, 19/4/97
<i>Falco rufigularis</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en camino a la Loc. 11, 18/4/97
<i>Lateralus melanophaius</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	2 individuos en la Loc. 12, 23/4/97
<i>Pyrrhura frontalis</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	varios individuos en los bosques húmedos del NO de la carta
<i>Aratinga leucophthalma</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	6 individuos en la Loc. 6, 17/4/97
<i>Hydropsalis brasiliana</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 18, 22/4/97, 3 individuos en la Loc. 17, 20/4/97
<i>Nyctibius griseus</i>	Raro para el Chaco (Hayes, 1995)	18 individuos entre la Loc. 6 y la Ruta Transchaco, 17/4/97, 6 individuos entre la Loc. 11 y la Ruta Transchaco, 18/4/97. Posiblemente se trate de una especie más sub-observada que rara. Todas nuestras observaciones se realizaron con reflectores durante la noche.
<i>Asthenes pyrrholeuca</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995). Sólo 1 registro moderno para el Bajo Chaco (Steinbacher 1962)	1 individuo en la Loc. 10, 17/4/97

Especie		Damos a conocer
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Rara para el Alto Chaco (Hayes, 1995)	individuos en la Loc. 18, 22/4/97. La escuchamos con cierta frecuencia en un sector de bosque húmedo del Chaco xerófilo (MX).
<i>Campylorhynchus trochiloides</i>	Rara para el Alto Chaco (Hayes, 1995)	varios individuos en la Loc. 18, 23 - 23/4/97
<i>Myrmochilus strigatus</i>	Rara para el Alto Chaco (Hayes, 1995)	varios individuos en la Loc. 18, 22 - 23/4/97
<i>Myiophobus fasciatus</i>	Hipotética para el Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 6, 18/4/97, 1 individuo en la Loc. 13, 19/4/97.
<i>Euscarthmus meloryphus</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	varios individuos en la Loc. 6, 18/4/97, 1 individuo en la Loc. 17, 20/4/97, varios individuos en la Loc. 18, 23/4/97. Posiblemente más sub-observada que rara, detectable casi exclusivamente por su canto.
<i>Myiarchus swainsoni</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995). Según el mismo autor el registro más invernal corresponde al 1º de marzo	1 individuo en la Loc. 11, 18/4/97, 2 individuos en la Loc. 6, 17/4/97
<i>Tachycineta albiventer</i>	Sin datos previos para el Chaco Paraguayo	1 individuo en la Loc. 17, 20/4/97
<i>Pachyrhynchus polychaetus</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 6, 17/4/97
<i>Myiopagis viridicata</i>	Dos registros de principio de siglo para el Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 15, 21/4/97
<i>Saltator aurantirostris</i>	Rara para el Bajo Chaco (Hayes, 1995)	varios individuos en la Loc. 17, 20/4/97, varios individuos en la Loc. 16, 21/4/97, varios individuos en la Loc. 15, 21/4/97
<i>Saltator bicolor</i>	Rara para el Bajo Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 1, 13/4/97, algunos individuos en la Loc. 13, 19/4/97
<i>Arremon flavirostris</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	1 individuo en la Loc. 11, 16/4/97
<i>Sporophila lineola</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	2 individuos en la Loc. 15, 21/4/97
<i>Cyanocitta stelleri</i>	Rara para el Bajo Chaco (Hayes, 1995)	1 pareja en la Loc. 1, 13/4/97, 3 parejas en la Loc. 4, 16/4/97, 1 pareja en la Loc. 8, 18/4/97, algunos individuos en la Loc. 17, 20/4/97
<i>Sicalis luteola</i>	Rara para el Chaco (Hayes, 1995)	individuos en la Loc. 14, 19/4/97
<i>Lutra longicaudis</i>	Hipotética para el Chaco	1 individuo en la Loc. 14, 19/4/97
<i>Andalgalomys sp.</i>	Rara para el Chaco	1 individuo en la Loc. 15, 18/4/97

A) Especies de Aves y Mamíferos que habrían iniciado sus migraciones hacia territorios de invernada

<i>Pandion haliaetus</i>	<i>Empidonomus varius</i>	<i>Tyrannus savana</i>	<i>Pluvialis dominica</i>
<i>Actitis macularia</i>	<i>Micropalama himantopus</i>	<i>Myiodynastes maculatus</i>	<i>Lasiurus cinereus</i>
<i>Crotophaga major</i>	<i>Elaenia spectabilis</i>	<i>Hirundo pyrrhonota</i>	<i>Sporophila ruficollis</i>
<i>Falco peregrinus</i>	<i>Tyrannus tyrannus</i>	<i>Artibeus jamaicensis</i>	<i>Bartramia longicauda</i>
<i>Calidris bairdii</i>	<i>Rhynchops niger</i>	<i>Empidonomus aurantio.</i>	<i>Tadarida brasiliensis ?</i>
<i>Phaeomyas murina</i>	<i>Inezia inornata</i>	<i>Riparia riparia</i>	<i>Ictinia plumbea</i>
<i>Tringa melanoleuca</i>	<i>Progne subis</i>	<i>Artibeus lituratus</i>	<i>Calidris fuscicollis</i>
<i>Tryngites subruficollis</i>	<i>Chordeiles minor</i>	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Nictinops macrotis</i>
<i>Lathrotriccus euleri</i>	<i>Legatus leucophaius</i>	<i>Ictinia mississippiensis</i>	<i>Rallus maculatus</i>
<i>Limosa haemastica</i>	<i>Sporophila minuta</i>	<i>Lasiurus borealis</i>	<i>Phalaropus tricolor</i>
<i>Coccyzus americanus</i>	<i>Sublegatus modestus</i>	<i>Progne chalybea</i>	

B) Especies con densidades poblacionales normalmente bajas en toda su geonemia.

<i>Adenomera hylaedactyla</i>	<i>Knipolegus hudsonii</i>	<i>Chlamyphorus retusus</i>	<i>Polystictus pectoralis</i>
<i>Harpohaliaetus coronatus</i>	<i>Boa constrictor</i>	<i>Gampsonyx swainsoni</i>	<i>Callicebus molloch</i>
<i>Phylomedusa sauvagei</i>	<i>Nemosia pileata</i>	<i>Priodontes maximus</i>	<i>Xenopsaris albivucha</i>
<i>Buteo albonotatus</i>	<i>Sarkidiornis melanotos</i>	<i>Buteo brachyurus</i>	<i>Panthera onca</i>
<i>Dryocopus schultzi</i>	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	<i>Murciélagos varios *</i>	<i>Sarcoramphus papa</i>
<i>Cheloidis chilensis</i>	<i>Chondrohierax uncinatus</i>		

C) Especies de comportamiento críptico u oculto; en el caso de las aves son generalmente detectables por sus cantos (silenciosas durante la época post-reproductiva coincidente con los trabajos de campo)

<i>Amphisbaenidae</i>	<i>Eudromia formosa</i>	<i>Ixobrychus involucris</i>	<i>Porzana flaviventris</i>
<i>Asio clamator</i>	<i>Felis spp.</i>	<i>Leptotyphlopidae</i>	<i>Rostratula semicollaris</i>
<i>Chlamyphorus retusus</i>	<i>Holochilus brasiliensis</i>	<i>Lygodactylus wetzeli</i>	<i>Scapteromys tumidus</i>
<i>Crypturellus tataupa</i>	<i>Homonota horrida</i>	<i>Nothura boraquira</i>	<i>Trogon curucui</i>
<i>Crypturellus undulatus</i>	<i>Ixobrychus exilis</i>	<i>Porzana erythroptis</i>	<i>Typhlopidae</i>
<i>Ctenomys spp.</i>			

D) Especies de pastizales no observadas por dificultades en el acceso al ambiente

<i>Alecturus risorus</i>	<i>Chrysochyon brachyurus</i>	<i>Felis colocolo</i>	<i>Pseudoleistes guirahuro</i>
<i>Anthus lutescens</i>	<i>Culicivora caudacuta</i>	<i>Galea musteloides</i>	<i>Sporophila leucoptera</i>
<i>Blastoceros dichotomus</i>	<i>Emberizoides herbicola</i>	<i>Lagostomus maximus</i>	

E) Especies de aves con presencia invernal en el área de estudio que durante la campaña no habrían llegado en números significativos

<i>Agrionis microptera</i>	<i>Knipolegus aterrimus</i>	<i>Phleocryptes melanops</i>	<i>Pseudocolopteryx flaviventris</i>
<i>Agrionis murina</i>	<i>Knipolegus hudsoni</i>	<i>Pooeciza torquata</i>	<i>Xolmis cinerea</i>
<i>Caprimulgus longirostris</i>	<i>Lessonia rufa</i>	<i>Pseudocolopteryx diellianus</i>	

F) Muchas de las especies que cuentan con escasos registros en el área de estudio i.e las de categorías Raro e Hipotético de la Base de Datos General

A) Especies beneficiadas por la creación de zonas abiertas en el Centro -W de la Hoja, con pastizales secos y a menudo con arbustales o árboles aislados

Akodon spp.	Cavia aperea	Falco sparverius	Zenaida auriculata
Anumbius annumbi	Colaptes carpestris	Schoeniophylax phryganophila	
Buteo albicaudatus	Elanus leucurus	Sicalis luteola	
Calomys spp.	Euphractus sexcinctus	Xolmis irupero	

B) Especies beneficiadas por la creación de arbustales bajos o matorrales en zonas deforestadas del Bajo Chaco

Cercopithecus thomasi	Oryzomys spp.	Tayassu tajacu	
Coryphospingus cucullatus	Pooecetes melanoleuca	Zonotrichia capensis	

C) Algunas especies sensibles a las modificaciones ambientales que requieren territorios importantes del ecosistema en buen estado debido a la fragilidad de sus poblaciones (reducidas o relictuales). En la mayoría de los casos es indispensable la realización de estudios intensivos para determinar con exactitud el estatus de conservación de las poblaciones :

Accipiter bicolor	Celeus lugubris	Icterus icterus	Rhinocrypta lanceolata
Alecturus risorius	Chironectes minimus	Ixobrychus exilis	Sarcorhamphus papa
Amazona aestiva	Chrysocyon brachyurus	Ixobrychus involucris	Sittasomus griseicapillus
Atelocynus microtis	Chunga burmeisteri	Panthera onca	Sporophila leucoptera
Botaurus pinnatus	Columbina squammata	Philander opossum	Strix rufipes
Bradypus variegatus	Crypturellus undulatus	Piaya cayana	Trogon curucui
Callicebus molloch	Dryocopus schultzi	Priodontes maximus	
Cariama cristata	Eudromia formosa	Pteronura brasiliensis	
Catagonus wagneri	Herpetotheres cachinmans	Ramphastos toco	

NOTA: por problemas de índole estrictamente administrativo, no pudimos contar con el 50% de los ejemplares coleccionados que, según acuerdo con las autoridades del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay, nos correspondían. Por ello las determinaciones específicas de los ejemplares de Peces, Anfibios, Reptiles y Mamíferos están sujetas a confirmación en un Informe Accesorio que se presentará luego de recibir el material.

4.6.2.4.3 Taxones no registrados

Durante el viaje, varias especies de presencia esperada en el área no fueron detectadas. Esta situación se puede explicar debido a la corta duración de la campaña y a la imposibilidad de acceder o permanecer un tiempo suficiente en los distintos ambientes reconocidos para el sector.

A continuación se enumeran algunas especies agrupadas de acuerdo a diferentes causales que intentan explicar su ausencia de registro.

4.6.2.4.4 La transformación del paisaje chaqueño y su influencia en la composición faunística

La modificación de los ecosistemas naturales en tierras destinadas a la producción agropecuaria trae como consecuencia drásticos cambios en las comunidades de flora y fauna, evidenciados por la extinción de especies y consecuente pérdida de diversidad.

Es de interés para el manejo de los recursos naturales en áreas sujetas a distintos usos de la tierra y fragmentación de hábitats poder predecir la respuesta de las especies animales a dichos cambios. Esto permitirá elaborar planes de uso sustentable que minimicen las pérdidas de biodiversidad.

La respuesta de las diferentes especies de vertebrados a las perturbaciones ambientales es variable. No siempre se encuentra una respuesta negativa; así, algunas especies se benefician con la transformación de bosques en arbustales o en pastizales; otras, toleran sin problema las alteraciones leves del ecosistema (extracción selectiva de madera o la introducción de ganado). También puede ocurrir que un ecosistema presente sectores en muy buen estado de conservación, pero con una extensión insuficiente para albergar poblaciones de especies con requerimientos territoriales amplios.

A continuación se citan algunas especies de aves y mamíferos en relación a respuestas antagónicas a la alteración ambiental:

4.6.2.5 Conclusiones

Las casi 700 especies de vertebrados previstas para el área de la Hoja Pozo Colorado demuestran la elevada diversidad faunística de una zona de intergradación entre el Alto y Bajo Chaco, con numerosos ambientes transicionales.

La metodología utilizada en el relevamiento faunístico parece ser apropiada, puesto que en 11 días de trabajo de campo en un área de 18.300km² y recorriendo 2.000km, se reconocieron el 45% de las especies previstas (numerosas de las cuales eran consideradas Raras o Hipotéticas para la zona).

El bajo porcentaje de especies de mamíferos, especialmente micromamíferos, indica la necesidad de permanencia por períodos no menores de tres días en cada localidad de muestreo.

La fragmentación antrópica del paisaje natural favorece a algunas especies y perjudica severamente a otras.

El desarrollo de este tipo de trabajos de relevamiento y mapeo faunísticos en las demás Hojas topográficas que cubren el Chaco Paraguayo proveerán a la

Administración Nacional de una herramienta invaluable en la elaboración de planes de conservación de la Biodiversidad por el establecimiento más favorable de las áreas protegidas de los Parques Nacionales.

La tareas de relevamiento faunístico promueven el desarrollo de las colecciones del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay, que se deberá convertir en el punto de referencia en los futuros estudios de la Biodiversidad de la región.

4.6.2.6 Propuesta de trabajo

Por último, sería importante comenzar con un trabajo sistemático de relevamiento faunístico, similar al desarrollado aquí a modo de breve ejemplo, especialmente para acrecentar el escaso conocimiento que se tiene de casi todas las especies consideradas Raras e Hipotéticas. Estas tareas se deberían continuar a lo largo del año, en todas las estaciones y extendiéndose al Alto Chaco hacia el NW y al Bajo Chaco hacia el SE. De esta manera se alcanzaría un conocimiento cabal de su fauna en un período relativamente breve.

4.7 SUELOS

4.7.1 Objetivos

Los trabajos edafológicos tuvieron como objetivo registrar la distribución regional de los suelos y representarla cartográficamente, por otro lado en base a los resultados obtenidos se pretende elaborar las recomendaciones para un aprovechamiento racional, teniendo en cuenta el peligro ecológico.

4.7.2 Trabajos realizados

El cuadro general más antiguo respecto a los suelos del Paraguay se encuentra en SULSONA et al. (1954), en el cual se describen también, brevemente, los suelos del Chaco. Los primeros estudios detallados del suelo y el agua subterránea en el Chaco, en especial en el área de las Colonias Mennonitas, fueron realizados por miembros del Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) y del Instituto de Edafología de Baja Sajonia (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung) en el año 1959 (BENDER, 1961; LÜDERS, 1961 y 1962). En el marco de la búsqueda de datos para el mapa mundial de suelos de la FAO existe una breve presentación de los suelos del Chaco (FAO, 1964).

Entre los estudios de suelo más recientes se debe mencionar sobre todo el trabajo de la Organización de Estados Americanos (OEA, 1985), la cual ha elaborado un mapa general de los suelos del Chaco en la escala 1:1.000.000. Además existen varios otros estudios detallados, realizados para los diferentes ministerios, sobre todo para el Ministerio de Agricultura y Ganadería y algunos estancieros. Lastimosamente muchos informes y datos no son accesibles por ser de propiedad privada.

4.7.3 Metodología del trabajo edafológico

El trabajo se inicia con la evaluación de los mapas existentes con una primera interpretación de las imágenes TM, escala 1:250.000. Aquí se aplicó como clave sobre todo la distribución e intensidad de la vegetación, en su dependencia con ciertos tipos de suelos. Mediante una comparación entre el mapa de suelo existente 1:1.000.000 (OEA, 1985) y las imágenes satelitales se pudo reconstruir en forma parcial, un trazado de límites entre los diferentes tipos de suelos.

Las unidades de la interpretación preliminar han sido verificadas a través de 225 barrenadas a mano y 525 descripciones de calicatas (ver Tab. 2). La profundidad de observación deseada se encontró cerca de 2,25 m.

Pozos de cortes		Perforaciones a mano	
Profundidad	Cantidad	Profundidad	Cantidad
< 0,6 m	1	1,0 - 1,5 m	28
0,6 - 0,8 m	9	1,5 - 2,0 m	47
0,8 - 1,0 m	45	2,0 - 2,5 m	55
1,0 - 1,2 m	119	2,5 - 3,0 m	1
1,2 - 1,4 m	96	> 3,0 m	0
> 1,4 m	29		
Suma	199	Suma	131

Tab. 2: Cantidad de los cortes edáficos y profundidad de los puntos de observación

La profundidad de las calicatas era normalmente de 1,3 m, luego se hicieron barrenadas a mano hasta llegar a 2,25 m. En muchos casos no se pudo llegar a estas profundidades porque el suelo era extremadamente duro.

Al seleccionar las localidades en el terreno han sido elegidos lugares con vegetación natural o muy poco modificada para resaltar la interrelación entre las asociaciones florísticas y los factores edáficos de la localidad.

Los datos relevados en el campo comprenden el título (coordenadas, fecha, nivel s.n.m., hoja topográfica), la localidad (material base, topografía, relieve, drenaje, inundación, vegetación) y la descripción del corte edáfico, que son registrados en un formulario estándar (ver parte: documentación) diseñado con el fin de una rápida transcripción sin errores de los datos del campo al Sistema de Información Geográfica (SIG).

Sólo de los cortes edáficos han sido tomadas muestras deterioradas de horizontes. Posterior al tratamiento (secado, trituración, tamizado a < 2mm y separación) se han enviado muestras de cortes representativos a la BGR para su análisis (ver Tab. 3). Muestras comparables han sido analizados en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Asunción, ubicada en San Lorenzo y también en el Instituto de Agronómico Nacional (IAN) de Caacupé. Gran parte

Cortes (calicatas)	136	Total P y K	123
Cantidad de muestras	626	Granulometría	457
pH (1:2,5 H ₂ O)	592	Conductividad eléctrica en el extracto saturado (ECe)	503
C orgánico	330	Contenido carbonático	215
Total N	299	Contenido de yeso	140
ClCe	564	Minerales arcillosos	46
Capacidad de intercambio catiónico	564	Mineralogía de la fracción arcilla	4
P y K disponible	390	¹⁴ C	3

Tab. 3: Cantidad de análisis de suelo realizados en la BGR

Hoja cartográfica	Puntos de observación
Mcal. Estigarribia	111
Loma Plata	58
Pozo Colorado	88
Gral Díaz	29
Gral. Garay	28
Tte. Enciso	33
Tte. Ochoa	33
SF 21-5	13
P.P. Peña	32
Escobar	5
total	430

Tab. 4: Puntos de observación por hoja topográfica a escala 1:250.000

de las mediciones de pH y ECe fueron realizados en el proyecto y/o en la Universidad. Todos los datos de campo y de gabinete fueron grabados en forma digital y están disponibles para su evaluación a través del SIG.

La clasificación de los suelos se ha realizado siguiendo las instrucciones de la FAO (FAO - UNESCO, 1988).

4.7.4 Resultados

4.7.4.1 Los suelos de las dunas en el Chaco Occidental

El área de dunas, en el Noroeste del Chaco, se diferencia de las demás regiones más hacia el Este del Chaco por su morfología claramente marcada. La misma se encuentra a una altura de 280 a 370 m s.n.m., pudiendo alcanzar 20 m las diferencias de alturas entre las crestas de las dunas y las hondonadas. El declive promedio de las faldas es del 10%, sin embargo también se han medido valores máximos de hasta 20%.

La vegetación representa un Bosque Xerofítico que se puede subdividir en matorral de crestas y sabana clara arbolada. En grandes áreas el bosque ha sido modificado por la tala de árboles (sobre todo quebracho colorado) y quemadas.

En estas áreas se observan suelos muy homogéneos, ocupando grandes superficies. La morfología levemente ondulada, apenas causa diferencias entre los suelos de las crestas y los de las hondonadas.

Los suelos en más del 90% están conformados por arena fina a arena mediana, los contenidos de arcilla no alcanzan el 5%. Los suelos son muy poco desarrollados, lo que se manifiesta en la textura monogranular y la falta de coloración o cementación. Sólo en pocas ocasiones se ha observado una estratificación en estos sedimentos eólicos.

En las áreas más altas todos los suelos están casi libres de carbonato y sal hasta una profundidad de 2 m (ECe

< 0.1 mS/ cm). Más hacia el Este, en el área de transición, los suelos limosos del Chaco Central registran un leve contenido de carbonato (< 2% de carbonato) a una profundidad de 2 m. Los valores de pH generalmente oscilan entre 6 y 7 en el horizonte A y, más abajo entre 7 y 8.

Las características más importantes del área son la poca capacidad aprovechable de los suelos, los bajos contenidos de nutrientes, la alta infiltración y la buena aireación.

Según la clasificación de suelos de la FAO estos suelos se clasifican como Arenosoles háplicos.

Debido a las escasas precipitaciones y la distribución irregular de las mismas durante el año, el área es utilizado para el pastoreo en forma extensiva. En la Estancia Calvet, cerca de Nueva Asunción, se calcula que se necesita 6 a 8 ha por animal. El agua para el abrevadero con muy bajo contenido de sal, debe bombearse desde una profundidad de alrededor de 200 m.

Debido a las condiciones climáticas sólo en años con abundantes lluvias puede practicarse la agricultura. Los cultivos practicados, en primer lugar, son productos de subsistencia, como p.ej. mandioca, maíz, frutas cítricas y algunas verduras.

El suelo se compone de material de granulometría muy fina, muy susceptible a la erosión eólica, que apenas se mantiene dentro de una estructura. La capa de vegetación cerrada en las pasturas naturales, sin embargo, representa una excelente protección contra los procesos de erosión eólica. En caso de ocurrir desmonte de grandes superficies para la implantación de pasturas, no podrían evitarse daños por erosión eólica debido a que la misma cubrirá el suelo sólo parcialmente.

4.7.4.2 Suelos del Chaco Central Occidental

El Chaco Central Occidental comprende el área desde el Oeste de las Colonias Mennonitas hasta el límite de la hoja cartográfica de Mariscal Estigarribia a escala 1 : 250 000 (IGM. 1998) (60°O). Al Este el límite corresponde al N.S. de agua subterránea de 3m de profundidad, aproximadamente.

Dentro de esta unidad fueron definidas 3 subunidades según criterios morfológicos que reflejan diferentes suelos y unidades de vegetación:

4.7.4.2.1 Suelos de bosque (de monte)

El área de los suelos de bosque abarca alrededor del 80% del Chaco Central occidental. La vegetación natural es un bosque de arbustos espinosos. Desde hace 25 años este bosque es deforestado en superficies

cada vez más grandes para implantar pasturas. Hacia el Oeste, el terreno se eleva suavemente y se encuentra a alrededor de 130 a 150 m s.n.m. El terreno es plano con un declive < 1%. Existen algunos ríos no perennes que han erosionado el terreno hasta una profundidad de 2 a 3 m.

Dentro de esta área existen diferentes tipos de suelos. En las imágenes satelitales TM no se han podido determinar como unidades propias porque en parte se extienden en superficies muy pequeñas y por otro lado no siempre es determinante la relación entre comunidades de vegetación y suelo.

En estas áreas del Chaco Central la napa freática es muy profunda y los suelos se caracterizan por una textura limoso - arcillosa, de poca infiltración, con una reacción (pH) del suelo neutral a levemente alcalina, y como una alta saturación de bases. Son típicas, las distintas profundidades de descalcificación que pueden variar entre 30 y 130 cm. En varias oportunidades se han observado zonas de enriquecimiento de carbonatos que en parte son separadas por capas libres de carbonatos. Los contenidos más elevados de carbonato siempre se encuentran en la parte superior de estos horizontes, disminuyendo en forma continua en profundidad.

En la mayoría de los suelos del Chaco Central los horizontes superiores contienen marcadamente menos arcilla que los horizontes inferiores; no quedando claro si estos enriquecimientos de arcilla se deben a un cambio de localización de arcillas (translocación) o a diferentes contenidos de arcilla en el sedimento original. En el análisis macroscópico no pudieron registrarse partículas arcillosas. Estos suelos son clasificados por la FAO como Luvisoles. Se caracterizan por un horizonte B más rico en arcillas, que se encuentra mayormente a una profundidad de 30 a 70 cm. Tiene una estructura marcadamente más gruesa y fuerte que la capa superior.

La mayoría de los Luvisoles tiene contenidos medios a altos de nutrientes, especialmente los valores de fósforo y potasio disponibles para las plantas son altos en la mayoría de los casos. Respecto a los cationes intercambiables, llama la atención la alta saturación de bases (en el horizonte superior > 80%) y el alto contenido de magnesio. Algunos Luvisoles registran una saturación de sodio relativamente alta lo que los clasifica cerca de los "Solonetz" (véase 4.7.4.3.2.).

Los valores de la conductividad eléctrica, es decir, los contenidos de sal generalmente son medianos (6 - 10 mS/cm). En algunos lugares, especialmente hacia el Este, en zonas más bajas, estos valores también pueden ser altos (> 10mS/cm).

Los Cambisoles se diferencian de los Luvisoles por la falta de horizontes con mayor contenido de arcilla y

por la estructura claramente más débil. Los contenidos de nutrientes apenas se diferencian de los Luvisoles.

Los suelos de bosque mayormente son utilizados para pastura (pastura cultivada). En la región de las Colonias Mennonitas la carga animal es de 0,6 a 0,8 Unidades Animales por hectárea (GLATZLE, 1990). Cuando están húmedos, los suelos son difíciles de trabajar con máquinas, debido a sus propiedades plásticas - viscosas. Surgen fuertes compactaciones que se manifiestan aún varios años después.

Especialmente superficies desmontadas, no cultivadas corren peligro de sufrir anegamientos debido a la débil estructura del horizonte superior, la cual es destruida fácilmente por el impacto de las gotas de lluvia. Al secarse se escarifican impidiendo la germinación efectiva de la semilla.

4.7.4.2.2 Suelos de campo alto

Los suelos de campo alto o paleocauces, son antiguos cauces de ríos rellenos con sedimentos de arena fina a limo grueso. Los campos altos se diferencian muy claramente del área de los suelos de monte, dentro del cual se encuentran, debido a su morfología, vegetación y suelos. Estos son convexos y superan a los suelos de monte, con los cuales forman un límite bien definido. En su borde la mayoría de los campos altos registran canales angostos (canales de erosión viejos). En algunos campos altos, sin embargo, también se encuentran dentro del área en sí, diferencias de alturas de hasta 5 m.

La textura del material original es arena fina bien clasificada a limo grueso con contenidos de arcilla de 5 a 15%. En general, este material se vuelve más fino del Oeste al Este. Según BENDER (1993) el contenido de fracciones mayores es claramente más elevado en los antiguos cauces de ríos. Es de suponer que se trata de arena de origen eólica redepositada en forma fluvial proveniente del área del río Parapití.

Estos suelos muy poco desarrollados de los campos altos, según la clasificación de la FAO, son Regosoles éutricos. Los suelos muy arenosos que surgen de vez en cuando (tipo de suelo arena o arena limosa) son Arenosoles háplicos. Típico para este tipo de suelo es su estructura débil y la ausencia de horizontes.

La mayoría de los campos altos son levemente ácidos en el horizonte superior (pH 6) y a los dos metros de profundidad generalmente presentan una reacción neutra (pH 7). En algunos casos, la camada de suelo inferior registra un ligero contenido de carbonato (< 1% CaCO₃). La conductividad eléctrica de todos los suelos es muy baja aún a 2 m de profundidad, es decir, el suelo contiene ninguna o poca sal. Los contenidos de nutrientes debido a la textura más gruesa son

claramente menores que en los suelos de monte. En general los valores de calcio y magnesio intercambiable son medios a bajos, los de potasio intercambiable son muy bajos a bajos, mientras que los contenidos de fósforo y potasio disponible son medios.

Desde la fundación de las primeras Colonias Mennonitas en 1927, son utilizados los campos altos para la agricultura. Hoy día, aún se sigue cultivando principalmente maní y algodón (GLATZLE, 1990) y desde hace algunos años también sorgo (kafir), sésamo, tártago y cártamo.

Las razones por la cual la agricultura se realiza en los suelos de campo desde hace 60 años es la facilidad en la preparación del suelo y su equilibrio hídrico relativamente favorable. A pesar de que por los contenidos de nutrientes son más bien bajos a escasos; se ha logrado en Filadelfia cultivar maní en algunos campos durante algunos años consecutivos sin suministrar fertilización química adicional.

Los suelos arenosos tienen altas tasas de infiltración y percolación, debido a esto, en ellos se encuentran los yacimientos de agua dulce más importantes del Chaco Central. Por otro lado, estos recursos hídricos (agua dulce) corren el riesgo a ser contaminados por pesticidas y nitratos debido a las propiedades

mencionadas anteriormente.

4.7.4.2.3 Suelos de campo bajo

En el Chaco Occidental se registran a menudo pequeñas depresiones que tanto edafológica como botánicamente, se diferencian claramente de los suelos de bosque que los rodean. Dado que generalmente sólo abarcan pocas hectáreas, no son consideradas como unidades propias en las cartas a escala 1:250.000. En la imagen satelital estas pequeñas unidades pueden reconocerse claramente por la vegetación que tiene un mayor contenido de biomasa. Debido a que en algunas regiones se presentan anilladas como perlas en un hilo puede suponerse que los campos bajos se encuentran en cauces de desagüe antiguos, que hoy en día ya no pueden ser reconocidas en el terreno.

En estos campos se registran principalmente suelos considerados por la FAO como Gleysols (Fig. 52) y Vertisoles. Ambos suelos se caracterizan por sus altos contenidos de arcilla que pueden alcanzar hasta 80%.

Los Gleysols éutricos tienen una saturación de bases de más del 50%, están descalcificados hasta una profundidad mayor a 1 m y en la capa superior registran valores pH de 6 a 7. Respecto a los nutrientes las diferencias de los suelos de monte son irrelevantes a pesar de que se podrían esperar mayores contenidos de nutrientes debido al mayor contenido de arcilla y humus.

Debido a que tanto los Gleysols como los Vertisoles se encuentran saturados de agua durante ciertas épocas del año no son aptos para la agricultura. Debido a su ubicación en pequeñas depresiones y a su baja percolación son aptos para la construcción de Tajamares, que en épocas lluviosas se llenan con agua superficial. Además los campos bajos en épocas de sequía pueden servir como reserva de forraje cuando en las otras superficies el pasto se ha secado.

4.7.4.3 Los suelos del Chaco Central Oriental

El límite entre el Chaco Central Oriental y Occidental está trazado aproximadamente por la línea que forman el N.S. aguas con distancia de 3 m a la superficie terrestre. El Chaco Central Oriental se encuentra a alrededor de 100 a 130 m s.n.m. y morfológicamente casi no se diferencia de la parte occidental más alta.

La diferencia fundamental entre ambas regiones son los mayores contenidos de sal en el suelo, lo que se refleja en la vegetación con un mayor porcentaje de plantas halófitas. A través del ascenso capilar el agua subterránea salina llega cerca de la superficie terrestre, en áreas más bajas, por ejemplo en los cauces de algunos arroyos temporarios, la sal se cristaliza en la



Fig. 52: Gleysol en la localidad de Pirizal; arcilloso-limoso; estructura poliédrica; a 95 - 100 cm, suelo fosilífero (edad alrededor de 2.700 años según determinaciones geocronológicas en NLFB)

superficie terrestre.

4.7.4.3.1 Suelos de monte poco salinos

La mayoría de los suelos de monte poco salinos son Luvisoles y Cambisoles (véase 4.7.4.2.1), cuya conductividad eléctrica es menor a 2 mS/cm. Se encuentran en áreas morfológicamente más elevadas. Su presencia disminuye hacia el Este.

4.7.4.3.2 Suelos de monte salinos

Los suelos típicos de este grupo se caracterizan por mayores contenidos de sal, pero especialmente por mayores contenidos de sodio y a menudo también mayores contenidos de yeso en el subsuelo. Debido a que el material original se vuelve más arcillosos hacia el Este, los suelos disponen de menor drenaje y después de precipitaciones importantes se inundan en forma temporal.

Los suelos típicos de este grupo son los Solonetz. Se caracterizan, igual que los Luvisoles, por un horizonte B más arcilloso, diferenciándose de éstos por una mayor saturación de sodio en el complejo de intercambio ($> 15\% \text{ Na}$). El material original en la mayoría de los casos es la arcilla limosa con contenidos que van del 40 al 50%. Los Solonetz son muy densos y disponen de relativamente pocos poros de drenaje rápido.

La característica predominante de los Solonetz es su estructura muy fuerte y gruesa en el subsuelo, siendo sin embargo aquí una excepción la estructura en forma de columna frecuentemente citada en la literatura. Más bien típico, es una estructura poliédrica gruesa o prismática que en épocas de sequía forman fisuras finas. En las superficies de los agregados se encuentran capas oscuras que se deben a la penetración de mantillo que se encuentra en el suelo superior (Fig.53). Las propiedades químicas (alto contenido de sodio) y físicas (mal drenaje) poco favorables limitan un aprovechamiento adecuado de la tierra al pastoreo con pasturas tolerantes a la sal.

En áreas especialmente expuestas a la salinización, como por ejemplo las márgenes de lagunas saladas, aguas abajo de una represa, así como en cauces de ríos temporarios se han formado algunos Solonchaks. En la superficie de este suelo se encuentran afloramientos y en parte costras de sal de algunos milímetros de espesor. La vegetación consiste en arbustos ralos muy tolerantes a la sal. En los cauces los Solonchaks se caracterizan por una estructura muy suelta. SCHMIDT - LORENZ (1986) denominan a estos suelos "Puffy Solonchaks". Estos suelos tienen en su parte inferior características hidromorfas (manchas de oxidación) y en muchos casos un



Fig. 53: Solonetz con fuerte estructura y cristales yesíferos (partes blancas en el horizonte superior)

horizonte con enriquecimiento de yeso. Los contenidos de mantillo son bajos debido a la vegetación rala, es decir al escaso suministro de residuos vegetales.

Debido al alto contenido de sal en el área de las raíces, los Solonchaks no pueden ser utilizados para fines agropecuarios. No se recomienda un lavado - método usual para el mejoramiento del suelo - porque por un lado, se precisarían de grandes cantidades de agua y por otro, sería muy costoso un drenaje superficial del agua salada con la poca pendiente que presenta el terreno asociada a un drenaje interno muy bajo.

4.7.4.3.3 Suelos de campo alto

Los suelos de campo alto presentan una granulometría más fina hacia el Este, presentando en su mayoría una textura limo arenosa a limo grueso, siendo ésta la fracción granulométrica predominante. La morfología es más uniforme que en el Chaco Central occidental. En los campos al Este de la Colonia Mennonitas se encuentran en depresiones, algunos arroyos y lagunas temporales. Más hacia el Este los campos están cada vez más dispersos y en su mayoría surgen en forma de islas más o menos grandes.

Además del material original de granulometría más fina, los campos al Este de la Colonias Menno se

diferencian de los campos en el Chaco Central occidental por espesores muy distintos. Los horizontes con estructura se encuentran en parte a menos de 50 cm de profundidad. Aquí el desarrollo del suelo es determinado por la influencia del agua subterránea salina. Se han observado en este material un ascenso capilar de 1,5 m, que ha conducido a características hidromorfias en los horizontes superiores hasta una profundidad de 1 m.

Los suelos típicos son Planosoles con un horizonte superior limoso - arenoso que es vigorosamente separado del subsuelo limoso de textura más compactada. En este límite ocurre una represión de agua que ha causado en las diferentes capas una decoloración húmeda.

4.7.4.3.4 Suelos del área de transición con el Bajo Chaco

El área de transición entre el Chaco Central y el Bajo Chaco está caracterizado por el aumento de palmares y suelos arcillosos. El área es drenado hacia el Este a través de los ríos Montelindo, Verde y Negro.

Los suelos típicos en estas áreas son los Solonetz, que se caracterizan, en el área de transición hacia el Bajo Chaco, por un color muy oscuro en el horizonte superior y una fuerte estructura gruesa, en su mayoría poliédrica, en varios casos observándose mantillo de suelo en los estratos superiores.

Debido a la granulometría fina y la densidad del suelo, la infiltración es muy escasa y presentan anegamiento después de una precipitación elevada. La mayoría de los Solonetz tiene un horizonte con contenido de yeso en el subsuelo, el cual puede ser reconocido claramente en el perfil por manchas de colores claros (Fig. 52). Los horizontes superiores normalmente están libres de Ca^{++} hasta una profundidad de 50 cm. En estado seco, los suelos se endurecen mucho, provocando fisuras de contracción, los que raras veces superan los 30 cm de profundidad.

Estas áreas son utilizadas para pastoreo extensivo, son raros los desmontes de grandes superficies. Debido a las propiedades físicas poco favorables (poca infiltración, riesgo de anegamiento, labranza difícil) y en parte debido al alto contenido de sales (sobre todo de sodio) no existe mejor forma de utilización de la tierra, siendo la carga animal muy baja, garantizando un uso a largo plazo sin daños ecológicos.

En áreas más bajas como por ejemplo el Estero Patiño, se encuentran Gleysols. En el año 1993, (extremamente seco), la napa freática aún se encontraba de 95 a 125 cm de profundidad. El horizonte A contiene mucho mantillo y muestra manchas de oxidación.

4.7.4.3.5 Suelos del Bajo Chaco

El Bajo Chaco está conformado por más de 90 % de sedimentos Cuaternarios; hacia el Este se encuentran formaciones geológicas más antiguas en forma de islas, estas rocas son arenisca o carbonatos.

La granulometría de estos sedimentos generalmente decrece hacia el este. Dominan las diversas clases de arcilla, arcilla limosa y franco arcilla limosa. Los suelos característicos de esta zona son Gleysols, diferentes tipos de Solonetz y Fluvisols.

Entre estos suelos hay poca variación del pH, que es generalmente neutro en horizontes superficiales y, alcalinos en el subsuelo. Asimismo, es muy alta la saturación de los cationes intercambiables.

4.7.4.3.5.1 *Suelos desarrollados sobre sedimentos no consolidados*

La mayoría de los suelos tienen propiedades gléicas, estagnicas o ambas. La saturación de los suelos es debida a la alta precipitación y la lenta infiltración y, en consecuencia se produce falta de aire en el suelo. Eso se refleja en la reducción del hierro y segregación en forma de moteados.

Donde el nivel del agua subterránea está cerca de la superficie se presentan moteados rojizos tanto en el horizonte superficial como en los horizontes inferiores. La mayoría de los suelos con propiedades gléicas se encuentran en depresiones del terreno, que son muchas veces parte de un antiguo sistema de drenaje. La descomposición de la materia orgánica es lenta debido a la falta de aire en el suelo y, como consecuencia, los suelos tienen altos contenidos de materia orgánica.

Propiedades estagnicas son muy comunes en los suelos arcillosos donde el agua de lluvia infiltra muy lentamente. Estos lugares se inundan en ciertas épocas del año. Los suelos normalmente poseen estructura de bloques angulares a estructura prismática bien desarrollada. El tamaño de los agregados varía de medio a grueso, aumentando con la profundidad.

Los contenidos de sal en el suelo y el agua subterránea disminuyen generalmente hacia el Este. NITSCH (1996) menciona que hay un límite de salinidad aproximadamente 100 km al Este de las Colonias Menonitas, donde el contenido del agua subterránea baja casi a la mitad, es decir de 40.000 a 50.000 μS (cm^{-1} a 25.000 μS cm^{-1}).

Entre los suelos con propiedades hidromórficas y los suelos de bosque hay una gran diferencia con respecto al contenido de sal y al contenido de sodio intercambiable. En el horizonte superficial los Gleysols presentan bajos contenidos de sal. En épocas de sequía el déficit de humedad en el aire causa un movimiento de agua hacia arriba y la sal queda en la

superficie mientras el agua se evapora. Las lluvias disuelven la sal y ésta es transportada por arroyos temporarios hacia el río Paraguay.

Los suelos del bosque están conformados por diferentes tipos de Solonetz. La posición fisiográfica de estos suelos es ligeramente más alta. Tienen alta saturación de sodio intercambiable que a veces alcanza más de 50 %, así como también medio a alto contenido de sal y una reacción alcalina ($\text{pH} > 8$) en el subsuelo.

La vegetación natural refleja muy bien los tres niveles de humedad en el Bajo Chaco. Sobre los Gleysols la vegetación típica es pasto (cañaveral, junco). En los suelos con propiedades estagnicas, dominan las palmas (*Copernicia alba*) dando lugar a la formación denominada Palmar. Hoy día grandes áreas de palmares están siendo deforestadas y utilizadas para la ganadería. Debido a la inundación y el alto contenido de arcilla, el uso de tractores u otras máquinas pesadas es imposible, razón por la cual estos suelos no son utilizados para agricultura.

Los suelos más jóvenes se encuentra a la vera de los ríos chaqueños y el río Paraguay donde el agua deposita sedimentos durante las crecidas, los cuales han desarrollado Fluvisoles.

Las riberas de los ríos temporarios o permanentes del Chaco (ríos Montelindo, Confuso, Negro, Aguara guazú) tienen un ancho menor a 100 m y la textura de los diferentes sedimentos son similares. Predominan sedimentos limoso - arcillosos.

La zona de inundación anual del río Paraguay tiene un ancho mayor de un kilómetro. Entre los estratos, a diferentes profundidades, hay intervalos arenosos, esto es debido a que las aguas con mayor velocidad son capaces de transportar sedimentos más gruesos.

Los Fluvisoles del Bajo Chaco tienen una saturación de cationes intercambiables de más de 50 % (Fluvisoles eútricos). El pH normalmente está entre 6 y 7 (neutro a ligeramente ácido). El contenido de nutrientes de planta es medio a alto. A pesar de las favorables condiciones químicas el uso potencial está restringido por largos periodos de inundación.

La vegetación natural depende de la posición fisiográfica, es decir, de la duración de la inundación. Los lugares más bajos están cubiertos por especies herbáceas como *papyrus*.

4.7.4.3.5.2 Suelos desarrollados sobre sedimentos consolidados

Suelos desarrollados sobre areniscas

Las zonas de Villa Hayes y Benjamin Aceval no es típica del Chaco ya que la roca madre de estos suelos son areniscas de formaciones pre - Cuaternarias. Esta formación geológica es una prolongación de la

cordillera de los Altos ubicado en el margen derecho del río Paraguay. La morfología es ligeramente ondulada, que no es típico para la zona del Bajo Chaco.

Los horizontes superficiales presentan colores oscuros que se distinguen por presentar el suelo un color rojizo. Tienen una profundidad mayor a 2 m en lugares sin erosión progresiva, a consecuencia de la pronunciada edad de la roca madre y de la descomposición durante largo tiempo.

La textura es franco a franco arenoso, normalmente un poco más arenoso en el horizonte superficial. Debido a la textura gruesa, los suelos están bien drenados; el contenido de nutrientes de las planta así como el contenido de los cationes intercambiables es claramente menor que en los suelos del resto del Bajo Chaco. La estructura es débil y presenta pequeños bloques subangulares.

Los suelos presentan condiciones favorables para la agricultura debido a las condiciones climáticas con precipitaciones anuales de 1400 mm. Gran parte de esta zona se usa para cultivar caña de azúcar.

Suelos desarrollados sobre caliza

En el área de Vallemí existen pequeños cerros de caliza de hasta 50 m de altura; con rocas muy duras de color blanco. La morfología del terreno es parecido a un volcán.

Los suelos son poco profundos (< 50 cm) y muy pedregosos. El horizonte superficial, de color negro, es de composición calcárea y tiene un pH de 7.5. Los contenidos de materia orgánica, nutrientes y cationes intercambiables son muy altos. El suelo presenta una estructura migajosa pronunciada debido al alto contenido de calcio en forma de carbonato y de cationes intercambiables.

Estas áreas no deberían deforestarse para uso agropecuario ya que los suelos son poco profundos y presentan pendientes escarpadas conteniendo sedimentos gruesos en el horizonte superficial.

4.7.4.4 Suelos del Norte del Chaco

En general esta área, conocida como Norte del Chaco, abarca una serie de estratos edafológicos desarrollados a partir de un variado material geológico propio de esta región. Estos pueden ser divididos en tres grandes grupos, los cuales se extienden al extremo Noroeste, Centro y Noreste, presentando cada uno de ellos características diferenciales en cuanto a su origen y evolución.

4.7.4.4.1 Suelos del Noroeste

Esta región se encuentra primariamente caracterizada por suelos arcillosos, limo-arcillosos y limosos, pesados

de origen fluvial intercalados en forma secundaria por paleocauces discontinuos, que en sucesivas inundaciones produjo una deposición del material fino relictos del antiguo curso del Parapití.

Esta alternancia determina un relieve suave ondulado, cuyos puntos más elevados estarían dados por el Cerro Cabrera (Devónico), en su extremo Noroeste.

Las características más importantes de esta zona se basan en la escasa utilización de estas tierras, restringiéndose el uso a actividades pecuarias del tipo extensivo asociando el bosque nativo al sistema de producción.

Según la Clasificación de la FAO estos suelos están definidos como Cambisoles crómicos (CMx) y en ciertas formaciones Regosoles (RG)

Debido a la escasa precipitación solo en épocas de abundante lluvia es posible realizar actividades agrícolas de subsistencia (maíz, frutas y hortalizas).

En general los suelos presentan una fertilidad media a alta, los materiales poseen texturas que van de arcillosas a arenas finas. Actualmente no se presentan riesgos debido a la escasa utilización de la tierra, lo que podría cambiar radicalmente en caso de producirse habilitación de estas tierras sin ningún criterio. Teniendo en cuenta la predominancia del viento norte asociado a estos suelos, produciría una acelerada degradación del ecosistema principalmente por efecto de la erosión eólica.

Por lo general a través de las descripciones morfológicas se determina para la capa superficial (horizonte A), hasta 10 a 15 cm, se presenta una textura arenosa, con un contenido de arena de 40 a 75%, la cual pasa en el subsuelo (horizonte C) a arcillosa o limo arcillosa, con un contenido de arcilla de 40 a 60%. Los suelos de textura arcillosa a limo arcillosa presentan una estructura de bloques subangulares a angulares, medios a gruesos, duros en estado seco, muy firme cuando húmedo; cuando la textura es arenosa la estructura se presenta granular, con un tamaño de las partículas de fina a media.

4.7.4.4.2 Suelos del Centronorte

En términos generales, esta región se caracteriza por la gran interacción entre el material de origen y los suelos desarrollados a partir de la misma, definidos primariamente como arcillosos, limo-arcillosos y limosos, en las depresiones y secundariamente intercalados en forma secundaria por paleocauces discontinuos de textura arenosa.

El relieve se presenta más acentuado caracterizado como colinado, con pendientes que van del 20 a 30%, desarrolladas localmente a partir del Cerro León, constituida por cuarcitas y areniscas pertenecientes al

Silúrico. Los suelos aledaños a la misma presentan textura arenosa superficial producto de la redeposición de materiales, mientras que en profundidad son más arcillosos o limo arcillosos.

Dentro de esta subregión, se encuentra el Parque Nacional Defensores del Chaco y el destacamento militar Cap. Pablo Lagerenza . Desde el punto de vista del uso agropecuario debido a la escasa precipitación solo es posible realizar actividades agrícolas del tipo de subsistencia (maíz, frutas y hortalizas), sobresaliendo nuevamente el uso para actividades pecuarias del tipo extensivo asociando el bosque nativo al sistema de producción. Es de destacar que una actividad socioeconómica secundaria para la población local lo constituye la explotación a cielo abierto de yeso.

Según la Clasificación de la FAO estos suelos son definidos como Luvisoles háplicos (LVh), combinados con suelos sujetos a inundación temporal en las depresiones, como Gleysoles (GL) y Vertisoles (VR).

En general los suelos presentan una fertilidad media a alta, con valores de pH que van de 5.1 a 6.8 en la superficie y de 7.0 a 8.1 en subsuperficie. En las descripciones morfológicas el horizonte A, para los primeros 10 a 15 cm, se presenta una textura arenosa, con un contenido de arena que va de 42 a 74%; a mayor profundidad en el horizonte C se produce un aumento gradual del contenido de arcilla y limo que va de 44 a 62%. Los suelos de textura arcillosa a limo arcillosa presentan una estructura de bloques subangulares a angulares, medios a gruesos, duros cuando están secos, muy firme cuando húmedo; y aquellos con textura arenosa poseen estructura granular, con un tamaño de partículas fina a media, y grado débil.

Desde el punto de vista ambiental, el material de textura arcillosa y limo arcillosa, en la actualidad no presentan riesgos de degradación debido a la escasa o nula utilización de la tierra. En caso de ocurrir alguna utilización de la tierra (habilitación y desmonte), la predominancia del viento norte asociado a estos suelos produciría una acelerada degradación del ecosistema por efecto de la erosión eólica.

4.7.4.4.3 Suelos del Noreste

Esta región se caracteriza porque el material de origen (Geológico) y los suelos desarrollados a partir de la misma, presentan una gran interacción definidos primariamente como Formación Chovoreca, caracterizados por arcillitas, siltitas y carbonatos oolíticos, distribuidos en un sistema de paleodrenaje dendrítico, donde es posible observar además la presencia en las depresiones en forma intercalada por paleocauces discontinuos de textura arenosa.

Otro elemento geológico de predominancia lo constituye la Formación Adrián Jara, constituido por conglomerados rojos de origen fluvial recubiertas por areniscas de la misma coloración.

El relieve es acentuado caracterizado como fuertemente ondulado a colinado, con pendientes que van del 12 a 20%; desarrolladas localmente a partir de la interacción entre los materiales geológicos anteriormente citados, siendo los suelos aledaños a la misma de coloración rojiza, de textura arenosa en la parte superficial producto de la redeposición de materiales, mientras que en profundidad son más arcillosos.

Otra formación importante en esta región, la conforman extensas áreas de inundación, relacionadas directamente a los desbordes periódicos del río Paraguay; razón por la cual presentan suelos con texturas arcillosas, altos contenidos de materia orgánica, y de muy difícil laboreo por su dureza extrema en estado seco.

Desde el punto de vista del uso de la tierra, esta área presenta una acelerada utilización, caracterizada en grandes deforestaciones para uso pecuario, siendo nuevamente el sistema de manejo extensivo asociando el bosque nativo, el más difundido en el área. Es de acotar que es aquí donde se percibe una predominancia de los palmares o Caranda y (Copernicia alba), complementada parcialmente con actividades agrícolas del tipo de subsistencia (maíz, frutas y hortalizas).

Según la Clasificación de la FAO estos suelos son definidos como Luvisoles háplicos y Gleysoles eútricos, cambiando más sur a Solonetz por el aumento del contenido de sodio intercambiable en los suelos.

En general los suelos presentan una fertilidad media a alta, con valores de pH que van de 5.1 a 6.8 en la superficie y de 7.0 a 8.1 en subsuperficie.

Desde el punto de vista ambiental, el factor determinante para el desarrollo de la región el viento Norte, con ráfagas de más de 80 km/h, que asociado al material de textura más gruesa (arenosa) localizados en el norte y el material de textura arenosa fina a arcillosa y limosa representan un riesgo al uso de la tierra, ya que, de haber algún efecto antrópico inadecuado provocaría un proceso de erosión eólica acelerado.

4.7.4.5 Procesos de formación de los suelos

Los suelos del Chaco, contrario a los suelos en el Paraguay Oriental, aún son muy jóvenes. Visualmente ya se diferencian por su color amarillento o marrón de los suelos rojizos mucho más antiguos y muy alterados en el Paraguay Oriental.

Los factores más importantes que han influenciado

en la formación de los suelos chaqueños son el material de origen, el clima, las aguas freáticas y el cambio en la vegetación, últimamente influenciados de manera antropógena.

Un criterio de diferenciación muy simple, pero muy aplicable para los suelos chaqueños, es el material de origen. Aquí se trata exclusivamente de material suelo que fueron trasladados en forma fluvial, eólica o en parte por combinación de ambos procesos (véase Cap. 4.3). La mayor superficie ocupan los sedimentos fluviales que consisten en una mezcla bigranulométrica de arcilla y limo. La transposición ocurrió tanto a través de distancias mayores mediante el agua de los ríos como también a través de pequeñas superficies en forma de suspensión pastosa. En ambos casos pueden detectarse horizontes superiores fósiles de los cuales los más recientes tienen una edad de 2300 a 2700 años. En muchos casos se han observado límites de capas bien definidas y horizontes fósiles superiores que permiten pensar que ocurrieron repetidas transposiciones de los sedimentos.

4.7.4.5.1 Desarrollo del suelo en sedimentos aluvial fluviales

En los sedimentos transportados en forma fluvial (sistema de drenaje del Río Pilcomayo y Río Paraguay reciente y fósil) pueden observarse frecuentemente límites de capas bien definidas en el perfil del suelo. Además el paisaje en estas áreas se caracteriza por una morfología del terreno muy clara. Cuando el sedimento se ha movido por escurrimiento del suelo es difícil reconocer los límites de las capas, porque en estos casos no pueden determinarse límites de texturas claras en los perfiles del suelo.

Después de la sedimentación de este material arcilloso - limoso surgieron plantas - posiblemente bajo condiciones climáticas más húmedas - y al mismo tiempo se inició el desarrollo del suelo. Los suelos fósiles muestran que su desarrollo ha sido interrumpido varias veces, depositándose nuevos sedimentos. Los primeros procesos de desarrollo del suelo fueron la alteración química, inclusive la descalcificación, así como el enriquecimiento con mantillo y formación de texturas. Pudo formarse un suelo débilmente desarrollado que era muy parecido a los Regosoles que se encuentran en el Chaco Occidental.

Horizontes con enriquecimiento de carbonatos, en parte separados por capas intermedias libres de la misma, pueden haberse formado sólo bajo condiciones mucho más húmedas. La translocación probablemente ocurrió hacia abajo, tanto mediante aguas de infiltración como también mediante una precipitación de carbonato desde el borde capilar superior. Una diferenciación temporal de ambos procesos no puede

establecerse en base a los datos disponibles.

La formación de la textura fue una precondition importante para la posterior translocación de la arcilla. Debido a la expansión y la contracción, así como mediante actividades biológicas, se formaron agregados de suelo separados entre ellos por poros gruesos. En éstos pudo depositarse arcilla en forma vertical desde el horizonte superior en ocasiones de grandes precipitaciones. Así surgieron los horizontes de enriquecimiento de arcilla (Bt o horizonte de textura B) como se encuentran en los Luvisoles y Solonetztes. No queda claro si este proceso aún sigue realizándose bajo las condiciones climáticas actuales.

Manchas de oxidación y horizontes que contienen carbonato, están claramente separados, señalando que anteriormente los niveles de las aguas freáticas deben haber sido muchos más altos. LÜDERS (1961) supone que las aguas freáticas en la zona de Filadelfia hayan tenido un nivel de hasta 8 m más alto. Cuando surgieron grandes cambios climáticos y era más seco, debe haber ocurrido el descenso de las aguas freáticas. Muchos horizontes con manchas de oxidación no pueden explicarse con el actual nivel de las aguas freáticas, más bien deben ser considerados fósiles.

El alto nivel de las aguas freáticas llevó a un enriquecimiento de sales en los horizontes superiores porque con el agua capilar subían sales hasta el borde capilar superior. Allí se precipitaron, cuando, debido a la evaporación, se había sobrepasado el producto de solubilidad. De acuerdo a la composición química de las aguas subterráneas ocurrieron enriquecimientos de carbonatos, sal (sobre todo NaCl) y/o yeso.

Al descender el nivel de las aguas freáticas debió haber ocurrido una salinización de horizontes inferiores porque en la zona de Loma Plata las aguas freáticas, es decir el borde capilar, ha llegado a la superficie terrestre. Aquí, sin embargo, no existen enriquecimientos salinos de grandes extensiones en la superficie terrestre.

4.7.4.5.2 El desarrollo del suelo en arena movediza

En el área de las dunas del Noroeste el desarrollo del suelo es muy bajo por varias razones. Por un lado se trata de suelos muy jóvenes cuyo material original ha sido transportado recién hace alrededor de 7000 años y por otro lado en esta zona son muy escasas las precipitaciones, de manera que falta un factor importante para el desarrollo del suelo.

Después de ser poblado con vegetación ocurrió un enriquecimiento de humus en el horizonte superior, el que, sin embargo, apenas es digno de ser mencionado porque por razones climáticas era muy

baja la producción de biomasa.

No es seguro que el material aún haya contenido carbonatos en el momento de la deposición. En caso de haber sido así se debería mencionar la descalcificación como otro proceso dentro del desarrollo del suelo.

4.7.4.5.3 Desarrollo del suelo en arena movediza transportada en forma fluvial

En los campos, el material de origen es la arena fina que es aún más fina hacia el Este, pasando a ser limo grueso. La selección de este material es tan buena como en las arenas de dunas. Meramente existen diferencias en cuanto al máximo granulométrico, el que en las dunas se mueve alrededor de 200 a 100 μm , en los campos occidentales alrededor de 100 a 60 μm y en los campos orientales alrededor de 60 a 40 μm . Por ello se supone que las arenas de los campos hayan sido transportados en forma fluvial desde el área de las dunas, pudiendo transportarse el material más hacia el Este de acuerdo a la disminución de la energía de transporte de los ríos.

El desarrollo del suelo es muy bajo en este material original. La mayoría de estos suelos de campo presentan un ligero contenido de carbonatos en los horizontes inferiores (> 2 m). Aquí ha avanzado especialmente la descalcificación debido a que pudo percolar más agua a través del suelo, diluyendo carbonato y transportarlo.

Contrario a las arenas de las dunas, sin embargo, se detecta un marcado enriquecimiento de mantillo en el horizonte superior lo que hace concluir una mayor producción de biomasa (mayores precipitaciones).

Los campos del Este se diferencian de los del Chaco Central occidental no sólo por la granulometría más fina, sino también por su morfología de perfil totalmente distinta. En los horizontes superiores son decolorados porque aquí ocurrió una decoloración húmeda (ferrólisis) debido a la baja conductividad.

4.7.5 *Riesgos ecológicos por el uso de la tierra*

4.7.5.1 Degradación del suelo

Los desmontes de grandes superficies se realizan mediante maquinarias pesadas que arrasan la vegetación, o mediante el uso de cadenas arrastradas entre dos topadoras. Los árboles y arbustos destroncados son acumulados en hileras distanciadas entre si por menos 30 m. Aquí permanece el material para secarse y ser quemado algunas semanas más tarde. Sólo el Palo Santo y el Quebracho colorado son utilizados.

En suelos húmedos el peso de las máquinas origina fuertes compactaciones. Por ello se disminuye el porcentaje de poros de drenaje, lo que lleva a una mayor contención del agua y al mismo tiempo a una falta de aireación del suelo. Las consecuencias son un enraizamiento deficiente y para trabajos posteriores debe emplearse más fuerzas para poder labrar el suelo (Fig. 54).

Al acumular la vegetación se elimina gran parte de la materia orgánica que posteriormente es quemada con la vegetación. El efecto de fertilización de la ceniza es mínimo, dado que en las superficies libres - la erosión eólica transporta este material.

4.7.5.2 Erosión eólica

El peligro de erosión eólica es mayor cuando entran en acción conjunta las precondiciones edafológicas (suelos de granulometría fina, bajo contenido de mantillo) y meteorológicas (vientos fuertes, baja humedad de ambiente) en superficies sin cobertura vegetal (HASSENPFUG, 1990). Por ello, este tipo de erosión afecta a los campos en mayor grado en la época de primavera, cuando los campos no están cultivados y el horizonte superior está seco (Fig. 55). Los campos se encuentran predestinados para la erosión eólica porque se trata de sedimentos transportados en forma fluvial, bien clasificados, con unas fracciones granulométricas que en más del 80 % se definen alrededor de 20 - 63 μm y 63 - 112 μm .

Medidas de protección contra la erosión eólica serían la instalación de rompevientos y/o una eficaz cobertura de los suelos. Los rompevientos deberían instalarse en forma perpendicular a la principal dirección del viento, es decir en el Chaco deberían dirigirse de Este a Oeste. La distancia entre las franjas protectoras depende de la altura de los árboles y la densidad de la franja. Según WOODRUFF y ZINGG



Fig. 54: Desmonte con orugas pesadas



Fig. 55: Erosión eólica; Regsol al Oeste de la Colonia Fernheim

(citado según HASSENPFUG, 1990) la franja de protección efectiva apenas es 17 veces mayor a la altura de los árboles. Entre las medidas agrícolas puede mencionarse sobre todo un cultivo adicional, como por ejemplo algún tipo de abono verde. Al respecto, sin embargo, aún debe ser aclarado qué efecto tiene tal medida sobre el equilibrio hídrico del suelo, es decir, si un cultivo adicional no disminuiría demasiado agua al cultivo principal.

4.7.5.3 Salinización

La salinización en el Chaco Central Oriental y en las áreas de transición hacia el Bajo Chaco se debe a un enriquecimiento de sales que llegan al área de evaporación a través del ascenso capilar desde las aguas freáticas. Decisivos para la dimensión de la salinización son las propiedades del suelo (p.ej. tipo de suelo,

capacidad de intercambio de cationes, permeabilidad), las propiedades de las aguas subterráneas (p.ej. contenido de sal, composición química, y la vegetación. Para disminuir la salinización debe evitarse un suministro de sal desde las aguas freáticas. Si no es posible lograr esto deben lavarse las sales acumuladas en la zona de las raíces. En el Chaco la segunda alternativa no es posible porque para el lavado se dispone generalmente sólo de aguas salinas además la permeabilidad de los suelos salinos es muy baja y por la falta de declive impide instalar un sistema de drenaje efectivo.

Difícilmente se podrá aumentar la distancia entre la napa freática y la superficie del suelo. Sin embargo, es más importante evitar que siga ascendiendo el agua salina (lo que podrá lograrse probablemente mediante medidas agrícolas) y disminuir la fuerte evaporación desde el horizonte superior y pues se evita el enriquecimiento con sales. Al cambiar el uso de la tierra desde silvicultura hacia el pastoreo la evapotranspiración disminuye considerablemente (BLUME, 1990). Debido a que los pastos enraízan menos profundamente es de esperar un ascenso de las aguas freáticas. De hecho el nivel de las aguas freáticas ha aumentado considerablemente en los últimos 20 años (alrededor de 2 m). Aún no se ha aclarado si ello se debe sólo a las mayores precipitaciones o a una amplia transformación de superficies boscosas en pasturas o a ambos factores.

4.7.6 *Análisis de los resultados*

4.7.6.1 Comparación con los trabajos anteriores

Todos los mapas del Chaco paraguayo elaborados hasta hoy día son panorámicos que indican sólo una visión general de los suelos.

Existen diferencias entre los mapas elaborados por el Proyecto y los mapas convencionales. La escala utilizada en este Proyecto permite establecer mejor los límites de la variación de los suelos de lo que hubiera sido posible, por ejemplo, con el mapa elaborado por la OEA. Decisiva, sin embargo, no es tanto la exactitud en el trazado de límites, sino más bien la información general sobre los suelos. En la elaboración del trabajo, aquí presentado, se ha intentado describir en forma resumida las diferentes unidades en base a la interpretación previa. Debido a la inaccesibilidad de muchas zonas, también el mapa a escala 1:250.000 contiene áreas cuyas características de suelo no han podido ser definidas exactamente dado, que sólo pudieron darse datos analógicos.

El procedimiento de los trabajos edafológicos se

diferencia considerablemente de los trabajos convencionales, dado que el trazado de límites se basa exclusivamente en la interpretación de imágenes satelitales. Para el mapa edafológico de la OEA (1985) se han analizado fotos aéreas pancromáticas con relativamente pocas investigaciones en el lugar. Sin embargo, se han analizado y resumido muchas descripciones de suelo regionales y locales.

Este trabajo, al contrario del mapa de la OEA, en el que la mayoría de los datos edafológicos no pudieron ser tratados como levantamientos propios, dado que todos los datos de campo deben ser incluidos en el Sistema de Información Geográfico, pues, para tal efecto debe conocerse la ubicación geográfica exacta de los puntos, que los mapas de este Proyecto sí lo tienen. En la mayoría de los documentos existentes faltan datos de ubicación o son muy imprecisos, como por ejemplo "a 5 km de la Estancia Pozo Azul". En otros casos la ubicación está indicada en mapas de escala muy chica (alrededor de 1:2 500 000; JICA, 1992).

4.7.6.2 Evaluación de los resultados edafológicos

4.7.6.2.1 Interpretación edafológica de imágenes satelitales

En vista de la dimensión de las áreas investigadas y la escasa accesibilidad, la interpretación de imágenes satelitales representa la posibilidad más efectiva de delimitar diferentes unidades. Dado que en la imagen se distingue la vegetación, se deben tomar conclusiones respecto a los suelos a través del análisis de las unidades de vegetación, la red hídrica y otros datos disponibles.

En algunos casos las relaciones suelo - vegetación son muy confiables, como por ejemplo en la delimitación de los suelos de campo alto, campo bajo y suelos de monte. En las Colonias Mennonitas el uso de la tierra en muchos casos dificulta el análisis porque no se presentan las diferencias de la vegetación natural. Otros factores (tipos de pasto, carga animal, cultivos) dominan los colores en la imagen satelital. Áreas inundadas durante un tiempo prolongado y áreas salinizadas en grandes extensiones pueden diferenciarse bien por los bordes de cauces de ríos temporarios. En algunos casos, no se pueden diferenciar los distintos suelos a través de la vegetación, como por ejemplo entre Luvisoles y Cambisoles en el Chaco Central.

4.7.6.2.2 Trabajos de campo y mapa de suelo

En el levantamiento de datos de campo, fundamentalmente surge la pregunta de qué inversión se justifica para lograr una exactitud correspondiente a la escala. Dado que grandes áreas de la región no son accesibles o sólo muy difícilmente debido a la falta de caminos

4.8 PRESENTACION DE PROCESOS ESTRUCTURADOS Y AUTOORGANIZADOS EN EL SISTEMA "CHACO"

Los complejos procesos observados dentro del marco del Proyecto, pueden clasificarse globalmente según su desarrollo temporal:

- Complejos procesos de largo plazo son los de la tectónica de placas, como mecanismos endógenos y los cambios climáticos globales como exógenos. Pueden comprenderse en dimensiones de millones a miles de años.
- Procesos de erosión, sedimentación y formación de suelos: pueden percibirse en dimensiones de aproximadamente un metro en pocos miles de años hasta pocos años.
- El movimiento del agua subterránea llega a aproximadamente un metro por año y en este orden temporal ocurren también los procesos del crecimiento de las plantas.
- El escurrimiento superficial, el tiempo, la infiltración y evapotranspiración son - según la noción de tiempo humano - procesos de corto plazo.
- La influencia humana en el medio ambiente puede repercutir en todas las dimensiones de tiempo descriptas en el futuro.

En base a las interpretaciones de imágenes satelitales, los estudios geocientíficos y botánicos en el terreno, la compilación de los datos del paleoclima y los estudios sobre influencias antropogénicas al ecosistema Chaco, se ha podido llegar a iluminar una parte de la historia del sistema Chaco con sus interrelaciones internas, formas de autoorganización de materia sólida así como también interrelaciones entre planta y medio ambiente y/o medio ambiente y planta.

Desde el punto de vista de la teoría de sistemas se trata de una serie de procesos dinámicos, que se influyen mutuamente con estructuras fugaces o (desde el punto de vista geológico) "congeladas" temporera-mente.

La formación de dunas así como la preservación de la humedad en la parte superior de las dunas son ejemplos de autoorganización y autocatálisis en el campo inorgánico.

BAGNOLD (1941) ya ha tenido presente el fenómeno de la autoorganización de las dunas, cuando escribió en pág. 6:

"Any substance of solid non-cohesive particles which lie within these limits (0.08 - 0.15 mm) may be classed as "sand". Such substances all possess one peculiar characteristic: alone of all

artificial or natural solids they have the power of self-accumulation of utilizing the energy of the wind to collect their scattered components together into definite heaps, leaving the intervening country free of grains. They can do this in the open, unsheltered by wind - breaks other than those of their own making; and the heaps, or dunes, can retain their identity and can move about from place to place."

Diferenciación gravitativa, o sea organización según el tamaño de los granos, ocurre durante el transporte eólico y de manera similar también durante el transporte fluvial a partir de una determinada energía de transporte, o bien turbulencia en el medio cargado de materiales, apareciendo estructuras de procesos (remolinos p.ej. hacia campos arenosos ya existentes; (ver también Cap. 4.3.3). Por debajo de cierto nivel energético las estructuras del proceso se "congelan" prácticamente y se presentan luego como dunas o sedimentos fluviales.

La estructura fugaz de procesos se fija y llega a tener su propia historia reconstruible, porque en este momento empiezan a funcionar los "relojes geológicos", como el "reloj TL (termoluminiscencia) o sea OSL (termoluminiscencia estimulada opticamente)". En el "sensu strictu" todas las estructuras de proceso se "congelan" sólo temporalmente. Dentro del sistema de las estructuras fijadas ocurren nuevos procesos del ordenamiento, como en el caso del aire y el agua del suelo. En el caso de los sedimentos eólicos, ocurre la disminución de la energía del viento en el área de las dunas a través de la vegetación como proceso que se autoreforza. La cobertura vegetal actúa como una figura atrayente, es decir el inicio de la vegetación reduce la energía de transporte, posibilitando una mayor extensión de la misma. La arena se acumula y se amontona, pero ya no puede abandonar una superficie cubierta por vegetación.

El abastecimiento de agua para la vegetación se ve garantizada por el almacenamiento de agua de lluvia fuera del área de evaporación, causado por la porosidad y la mala conductividad térmica del material, llegando a mejorar las condiciones para las plantas y el establecimiento de la duna.

Las condiciones ambientales extremas enfocadas desde el punto de vista de la precipitación y el sedimento, permiten solamente el establecimiento de ciertas plantas adaptadas, la cual a su vez puede variar según la posición en la duna. La región de las dunas es seguida por una cobertura de vegetación característica, esta vez mediante una estructura de proceso de un sistema autopoyético.

Los campos (paleocauces) son estructuras de procesos fijos, de una época con mayores cantidades de afluentes y sedimentos. El material diferenciado de manera gravitativa, originado en el Río Parapití, es de

carácter fluvial y luego eólico. En el sur se unió con el Río Pilcomayo, se mezcló con material de este río y luego ha sido transportado hacia el Este. Aquí donde volvieron a formar estructuras de proceso fluviales, causando nuevamente la diferenciación gradual gravitativa, hasta que la energía de transporte disminuyó con el transcurso del tiempo en la dirección del movimiento, llegando a la fijación de las estructuras de procesos.

Por causa de su mayor permeabilidad el afluente de las aguas subterráneas es más rápido en las arenas de los campos que en las áreas arcillosas de su alrededor o en sus intercalaciones arcillosas. Las isolíneas del nivel superior de las aguas subterráneas en el Chaco Central están reflejando estas diferentes condiciones. Las isolíneas de la superficie de la napa freática representan una estructura de proceso fugaz, con diferencias en sentido temporario entre las mediciones, por lo que son solamente válidas para cierto lugar en cierto momento. Si se llegan a comparar dentro de un período de tiempo en el cual no existieron cambios llamativos por precipitaciones o sustracción de agua, las líneas de unión pueden ser interpretadas como imagen real de un estado temporario. La exactitud depende de la resolución temporaria y espacial de los valores medidos. La estructura del proceso "superficie de las aguas subterráneas" demuestra más estabilidad en donde no está influenciada por lo menos temporariamente, por la evaporación/evapotranspi-

ración, ni por la infiltración. En el caso del Chaco se trata de las regiones al Oeste de las Colonias Mennonitas.

En los campos del Chaco Central se desarrolló una vegetación típica, la cual es diferente de la vegetación en los sedimentos arcillosos. Los límites entre las dos fracciones sedimentarias en el Chaco Central son muy pronunciados, donde los sistemas de los paleocauces son menos meandriformes. Más hacia el Oeste, donde los ríos se trasladaron con más frecuencia y llegaron a formar meandros, existen zonas de transición.

Los albardones a lo largo de los ríos chaqueños, como p.ej. en el caso del Río Pilcomayo, indican un ascenso del cauce (RODENBURG, 1989). Esta explicación se ve apoyada por la observación de la profundidad de las aguas subterráneas que asciende en forma general, causando una supresión de la vegetación boscosa debido a períodos de inundación en el Bajo Chaco, que favorecen los palmares adaptados a condiciones pantanosas.

En el caso de la dunas del Río Parapití y de los campos, los diferentes procesos de meteorización y erosión han destruido una estructura más o menos ordenada de la roca "madre" en los Andes. Durante el transporte fluvial y eólico se produjo a medida que pasaba el tiempo una reorganización en forma de un proceso estocástico. Estos procesos son parte de los procesos con una pronunciada dirección en el tiempo, es decir, son irreversibles (NICOLIS & PRIGOGINE, 1987).

4.9 LA REGION EXPLOTABLE "CHACO"

4.9.1 Historia de colonización

La población nativa del Chaco comprende varios grupos étnicos indígenas. El hábito de vida de esta población estuvo siempre en equilibrio con la naturaleza. Sus actividades no han generado impactos notables al ambiente.

Sin embargo, actualmente ocurrieran algunos cambios en el modo de vida de los indígenas, quienes empiezan a introducir sistemas de explotación agrícola y ganadera. En relación a otros grupos, el impacto ambiental que producen es todavía marginal.

La colonización sistemática y el aprovechamiento agrícola del interior del Chaco, muy lejos de la Región Oriental del Paraguay mucho más poblada, se inicia con la llegada de los primeros campesinos Mennonitas en los años veinte del presente siglo.

Ellos habían huido de Rusia por haber sido perseguidos y ser impedidos en la práctica de su fe. Paraguay le había concedido tierra en el Chaco, liberación de los impuestos, la libre práctica de su religión, su propio sistema escolar y la liberación del servicio militar. Para Paraguay la ventaja consistía en que con esta colonización se enfatizaron frente a Bolivia los reclamos de propiedad del Chaco, lo que resultó muy acertado durante la guerra que poco después estalló. El área de colonización en aquel entonces era accesible sólo mediante carros estirados por bueyes a través de caminos de tierra en pésimo estado. Y también para este medio de transporte muchas veces en las épocas de lluvia no había paso.

El aislamiento se ajustaba a la ideología de los pioneros menonitas y además tenía

la consecuencia de que casi todo poder normativo y ejecutivo fuera aplicado por ellos mismos.

Los pioneros Mennonitas habían elegido la parte central del Chaco porque en los primeros viajes habían encontrado "campos" (paleocauces) que interrumpían como claros al matorral denso del Chaco y cuyos suelos más livianos eran más fáciles de cultivar que los suelos más pesados del matorral chaqueño (Fig. 56 y 57).

El asentamiento en los campos, además, comprendía otra ventaja no prevista: se encontraba, en forma limitada agua subterránea dulce, debido a las circunstancias sedimentológicas (Cap. 4.4).

En la lucha por la sobrevivencia en esta región inhóspita se debía aplicar cada vez más la técnica

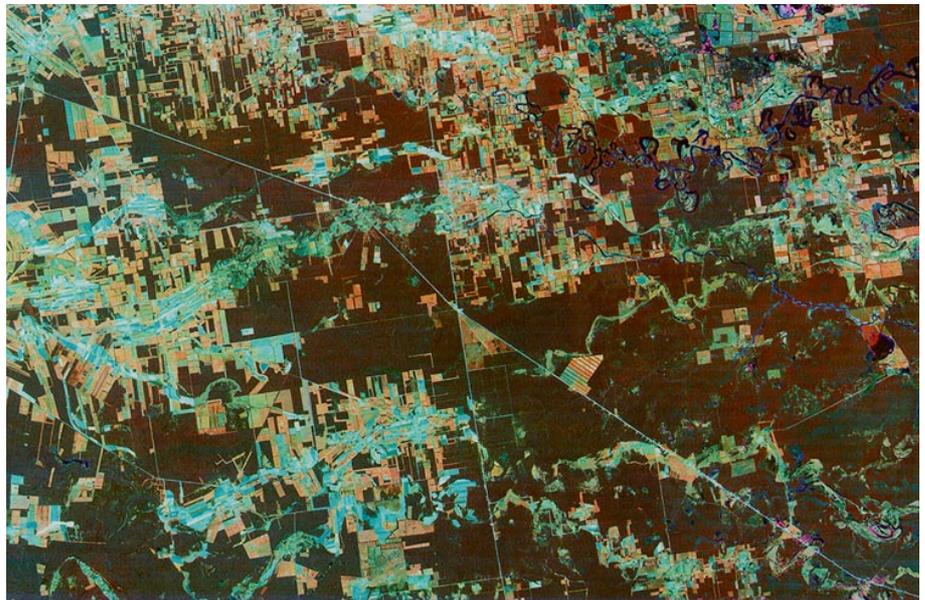


Fig. 56: Imagen satelital Thematic Mapper (ancho alrededor de 90 km)
Cruce de ruta llamativa en el centro de la imagen: Cruce de los Pioneros
Campos con agricultura en color celeste
Azul= canal 1; verde = canal 4; rojo = canal 7



Fig. 57: Campo en el Chaco central con vegetación típica



Pronto había una mayor demanda por mano de obra, la cual fue cubierta principalmente por los indígenas que venían concentrándose en el área de las colonias menonitas. El aumento de la población no sólo se debe a que muchos indígenas se asentaban allí, viniendo de partes lejanas, sino también se renunciaba al riguroso control natal de dejar vivir sólo dos hijos en cada familia, como consecuencia de la cristianización.

Con el tiempo también venían a asentarse ciudadanos de la Región Oriental del país. Alrededor de las colonias los extranjeros, entre ellos muchos alemanes, compraban tierra debido a la infraestructura presente después de que los Mennonitas habían comenzado a dedicarse más intensamente a la producción de carne y leche. A comienzos de los años 70 se inició con la introducción del desmonte con maquinarias la transformación del monte en pasturas. Desde entonces se han desmontado más de 1 000 000 de hectáreas.

En la Región Oriental del Chaco, con su régimen de precipitaciones más favorable, desde hace más de 100 años existen grandes establecimientos ganaderos que pertenecen sobre todo a los latino - paraguayos. Aparte de estos propietarios civiles deben mencionarse los puestos militares que se encuentran en muchos puntos estratégicos.

Con la transformación de los métodos de producción, pero también gracias a la pavimentación de la ruta transchaco, en el Chaco central surgió un auge económico en la última década.



*Fig. 58: Pastura al Norte de las Colonias Mennonitas (arriba)
Sobrepastoreo en la Estancia Remonia (abajo)
Ambas tomas son de Octubre de 1992*

contra la naturaleza. En la agricultura los Mennonitas utilizaban cada vez más maquinarias y pronto también comenzó a surgir una industria simple.

Con la transformación de los métodos de producción, pero también gracias a la pavimentación de la ruta transchaco, en el Chaco central surgió un auge económico en la última década.

En el año 1993 se sufrieron grandes pérdidas económicas debido a la falta de precipitaciones, debiéndose realizar faenas de urgencia en muchos establecimientos porque se había secado la pastura (Fig. 58). Esta situación probablemente también sea una consecuencia de las altas precipitaciones registradas en los años ochenta, las que muchos ganaderos menos experimentados, que se asentaron en esa época aprovecharon para cargar más animales en sus campos. Cuando la situación volvió a la normalidad estos perdieron aquellos animales.

4.9.2 Datos agropecuarios

En las Colonias Mennonitas los establecimientos generalmente abarcan alrededor de 250 ha, siendo aproximadamente 200 ha de pasturas de las cuales un promedio de 50 ha son utilizados para ganado lechero.

La carga animal por hectárea para ganado de carne es de 0,3 - 1U.A./ha. Para la agricultura son utilizados 50 ha en promedio. El desmonte se realiza de diferentes formas: a partir de 1000 ha se prefiere el desmonte con cadenas. Se trata aquí de un método radical en la que con dos topadoras y una cadenas de buque de 50 m de largo se roza la vegetación para quemarla a continuación. En el desmonte con topadora la vegetación es empujada con la cuchilla frontal, permaneciendo generalmente un mayor número de árboles grandes. Estos luego son aprovechados por el ganado porque le proporciona sombra. El material acumulado es quemado. El desmonte más suave, pero al mismo tiempo más caro es el desmonte manual, podándose en forma sistemática árboles de madera utilizable. Otros árboles se dejan y el matorral cortado se quema.

Existe una resolución para las colonias menonitas que impone que por cada 500 m de tierra desmontada debe permanecer una franja de bosque de 30 m de ancho. En general existe una disposición legal para todo el país que determina que se debe mantener intacto un 25% del bosque natural. Esta ley generalmente no es respetada porque falta la comprensión, falta de posibilidades de control o el deseo de implantación.

4.9.2.1 Pastura

En superficies desmontadas se implantan pasturas cultivadas, es decir se siembra o planta pasto, utilizando en un 70% el Pasto Búfalo y por lo demás Pasto Estrella y Pasto Pangola. Ultimamente en la Estación Experimental MAG/GTZ experimenta exitosamente especies de pasto introducido. El Pasto Pangola es especialmente apto para las partes bajas porque puede sobrellevar inclusive inundaciones prolongadas. Las pasturas cultivadas posibilitan una carga animal hasta 10 veces más intensa que las pasturas naturales. Para

la implantación de pasturas se utilizan los suelos de monte más arcillosos, y también suelos de campo degradados.

4.9.2.2 Agricultura

En los suelos arenosos de los campos los Mennonitas iniciaron la agricultura. También hoy día siguen siendo utilizados en su mayoría para la agricultura, ocupan menos del 10% de toda la superficie utilizada. En los tiempos de la inmigración de los Mennonitas, en comparación a los suelos de monte eran relativamente fáciles de labrar aún con equipos simples.

Los productos más importantes actualmente son:

- maní
- algodón
- cártamo
- sorgo

El actual laboreo con maquinarias y la utilización múltiple de los suelos favorece la erosión eólica, sobre todo después de la cosecha, cuando los suelos quedan descubiertos.

4.9.3 Monitoreo del uso de la tierra

Mediante aerofotografías, videofilmaciones e imágenes satelitarias de diferentes años puede reconstruirse el desarrollo del desmonte del Chaco desde el año 1968. Se dispone además de una serie de imágenes satelitales TM de los años 1984 y 1985 que comprenden la misma superficie y que fueron puestos a disposición por la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Asunción, la que ya ha realizado conjuntamente con la GTZ un monitoreo del uso de la tierra para la elaboración del mapa sobre vegetación y uso de la tierra en el Chaco a escala 1:500 000. Además se utilizaron los datos TM de diferentes años adquiridos por el Proyecto. (Tab. 5).

El gran avance del desmonte en el Chaco es causado por los Mennonitas, con así también en los años 70 empresarios privados contribuyeron al desmonte.

La utilización de datos satelitales TM para el futuro monitoreo del desmonte en el Chaco, es un método relativamente caro, sobre todo cuando no existe otra forma de aprovechamiento de estos datos. Además, debido a las nubes, no es fácil obtener una cobertura de datos TM aproximadamente paralela para todo el área, por lo que no podrá realizarse un control en tiempo real. Por ello se ha desarrollado un método más económico que se basa en el aprovechamiento de datos de satélite NOAA meteorológico y aerovideo.

La ventaja de los datos NOAA es la alta resolución temporal (tres veces por día) y que representa todo el área de trabajo en una toma. La desventaja se encuentra en la baja resolución del espacio (1 km x 1 km frente a 30 m x 30 m en Thematic Mapper). Los datos NOAA

1	A	228.075	Full scene	06.09.86
	B	227.077	Full scene	24.04.86
2	A	NOAA 11_2	Full scene	10.07.92
	B	227.076	Full scene	24.04.86
3	A	229.076	Full scene	28.08.86
	B	228.076	Full scene	17.06.86
4	A	228.076	Q1; Q2; Q3, Q4	14.05.85
	B	226.076	Full scene	07.08.86
5	A	227.075	Full scene	10.05.89
	B	226.077	Full scene	07.08.86
6	A	226.078	Full scene	07.08.86
	B	226.075	Full scene	07.08.86
7	A	230.075	Full scene	07.01.86
	B	225.078	Full scene	
8	A	229.074	A; B; C; D	28.08.86
9	A	229.075	Full scene	28.02.93
10	A	225.079	Full scene	
	B	NOAA 11_1	Full scene	09.08.90
11	A	226.079	Full scene	07.08.86
12	A	PANOAA	Full scene	10.07.92
13	A	SUBSET'S		11.10.93
14	A	PANOAA	Full scene	21.06.93
15	A	229.074	Q1; Q2	28.08.86
	B	229.074	Q3; Q4	28.08.86
16	A	230.074	Q1; Q2	30.09.84
	B	230.074	Q3; Q4	40.09.84
17	A	PANOAA II	Full scene	07.11.93
18	B	227.074	Full scene	18.11.92
19	A	228.074	Full scene	22.09.92
	B	228.074	Full scene	22.09.92
20	A	228.077	Full scene	16.08.90

Tab. 5: A = frente
B = reverso

pueden localizar desmontes, sin embargo, sólo facilitan informaciones cuantitativas muy limitadas. A efectos de mejorar

4.10 IMPACTOS AMBIENTALES A CAUSA DE ACTIVIDADES AN- TROPOGENAS

(Propuestas para la prevención y rehabilitación)

Como consecuencia de las actividades ganaderas y a causa de la colonización del Chaco Central se han producido influencias al Sistema Chaco, que entre otras han llevado a la pérdida de terrenos utilizables a la disminución de la calidad de los suelos y el agua.

4.10.1 Chaco Occidental (región de dunas)

La región de dunas en el Chaco Occidental está aprovechada actualmente como pastizal natural. Hasta ahora se ha deforestado muy poco en esta zona, sin embargo se ha quemado repetidamente, posiblemente para quemar la vegetación seca. Con ayuda de imágenes satelitales se pueden identificar a las áreas quemadas todavía después de 5 a 6 años, es decir, esta vegetación probablemente está sufriendo una pérdida de especies debido a las quemaduras y se recupera muy lentamente.

La estabilidad de las dunas en el Chaco Occidental es lograda a través de las condiciones descriptas en Cap. 4.4.3 y su vegetación especialmente adaptada. Se ubica en cierto rango de tolerancia, determinado por la energía del viento y la densidad de la vegetación. Según observaciones en el campo y las condiciones de viento actualmente conocidas, la eliminación de la vegetación llevaría en seguida a la removilización de la arena y luego a la pérdida de los terrenos aprovechables deseados. A lo largo de la ruta Transchaco ya se observan amontonamientos de arena en áreas en las cuales ya se ha realizado desmonte o han influenciado las quemaduras (oeste de Nueva Asunción).

WERDING (1977) describe formaciones recientes de dunas en Bolivia, en aquellos áreas, donde el Río Grande y el Río Parapití están dirigiéndose desde el oeste hacia el este, luego de haber cruzado la cadena subandina más oriental. Según investigaciones realizadas por DERPSCHE (1974) en la región de Santa Cruz de la Sierra (Bolivia) y Loma Plata (Paraguay, Chaco Central) respecto a la frecuencia y dirección de vientos erosionales, en Santa Cruz un 64,8% de estos vientos proviene de la dirección NNW.

Propuesta

Debería prohibirse la deforestación en las áreas de las dunas porque llevaría a la removilización de los arenales y luego a la pérdida de terrenos aprovechables. La quema en la región de las dunas debería prohibirse porque la regeneración de la vegetación en esta región lleva muchísimo tiempo y contribuye al peligro de erosión.

4.10.2 Terrenos pastoriles en el Chaco Central

En terrenos pastoriles (deforestados), sobre todo en el Chaco Central, se pueden reconocer paleo - sistemas de drenaje, así como los aún activos a través de su poca densidad de vegetación.

Muchas veces los rompevientos son muy angostos y las disposiciones legales respecto al desmonte no son respetadas.

Propuestas

Deben asesorarse a los establecimientos ganaderos en el sentido de no tocar los sistemas de drenaje durante el desmonte, porque el rendimiento de estas superficies es más bien menor. Estos sistemas deberían mantenerse como protección contra el viento.

Deben asesorarse a los establecimientos ganaderos respecto a la instalación de máximo impacto (dirección, anchura, altura) de rompevientos (investigaciones de la GTZ por DERPSCHE).

Infracciones contra el reglamento forestal deberán ser punidos mediante la imposición de medidas de reforestación.

Los ganaderos deberían ser motivados a realizar un desmonte "suave" para mitigar el efecto de la destrucción de la textura superior del suelo. Todas las demás formas de desmonte deberían prohibirse principalmente.

4.10.3 Medidas de embalsamiento de ríos chaqueños

En el área de la zona de transición del Chaco Central al Bajo Chaco, los ganaderos represan los ríos Negro y Montelindo, sobre todo en el Estero Patiño, y en su parte occidental. Así se garantiza el abastecimiento de agua para el ganado durante la época seca; además se evita vegetación secundaria no deseada, como p.ej. "viñales". A través de la inundación de los pastizales, se evita el crecimiento del monte y la pérdida de superficie para pastura. En el terreno plano además se observan muchas veces efectos de estancamiento debido a la construcción de caminos (Fig. 59).

Por causa de estas medidas de embalsamiento surgen diferentes efectos negativos:

- Una gran cantidad de agua se pierde por evaporación, porque el terreno es muy plano y las lagunas de embalse muy extensas. La pérdida por año en una superficie lagunar de 4 km² se estima en la siguiente manera:

Suponiendo una profundidad promedio de 0,5 m, la evaporación total de esta cantidad de agua llevaría a una pérdida anual de 2.000.000 litros (se calcula llegando a una aproximación hacia el límite inferior con una evaporación potencial de alrededor



Fig 59: Embalse del Río Montelindo por la construcción de caminos. Salinización debajo del dique

de 2.000 mm/a). Con un consumo promedio de 60 l/vacuno/día = 21.600 l/vacuno/año, ello significaría aproximadamente el abastecimiento anual para 10.000 cabezas de ganado vacuno.

Para el Chaco falta un reglamento para la sustracción de agua de los ríos, es decir una ley

global respecto a la hidroeconomía - por lo que actualmente los establecimientos ganaderos situados río abajo se ven en desventaja, porque se les retienen grandes volúmenes de agua dulce.

Debido a las grandes distancias muchos estancieros parecen desconocer el hecho de la sustracción de

agua por sus vecinos río arriba.

- Las medidas de embalse luego de la época del lluvia llevan a un rápido aumento de salinidad de las aguas fluviales debajo de los lagos de represión. A veces se aproxima a los valores de concentración de sal de aguas marinas, y en ciertas condiciones lo sobrepasan.

Por causa del descenso del nivel fluvial debajo de la ubicación del lago estancado, el agua subterránea salada intruye en el sistema fluvial que, debido a la evaporación, experimenta un aumento en la concentración de sal. La consecuencia es una prematura reducción o eliminación de la población de peces. Los efectos en los bosques de galería a lo largo de los ríos se desconocen hasta el momento.

Más abajo de los embalses surge en extensas superficies la salinización del suelo, es decir, la cristalización superficial de sales, originado por la compensación hidráulica isoestática, la cual presiona el agua subterránea salada hacia la superficie terrestre exponiéndola a la evaporación (Fig. 59 y 60).

Propuestas

La reglamentación de la distribución de aguas debería basarse en decretos existentes y/o a ser elaborados.

La toma de agua de los ríos se debería realizar en forma de tajamares de desvío, es decir los embalses deberían instalarse como afluentes fluviales. Excavaciones más profundas podrían reducir la evaporación y ayudar a sacar sólo el agua realmente necesaria. Un ejemplo es el tajamar de desvío es reflejado en la Fig. 61. Se evita la pérdida de terrenos río abajo de las medidas de embalse, la descarga prolongada de agua dulce aumenta las posibilidades de sobrevivencia y crecimiento de los peces y se eliminan posibles influencias negativas en los bosques de galería.



Fig 60: Salinización causada por la construcción de caminos (al sur de Montelindo)



Fig 61: Tajamar de desvío, Río Montelindo

4. 10.4 Deforestación en la zona de transición entre el Chaco Central y el Bajo Chaco (Daños a causa de sales en superficies agrícolas y pasturas, al Este de Loma Plata)

Fenómenos de salinización en lagunas, y en superficies agrícolas y en pasturas al Este de la línea Loma Plata - Cruce de los Pioneros, ya se conocía hace mucho tiempo. Con la extensión de la agricultura y la ganadería en esta región, la salinización de los suelos de monte representa un problema de creciente importancia. Puede ocasionar desde graves pérdidas económicas hasta la pérdida total de terrenos aprovechables (suelos de monte generalmente son limosos - arcillosos - parecidos a loess - con horizontes superiores de muy poco espesor y reservas de nutrientes bien accesibles para las plantas).

Para poder responder al problema de la salinización del suelo, se ha realizado un programa de investigación en las áreas de Loma Plata - Cruce de los Pioneros ; km 25 - Estancia Laguna Porá. Para tal efecto se han seleccionado superficies de pastura y bosque del productor Wilhelm KRAHN y una superficie agrícola en el campo experimental MAG/GTZ, así como superficies de pastura y bosque en la Estancia Santa Sofía y la Estancia Laguna Porá.

Deberían responderse las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los cuadros de deterioro y cuáles son sus causas?
- ¿Qué área se encuentra en peligro?
- ¿Cómo se pueden mitigar o evitar los deterioros?

CUADRO DE DETERIORO 1:

Inventario de vegetación raquílica o nula en forma de manchas

Hormigas cortadoras transportan material húmedo del área del suelo inferior salado hacia la superficie para construir sus hormigueros (el agua subterránea muy salada se encuentra en el área de investigación a menos de 3 m de profundidad). Estas estructuras pueden llegar a tener un diámetro de hasta 10 m.

Durante el desmonte se destruyen los hormigueros y luego se extiende el material salado. Las consecuencias son condiciones desfavorables para las plantas cultivadas, los que se expresan en los cuadros de deterioro más arriba mencionados.

CUADRO DE DETERIORO 2:

Cuadros de deterioro ovaladas y/o alargadas

Durante el desmonte, se destruye sin ser a propósito, la capa superior menos salada, el suelo del horizonte inferior llega a la superficie y es distribuido posteriormente. También los árboles caídos con sus raíces, traen material rico en sales hacia arriba.

Los impactos negativos son rápidamente visibles, porque las raíces de las plantas entran en contacto directo con las sales tóxicas para ellas. Se trata de cloruro de sodio (NaCl), sulfato de sodio (Na₂SO₄), sulfato de magnesio (MgSO₄(7H₂O) o sulfato de calcio (CaSO₄(2H₂O = yeso).

CUADRO DE DETERIORO 3:

Inventario raquílico o claros en franjas

Después del desmonte los arbustos y árboles muertos son amontonados y luego quemados. Durante esta acción, en parte, se transporta el suelo del horizonte inferior hacia arriba y también se amontona. A causa del calor producido durante la quema, se evapora el nitrógeno que es muy importante para las plantas, y disminuye la disponibilidad de hierro. Al mismo tiempo ocurre un enriquecimiento de sales a través del contenido de la sal proveniente de las plantas mismas, las cuales son liberadas durante la quema.

CUADRO DE DETERIORO 4:

Inventario raquílico y claros en forma redonda

Arboles y arbustos son amontonados en forma circular alrededor de un árbol y luego quemados. Ahí, donde el tronco se quemó junto con las raíces, se desarrolla una depresión en forma de embudo somero.

Los procesos son comparables con aquellos del cuadro de deterioro 3.

¿Qué área está en peligro?

El desmonte radical en áreas en las cuales el nivel superior de las aguas subterráneas se encuentra a menos de 3 m por debajo de la superficie terrestre, lleva a la pérdida parcial o total de terrenos aprovechables por causa de la salinización.

Bajo las condiciones climáticas reinantes, la zona en peligro llega aproximadamente hasta la línea teórica de Loma Plata - Cruce de los Pioneros, en el Oeste.

¿Se pueden mitigar o evitar los daños?

Aprovechamiento como pastura:

En áreas con agua subterránea cercana a la superficie terrestre se tendría que evitar el desmonte (p.ej. zona de influencia de depresiones). En algunas situaciones se recomienda apenas el raleo parcial del bosque inferior, combinado con la siembra de pastos adaptados. Esto tendría la ventaja de la presencia de numerosos árboles, productores de sombra para el ganado, y al mismo tiempo existiría una protección eficiente contra el viento.

Independientemente del nivel de las aguas subterráneas, se tiene que evitar durante el desmonte, el raspado del suelo superior y también la quema de la madera amontonada. El MAG - GTZ (Estación Experimental) propone un raleado de la vegetación del monte, dejando en estado natural a algunas franjas aisladas, parecidas a islas, alrededor de los árboles remanentes. Posterior al raleo se tiene que realizar la siembra directa. Las franjas protectoras e islas del monte no se apeligran por la omisión de la quema tradicional.

Aprovechamiento agrícola:

No se puede recomendar un desmonte con fines de aprovechamiento agrícola!

¿Se pueden mitigar los daños ya surgidos?

El MAG - GTZ (Estación Experimental) realiza experimentos (diversas agregaciones de yeso y diferentes medidas de laboreo) para recuperar terrenos ya deteriorados.

También parece ser conveniente la plantación de árboles tolerantes a la sal en combinación con pastos tolerantes al mismo, en terrenos deteriorados para restablecer la función de las localidades anteriormente naturales.

4.10.5 Deforestación en la zona playera de lagunas de agua dulce

En el área de transición entre el Chaco Central y el Bajo Chaco se ha tratado ya algunas veces de aprovechar las zonas playeras de las lagunas de agua dulce, para fines agrícolas y también para practicar agricultura con riego. Estas actividades llevaron después de poco tiempo a una salinización del agua de la laguna.

Con el desmonte en la zona playera de la laguna se rompe el suelo y los estratos salinos llegan hacia la superficie. Lluvias posteriores lavan estas sales y las lleva hacia la laguna. Este proceso se repite y da como resultado una salinización progresiva de la laguna.

Propuesta

Las lagunas, inclusive sus zonas playeras, deberían ser declaradas zonas bajo protección ambiental prohibiéndose cualquier tipo de actividad agrícola en las cercanías.

4.10.6 Construcción de caminos e instalación de alambrados en el Bajo Chaco

La construcción de caminos e instalación de alambrados tienen como consecuencia la formación de extensas áreas de represión durante años con abundante lluvia.

En la zona extremadamente plana del Bajo Chaco hasta los terraplenes para los caminos de menos de 1 m de altura producen un embalsamiento que puede inundar hasta cientos kilómetros cuadrados. También

los alambrados pueden causar efectos similares, porque están cubiertos de plantas, lo que puede llevar a la disminución de la corriente de agua.

Propuestas

Aclarar a los ganaderos las consecuencias de la construcción de caminos e instalación de alambrados en el Bajo Chaco y asesorarlos respecto a la instalación y el mantenimiento de pasos para el agua. Respecto a la construcción de caminos se determinarán los trayectos ideales mediante la interpretación de las imágenes satelitales.

4.10.7 Medidas de deforestación en el Bajo Chaco

En el Bajo Chaco se están produciendo recientemente palmitos de *Copernicia alba* (caranda'y), destruyendo una palmera entera por cada palmito. Además se están destruyendo los bosques naturales remanentes.

Propuestas

La producción de palmitos de la *Copernicia alba* tendría que realizarse bajo puntos de vista de un uso sostenible.

Establecer normas de usos y paralelamente seguir con las investigaciones.

A medida que se obtengan resultados en las investigaciones incorporar o modificar las normas de uso.

La deforestación de los bosques remanentes se tendría que prohibir para evitar el ascenso del nivel de las aguas subterráneas y establecer espacio para la fauna viviente en este ambiente.

5 RECOMENDACIONES

Dentro de las actividades del proyecto se ha trabajado tópicos como: clima, agua, geología, suelos, vegetación y fauna como componentes del medio ambiente.

Evidentemente, quedaron problemas específicos no resueltos. Para la mejor del conocimiento de los recursos ambientales para un uso sostenible se recomienda continuar en investigaciones adicionales en las áreas de :

- ❑ Investigación del transporte del agua y de la sal de los suelos en la zona de transición entre Chaco Central y Bajo Chaco para mejorar el conocimiento de la relación entre la deforestación y la salinización

de los suelos.

- ❑ Elaborar un mapa de Riesgo de Salinización en una área específica.
- ❑ Investigaciones de la forma, tamaño y métodos para realizar el desmonte en las áreas de riesgo (suelos salinos, erosión eólica etc.), relacionados a las franjas de protección y rompevientos más adecuados en relación con los suelos y la fauna.
- ❑ Investigación de recursos fitogenéticos y posibilidades de cultivo utilizadas para los indígenas.
- ❑ Desarrollo de un sistema de Información Medio Ambiental para mejorar el manejo y el acceso a los datos del Chaco colectado dentro del proyecto.

GLOSARIO DE ABREVIACIONES

ANDE	Administración Nacional de Electricidad	MSPBS	Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social
AID	Agencia Interamericana de Desarrollo	MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
BGR	Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales	N.S.	Nivel superior de las aguas subterráneas
CNDICH	Comisión Nacional de Desarrollo Integrado del Chaco	N.S. "crítico"	Distancia del nivel libre de las aguas subterráneas hacia la superficie del terreno, con lo cual la cobertura vegetal daños por causa de las aguas subterráneas mineralizadas
DOA	Dirección de Ordenamiento Ambiental		
DPNVS	Dirección de Parques Nacionales y Vida Silvestre		
DINAC	Dirección Nacional de Aeronautica Civil	OEA	Organización de Estados Americanos
EIA	Estudio de Impacto Ambiental	STP	Secretaría Técnica de Planificación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	SINOAT	Sistema Nacional de Ordenamiento Ambiental del Territorio
GTZ	Agencia de Cooperación Técnica Alemana	SSERNMA	Subsecretaría de Estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente
IIED	Instituto Internacional de Desarrollo Medioambiental	SSME	Subsecretaría de Minas y Energía
IBR	Instituto de Bienestar Rural	SENASA	Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental
JICA	Agencia Internacional de Cooperación Japonesa	SFN	Dirección de Servicio Forestal Nacional
KFW		FLURABSTAND	Distancia del nivel superior de las aguas subterráneas a la superficie terrestre. A continuación se abreviará con N.S.
MDN	Ministerio de Defensa Nacional		
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería		

PUBLICACIONES DEL "PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO"

ALVARENGA, D. (1995): Proyecto Sistema Ambiental del Chaco (SACH); (Inventario, evaluación y recomendaciones para la protección del potencial de los espacios naturales de la región occidental del Paraguay). I. Seminario Ecochaco '95/ XV. Reunión Grupo Chaco, BGR-GTZ-FAO-MAG-CNDRICH, 24 - 28 de abril 1995, E.E.C.C. Chaco

ALVARENGA, D., AVALOS, Y., MEDINA NETTO, A., KRUCK, W. & MERELES, F. (1996): Proyecto Sistema Ambiental del Chaco: Métodos y resultados. XII. Congreso Geológico Boliviano, 10 - 13 de Octubre, Tarija

AVALOS, Y., ALFONSO, L. & FRACCHIA, F. (1995): El uso del SIG en el Proyecto Sistema Ambiental del Chaco. I. Seminario Ecochaco '95/ XV. Reunión Grupo Chaco, BGR-GTZ-FAO-MAG-CNDRICH, 24 - 28 de abril 1995, E.E.C.C. Chaco

AVALOS, Y. & KRUCK, W. (1993): Aplicación de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica para el control del Medio Ambiente en el Chaco paraguayo. VI. Simposio Latinoamericano de percepción remota. Sensores remotos y SIG para el Medio Ambiente, Oct. 3 - 8 de 1993, Resúmenes, Cartagena, Colombia

DEGEN, R. & MERELES, F. (1996): Check-List de las plantas colectadas en el Chaco Boreal. *Rojasiana* 3(1), Asunción

(1997): Las cortezas chaqueñas utilizadas en medicina popular en el Chaco boreal. *Rojasiana* 4(1), Asunción

GEYH, M. & KRUCK, W. (1995): Estudios geocronológicos e isótopo - hidrogeológicos con respecto al desarrollo ecológico del Chaco. I. Seminario Ecochaco '95/ XV. Reunión Grupo Chaco, BGR-GTZ-FAO-MAG-CNDRICH, 24 - 28 de abril 1995, E.E.C.C. Chaco

GEYH, M., GROSJEAN, M., KRUCK, W. & SCHOTTERER, U. (1996): Sincronopsis del desarrollo morfológico y climatológico del Chaco boreal y de Atacama en los últimos 35,000 años AP. XII. Congreso Geológico Boliviano, 10 - 13 de Octubre, Tarija

GLATZLE, A., KRUCK, W., PEREZ, H. (ed.) (1995): I. Seminario Ecochaco '95/ XV. Reunión Grupo Chaco, BGR-GTZ-FAO-MAG-CNDRICH, 24 - 28 de abril 1995, E.E.C.C. Chaco

HOFFMANN, R., KRUCK, W., MEDINA NETTO, A. & NITSCH, M. (1996): Consequences of non-adapted land use in the Paraguayan Chaco. ISCO Bonn

HOFFMANN, R. & NITSCH, M. (1995): El peligro de la salinización de suelos en el Chaco central oriental como consecuencia de medidas de deforestación no adecuadas. I. Seminario Ecochaco '95/ XV. Reunión Grupo Chaco, BGR-GTZ-FAO-MAG-CNDRICH, 24 - 28 de abril 1995, E.E.C.C. Chaco

KRUCK, W. (1996): Resultados del Proyecto Sistema Ambiental del Chaco para un Uso Sostenible y el Ordenamiento Ambiental. Nachhaltige Entwicklung des Gran Chaco - Chancen für eine neue Art der Zusammenarbeit. Tagung der Evangelischen Akademie Bad Boll, 24. bis 26. Jan. 1996, Protokoll-dienst 11/96, Bad Boll

(1995): El impacto ambiental de las alteraciones ántropicas. I. Seminario Ecochaco '95/ XV. Reunión Grupo Chaco, BGR-GTZ-FAO-MAG-CNDRICH, 24 - 28 de abril 1995, E.E.C.C. Chaco

(1996): Síntesis de la reunión. - ECOCHACO '95. I. Seminario Ecochaco '95/ XV. Reunión Grupo Chaco, BGR-GTZ-FAO-MAG-CNDRICH, 24 - 28 de abril 1995, E.E.C.C. Chaco

(1996): Pleistoceno Superior y Holoceno del Chaco paraguayo. XII. Congreso Geológico Boliviano, 10 - 13 de Octubre, Tarija

KRUCK, W. & ROJAS, C. (1996): Observaciones del sistema fluvial y de la meteorología en el Chaco paraguayo y alrededores. XII. Congreso Geológico Boliviano, 10 - 13 de Octubre, Tarija

MERELES, F. (1996): La vegetación del Chaco boreal paraguayo: Características y riesgos de su explotación. Nachhaltige Entwicklung des Gran Chaco - Chancen für eine neue Art der Zusammenarbeit. Tagung der Evangelischen Akademie Bad Boll, 24. bis 26. Jan. 1996, Protokoll-dienst 11/96, Bad Boll

MERELES, F. & DEGEN, R. (1993): Aspectos fenológicos de árboles y arbustos del Chaco boreal. *Rojasiana* 1(2), Asunción

(1994): Leñosas utilizadas en la medicina popular en el Chaco boreal. *Revista Ka'aguy* (CIF-UNA), Asunción

(1994): Contribución al estudio de la flora y vegetación del Chaco boreal paraguayo. *Rojasiana* (2)1, Asunción

(1994): Los nombres vulgares de los árboles y arbustos del Chaco boreal, Paraguay. *Rojasiana* 2(2), Asunción

(1995): Formaciones vegetales del Chaco Boreal paraguayo. I. Seminario Ecochaco '95/ XV. Reunión Grupo Chaco, BGR-GTZ-FAO-MAG-CNDRICH, 24 - 28 de abril 1995, E.E.C.C. Chaco

(1997): Leñosas colonizadoras de suelos modificados en el Paraguay. *Rojasiana* 4(2), Asunción

(1997): Contribución al conocimiento de los árboles y arbustos indígenas utilizados como medicinales en el Chaco Boreal (Paraguay). *Parodiana* 10 (1-2), Asunción

MOLINAS, A. (1996): El proyecto Sistema Ambiental del Chaco, aspecto político y técnico. *Nachhaltige Entwicklung des Gran Chaco - Chancen für eine neue Art der Zusammenarbeit. Tagung der Evangelischen Akademie Bad Boll*, 24. bis 26. Jan. 1996, Protokolldienst 11/96, Bad Boll

INFORMES (SELECCION)

CARLINI, A. (1996): Informe técnico científico (Paleontología, Fauna)

CARLINI, A., NORIEGA, J. & POVEDANO, H. (1997): Mapa base de fauna (Hoja Pozo Colorado)

DEGEN, R. (1997): Dinámica de la población de *Copernicia alba* MORONG „Caranda’y“

KRUCK, W. (ed.) (1998): El Proyecto Sistema Ambiental del Chaco (Informe final)

MITLÖHNER, R. (1995): Standortcharakterisierung durch pflanzliche Saugspannung und potentiellen osmotischen Druck im Chaco Central, Paraguay

NITSCH, M. (1994): Versalzungsgefährdung von Böden im östlichen Zentralchaco als Folge nicht angepaßter Rodungsmaßnahmen

NITSCH, M. (1995): Oberflächennahes Grundwasser und Bodenversalzung in der Region östlich der Mennonitenkolonien im Zentralchaco Paraguays

SCHÄFFER, U. (1994): Satélites de observación meteorológica NOAA-N y su aplicación en el Proyecto Sistema Ambiental del Chaco

WAGNER, R. (1995): Determinación del aforo de los ríos chaqueños

WIENS, F. (1995): Evaluación económica del uso de la tierra al este de Loma Plata, Chaco Central - Oriental. Problemas de salinización en suelos de monte en una zona de transición- Parámetros y Análisis

WIENS, F. (1995): Proyecto Sistema Ambiental del Chaco: Desarrollo Geológico del Chaco

BIBLIOGRAFIA

- ADAMOLI, J.** (1975). El Chaco Paraguayo: Sub-regionalización Ecológica. - Proyecto Pilcomayo. Organización de Estados Americanos (OEA)
- AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON** (1992): Estudio del Plan Maestro del Proyecto de Desarrollo Agropecuario Integrado en el Bajo Chaco. - Informe de Progreso (II). Paraguay
- AHLFELD, F & SCHNEIDER, A.** (1964): Los yacimientos minerales y de Hidrocarburos de Bolivia. - Boletín N° 5. Dpto. Nac. de Geología. Bolivia
- AHLFELD, F. & BRANISA, L.** (1960): Geología de Bolivia. - Instituto Boliviano del Petróleo. - Ed. Don Bosco. Bolivia
- ALBERDI, M.T., BONADONNA, F.P., CERDEÑO, E., LEONE, G., LONGINELLI, A., PRADO, J.L., SANCHEZ, B. & TONNI, E.P.** (1993): Paleoclimatic and paleobiological correlations by mammal faunas from Southern America and SW Europe. - *Ciências da Terra*, 12, 143-149 p., 4 fig. Lisboa
- ALLISON, L.J. AND SCHNAPF, A.** (1982): *Manual of Remote Sensing*
- ALONSO, P. & MORENO, G.** (1989): Estación Experimental del Chaco Central Cruce Loma Plata - Ruta Transchaco Km 415. 115 p., varios cuadros. Asunción
- ARENAS, P.** (1982). Etnobotánica Lengua-Maskoy. - Fundación para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Buenos Aires, Argentina
- AUGER, JICA / MAG,** Perforaciones exploratorias en el Bajo Chaco. Dpto. Presidente Hayes. 3 pozos de 30 m con máquina. Paraguay
- BACHMANN, M. & BENDIX, J.:** An improved algorithm for NOAA-AVHRR image referencing. - „International Journal of Remote Sensing“, 13, 16, 3205-3215
- BAGNOLD, R.A.** (1941): The physics of blown sand and desert dunes. - Chapman & Hall, London
- BAIED, CARLOS A.** (1991): Late - Quaternary Environments and Human Occupation of the South-Central Andes; 150 p., 38 fig.
- BARRET, E.C., KIDD, C. & BAILEY, J.O.:** The Special Sensor Microwave Imager; a new instrument with rainfall monitoring potential. - „International Journal of Remote Sensing“, 9, 12, 1943-1950
- BASE-ECTA** (1994): Recortes de la prensa nacional en el Paraguay de los periódicos ABC Color, Hoy, Noticias, Última Hora, período 1989-1994. Asunción
- BASUALDO, I. Y OTROS.** (1993): Plantas tóxicas para el ganado en los Dptos. de Concepción y Amambay. Paraguay
- BENDER, H.** (1993): Bericht über eine Dienstreise zu den TZ-Projekten der BGR in Paraguay: Erkundung und Erschließung der Grundwasserressourcen der Westregion; Erfassung, Bewertung und Empfehlungen zum Schutz des Naturraumpotentials vom 04.05.1992 bis zum 02.07.1992. Unveröffentlicht. Hannover
- BERTALANFFY, L.v.** (1970) in: KOESTLER, A. & SMYTHIES (Hrsg.): Das neue Menschenbild: Die Revolutionierung der Wissenschaft vom Leben. - Ein intern. Symposium, 71-90; Verl. F. Molden, Wien, München, Zürich
- BERTALANFFY, L.v.** (1988): *General Systems Theory. Foundations, Development, Applications.* - Tenth Printing - G. Braziller, New York
- BIANUCCI, H. A., ACEVEDO, O. M. & CERDAN, J. J. ():** Evolución Tectosedimentaria del Grupo Salta en la Subcuenca Lomas de Olmedo (Provincia de Salta y Formosa). - VIII Congreso Geológico Argentino. p. 159-171 , 2 fig.
- BLUME, H.-P.** (1990): Eigenschaften und Funktionen von Böden. In: BLUME, H.-P. (Hrsg.): *Handbuch des Bodenschutzes.* Ecomed, Landsberg/Lech
- BRACK, W. & WEIK J.** (1993): El Bosque Nativo del Paraguay. Riqueza subestimada. Proyecto de Planificación del Uso de la Tierra. Serie N° 15. Paraguay
- BRACK, W.** (1993): Cultura del Agro - Itá y su entorno. Pyto de Planificación del Uso de la Tierra. Serie N° 11. BGP/MAG
- BREMAN, E.** (1981): Paleocología de los Ostracodos de Pozos Perforados en el Cuaternario de Cochabamba, Bolivia. Colombia. Revista Vol. 6.
- BRENT, R.P.** (1973): Some efficient algorithmus for solving systems of nonlinear equations. „SIAM J. Numerical Anal.“ 10, p. 327-344
- BRIDGE, A.** (1985): Programa Nacional de Manejo y Conservación de Suelos y Recursos Afines. Vol. I. Roma
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE** (1980): *Geowissenschaftliche Erkundung Afrikas mit Satellitenbildern. Multidisziplinäre Untersuchungen der Republik Obervolte mit Beiträgen zur Geologie, Bodenkunde, Landnutzung und Hydrogeologie.* - Hannover (unveröffentlicht)

- BURKART, A.** (1957): Ojeada sinóptica a la vegetación del Delta del Paraná. *Darviniana* 11 (3): p. 467 - 561, 1 mapa
- BUSQUETS, E.** (1993): Aprovechamiento de los Recursos Hídricos Subterráneos en la Región Occidental. Informe del Taller de Planificación del Proyecto. II Fase. Paraguay
- C E A.** Consorcio de Ganaderos p/ Exper. Agrop. (1975): Animales. Tomo II. Edit. El Gráfico. Paraguay
- CABRERA, A. L.** (1953): Esquema Fitogeográfico de la República Argentina. *Revista Mus. de La Plata Secc. Botánica* 8: p. 87-168
- CABRERA, A. L.** (1976): Regiones Fitogeográficas Argentinas. In: KUGLER, W. F. (ed.), *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería* 2 (1). Ed. ACME, Buenos Aires
- CANOBA, C. & POPOLIZIO E.** (1968): Estudio Aerofotográfico de Paleopotamología en un Sector Ribereño del Río Paraná Prov. del Chaco. N° 2. Argentina
- CARDENAS, M.** (1945). Aspecto general de la vegetación de Bolivia. In: VERDOORN, F. (ed.), *Plants and plant science in Latin America* 16: p. 312-313. The Chronica Botanica Company, Waltham
- CARLINI, A. A. y G. J. SCILLATO - YANE** (enviado): Quaternary Xenarthra (Mammalia) of Argentina. Its own evolutionary event. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*
- CASAS, R.** (1988): Desmonte y habilitación de Tierras en la Región Chaqueña Semiárida. Of. Reg. F A O Amér. Lat. y el Caribe. Chile
- CASELLES, V., DELEGIDO, J., SOBRINO, J.A. & HURTADO, E.** (1992): Evaluation of the maximum evapotranspiration over the La Mancha region, Spain, using NOAA AVHRR data. „*International Journal of Remote Sensing*“, 13, 5, p. 939-946
- CASTELLANOS & PEREZ-MOREAU** (1945): Los tipos de vegetación de la República Argentina. *Revista Fac. Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Buenos Aires* 3: p. 79-98
- CASTELLANOS, A.** (1965): Estudio Fisiográfico de la Provincia de Corrientes. Imprenta: Univ. Nac. del Litoral. Argentina
- CASTELLANOS, A.** (1968): Desplazamientos Naturales, en Abanico, del Río Salado del Norte en la Llanura Chaco - Santiagueño - Santafesino. Imprenta: Univ. Nac. del Litoral. Argentina
- CEI, J. M.** (1980): Amphibians of Argentina. *Monitore Zoologico Italiano, Italian Journal of Zoology*, N.S Monogr. 2, 609 p.
- CEI, J.M.** (1993): Reptiles del noroeste, nordeste y este de la Argentina. *Herpetofauna de las selvas subtropicales, Puna y Pampas*. Museo Regionale di Scienze Naturali Torino, Monogr. XIV, 949 p.
- CHARLE, R., DI PERSIA, O. & BELOTTI, H.** (1991): Geología del Sector Noreste de la Provincia de Formosa. Argentina. Folleto
- CLAPPERTON, C.** (1993): *Quaternary geology and geomorphology of South America*. Elsevier. Amsterdam - London - New York - Tokyo
- COLECCIONES DE FLORA Y FAUNA DEL MUSEO NACIONAL DE HISTORIA NATURAL DEL PARAGUAY.** 1996. *Mus. Nac. Hist. Nat. del Paraguay, SSERNMA/ MAG*, 573 p.
- COMIS NAC. DESARR. REG. INTEG. CHACO PARG. & RED COOPER. REC. RECUR. NATUR.** (1987): *Labranza Mínima de Conservación de la Región Semiárida Chaqueña*. Paraguay
- COMISION NACIONAL DE DESARROLLO DEL CHACO & SECRETARIA GENERAL DE LA ORGANIZACION DE ESTADOS AMERICANOS (OEA),** (1987): Proyecto Chaco: Principales características socioeconómicas de las explotaciones agropecuarias establecidas en el sub-área programa 4C, Departamento de Boquerón. Asunción
- CONTEC-SAE-SNITZLER Consultores** (1978): Plan Reg. para el aprovechamiento de la Zona de Influencia de la Ruta Transchaco. Informe final. IV Tomo. Secret. Téc. Planif. Of. de Proyectos. Paraguay. 1978
- CONTRERAS, J.R. y N. GONZALEZ ROMERO** (1989): Algunas observaciones acerca de la presencia y abundancia de rapaces (Accipitridae y Falconidae) en una transecta a través del Chaco Boreal, Paraguay. *Nótulas Faunísticas* 20: p.1 - 4
- CONVENCION SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES).** 1992. Apéndices I y II, 33 p.
- COOPERACION TECNICA PARAGUAYA - ALEMANA** (1989): *Sistemas Agroforestales en el Paraguay*. Proyecto de Cooperación Forestal. Paraguay
- DARCHOW, C.** (1989): *Vorlesungsauswertungen - Heinrich Rodenburg: Geoökologie-Geomorphologie*.- Catena Verlag, Cremlingen-Destedt
- DAVIES, D. K., WILLANS, B. P.J. & VESSELL, R. K.** (1993): Dimensions and quality of reservoirs originating in low and high sinuosity channel systems, Lower Cretaceous Travis Peak Formation East Texas, USA. *Geological Society Special Publication* No. 73. p. 95-121, 23 fig., 7 tab.; London
- DERPSCH, R.** (1974): *Untersuchung der Winderosion in der integrierten Zone des Departements Santa Cruz und mögliche Kontrollmaßnahmen*. Internal Report Kienbaum Unternehmensberatung, 60 p., 22 fig.; Düsseldorf

- DIETZE, R. & FUNES E. L. & KOHLER A. & WEIK J. & ZUTTER, P.** (1993): Los Caminos de la Diversidad. Proy. Plan. Uso de la Tierra. N° 5. 2ª Ed. Edt. Icono. Paraguay
- DIETZE, R. & KOHLER A., OCAMPOS G., RAMOS J. & ZUTTER, P.** (1993): Voces y Pistas para un Desarrollo Sostenible. Proy. Plan. Uso de la Tierra. N° 10. Edit. Icono. Paraguay
- DIETZE, R., FUNES E. L. KOHLER, A., WEIK, J. & DE ZUTTER, P.** (1993): Los caminos de la diversidad. Serie debate No. 5 2da ed., DGP-MAG-GTZ, Asunción
- DIETZE, R., OCAMPOS, G., KOHLER, A., RAMOS, J., DE ZUTTER, P.** (1993): Voces y pistas para un desarrollo sostenible. Serie debate No. 10, DGP-MAG-GTZ, Asunción
- DOCUMENTO BASE SOBRE BIODIVERSIDAD.** 1995. Proyecto Estrategia Nacional para la Protección de los Recursos Naturales. SSERNMA/MAG - GTZ, Asunción, Paraguay, 166 p.
- DOUROJEANNI, A.** (1992): Políticas de gestión integral de aguas y políticas económicas. CEPAL, Santiago de Chile
- DOZIER, J.** (1981), A method for satellite identification of surface temperature fields of subpixel resolution. *Remote Sensing of Environment*, 11, p. 221-229
- DP/UN/PAR 72-004/2** Paraguay, Investigación y Desarrollo de Aguas Subterráneas en el Chaco. Informe Técnico
- EHRlich, D., ESTES, J.E. & SINGH, A.** (1994): Applications of NOAA-AVHRR 1km data for environmental monitoring. „International Journal of Remote Sensing“, 15, 1, p. 145-161
- EIGEN, M. & WINKLER, R.** (1985): Das Spiel; Naturgesetze steuern den Zufall,- Serie Piper, München-Zürich
- EQUIPO DE MEDIO AMBIENTE DE RED RURAL** (1993): Medio ambiente y desarrollo, Serie seminarios no. 2, ed. Red Rural, Asunción
- ESSER, G.** (1982): Vegetationsgliederung und Kakteenvegetation von Paraguay. *Trop. Subtrop. Pflanzenwelt* 38: p. 5-113
- EUOGI (EUROGIS)** (1993): Report of the Committee for investigating the feasibility of creating a European Umbrella Organization for Geographical Information. 61 p.; Luxembourg
- EUROCONSULT** (Ed.) (1989): Agricultural Compendium. For Rural Development in the Tropics and Subtropics; 740 p., many figures and tables
- FAO - UNESCO** (1971): Soil map of the world. Volume IV. Paris
- FAO - UNESCO** (1990): Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos. Mapa mundial de suelos. España
- FAO - UNESCO** (1964): Report on the soils of Paraguay. 2ª Ed.
- FAO** (1964): Adequacy of soil studies in Paraguay. Roma
- FAO** (1991): Catálogo de publicaciones
- FERNANDEZ GARRASINO, C.** (1989): La Cuenca Chaco-Paranaense Argentina. Sus tendencias evolutivas y algunas posibilidades exploratorias. B.I.P. Junio 1989; p. 2-17, 7 fig., 5 tab.
- FERNANDEZ, J., MARKGRAF, V., PANARELLO, H.O., ALBERO, M., ANGIOLINI, F., VALENCIA, S. & ARRIAGA, M.** (1991): Late Pleistocene / Early Holocene Environments and Climates, Fauna and Human Occupation in the Argentine Altiplano. *Geoarchaeology*, Vol. 6, No. 3; p. 251-272; 6 fig., 5 tab.
- FEYERABEND, P.** (1993): Wider den Methodenzwang. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 597, Frankfurt am Main
- FEYNMANN, R.P.** (1990): Vom Wesen physikalischer Gesetze.- Piper, München, Zürich
- FICHTNER AGRAR UND HYDROTECHNIK & ANDE** (1990): Estudio de Factibilidad para la electrificación del Chaco. ANDE. Informe N° 1. Paraguay
- FICHTNER AGRAR UND HYDROTECHNIK & ANDE** 11(1990): Estudio de factibilidad para la electrificación del Chaco, informe N° 11 potencial de desarrollo
- FIEBRIG, C., & ROJAS T.** (1933): Ensayo Fito-geográfico sobre el Chaco boreal. *Revista Jard. Bot. Mus. Hist. Nat. Paraguay* 3: p. 3-87
- FRENGUELLI, J.** (1941): Rasgos principales de la fitogeografía argentina. *Revista Mus. La Plata secc. Bot.* 3 (13): p. 65-131
- FRETES E., ARNULFO et al.** (1993): de la Organización Campesina al Desarrollo Rural Sostenible. Las experiencias agroforestales del C.P.C.C. Pyto Planificación del Uso de la Tierra. DGP/MAG. Serie Devote N° 14
- FUNES, L. & KOHLER A. & TAPIA M. & ZUTTER, P.** (1993): De la Conservación al Desarrollo Agro - Silvo - Pastoril. Edic. ICONO S R L. Paraguay
- GALLOWAY, R.W., MARKGRAF, V. & BRADBURY, J.P.** (1988): Dating shorelines of lakes in Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol 1, N° 2, p. 195-198, 3 fig.
- GLATZLE, A.** (1990): Weidewirtschaft in den Tropen und Subtropen; p. 258, 119 Abb, 108 tab. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

- GLATZLE, A.** (1991): Informe Anual 90/91. Estación Experimental Chaco Central. Parte 1: Sección Pastura. Paraguay
- GLATZLE, A.**(1990): Kleine Datensammlung zu den Bereichen Tierproduktion, Futter Weide, Klima (Mennonitenkolonien, Zentralchaco). Unveröffentlicht
- GOB. DE LA RCA. DEL PARAGUAY** (1984): Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo. Propuesta de Desarrollo para el Area Programa 2; Centro Sur
- GOB. DE LA RCA. DEL PARAGUAY. OEA.**(1986): Proyecto PAR 83/005 „Mapa Geológico del Paraguay“. Texto Explicativo
- GOB. REP. PARAGUAY & SECR. GEN. OEA** (1985). Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo. Informe 2ª etapa. Paraguay. 2 tomos
- GOB. REP. PARAGUAY & SECR. GEN. OEA** (1985). Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo. N° 5 .Paraguay
- GOB. REP. PARAGUAY** (1983): Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo. 3ª Edic. Edic. Chaco Paraguayo. Paraguay
- GOB. REP. PARAGUAY. & ORG. NAC. UNIDAS.** (1991): Pozos Profundos en el Chaco Paraguayo: Banco Electrónico de Datos Hidrogeológicos e Hidroquímicos. Paraguay
- GOBERNO DO ESTADO./ SECRET. DA AGRICULTURA** (1978): Manual Agropecuario para o Paraná. Vol. II. Brasil
- GODOY, E.** (1984): Informe de la Perforación MDN-R-157. Km 658 Ruta Transchaco. Departamento Nueva Asunción. Paraguay
- GODOY, E.** (1990): Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas de la Región Oeste del Chaco Paraguayo/ Dpto de Abastecimiento de Agua para el Chaco. Filadelfia. Paraguay
- GOMEZ, D.** (1986): Contribución al Conocimiento de la Geología del Norte del Chaco Paraguayo. Paraguay. Folleto
- GOMEZ, R. & BOLL A. & HERNANDEZ, R.** (1989): Cuenca Cretácico - Terciaria del Noreste Argentino.(Grupo Salta). Argentina. Folleto
- GOOKIN, D.** (1991): Optimale Speicherverwaltung mit. MS -DOS 5. Alemania
- GORHAM, R. J.** (1973): The Paraguayan Chaco and its rainfall. In: GORHAM, R., Paraguay Ecological Essays. Academy of the Arts and Sciences of the Americas p. 39 - 43, Miami
- GOWARD, S.N., DYE, D.G., TURNER, S. & YANG, J.** (1993): Objective assessment of the NOAA global vegetation index data product. International Journal of Remote Sensing, 14, 18, p. 3365-3394
- GOWER, J.F.R.** (1992): Low cost satellite sensor image reception for NOAA HRPT and other compatible data. International Journal of Remote Sensing, 14, 1, p. 177-181
- GROTEN, S.M.E.** (1993): NDVI-crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso. International Journal of Remote Sensing, 14, 8, p. 1495-1515
- GTZ-Map 1984-1985:** Misión forestal Alemania (GTZ), Uso actual de la tierra, Republica del Paraguay, Region oriental, 1:500 000
- GUANES DE LAINO, R.** (1993): Familias sin tierra en Paraguay. Intercontinental ed., Asunción
- HAECKEL, E.**(1866): Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen.- Berlin
- HAMMEN, T.v.d.** (1991): Palaeoecology of the Neotropics: An Overview of the State of Affairs. Bol. IG-USP. Publ. Esp. N_ 8, p. 35-55, 3 fig. São Paulo
- HARRINGTON, H. J.** (1956): "Paraguay", in Handbook of South American Geology, W. F. Jenks, ed. Geol. Soc. Amer. Mem., 65: p. 104 - 114
- HASSENPFUG, W.** (1990): Winderosion. In: BLUME, H.-P. (Hrsg.): Handbuch des Bodenschutzes. Ecomed, Landsberg/Lech
- HASSLER, E.** (1909): Contribuciones a la flora del Chaco Argentino-Paraguayo. Primera parte: Florula Pilcomayensis. Trab. Mus. Farmacología 21: p. 1-153
- HAUDE, W.** (1959): Verdunstung und Strahlungsbilanz in einem warmen Trockenklima. Meteorologische Rundschau, 12; Heft 1, S. 11-17; 10 Abb, 3 tab.
- HAYES, F.E.** (1995): Status, Distribution and Biogeography of the Birds of Paraguay. Monographs in Field Ornithology, Vol. 1, 224 p.
- HEISENBERG, W.** (1990): Ordnung der Wirklichkeit.- Serie Piper, München
- HERZOG, T.v.** (1910): Die von Dr. Th. HERZOG auf seiner zweiten Reise durch Bolivien in den Jahren 1910 und 1911 gesammelten Pflanzen. Meded. Mus. Herb. Rijks. Univ. Utrech 19 (1): p. 1-90
- HERZOG, T.v.** (1923): Die Pflanzenwelt der bolivischen Anden und ihres östlichen Vorlandes. In: ENGLER, A. & O. DRUDE (eds.) Die Vegetation der Erde 15: p. 84-105. Engelmann
- HOFFSTETTER, R.** (1978): "Une faune de Mamifères pleistocènes au Paraguay. C. R. Som. Soc. géol. France, 1978: p. 32 - 33
- HOFSTAEDTER, D.R.** (1986): Gödel, Escher und Bach - ein Endloses Geflochtenes Band.- Klett-Cotta, Stuttgart
- HOHNHOLZ, J.H.** (1992): International Conference on Agrotourism Industry. p. 10-29, 4 tab. Malaysia

- HOLBEN, B.N.** (1986): Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. „International Journal of Remote Sensing“, 7, 11, p. 1417-1434
- HOLBEN, B.N., KAUFMANN, Y.J. & KENDALL, J.D.** (1990): NOAA-11 AVHRR visible and near-IR inflight calibration. International Journal of Remote Sensing, 11, 5, p. 1511-1519
- HSIA, Y.J. & KOH, C.C.** (1983): Water yield resulting from clearcutting a small hardwood basin in central Taiwan. p. 215-220, 4 fig., 2 tab.
- HUECK, K. & SEIBERT, P.** (1988): Mapa de Vegetación de América del Sur. GTZ. Alemania
- HUECK, K.** (1978). Los bosques de Sudamérica. Cooperación Técnica Alemana (GTZ), Eschborn. 476 p.
- INSTITUTO DE GEOCIENCIAS** (1991): Proceedings of the Global Changes in South América During the Quaternary. Publicación N° 8. Brasil. Boletín
- INVENTARIO, EVALUACION Y RECOMENDACIONES PARA LA PROTECCION DE LOS ESPACIOS NATURALES EN LA REGION OCCIDENTAL.** 1996. Informe de Avance del Proyecto Sistema Ambiental del Chaco. DOA/ MAG - BGR, Asunción, Paraguay, 170 p.
- IRIONDO, M.** (1987): Geomorfología y Cuaternario de la Provincia Santa Fe (Argentina). D'Orbignyana, 4, p. 1-54, 17 fig.
- IRIONDO, M.** (1993): Geomorfología y Cuaternario Superior del Chaco (Sudamerica). Geomorphology, 7, p. 289-305; 10 fig. Amsterdam
- IRIONDO, M. H. & GARCIA, N. O.** (1993): Climatic variations in the Argentine plains during the last 18,000 years. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 28, p. 209-220, 10 fig.; Amsterdam
- IUCN RED LIST OF THREATENED ANIMALS.** 1996. Compilada por The IUCN Species Survival Commission, 368 p.
- IVERSON, L.R., COOK, E.A. & GRAHAM, R.L.** (1989): A technique for extrapolating and validitating forest cover across large regions. - Calibrating AVHRR data with TM data - International Journal of Remote Sensing, 10, 11, p. 1805-1812
- JANTSCH, E.** (1986): Die Selbstorganisation des Universums. Vom Urknall zum menschlichen Geist.- DTV, München
- JEWELL, N.** (1989): An evaluation of multi-date SPOT data for agriculture and land use mapping in the United Kingdom. International Journal of Remote Sensing, 10, 6, p. 939-951
- JICA** (1992 a): Estudio del plan maestro del proyecto de desarrollo agropecuario en el Bajo Chaco de la República del Paraguay. Informe de progreso (II)
- JICA** (1992 b): Informe de los trabajos realizados con AUGER para el Proyecto de Desarrollo Agropecuario Integrado en el Bajo Chaco. 25 perforaciones. Pozos 371/2/3/4/5. Paraguay
- JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R.G. & KALB, V.L.** (1991): Representation of vegetation by continental data sets derived from NOAA-AVHRR data - International Journal of Remote Sensing, 12, 5, p. 999-1022
- JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R.G., HOLBEN, B.N. & TUCKER, C.J.** (1985): Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data - International Journal of Remote Sensing, 6,8, p. 1271-1318
- KAISER, E.** (1992): Das Einsteigerseminar Batch - Dateien. Alemania
- KANTOR, W., KIRCHHOF, W., KRUCK, W., & SCHOLZ, R.** (1994): Detecting changes in the vegetation of the Sahel by means of multitemporal satellite data. Plant research and development, Tübingen
- KIDWELL, K.B.** (1988): NOAA Polar Orbiter (TIROS-N, NOAA-6, NOAA-7, NOAA-8, NOAA-9, NOAA-10 and NOAA-11) Users Guide, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, National Climatic Data Center, Satellite Data Services Division, unveröffentlichte Schrift, Princeton Executive Square, Room 100, Washington, D.C.
- KIRCHHOF, W., KRUCK, W., MÜHLFELD, R. & SCHOLZ, R.** (1984): Evaluation of multispectral data for the detection of surface changes in the Sahelian zone.- VIIIth Canadian symposium on remote sensing, Montréal
- KLEIMAN, P.** (1982): Recursos Hídricos de la Región Occidental. Preparado por la Unidad Técnica del Proyecto de Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo
- KRAMER, H.J.** (1991): Earth Observation - Remote Sensing Overview of Missions and Sensors, DLR-Bericht, in BGR, Ref. 1.32, Fernerkundung
- KUHN, T.S.** (1988): Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 25, Frankfurt am Main
- LAL, R.** (1990): Soil Erosion in the Tropics; 580 p., USA
- LAMB, W.C. & TRUITT, P.** (1963): The Petroleum Geology of the Santa Cruz Area, Bolivia. 6° World Petr. Congr. Section I; 21 p., 13 fig.; Frankfurt
- LAMPRECHT, H.** (1986): Waldbau in den Tropen. Die Tropischen Waldökosysteme und ihre Baumarten-Möglichkeiten und Methoden zu ihre nachhaltigen Nutzung; 318 S., 109 tab., 57 Abb.; Göttingen

- LANDON, J.L.** (1991): Booker Tropical Soil Manual; 474 p., 13 fig., 75 tab., 15 annexes. Hong Kong
- LATERZA R., G.** (1989): Régimen municipal urbano y ambiental del Paraguay. CPES, Asunción
- LAZLO, E.** Hrsg. (1972): The Relevance of General Systems Theory. Papers presented to Ludwig von Bertalanffy on His Seventieth Birthday. The International Library of Systems Theory and Philosophy, G. Braziller, New York
- LETTAU, H.** (1990): Über die anomale Abnahme des Verhältnisses von Abfluß zu Niederschlag mit zunehmender Entwaldung in Zentral-Panama. p. 131-137, tab. 2, Abb. 3
- LEWIS, J. P. & PIRES E. P.** (1981): La vegetación de la Argentina: Reseña sobre la Vegetación del Chaco Santafesino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, ser. fitogeográfica 18: p. 20-41
- LOPEZ, J. A., Little, E., Ritz, G., Hahn, W.** (1987): Árboles comunes del Paraguay. Ñande Mata Kuera. Cuerpo de Paz U.S. Government, Printing Office, 425 p.
- LOPEZ GOROSTIAGA, O.** (1984): Formaciones Vegetales del Chaco Paraguayo. Comisión Nacional de Desarrollo del Chaco / Organización de Estados Americanos (O.E.A.), Serie Información Básica N° 2: 34 p. Asunción
- LORENTZ, P. G.** (1876): Cuadro de la vegetación de la República Argentina. Sociedad Anónima de Litografía, Tipografía y Fundición de Tipos, Buenos Aires, p. 132-135
- LÜDERS, R.** (1961): Bodenbildungen im Chaco Boreal von Paraguay als Zeugen des spät- und postglazialen Klimaablaufs. Geol. Jb., Bd. 78, S. 603-608, Hannover
- LÜDERS, R.** (1962): Böden des Chaco Boreal von Paraguay. Geol. Jb., Bd. 81, S. 83-134, Hannover.
- LUHMANN, N.** (1988): Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie.- 2.Aufl.-Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft, Frankfurt am Main
- LYON, R.P.** (1984): Geologic Remote Sensing: A Spectral Approach (Lectures in Japan), Vol. 1, p. 41-148
- MAG, DIEAF & GTZ** (1989): Estudio de suelo. Estación Experimental del Chaco Central Cruce Loma Plata. Ruta Transchaco. Km 415. Paraguay
- MAG, INSTITUTO ASUNTOS INTERAMERICANOS. & SERV. TEC. INTR. COOP. AGRIC.** (1954): Clasificación preliminar de los suelos y las tierras del Paraguay. Bolt. N° 19. Paraguay
- MALINGREAU J.P., LAPORTE, N. and GREGOIRE, J.M.** (1990): Exceptional fire events in the tropics; Southern Guinée January 1987. „International Journal of Remote Sensing“, 11, 12, p. 2121-2123
- MALINGREAU, J.P. & TUCKER, C.J.** (1990): Ranching in the Amazon Basin; Large-scale changes observed by AVHRR. International Journal of Remote Sensing, 11, 2, p. 187-189
- MAMMALIAN SPECIES** (Nros. 39, 54, 62, 71, 91, 109, 112, 162, 183, 185, 186, 197, 200, 202, 216, 220, 227, 234, 252, 256, 259, 264, 265, 275, 292, 293, 295, 331, 340, 343, 350, 351, 398, 404 y 481). The American Society of Mammalogists
- MAPA DE TIPOS DE VEGETACION Y USO ACTUAL DE LA TIERRA: HOJA SF - 21 - 13 - POZO COLORADO.** 1996. Potencial de los Espacios Naturales de la Región Occidental. Proyecto Sistema Ambiental del Chaco, Cooperación Paraguayo - Alemana, DOA/ MAG - BGR
- MARGULIS, L., LOVELOCK, J.E** (1974): Biological Modulation of the Earth's Atmosphere. Icarus 21, p. 471-489, 6 fig., 2 tab.; Great Britain
- MARIN F, E., SILVERO S., J. & SOSA, A., E.** (1990): La organización municipal en el Paraguay, CDE-FFE, Asunción
- MARKGRAF, V.** (1985): Paleoenvironmental History of the last 10,000 Years in Northwestern Argentina. Zbl. Geol. Paläont. T. 1, 1984, p. 1739-1749, 2 fig.; Stuttgart
- MARKGRAF, V.** (1987): Paleoenvironmental Changes at the Northern Limit of the Subantarctic Nothofagus Forest, Lat. 37° S, Argentina. Argentine Forest History. p. 119-129, 3 fig.; Washington
- MARKGRAF, V.** (1991): Late Pleistocene environmental and climatic evolution in southern South America. Bamberger Geographische Schriften, Bd 11, p. 271-281, 3 fig., 1 tab.
- MARKGRAF, V.** (1991): Younger Dryas in southern South America?. Boreas, Vol. 20, p. 63-69, 3 fig.
- MARKGRAF, V., BRADBURY, J.P. & FERNANDEZ, J.** (1986): Bajada de Rahue, Province of Neuquen, Argentina: An Interstadial deposit in Northern Patagonia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Vol. 56, p. 251-258, 2 fig.; Amsterdam
- MARKGRAF, V., DODSON, J.R., KERSHAW, A.P., McGLONE, M.S. & NICHOLLS, N.** (1992): Evolution of late Pleistocene and Holocene climates in the circum-South Pacific land areas. Climate Dynamics, p. 193-211, 8 fig.
- MARSHALL, L. G., A. BERTA, R. HOFFSTETTER, R. PASCUAL, O.A. REIG, M. BOMBIN AND A. MONES** (1984): "Mammals and stratigraphy: Geochronology of the continental mammal-bearing Quaternary of South America. Palaeo-vertebrata, Mém, Extr. 1984: p. 1 - 76

- MASELLI, F., CONESE, C. & PETKOV, V.** (1993): Environmental monitoring and crop forecasting in the Sahel through the use of NOAA NDVI data. A case study: Niger 1986-89. *International Journal of Remote Sensing*, 14, 18, p. 3471-3487
- MATSON, M. & DOZIER, J.** (1981): Identification of subresolution high temperature sources using a thermal IR sensor. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 47, p. 1311-1318
- MATSON, M., STEPHENS, G. & ROBINSON, J.** (1987): Fire detection using data from the NOAA-N satellites. „*International Journal of Remote Sensing*, 8, 7, p. 961-970
- MERELES, F. & DEGEN, R.** (1993): Fenología de los árboles y arbustos del Chaco boreal. I. *Rojasiana* 1 (2)
- MERELES, F. & DEGEN, R.** (1994): Contribución al estudio de la flora del Chaco boreal: el género *Bougainvillea* (Nyctaginaceae) y *Calotropis procera* (Apocynaceae), nueva cita para el Paraguay. *Rojasiana* 2 (1)
- MINISTERIO DE AGRIC. Y GANAD. & SSERNMA** (1992): Paraguay. Informe Nacional. Conferencia de las NN.UU sobre Medio Ambiente Y Desarrollo. Paraguay
- MINISTERIO DE AGRIC. Y GANAD. & SSERNMA** (1992): Política para la Conservación de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente. Paraguay
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA** (1989): Plan Modelo de Manejo de Recursos Naturales Renovables en el Distrito de Choré. Dpto. de San Pedro; 51 p.; 4 mapas
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, SUBSECRETARIA DE ESTADO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE & PNUD** (1993): Sistema nacional de ordenamiento ambiental del territorio, SINOAT, política estrategia y directrices, Asunción
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, SUBSECRETARIA DE ESTADO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE** (1994): Legislación para la conservación y protección de los recursos naturales del Paraguay, Asunción
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA, SUBSECRETARIA DE ESTADO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE** (1992): Paraguay, informe nacional para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo, Asunción
- MINISTERIO DE OBRAS Y SERVICIOS PUBLICOS** (1987): Manejo, control y aprovechamiento de excedentes del sistema hídrico del Río Quinto. Proyecto N° 1. Argentina. Folleto
- MISIÓN GEOL. FRANCESA**, Estudio Hidrogeológico del Paraguay. Paraguay. 1965
- MITLÖHNER, R.** (1990): Die Konkurrenz der Holzgewächse im regengrünen Trockenwald des Chaco Boreal, Paraguay. *Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen*, H.54, p. 1-177; Göttingen
- MORELLO, J. & ADAMOLI, J.** (1968): Las grandes unidades de vegetación y ambiente del Chaco argentino. Primera parte: objetivos y metodología. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, serie fitogeográfica 10. Buenos Aires
- MORELLO, J. & ADAMOLI, J.** (1974): Las grandes unidades de vegetación y ambiente de la Provincia del Chaco. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, serie fitogeográfica 13. INTA, Buenos Aires
- MORELLO, J. & SARAVIA TOLEDO, C.** (1959): El Bosque Chaqueño. *Rev. Agron. Noroeste Argent.* 3: p. 5-81; p. 209-258
- MORELLO, J.** (1967): Bases para el estudio fitoecológico de los grandes espacios (el Chaco argentino). *Ciencia e Investigación* 23: p. 252-267
- MORELLO, J., CRUDELI, N., & SARACENO, M.** (1983): Los vinalares de Formosa. Serie Fitogeográfica N° 11. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, 11 pp.
- MORONG, T. & BRITTON, L.** (1893): An Enumeration of the Plants Collected by Dr. Thomas Morong in Paraguay. *Annals New York Acad. Sci.*: 7
- MUIRHEAD, K. & CRACKNELL, A.P.** (1985): Straw burning over Great Britain detected by AVHRR. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 5, p. 827-833
- MUÑOZ, J.** (1990): Anacardiaceae. In: Spichiger, R., Ramella, L. (eds.): *Flora del Paraguay*. Conserv. Jard. Bot. Genève et Missouri Bot. Gard.
- NAROSKY, T. y D. YZURIETA** (1987): Guía para la identificación de las Aves de Argentina y Uruguay. Asociación Ornitológica del Plata, 337 p.
- NELSON, R. & HORNING, N.** (1993): Forest/non-forest classification of Madagascar from AVHRR data - *International Journal of Remote Sensing*, 14, 8, p. 1445-1446
- NEUMAN, C & VILLENA, R.** (1993): Bibliografía Hidrogeológica del Chaco Sudamericano. Informe N° 12. Bolivia
- NICOLIS, G. & PRIGOGINE, I.** (1987): Die Erforschung des Komplexen. Auf dem Wege zu einem neuen Verständnis der Naturwissenschaften. Piper, München, Zürich
- NN.UU./MDN** (1991): Recarga artificial de acuíferos freáticos en el Chaco Central. Consideraciones sobre la salinización de lagunas del Chaco Central. Proyecto PAR 88 / 009. Filadelfia. Paraguay

- NN.UU./MDN (1991):** Proyecto PAR / 88 /009, Desarrollo de Recursos Hídricos del Chaco Paraguayo / Filadelfia. Paraguay
- NN.UU./MDN (1991):** Perforaciones profundas y Someras del Norte del Chaco Paraguayo. El acuífero aluvial de la Colonia Sierra León (Area al Norte de Cap. Pablo Lagerenza). Proyecto PAR 88 / 009. Filadelfia . Paraguay
- NORMAN, D.R. y L. NAYLOR (1994):** Anfibios y Reptiles del Chaco Paraguayo, Vol. 1, 281 p.
- OEA (1985 a):** Seminario internacional del gran Chaco Americano en Asunción, Nov.-Dic. 1983, Washington D.C.
- OEA (1985 b):** Suelos y aptitud de uso de la tierra de la Región Occidental. Inf.básica N° 1. Paraguay
- OEA (1985 c):** Suelos y aptitud de uso de la tierra de la Región Occidental: anexos. Paraguay
- OEA (1985 d):** Suelos y aptitud de uso de la tierra de la region occidental. Documento preparado por la Unidad Técnica del Proyecto de Desarrollo Regional Integrado del Chaco Chaco Paraguayo. Asunción
- OFIC. REG. FAO AMERICA LAT. Y EL CARIBE (1989):** Forrajeras y Cultivos Adecuados para la Región Chaqueña Semiárida. Chile
- OLROG, C.C. y M.M. LUCERO (1981):** Guía de los Mamíferos Argentinos. Minist. Cult. y Educ., Fund. Miguel Lillo, 151 p.
- ORTIZ - SOLORIO, C. (1990):** Claves para la Taxonomía de suelos. Centro de Edafología. 4ª Ed. México
- PALMIERI, J. (1987):** Aportes al conocimiento de los recursos naturales del Chaco Paraguayo. Paraguay
- PALMIERI, J. (1989):** Recursos Hídricos en el Chaco. Resumen. Paraguay
- PASOTTI, P. & CASTELLANOS, A. (1963):** El relieve de la Llanura Santafesino-Cordobesa comprendida entre los Paralelos 32° y 33° 30' y desde 62° 45' W hasta el Río Paraná. Instituto de Fisiografía y Geología. Argentina. Publicaciones XLII
- PASOTTI, P. & CASTELLANOS, A. (1967):** Breve nota sobre la morfología de un sector de la Llanura Chaqueña. Instituto de Fisiografía y Geología. Argentina. Publicaciones LI
- PASOTTI, P. (1963):** Algunos rasgos morfológicos de la Llanura Cordobesa entre la dislocación de San José del Salteño y el Meridiano 62° 45' W. N° 41. Vol.X. Argentina
- PASOTTI, P. (1964):** La Cuenca del Arroyo Cañada de Gómez. Prov. Santa Fe. Argentina
- PASOTTI, P. (1969):** Interpretación de algunos rasgos morfológicos de la Llanura Pampeana en la Provincia de Santa Fe. Impresiones: Fac. Ciencias, Ing. y Arquitectura. Argentina
- PASOTTI, P. (1973):** Publicaciones sobre la presencia del último Paleomodelo de Red Hidrográfica de edad Pleistocenia en la Llanura de la Provincia de Santa Fe. Instituto de Fisiografía y Geología. Argentina
- PERIS, S., L.A. CABELLO, F. SUAREZ y B. PECO (1987):** Las aves del Bajo Chaco: evaluación preliminar. Inf. Cient. Inst. Cs. Básicas 5: p. 27 - 33
- PEZZI, E. E. & MOZETIC, M. E. (1989):** Cuencas Sedimentarias de la Región Chacoparanaense. Serie Correlación Geológica N° 6, Instituto Superior de Correlación Geológica. p. 65-78; 7 fig. San Miguel de Tucumán
- PNUD (1992):** Manual y guías para la gestión ambiental y el desarrollo sostenible. PNUD, New York
- PNUMA (1993):** Propuesta de ley básica de protección ambiental y promoción del desarrollo sostenible, México
- POPPENDIECK, H. H. (1981):** Cochlospermaeae. Flora Neotrópica 27. The New York Botanical Garden, 34 pp.
- POPPER, K.R. (1984):** Logik der Forschung.- J.C.B. Mohr (Paul Siebeck) Tübingen
- POPPER, K.R. (1993):** Objektive Erkenntnis; ein evolutionärer Entwurf. Hoffmann & Campe, Hamburg
- PRIGOGINE, I. & STENGERS, I. (1986):** Dialog mit der Natur. Neue Wege naturwissenschaftlichen Denkens.- Fünfte erweiterte Auflage, Piper, München, Zürich
- PRIGOGINE, I. & STENGERS, I. (1993):** Das Paradox der Zeit. Zeit, Chaos und Quanten.- Deutsche Erstausgabe. Piper, München
- PROYECTO FAO-PNUMA (1985):** Un Sistema de Areas Silvestres Protegidas para el Gran Chaco. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Oficina Regional de FAO para América Latina y el Caribe, Santiago
- PROYECTO PILCOMAYO (1976):** Estudio del Aprovechamiento Múltiple de la Cuenca del Río Pilcomayo. Vol. 3: Recursos de la Tierra. Cuenca del Plata: Estudio para su Planificación y Desarrollo, Ser. 7/8. Asunción
- PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO (1993-1994):** Resultados preliminares de los trabajos realizados en el área de suelos. Ministerio de Agricultura (MAG) e Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR), Asunción
- PUTZER, H. (1962):** Die Geologie von Paraguay. Beiträge Reg. Geol. Erde, Bd. 2, 183 p., Berlin

- QUATTROCCHIO, M. E. & VOLKHEIMER, W.** (1990): Paleogene paleoenvironmental trends as reflected by palynological assemblage types, Salta Basin, NW Argentina. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 181; p. 377-396, 9 fig., 3 tab.
- RAFAEL BRIDGE, A.** (1985): Programa nacional de manejo y conservación de suelos y recursos afines. Proyecto PAR/83/006, PNUD-FAO-BID-Gobierno del Paraguay, Volumen I, Roma
- RAGONESE, A. & CASTIGLIONI, J. C.** (1970): La vegetación del Parque Chaqueño. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 11: p. 133-160
- RAIDAN, G.** (1993): Legislación ambiental del Paraguay. MAG-SSERNMA-DOA, Proyecto uso racional de la tierra, Convenio Gobierno del Paraguay-BM-PNUD, Asunción
- RAMELLA, L. & SPICHIGER, R.** (1989): Interpretación preliminar del medio físico y de la vegetación del Chaco Boreal. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación del Chaco I; *Candollea* 44, p. 639-680, 19 fotos, 17 fig.
- RATZLAFF, G.** (1993): Inmigración y colonización de los menonitas en el Paraguay bajo Ley 514. CSEM, Asunción
- REDFORD, K.H. y J.F. EISENBERG** (1992): Mammals of the Neotropics. The Southern Cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay. The University of Chicago Press, Vol. 2, 430 p.
- REHM, S. & ESPIG, G.** (1976): Die Kulturpflanzen der Tropen und Subtropen. 496 S., 104 fig., tab 55; Göttingen
- REHM, S.** (Ed.) (1988): Spezieller Pflanzenbau in den Tropen und Subtropen; S. 653, 307 Abb., 108 tab.; Göttingen
- REICHEL, R., FAURE, H. & MALEY, J.** (1992): Die Entwicklung des Klimas im randtropischen Sahara-Sahelbereich während des Jungquartärs - ein Beitrag zur angewandten Klimakunde. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 136, H. 2, u. 3, S. 69-79, 6 fig.
- REVISTA AGRONÓMICA DEL NORESTE ARGENTINO** (1959): El Bosque Chaqueño N° 1 - 2.
- RINGUELET, R.A., ARAMBURU, R.H. y A. ALONSO DE ARAMBURU** (1967): Los Peces Argentinos de Agua Dulce. Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires, 602 p.
- ROBINSON, J.** (1991): Fire from space: Global fire evaluation using infrared remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 12, 1, p. 3-34
- RODENBURG, H.** (1989): Landschaftsökologie-Geomorphologie (Hrsg. M. Rodenburg). *Catena* Verlag, Cremlingen - Destedt
- ROTH, L. & LORSCHREITER, M.L.** (1991): Palynology of a peat in Parque Nacional de Aparados da Serra, Rio Grande do Sul, Brasil. *Bol. IG-USO, Publ. Esp. Vol. 8*, p. 153-157, 2 fig.
- ROTH, L.** (1991): Palynology of a peat in Parque Nacional de Aparados da Serra, Rio Grande do Sul. Brasil. Folleto
- RUDER, J. & LAVREAU, J.** (1990): High Resolution Spectroradiometry on Rocks and Soils from NW-Burundi, suplementes with mineralogical and pedological Data for Remote Sensing Applications, Mus. roy. Afr. centr. Tervuren, Belg., Ann. in 8° Sc. geol., in MRA, 98, p. 119 - 155, 32 fig.
- SANJURJO, M.** (1977): Proyecto Biológico Forestal. 1a. Etapa. Instituto de Ciencias Básicas, (ICB), U.N.A./ Organización de Estados Americanos (OEA), 68 p.
- SCHÄFFER, U.** (1991): Nutzung von TIROS-N / NOAA-N Wetterbeobachtungssatelliten für die Landanwendung. - Unveröffentlichter Bericht BGR, Hannover
- SCHMEDA, G.** (1993): Magic and medicinal plants of the Ayoreos of the Chaco Boreal (Paraguay). *Journal of Ethnopharmacology*, 39, p. 105 - 111
- SCHMIDT-LORENZ, R.** (1986): Die Böden der Tropen und Subtropen. In: *Handbuch der Landwirtschaft und Ernährung in den Entwicklungsländern*, Band 3, REHM, S. (Hrsg.): Grundlagen des Pflanzenbaues in den Tropen und Subtropen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart
- SCHMIDT-THOME, M.** (1991): The role of geology within the German development policy. *Ciencia e Cultura*, Vol. 43, 2; p. 148-152
- SECRETARIA GENERAL ORGAN. EST. AMERICANOS** (1985): Seminario Internacional del Gran Chaco Americano. Paraguay
- SEIBERT, P.** (1989). Bericht und Gutachten zum Projekt: Cobertura Vegetal y Uso Actual de la Región Occidental (Chaco) del Paraguay. Cooperación Técnica Alemana, (GTZ)
- SELBY, M.J.** (1991): Earth's Changing Surface. An Introduction to Geomorphology.- Clarendon Press, Oxford
- SHORT, L.** (1975): A zoogeographic analysis of the South American Chaco avifauna. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 154: p. 167 - 352
- SIBLEY, C.G. y B.L. MONROE** (1990): Distribution and Taxonomy of Birds of the World. Yale University Press, 976 p.
- SILVERO S., J.** (1990): Obstáculos y perspectivas para la autonomía municipal en el Paraguay, CDEF-FFE, Asunción

- SINGH, S.M.** (1988): Lowest order correction for solar zenith angle to Global Vegetation Index (GVI) data. - *International Journal of Remote Sensing*, 10, 11, p. 1565-1572
- SPICHTER, R., STUTZ DE ORTEGA, L.** (1987): Rutaceae. In: Spichtiger, R. (ed): *Flora del Paraguay*. Conserv. Jard. Bot. Genève y Missouri Bot. Gard.
- SPICHTER, R., RAMELLA, L., PALESE, R., & MERELES, F.** (1991): Proposición de leyenda para la cartografía de las formaciones vegetales del Chaco paraguayo. Contribución al estudio de la flora y de la vegetación. - III. *Candollea* 46 (2): p. 541-564
- SPITZER, D, LAANE, R. & ROOZEKRANS, J.N.** (1990): Pollution monitoring of the North Sea using NOAA/AVHRR imagery. „*International Journal of Remote Sensing*“, 11, 6, p. 967-977
- STOKES, S.** (1991): Quartz-based optical dating of Weichselian coversands from the eastern Netherlands; p. 327-337, 3 tab., 5 fig.; Netherlands
- SULSONA, P.T., HAMMON, J.B. & RAMIREZ, J.R.** (1954): Clasificación preliminar de los suelos y tierras del Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola, Asunción
- SUVIERES, G.** (1989): Quaternary landforms of southeastern San Juan Province, Argentina. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. Vol. 7, p. 93-117, 8 fig., 4 tab.; Ushuaia
- TAPIAS, R.** (1985): Diccionario de Microinformática. Vocabulario Inglés - Español. Ed. Noray. España
- TIRADO S. P., MAMMON, J. & RAMIREZ, J. R.** (1954): Clasificación Preliminar de los Suelos y las Tierras del Paraguay; *Boletín N° 19*; 165 p.; 6 fig.; varios cuadros
- TONNI, E. P. y G. J. SCILLATO - YANE** (1997): Una nueva localidad con mamíferos pleistocenos en el Norte de la Argentina. Aspectos paleozoogeográficos. VI Congreso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul (Curitiba, Brasil 1997): p. 345 - 348
- TORTORELLI, L.** (1967): Formaciones Forestales y Maderas del Paraguay. *Bol. Inst. Forest. Latinoamer. Invest.* 24: p. 3-34
- TOWNSHEND, J.R.G. & JUSTICE, C.O.** (1986): Analysis of the dynamics of African vegetation using the normalized difference vegetation index. *International Journal of Remote Sensing*, 7, 11, p. 1435-1445
- TUCKER, C.J.** (1979): Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing Environ.*, 8, 127 p.
- VARELA, F.G., MATURANA, H.R. & URIBE, R.** (1974): Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model.- *Bio-Systems* 5, 187-196; North-Holland Publishing Comp., Amsterdam
- VEBLEN, T. T. & MARKGRAF, V.** (1988): Steppe Expansion in Patagonia?. *Quaternary Research*, 30, p. 331-338, 2 fig, 1 tab
- VEGETACION Y USO DE LA TIERRA DE LA REGION OCCIDENTAL DEL PARAGUAY (CHACO).** 1991. Universidad Nacional de Asunción - Misión Forestal Alemana (GTZ), 22 p.
- VESTER, F.** (1985): *Neuland des Denkens*. dtv Sachbuch, München
- VIEHOFF, T.** (1990): A shipborne AVHRR-HRPT receiving and image system for polar research. *International Journal of Remote Sensing*, 11, 5, p. 877-886
- WANBEKE, A. v.** (1991): *Soils of the Tropics. Properties and Appraisal*; p. 343, many figures and tables, 2 appendix; USA
- WANGCHENG, Q.** (1983): Effects of deforestation on flood characteristics with particular references to Hainan Island, China. p. 249-257, 2 tab., 4 fig. China
- WARD, S.A., WEAVER, R.E. & BROWN, R.W.** (1989): Monitoring heather burning in the North York Moors National Park using multi-temporal Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 7, p. 1151-1153
- WEISS, P.A.** (1970) in A. KOESTLER & SMYTHIES (Hrsg.): *Das neue Menschenbild: Die Revolutionierung der Wissenschaft vom Leben.- Ein internationales Symposium*, 13-59; Verl. F. Molden, Wien, München, Zürich
- WEIZSÄCKER E.U.** (1986): Hrsg.: *Beiträge zur Zeitstruktur von Information, Entropie und Evolution.- Klett-Cotta*
- WEIZSÄCKER, C.F. v.** (1992): *Zeit und Wissen.- Carl Hanser Verlag, München Wien*
- WERDING, L.** (1977). *Geomorphologie und rezente Sedimentation im Chaco boreal, Bolivien.* *Giessener Geologische Schriften* 12: 429-446
- WERDING, L.** (1977): The Rio Grande Ground-Water Basin, Chaco Boreal, Bolivia; p. 19-36, 6 fig., 4 tab. Hannover
- WETZEL, R.M.** (1982): The Mammals of the Chaco of Paraguay. *National Geographic Society Research Reports*, 14: p. 679 - 684
- WIENS, F.** (1995): *Tectonica y sedimentación fanerozoica de la Cuenca del Chaco (Paraguay).* Publicación del Departamento de Agua para el Chaco, *Boletín* 1, p. 9-26; 17 fig, Filadelfia

WIENS, F. (1995): Phanerozoic tectonics and sedimentation in the Chaco basin of Paraguay, with comments on its hydrocarbon potential. IN: A.J. Taniard & H.J. Welsink (eds.): Petroleum basins of South America, Memoir 62, Am. Ass. Petrol. Geol., 56 p., Tulsa

WILSON, M.F. & HENDERSON-SELLERS, A. (1983): Deforestation impact assessment: the problems involved. p. 237-283, 1 tab., 3 fig.

WOLFART, R. (1961): Stratigraphie und Fauna des älteren Paläozoikums (Silur, Devon) in Paraguay. Geologisches Jahrbuch, Band 78, p. 29 - 102, Stuttgart

ZU-MING, C. (1991): Studies on the Utility of Forest Hydrology Using a Catchment Model. p. 345-357, 4 tab, 1 fig.

ZUTTER, P. (1993): Recursos naturales, planificación y desarrollo: experiencias de un proyecto. Paraguay

