

CARTA GEOLÓGICA-AMBIENTAL
DE LA CIUDAD DE PARANÁ

CONVENIO

SECRETARIA DE MINERÍA

GOBIERNO DE LA PROVINCIA
DE ENTRE RÍOS

SECRETARIA DE MINERÍA

DIRECCIÓN NACIONAL DEL SERVICIO GEOLÓGICO

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y APLICADA

1995

SECRETARIA DE MINERÍA

SECRETARIO DE MINERÍA

Dr. Ángel Eduardo Maza

DIRECTOR NACIONAL DEL SERVICIO GEOLÓGICO

Lic. Roberto N. F. Page

DIRECTOR DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y APLICADA

Lic. Omar Lapidó

INTEGRANTES SECRETARÍA DE MINERÍA

Lic. María Alejandra González

Lic. Pablo Tchilinguirián

Lic Horacio Prez

Lic. Alejandra Tejedo

Lic. Adelma Bayarsky

Lic. Marcelo Ferrero

Lic. Julio Cobos

Gobierno de la Provincia de Entre Ríos

SUBSECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE GESTIÓN

Arq. Guillermo Federick

DIRECTOR DE PLANIFICACIÓN SECTORIAL

José Manuel Abet

DIRECTOR DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Víctor Hugo Lallana

ÁREA RECURSOS MINEROS

Geól. Juan Carlos Bertolini

INTEGRANTES

Tec. Geog. Alberto Sánchez Dalotto

Tec. Hidr. Miguel Dardo Bovier

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

1.2. ÁREA DE ESTUDIO

1.3. INVESTIGACIONES ANTERIORES

1.4. CLIMA

1.5. SUELOS

2. GEOLOGÍA

2.1. ESTRATIGRAFÍA

2.1.1. INTRODUCCIÓN

2.1.2. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

2.1.2.1. FORMACIÓN PARANÁ

2.1.2.2. FORMACIÓN ITUZAINGÓ

2.1.2.3. FORMACIÓN HERNANDARIAS

2.1.2.4. DEPÓSITOS LOESSICOS

2.1.3. DISCUSIÓN

2.2. SEDIMENTOLOGÍA

2.2.1. INTRODUCCIÓN

2.2.2. METODOLOGÍA

2.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES

2.2.4. RESULTADOS OBTENIDOS

2.2.5. DISCUSIÓN

2.3. GEOMORFOLOGIA

2.3.1. INTRODUCCIÓN

2.3.2. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

2.3.2.1. PLANICIE ALTA DISECADA

2.3.2.2. SISTEMA FLUVIAL ANTIGUO

2.3.2.3. SISTEMA FLUVIAL MODERNO

2.3.2.4. FORMAS DE ACUMULACIÓN.

2.3.2.5. FORMAS DE EROSIÓN

2.3.2.6. CORRELACIONES

2.4. HIDROGEOLOGÍA

2.4.1. UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

2.4.1.1. UNIDAD HERNANDARIAS

2.4.1.2. UNIDAD ITUZAINGÓ

2.4.1.3. UNIDAD PARANÁ

2.4.2. HIDROQUÍMICA

2.4.2.1. ÍNDICES HIDROQUÍMICOS

2.4.2.2. CLASIFICACIÓN HIDROQUÍMICA

2.4.3. MOVIMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

2.4.4. COMENTARIOS

3. GEOLOGÍA AMBIENTAL Y APLICADA

3.1. INTRODUCCIÓN

3.2. INUNDACIONES

3.2.1. INTRODUCCIÓN

3.2.2. MÉTODO DE TRABAJO

3.2.3. AMENAZAS NATURALES

3.2.3.1. EXCESO Y ALTA INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN

3.2.4. CAUSAS ANTRÓPICAS

3.2.4.1. DEFORESTACIÓN

3.2.4.2. ROTURA DE ENDICAMIENTOS ARTIFICIALES

3.2.4.3. ENDICAMIENTO GENERADO POR LAS ACTIVIDADES

3.2.4.4. IMPERMEABILIZACIÓN URBANA DEL SUELO

3.2.5. VULNERABILIDAD

3.2.5.1. ENCAUZAMIENTO DE LAS VÍAS DE DRENAJE:
INEXISTENTE A MAL DESARROLLADO

3.2.5.2. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN BAJAS: Freática somera

3.2.5.3. CUENCAS HIDROGRAFICAS CON FUERTE RESPUESTA
A LAS PRECIPITACIONES

3.2.6. IDENTIFICACIÓN Y GRADO DE VULNERABILIDAD DEL
TERRENO

ANTE PRECIPITACIONES INTENSAS

3.2.7. RECOMENDACIONES

3.2.7.1. RECOMENDACIONES ESTRUCTURALES

3.2.7.2. RECOMENDACIONES NO ESTRUCTURALES

3.3. VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS A LA CONTAMINACIÓN

3.3.1. VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS

3.3.2. CARGA CONTAMINANTE

3.3.2.1. URBANIZACIÓN

3.3.2.2. ACTIVIDAD INDUSTRIAL

3.3.2.3. ACTIVIDAD AGRÍCOLA - GANADERA

3.3.2.4. ACTIVIDAD MINERA

3.3.2.5. COMENTARIOS

3.4. EROSIÓN

3.4.1. EROSIVIDAD

3.4.2. EROSIONABILIDAD.

3.4.3. PROCESOS EROSIVOS DOMINANTES

3.4.4. EVALUACIÓN INDIRECTA

3.5. APTITUD GEOTÉCNICA

3.5.1. INTRODUCCIÓN

3.5.2. ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA EMPLEADA

3.5.3. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

3.5.3.1. MAPA DE NÚMERO DE GOLPES

3.5.3.2. MAPA DE CONTENIDOS DE HUMEDAD

3.5.3.3. MAPA DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

3.5.3.4. MAPA DE PORCENTAJE PASANTE TAMIZ 200

3.5.3.5. MAPA DE CAPACIDAD PORTANTE

3.5.3.6. MAPA DE SUCS

3.5.4. CONCLUSIONES

3.6. MAPA DE APTITUD GEOLÓGICA DEL TERRENO PARA LA URBANIZACIÓN
GENERAL

3.6.1. INTRODUCCIÓN

3.6.2. APTITUD URBANA

- 3.6.2.1. TERRENOS APTOS
- 3.6.2.2. TERRENOS CON APTITUD RELATIVA
- 3.6.2.3. TERRENOS CON MODERADA APTITUD
- 3.6.2.4. TERRENOS CON BAJA APTITUD
- 3.6.2.5. TERRENOS NO APTOS
- 3.6.3. LIMITACIONES NATURALES DEL TERRENO
 - 3.6.3.1. PENDIENTE (Gradiente)
 - 3.6.3.2. LITOLOGÍA
 - 3.6.3.3. GEOTECNIA
 - 3.6.3.4. FREÁTICA
 - 3.6.3.5. INUNDACIÓN
 - 3.6.3.6. EROSIÓN
- 3.6.4. CONCLUSIONES

4. ARC-VIEW

....

- 4.1. DESCRIPCION DE LAS COBERTURAS

5. BIBLIOGRAFÍA

6. FIGURAS

7. TABLAS

ANEXO I: Descripción de las muestras

ANEXO II: Mapas de la ciudad de Paraná

1. Mapa hidrográfico y planimétrico.
2. Mapa geológico.
3. Mapa geomorfológico.
4. Mapa hidroquímico.
5. Mapas parciales de valoración geotécnica.
6. Mapa de vulnerabilidad del terreno a las inundaciones.
7. Mapa de aptitud geotécnica.
8. Mapa de vulnerabilidad y carga contaminante.
9. Mapa de vulnerabilidad de acuíferos.
10. Mapa de carga contaminante.

11. Mapa de aptitud del terreno.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

El presente documento técnico fue realizado en el marco del convenio firmado entre la Secretaría de Minería de la Nación y el Gobierno de la provincia de Entre Ríos.

El objetivo del mismo ha sido generar un informe dinámico que permitiera la unificación de la información existente y producida, particularmente referida al medio físico, para la realización de la Carta Geotécnica Ambiental de la ciudad de Paraná.

Para su realización hemos utilizado un Sistema de Información Geográfico (SIG). Metodología que consiste en la realización de una Serie de Mapas Temáticos, con base de datos incorporada. Este tipo de estudios tiene la ventaja frente a los métodos de representación tradicionales, que permite la incorporación de datos y la realización de superposiciones, de los Mapas Temáticos realizados, de acuerdo a las características que se quieran destacar.

La utilidad de este tipo de información está directamente aplicada a la toma de decisiones en materia de usos del suelo y planificación urbana. Debe ir precedida de una información básica previa que involucre características del medio ambiente y que avance en el diagnóstico de la interacción entre las obras de infraestructura y el Medio Ambiente y en la respuesta del Medio frente a los procesos naturales.

La presentación se realiza en cuatro tomos, cada uno es de interés particular para distinto tipo de usuarios (profesionales, técnicos, agentes de gestión pública y/o privada y planificadores gubernamentales).

El tomo I Geología, presenta un resumen de las características geológicas del área.

El tomo II Geología Ambiental y Aplicada, tiene la información básica para la planificación de los usos del suelo.

El tomo III Base de Datos, es un resumen de la información que poseen las cartas Temáticas.

El tomo IV Arc View, es una descripción que acompaña el cartígrafo que contiene el sistema de información Geográfica (SIG).

En forma particular, la Carta Geológica Ambiental de la ciudad de Paraná, suministra información referida al medio físico desde un punto de vista estrictamente geológico. De esta manera, la cartografía geológica-ambiental se presenta identificando los aspectos litoestratigráficos, geomorfológicos, hidrogeológicos, geotécnicos y los referidos a los riesgos geológicos, a través de la valoración de la aptitud del terreno.

Los riesgos geológicos de la ciudad de Paraná, están vinculados esencialmente a inundaciones, erosión fluvial y de suelos, presencia de arcillas expansivas, susceptibilidad de los acuíferos a la contaminación, remoción en masa de las barrancas y rápida expansión de los barrios periféricos con un crecimiento confuso y desordenado.

Los Mapas Temáticos fueron procesados en el Sistema Arc-Info. También se realizó un programa demostración (Arc-view) que facilita la comprensión del SIG utilizado.

1.2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se enmarca en el casco urbano y alrededores de la ciudad de Paraná, Capital de la Provincia de Entre Ríos, tomando como eje las coordenadas geográficas 31 _44' lat Sur y 60 _32' long O. Está delimitada por el Arroyo Los Berros al Sur,

el Arroyo Las Tunas al Este, al Norte y al Oeste el río Paraná y parte del Arroyo Las Conchas. El área de estudio ocupa una superficie aproximada de 180 Km² (Fig. 1).

La población de la ciudad experimentó un sostenido incremento desde 1970 a la fecha, ascendiendo de 131.000 a los casi 280.000 habitantes con que cuenta el Departamento hoy día. La ciudad concentra una importante cantidad de habitantes en el área urbana y escasa en la rural, sin llegar a constituir una situación macrocefálica dentro de la Provincia.

El relieve que caracteriza a la zona donde se encuentra emplazada la ciudad de Paraná corresponde a una planicie ondulada que se encuentra sobre el nivel del río Paraná, con una cota media de 50 m.s.n.m. y donde las lomadas presentan arrumbamientos N-S con fondos chatos y costas con barrancas sobre el Paraná (Lapido y Nullo, 1988).

Los interfluvios están separados por arroyos de distintas dimensiones que desaguan directa o indirectamente, a través de subcuencas mayores, en el Río Paraná. Se pueden citar como los más importantes los arroyos Antoñico, La Santiagueña, Las Viejas, Colorado, Del Yeso, Manga, las Tunas, etc.

1.3. INVESTIGACIONES ANTERIORES

Entre otros autores, ya en 1913 Bonarelli y Nágera habían realizado observaciones geológicas en Entre Ríos. Con posterioridad, Frenguelli en 1920 realiza investigaciones en la citada Provincia, y en 1946 Martinelli releva perfiles y efectúa estudios geológicos sobre la barranca del Paraná.

En 1947 Battaglia realiza su tesis doctoral en la zona de Hernandarias mientras que en 1949 Cordini trabaja sobre la Geología económica de la Provincia de Entre Ríos.

En 1960 Castellanos publica sobre la Paleontología de la Provincia mientras que en 1973 Iriundo efectúa un análisis ambiental de la Fm. Paraná. El mismo autor conjuntamente con Barbagelata levanta en 1984 el Mapa Geotécnico de la Provincia de Entre Ríos.

En 1975 Sanguinetti realiza una caracterización geológica de la Provincia y Aceñolaza en 1976 investiga la bioestratigrafía del terciario marino de Paraná.

Con posterioridad, en 1979 Gentili y Rimoldi publicaron su trabajo Mesopotamia II y más recientemente en 1982 Sayago trabaja sobre la Formación Hernandarias. En el mismo año Bertolini estudia los deslizamientos de las barrancas del Paraná y el mismo autor en 1989 y 1994 realiza respectivamente trabajos sobre aguas subterráneas y levanta la Carta Geológica de la Provincia.

En 1988 Lapido y Nullo realizan un informe preliminar sobre la Geología Ambiental de la Ciudad de Paraná.

1.4. CLIMA

El clima es templado pampeano o templado húmedo (según la clasificación de Koppen) y en los sectores ribereños se desarrolla un microclima con valores de humedad de hasta 90% (Tabla 1).

1.5. SUELOS

Los suelos del área de estudio, pueden ser agrupados en los siguientes órdenes:

Molisoles; Vertisoles; Entisoles y Suelos hidromórficos.

Los **Molisoles** se ubican sobre los interfluvios tipo I3 y se desarrollan sobre los sedimentos loésicos de texturas franco limosas a franco arcillo-limosas. Son suelos que en general están erosionados, tienen un horizonte superficial (A1 o Ap) de 15-25 cm; ligeramente ácido, generalmente bien provisto de materia orgánica, fértil y bien estructurado. Los subsuelos son arcillosos y densos (horizontes B2t texturales), con baja permeabilidad, espesores entre 35-65 cm y texturas franco arcillo limosa a arcillo limosa.

Los **Vertisoles** se ubican en su mayoría en los interfluvios tipo I1 y I2 y se desarrollan sobre los sedimentos de la F. Hernandarias. Son suelos con un horizonte superficial arcillo-limoso y oscuro, con carbonatos a profundidad variable y horizontes B2 argílicos, arcilloso y con slickensides intersectados.

Los **Entisoles** se ubican sobre las arenas de la F. Ituzaingó o F. Paraná y sobre las pendientes fuertes del interfluvio tipo I1, I2. Son suelos sin (o muy poco evidente) desarrollo pedogenético y que carecen de horizontes diagnósticos, presentando únicamente un horizonte superficial muy somero, con poca materia orgánica y apenas diferenciado del material subyacente.

Los **suelos hidromórficos** están ubicados en las planicies aluviales y están desarrollados sobre materiales limosos a arcillo-limosos aluviales del Holoceno. Los suelos son muy profundos, con horizontes superficiales más o menos engrosados y con horizontes B2t arcillosos con evidencias ácuicas.

El Departamento Paraná destina el 41.3% de su territorio a cultivos y 58,6% a pasturas naturales y otros usos. Se cultiva lino, trigo, maíz, soja, girasol, sorgo granífero, frutales, hortalizas. Existen también unas 600 Has forestadas con Eucaliptos y Pinos.

2. GEOLOGÍA

2.1. ESTRATIGRAFÍA

2.1.1. INTRODUCCIÓN

En el área de la Ciudad de Paraná se observa en afloramientos y en el subsuelo, una secuencia sedimentaria que comienza con sedimentos marinos y luego continúa con materiales continentales fluviales, fluvio-lacustres y eólicos (Fig. 2 y 3). Como base de esta secuencia se encuentra la F. Paraná, caracterizada por arcillas verdes azuladas y arenas de origen marino.

De perforaciones para agua, que generalmente no pasan de los 130 m, se midieron espesores de hasta 60 m. Desconociéndose actualmente la base de la misma.

La F. Ituzaingó, de origen continental, se depositó en un paleorelieve labrado por el Río Paraná sobre los depósitos homónimos. Es eminentemente arenosa, de diferentes tonos ocres y granulometría de arenas finas a gruesas, con espesores de hasta 30 m. La secuencia continúa con la Formación Hernandarias que está representada mayoritariamente por secuencias deposicionales limo arcillosas, con presencia de carbonatos y yeso. El espesor varía entre 5 m (para los perfiles más cercanos a la costa norte), y los 60 m (para los perfiles más al sur).

Por encima, con espesores que excepcionalmente llegan a los 5 m, se halla una cubierta de loess, arcilla limosa o "greda", que constituirían los Depósitos Loéssicos. Las unidades mencionadas están cubiertas por espesores de 0,5 m a 1 m de espesor de suelo. Ver Mapa Geológico (Anexo II).

2.1.2. UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS

2.1.2.1. FORMACIÓN PARANÁ (Mioceno Superior)

Sinonimia: (Gres tertiaire marin D, Gres Ostreen H, y Calcaire arenifére I, D'Orbigny, 1842; Piso Paranense y Piso Patagónico, Doering, 1882; Mesopotámico inferior y medio en las facies entrerrianas, DH I sensu D'ORBIGNY, Bonarelli y Nágera, 1913; Formación Entrerriana, Ameghino, 1906; Paranaense cuspidal, Entrerriense, Rionegrense marino y Araucanense con Turritella Americana, Frenguelli, 1920-1947; Formación Paranense (Partim.), Bataglia, 1947; Formación Entrerriana, Cordini, 1949; Formación Entre Ríos en partes, Reig, 1956; Depósito a, b, c, o Transgresión de Bravard, Scartascini, 1954; F. Paraná + F. Entre Ríos, Camacho, 1967; Formación Paraná, Yrigoyen, 1969; Formación Pueblo Brugo, Rimoldi y Gentili, 1979.).

Está integrada desde su base al techo por limo-arcillas verdosas, arenas, areniscas calcáreas, calcáreos fosilíferos y arenas arcillosas. Aflora en las barrancas del Río Paraná y en el cauce de algunos arroyos (Las Viejas, Culandrillo, Colorado, etc.) y en algunos destapes de canteras (Anichini, Cementera Argentina, etc.), también se la reconoció en perforaciones para agua y en algunas perforaciones realizadas en este estudio. En ninguno de los casos se alcanzó su base, pero según datos llega a un máximo de 30 m (Aceñolaza, 1976).

Con respecto al techo, se observan en discordancia la F. Ituzaingó o la F. Hernandarias. Esta diferencia de sucesión, así como variación de la cota del techo, se debe al mayor o menor grado de erosión fluvial a que fueron sometidos estos sedimentos, en el Plioceno.

El proceso de calcretización existente en algunas de las áreas donde aflora la F. Hernandarias, motiva la aparición del Calcrete en el contacto con los depósitos infrayacentes, es así que posiblemente en algunos sectores, se incluya parte de sedimentos paranaenses calcretizados, dentro de la F. Hernandarias. El Calcrete se podría homologar a las características macroscópicas del tipo III Gile"s y tipo B Goudie"s (1983) en J.R.L. Allen (1986).

Incluido en el gran paquete de arenas, se observan intercalaciones de bancos arcillosos y limo arcillosos que dan origen a la formación de acuíferos. Estos bancos no presentan continuidad lateral, ni se ubican a la misma cota, por lo que se puede encontrar: un solo acuífero (sin presencia de niveles arcillosos intermedios), o niveles de acuíferos (hasta Tres).

Dentro de la F. Paraná se pueden observar varios episodios que responden a distintas ingresiones que constituyen depósitos normales y concordantes, desde la base hasta su techo, cada una de ellas se puede correlacionar con el "Paranaense cuspidal", el "Entrerriense", el "Rionegrense" y el "Araucanense con Turritellas" (Frenguelli, 1920).

La primera ingresión ("Paranaense cuspidal") está representada por material limo arcilloso verde con intercalación de lentes calcáreos y arenosos con ostreas (Ostrea parasítica) e intercalaciones de lentes de arena. El espesor del depósito es de 4 a 6 m (Fig. 4).

La segunda ("Entrerriense") contiene mayor cantidad de arena. Las arenas son blancas o ligeramente teñidas con tonos ocres de hierro. En sectores se encuentran bancos con restos de peces silicificados, que se conoce como "Conglomerado Osífero" (Frenguelli, 1920). Los espesores mayores de este depósito, oscilan entre 12 y 15 m.

Las últimas ingresiones de la F. Paraná ("Rionegrense" y "Araucanense con Turritellas") están representadas por areniscas calcáreas, bancos con Ostrea Patagónica y arenas sin estratificación visible de tonalidades verdosas. Según Iriondo (1973) estos depósitos marinos, corresponden a un ambiente de poca profundidad, muy cercanos a la costa. La Ostrea parasítica correspondería a manglares, sectores pantanosos y a veces lagunares.

2.1.2.2. FORMACIÓN ITUZAINGÓ (Plioceno-Pleistoceno Inferior)

Sinonimia: (A. Grés ferrugineux, B. Calcaire a fer hydrate, C. Grés fin rougeatre y Grés de ossement, DOrbigny, 1842; Mesopotámico + Puelchense, Doering, 1882; Puelche, Ameghino, 1889; Mesopotamiense + Puelchense o Puelche, Ameghino, 1906; Mesopotámico med. (Partim.), Bonarelli y Nágera, 1913; Mesopotamiense + Conglomerado osífero + Rionegrense terrestre, Frenguelli, 1920; Arenas Entrerrianas o Arenas de Entre Ríos sand, Stappenbeck, 1926; Mesopotamiense inf. + Mesopotamiense med. + Mesopotamiense sup. + Puelchense, Castellanos, 1960, 1965); Mesopotamiense y conglomerado osífero + arenas fluviales y lacustres Rionegrense (Battaglia, 1947; Rionegrense continental y Araucanense (Partim.), Cordini, 1949; F. Ituzaingó, De Alba, 1953; Formación Entre Ríos, Reig, 1956; Formación Puelches, Santa Cruz, 1972; Formación Pueblo Brugo (Partim.) + Formación Ituzaingó, Gentilli y Rimoldi, 1979.)

Sedimentos y sedimentitas de origen fluvial y fluvio lacustre. El espesor alcanza aproximadamente a 18 metros (Aceñolaza, 1976). Estos depósitos se encuentran en la margen izquierda del

Río Paraná, desde Corrientes hasta Paraná; en Buenos Aires, su equivalente en el subsuelo se denomina F. Puelches.

El techo se halla cementado irregularmente por carbonato de calcio epigenético. Este proviene de la calcetización de la F. Hernandarias (Fig. 5). Presenta variación granulométrica que responde a la variabilidad de la dinámica del paleoambiente fluvial (Fig. 6).

En el perfil de "La Toma" así como en el Arroyo Las Viejas, se observan arenas de distintas tonalidades (desde amarillentas a blanquecinas), con estratificación entrecruzada bien marcada (Fig. 7). Los colores anaranjados y ocres son debidos a los pigmentos férricos epigénicos, vestigios de una época cálida y húmeda. En "La Toma" comienza con un conglomerado con clastos de arcilla, lentes de grava con restos de troncos en los sectores más arenosos. Su relación es de discordancia erosiva con la F. Paraná, mientras que es cubierta en discordancia por la F. Hernandarias.

2.1.2.3. FORMACIÓN HERNANDARIAS (Pleistoceno Medio a Superior)

Sinonimia: (C Argile gypseuse del Tertiaire Guaranien y G Argile trise acev amas de gypse fibeux ou lamelaire del Tertiaire patagonient, DOrbigny, 1842; Ensenadense, Ameghino, 1889); Mesopotámico Superior en facies correntinas y entrerrianas (Partim.), Bonarelli y Nágera, 1913; Ensenadense, Roveretto, 1914; Arcilla Palustre Pre-Ensenadense + Loess pardo rojizo, Ensenadense con Loess pardo Belgranense, Frenguelli, 1920; Ensenadense, Frenguelli, 1932; Presensadense y Ensenadense, Battaglia, 1947; Limos y Loessoides, Frenguelli, 1947; Pampeano Inferior y Medio, Cordini, 1949; Ensenadense Inferior, Medio y Superior, Frenguelli, 1955; Hernandarias, Reig, 1956;

Ensenadense, Frenguelli, 1957; Preensenadense y Ensenadense, Battaglia, 1961; Ensenadense, Groeber, 1961; Ensenadense, Castellanos, 1965; Formación La Paz, Gentilli y Rimoldi, 1979.)

Dentro de la unidad limo arcillosa, se distinguen subunidades por diferencia de coloración; una superior de tonalidad castaña y otra inferior gris verdosa (Fig. 8). El contenido de carbonato varía tanto horizontal como verticalmente, aunque se nota una tendencia a la disminución del contenido de carbonato en profundidad y un aumento del contenido de motmorillonita (Fig. 9). La mayor concentración de carbonato constituye el llamado calcrete. La posición varía entre la base de la arcilla castaña, hasta la base de la arcilla verde, tomando en algunos sectores el techo de la Formación infrayacente. La unidad limo arcillosa parda varía su coloración con respecto al contenido de humedad y presenta manchas de óxido de manganeso (Fig. 10).

Por sobre el banco de arcilla calcretizada se encuentra un conglomerado de rodados calcáreos cementados por material limoso. Con frecuencia estos rodados forman lentes. También se presentan horizontes con concreciones calcáreas de forma alargada de superficie irregular y a veces ramificada (Fig. 11). Sólo se observó presencia de yeso en los alrededores del Arroyo El Yeso. Se presentan en agregados cristalinos de 10 cm de diámetro aproximadamente, dentro de la subunidad verdosa (Fig. 12).

Todo el paquete se apoya en discordancia erosiva sobre la F. Ituzaingó o la F. Paraná. Cuando en su base se encuentran concreción de carbonato muy abundantes, es difícil definir el límite entre esta y la Formación infrayacente. Esta Formación es la que le da origen en muchos sectores (cuando el espesor de loess es muy delgado o no existe) a los suelos vérticos o vertisólicos.

2.1.2.4. DEPÓSITOS LOESSICOS

Sinonimia: (F. Córdoba, Aceñolaza y Sayago, 1980). Incluye dentro de esta Formación a parte de los depósitos de loess pardo claro bonaerense + cenizas volcánicas + loess pardo grisáceo cordobense Frenguelli, 1920. (=F. Bonarense, Battaglia, 1947; F. Tezanos Pintos, Iriondo 1980).

El loess de la provincia de Entre Ríos tiene menos evidencias volcánicas (menor porcentaje de vidrio volcánico, piroxeno y anfíboles) y mayor influencia de materiales provenientes del Brasil, con minerales como turmalina, zircón y rutilo (ver datos de laboratorio), a comparación con el loess de la región pampeana. Son sedimentos pardos claros pulverulentos. Presenta cierta cantidad de carbonato de calcio en polvo o formando concreciones de tosquillas nodulares. En algunas perforaciones para su separación de la F. Hernandarias (subunidad pardo castaña) se tomó como patrón la ausencia de nódulos de manganeso (Fig. 13).

Esta unidad está presente en toda la zona estudiada adaptándose al relieve del terreno. Su espesor depende de la geoforma que cubrió. En las lomas el espesor es ligeramente mayor que en los bajos. A su vez, va aumentando el espesor desde la costa del Río Paraná hacia el interior de la zona estudiada.

2.1.3. COMENTARIO

La base de la F. Hernandarias se encuentra alrededor de los 35 m, y la base de la F. Ituzaingó, oscila en los 10 m snm. No

obstante la secuencia no se encuentra completa en toda la zona. La variación se observa entre la zona oeste y la este de la Ciudad, delimitada por una diagonal que atraviesa el Arroyo Las Viejas y el Arroyo Colorado (Fig. 14).

En el sector este se observan perfiles y perforaciones con la sucesión estratigráfica completa. Al oeste no hay evidencias de sedimentos continentales de la F. Ituzaingó. Por lo tanto, por sobre la F. Paraná se deposita la F. Hernandarias (Fig. 15). Esto se debe a episodios erosivos anteriores a la depositación de la F. Ituzaingó, lo que motiva una variación de las cotas de techo y base de cada una de las Formaciones, que luego en regiones muestra una inclinación aparente.

2.2. SEDIMENTOLOGIA

2.2.1. INTRODUCCIÓN

Los aspectos sedimentológicos de la ciudad de Paraná están íntimamente relacionados con la geología de subsuelo. La estratigrafía de las Formaciones Paraná e Ituzaingó, presentes en el ámbito de estudio, muestran estratificación horizontal, lo que hace que pueda cubrirse en superficie hasta un determinado nivel limitado por el Río Paraná. Las muestras de niveles inferiores fueron obtenidos en pozos de agua y otros realizados expresamente.

En términos generales las muestras se dividen en dos grupos bien diferenciados, el de arenas medias a finas, correspondientes a las Formaciones Paraná e Ituzaingó y las limo-arcillosas que corresponden a la Formación Hernandarias y al loess.

Intentaremos acercarnos a la caracterización de las muestras, fundamentalmente, las de las Formaciones Paraná e Ituzaingó,

para definir los ambientes en los que este material se depositó. A tal efecto, hemos obtenido los parámetros estadísticos (Folk & Ward, 1957) y realizado correlaciones entre ellos.

2.2.2. METODOLOGÍA

El trabajo de laboratorio consistió en la separación granulométrica de las muestras con una columna de tamices a intervalos de $1/2 \phi$. La fracción menor a 63 micrones fue analizada por el método de la pipeta. El análisis mineralógico fue realizado con fracción de 4ϕ , correspondiente a la denominación de arena muy fina. Para los Parámetros Estadísticos se utilizaron las fórmulas de Folk y Ward (1957). Se obtuvieron los siguientes parámetros: media, desvío standard, asimetría y curtosis.

2.2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES

PERFIL LA ESPAÑOLA (Tabla 2)

PERFIL TOMA VIEJA

PT 6

Textura: Arena media moderadamente bien seleccionada, unimodal.

Minerales Abundantes: cuarzo equidimensional redondeado y subredondeado en su mayor parte; extinción paralela; pequeñas inclusiones y muy escasas. Cuarzo policristalino subordinado. Plagioclasa con signos de alteración avanzada.

Moderadamente abundantes: opacos

PT 7

Textura: Arena fina, buena selección, unimodal

Mineralogía: idem anterior.

PT 8

Textura: Arena media, buena selección, unimodal.

Mineralogía: idem anterior

PT 10

Textura: Arena media, buena selección, unimodal.

Mineralogía: idem anterior.

2.2.4. RESULTADOS OBTENIDOS

MEDIA vs. STD

La mayoría de las muestras se ubican en los sectores de playa-médano-fluvial y fluvial-playa (Fig. 16), alejadas del sector que define ambientes fluviales típicos, o playas típicas (Spalletti, 1980). Esto puede interpretarse debido a que el rango del tamaño de grano se encuentra entre los 1,4 y 3 phi, y los valores de STD tienen rangos de 0,4 y 1, lo que los define como muestras bien a moderadamente seleccionadas. Los ambientes típicos de playa normalmente muestran tamaños de grano mayores y mejor grado de selección, mientras que los fluviales, pueden contener mayor variedad de tamaño de grano, pero su selección normalmente es mala, debido a la presencia de avenidas que modifican la selección por presencia de distintas poblaciones. Existen algunas muestras que se localizan en el sector típicamente fluvial (5.5, PNA 3 y PR 1). Están espacialmente ubicadas en la zona sureste de la ciudad de Paraná. Sin embargo, estas muestras son superficiales por lo que cabe pensar que son sedimentos continentales.

No encontramos diferencias significativas entre las muestras de arena de la Fm. Ituzaingó (BT: Perfil La Toma) y las de la Fm. Paraná (CE: Cantera La Española).

ASIMETRÍA vs. STD

La mayoría de las muestras se ubican alineadas entre los valores de STD 0,3 y 0,7 con una amplia variación en la asimetría (Fig. 17). Sin embargo, pueden interpretarse como ambientes de playa (Friedman, 1961). Las muestras con valores de STD mayores de

0,7, se dividen en dos grupos: 1) asimetría fuertemente negativa (menos de -0,4) que corresponde a ambientes de playa (Muestras CE 7, CE 8, PNA 3 y 5.5) y 2) asimetría superior a -0,4 correspondiendo a un ambiente eólico-fluvial (Muestras PR 1, AA-1, RM 4, 16.1 y 20.8).

MEDIA vs. ASIMETRÍA

En este diagrama, las muestras se dividen en dos grupos, donde las muestras con una textura más fina y asimetría positiva corresponderían a ambientes eólico-fluvial-playa, mientras que el resto serían típicamente fluviales (Moiola & Weiser, 1968) (Fig. 18).

CURTOSIS vs. STD

Una recta de correlación marca la división entre los ambientes dependientes de estos parámetros. La mayoría de las muestras se ubican en el sector correspondiente a ambientes de Playa-eólico (Mazzoni, 1977) con sólo una muestra típicamente fluvial (AA 1) (Fig. 19).

2.2.5. DISCUSIÓN

Utilizando los diagramas y las interpretaciones que derivan de los diferentes autores, hemos obtenido una estimación del posible ambiente al que pertenece cada una de las muestras. Las denominadas fluviales, corresponderían a ambientes de tipo continental con valores de STD superiores a 1, asimetría nula o

positiva y leptocúrticas. Las de playa, pueden ser sedimentos marinos o sistemas dunares asociados o playas fluviales relacionadas con los ambientes fluviales antiguos. **2.3.**

GEOMORFOLOGIA

2.3.1. INTRODUCCION

De acuerdo al caracter que presenta la carta geológica ambiental de la ciudad de Paraná, prioriza la descripción de las características y procesos geomórficos del medio ambiente que pueden y son hostiles al medio natural, los bienes y las actividades humanas.

El método de trabajo consta en identificar y describir sectores del paisaje donde los procesos geodinámicos exógenos y la relación entre la morfología del terreno y la geología superficial se presenten con similares características. Ello se logra mediante el reconocimiento de las geoformas por la que está compuesto el paisaje, que podrán agruparse, en base a criterios de similitud, en unidades geomorfológicas. La identificación de cada unidad geomórfica se basó en características tales como el tipo y proporción (%) de geoformas menores; el gradiente, longitud y tipo de pendiente; la geología superficial; y el tipo y grado con que se presentan los procesos geodinámicos. La información se resume en perfiles (Figs. 20, 21, 22, 23 y 24) y cuadros comparativos (Tabla 3).

El relieve del área estudiada posee elementos que indican la existencia de una morfogénesis que responde principalmente a la acción de por lo menos dos ciclos fluviales destacables, y en menor grado, a movimientos de remoción en masa, que han actuado con mayor o menor eficacia dependiendo de las propiedades físicas de las unidades superficiales. El paisaje que observamos

es de tipo multicíclico, reconociéndose por lo menos tres unidades geomorfológicas principales:

Planicie alta disecada

Sistema fluvial antiguo

Sistema fluvial moderno

En consecuencia de estos tres elementos se han desarrollado una variedad de geoformas de origen fluvial que se asocian a las generadas por los procesos de remoción en masa.

2.3.2. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

2.3.2.1. PLANICIE ALTA DISECADA

Planicie alta y disecada o Antigua superficie estructural disecada (Tomás, 1987).

Coincidente con el techo de la F. Hernandarias, se desarrolló una superficie plana a muy levemente ondulada de extensión regional, que representaba un paleoambiente húmedo lacustre de muy baja energía sin una red de drenaje definida. Actualmente esta superficie se encuentra degradada por la morfogénesis fluvial, por los procesos de remoción en masa asociados y sepultada por los depósitos loésicos, conformando parcialmente de esta manera, las superficies cumbrales de los interfluvios o lomadas más altas del área.

Esta superficie comunmente fue interpretada y confundida como una peneplanicie primaria en el sentido Davisiano morfométrico. La edad de la superficie se la considera Pleistocena superior, inmediatamente posterior a la depositación de la F. Hernandarias y previo al acontecimiento loésico.

2.3.2.2. SISTEMA FLUVIAL ANTIGUO

Sistema fluvial antiguo (Lapido y Nullo, 1988).

Asociado a la posición relativa más alta de la margen izquierda del río Paraná se fue implantando un ciclo fluvial que degradó paulatinamente la antigua superficie de la F.

Hernandarias.

Dentro del desarrollo morfogenético se destaca un período inicial de erosión, responsable del desarrollo de las explanadas o pendientes de los sectores interfluviales, y un período de agradación fluvial responsable de la formación de las planicies aluviales, que actualmente representan la terraza superior y paleocauces o vías de drenaje no encauzadas ubicada en los tramos superiores de la cuencas hidrográficas.

Las vías de drenaje no encauzadas representan los antiguos valles seniles de órdenes inferiores de las cuencas hidrográficas, que actualmente drenan al Paraná, que ante el último acontecimiento eólico han sido rellenados y obliterados por sedimentos loésicos.

Los interfluvios (lomas y pendientes), representan remanentes erosivos de la antigua superficie Pleistocénica; presentan diverso grado de extensión, forma y gradiente. .

Debido al patrón dendrítico de la red de avenamiento y el carácter retrocedente del fenómeno erosivo, la profundización es menor y la disección fue más abarcativa hacia la cuencas superiores. En consecuencia los interfluvios paulatinamente disminuyen el gradiente de sus pendientes laterales y el desnivel relativo es menor con respecto a las vías de drenaje circundantes. Por lo tanto en los sectores de divisorias de las cuencas hidrográficas de mayor extensión se desarrollan relieves suavemente ondulados fácilmente confundibles con superficies peneplanizadas. Sin embargo en el caso de los interfluvios

ubicados entre cuencas pequeñas (arroyos Cazuelas, Tuyucua, Los Berros, Paracao, Culandrillo, Colorado) con cuencas más extensas (los afluentes del arroyo Las Tunas) se generan hacia las cuencas más pequeñas pendientes más cortas y de muy alto gradiente. Ello resulta de la intersección de cuencas hidrográficas con perfiles hidráulicos que presentan diferentes pendientes.

2.3.2.3. SISTEMA FLUVIAL MODERNO

Sistema fluvial moderno (Lapido y Nullo, 1988).

Asociado a un cambio del nivel de base, el sistema fluvial experimenta desde su desembocadura un proceso de erosión retrocedente que afecta en términos generales los sectores inferiores y medios de los cursos de las actuales cuencas hidrográficas. El grado de retroceso dependerá en buen grado de la extensión de la cuenca hidrográfica, de la presencia de fenómenos de captura y de bancos duros. Para cuencas más grandes como el caso del arroyo las Tunas, el grado de retroceso erosivo fue más intenso e incluso llegó a desarrollar amplias planicies aluviales en su desembocadura, indicando una incipiente madurez. Mientras para las cuencas más pequeñas los retrocesos se hallan en avance en los sectores de la cuenca media, generalmente controlados por los bancos duros de las areniscas calcareas o calcretizadas de la F. Paraná y en menor proporción por el "calcrete" duro situado generalmente en la base de la F. Hernandarias.

Por efecto de los movimientos de remoción en masa sobre la costa acantilada y la fuerte incisión vertical que se desarrolló en el borde norte de la ciudad de Paraná, puede haberse producido la

captura del tramo inferior del Arroyo Antoñico que cambia 90 su dirección de drenaje original sureste-noroeste y del arroyo Las Viejas a la altura de la calle Ambrosetti. En el caso del arroyo Antoñico su curso original (consecuente) era posiblemente hacia Bajada Grande, aproximadamente por la zona del tendido de la vía ferrea. En el caso del arroyo las Viejas su curso original posiblemente iba a desembocar al puerto Viejo.

El cambio del nivel de base del rio Paraná, está relacionado con descensos del nivel del mar, o ascensos tectónicos acontecidos en el Cuaternario, posteriormente a la sedimentación de la formación Hernandarias, aunque también estas variaciones pueden estar relacionadas con cambios climáticos. Un aumento en el caudal de los ríos facilitó la erosión vertical e influyó como el disparador de procesos de remoción en masa, que posibilitaron fenómenos de captura en los tramos inferiores de la la red de drenaje.

2.3.2.4. FORMAS DE ACUMULACIÓN.

A) Abanicos aluviales. (**Aa**)

Presentan diferentes estados de desarrollo. Los del sector norte de la ciudad de Paraná, muestran menor desarrollo, debido a que son erosionados constantemente por la intensa acción de la corriente del río Paraná que actúa sobre dicha margen. Mientras que en los abanicos presentes en el sector oeste de la ciudad, y sobre el delta del Arroyo las Conchas, por estar protegidos por Los Anegadizos del Paraná, el proceso es netamente acumulativo. Un ejemplo de ello lo muestran la progradación de los abanicos aluviales del Arroyo Los Berros y Tuyucua sobre los Anegadizos de Paraná.

También la presencia de la línea de ribera oriental de los Anegadizos de Paraná, ubicada a lo largo del pie de la barranca, debe su origen a la unión de innumerables conos aluviales generados a partir de los numerosos cursos de menor importancia que se desarrollan sobre la pendiente de la Barranca.

B) Planicie aluvial del Río Paraná. (**Lpa**)

La planicie aluvial del Paraná ocupa una amplia faja integrada por el cauce principal del río, que se recuesta contra la orilla Entrerriana, ambientes lóticos (brazos menores permanentes, riachos temporarios) y ambientes leníticos (lagunas, pantanos y bañados).

Los dos mecanismos de formación y evolución de la planicie aluvial son los procesos generados por la divagación del cauce y las inundaciones. El cauce tiene gran capacidad de arrastre, sedimentación y erosión, depositando bancos de arena y espiras

de meandro. , mientras que la inundación sedimenta partículas de limo y arcilla (Iriando,1987).

En el sector bajo estudio merecen atención las islas de cauce ubicadas al frente de la ciudad de Paraná, que cambian su morfología perimetral por una paulatina erosión y acumulación fluvial.

C) Delta del arroyo Las Conchas. (DCh)

Solamente integra su estudio, la margen meridional de la parte distal del delta, cercano a su afluencia al río Paraná.

Los depósitos identificados, corresponden a los generados por la dinámica divagante de los cauces distributarios deltaicos y de los procesos de inundación. Los depósitos de inundación (Iriando 1987) están caracterizados por áreas planas con numerosas lagunas someras, pantanos y pequeños cauces adventicios, activos solamente al final y comienzo de las inundaciones. Las facies de albardón son las mejor reconocidas por presentar patrones lineales elevados, con materiales un poco mejor drenados que las facies de laguna, compuestas por limo gris oscuro con gran cantidad de materia orgánica vegetal con distinto grado de descomposición.

D) Planicies aluviales. (Pa)

Se presentan más extendidas en la zona de desembocadura de las diversas cuencas hidrográficas, para luego estar restringidas en el resto de la cuenca al lecho de los arroyos.

El Arroyo las Tunas, Los Berros y en menor medida el Arroyo Horqueta son los que presentan mejor expresadas sus planicies de inundación. El Arroyo la Tunas ha generado un sistema de

meandros poco encajonados (5-8 metros)y muy bien expresados especialmente en los tramos medios de su cuenca.

La composición sedimentaria de estas geoformas, en los sectores inferiores de las cuencas hidrográficas, generalmente es arenosa media a fina, debido al gran aporte de los sedimentos de la F. Ituzaingó y de las facies areno-arcillosas de la F. Paraná. Mientras que en los sectores medios y superiores de las cuencas hidrográficas, los arroyos desarrollan generalmente una somera planicie aluvial limo-arcillosa sobre los depósitos aluviales de los paleovalles.

La existencia de variadas morfologías de avenamiento, se debe al tipo de sedimentos sobre los cuales corre el lecho, como así también al estadio de evolución de la cuenca. En primera aproximación, cursos más meandrosos se darían bajo sedimentos mayoritariamente arenosos y en ríos con estadios más evolucionados; mientras que los patrones lineales reflejan en principio el carácter controlante de bancos duros, como calcretes o el miembro más resistente de la F. Paraná (Arcillitas basales y Calcareos organógenos).

Es común que se presenten paleocauces, meandros abandonados y sectores lacustres efímeros a permanentes.

2.3.2.5. FORMAS DE EROSIÓN

A) Terrazas. (Te)

Las terrazas están principalmente desarrolladas en los tramos inferiores de las cuencas hidrográficas.

Por lo general se presenta un nivel de terraza bien expresado que corresponde a la planicie aluvial del antiguo sistema fluvial. Sin embargo, según el tipo de cuenca, puede

desarrollarse otro nivel más bajo asociado a uno de los múltiples pulsos de erosión retrocedente del actual ciclo fluvial.

En el Arroyo las Tunas, se presentan dos niveles bien expresados, uno correspondiente a la planicie aluvial del antiguo sistema fluvial que se expone con mejor detalle en los tramos medios y superiores de la cuenca; y otro nivel que aparece paulatinamente hacia la cuenca inferior.

En los arroyos Culandrillo, Las Viejas, Antoñico, Tuyucua, y Horqueta se presentan dos niveles de terrazas, las terrazas inferiores que paulatinamente se confunden pendiente abajo con las respectivas planicies aluviales o con los abanicos aluviales de desembocadura; y las terrazas superiores que se ubican aguas abajo de los saltos de agua (6 a 7 metros) que se originan en los sectores donde la erosión del lecho fue descubriendo bancos duros de calcretes y calcáreos organógenos.

La constitución geológica de las terrazas va estar de acuerdo a su posición dentro de la cuenca con respecto a la geología del área. Así, las terrazas ubicadas en los sectores altos de las cuencas estarán compuestas por sedimentos limo-arcillosos como resultado de la erosión de la F. Hernandarias; paulatinamente cuenca abajo el aporte de las arenas de la F. Ituzaingo o Paraná, miembro arenoso, se va incrementando y aparecen terrazas arcillo - arenosas a arenosas. Dentro del paquete sedimentario de los depósitos aluviales de las terrazas es común observar un registro cíclico de paleosuelos con poco desarrollo pedogenético.

El río Paraná presenta dos niveles de terrazas, la terraza más antigua corresponde a Los Anegadizos de Paraná (cota: 15-17 msnm), mientras que la terraza inferior (cota: 14-15 msnm) se ubica con desarrollo más importante entre el sector de Puerto Nuevo, hasta Bajada Grande.

Los Anegadizos del Paraná (Tomas, 1987) se ubican al oeste del área estudiada, corresponde a una terraza de edad cuaternaria que parcialmente se apoyada sobre las arcillitas gris-azuladas del nivel inferior de la F. Paraná. Los depósitos de esta terraza están conformados por depósitos asociados a cauces divagantes (Meandros abandonados) y ambientes lacustres y palustres. El primero se caracteriza por la presencia de albardones ocupados por la vegetación arbórea y el segundo por vegetación lacustre -palustre predominando la paja brava (*Panicum prionitis*). Actualmente la unidad está afectada por los ascensos periódicos del nivel de agua del Río Paraná, que provoca el anegamiento de las zonas de paleocanales, meandros abandonados y el ensanchamiento las zonas lacustres.

B) Barrancas del Río Paraná (BRP)

Presentan pendientes entre 30 a 90 , inestables por erosión hídrica encauzada, laminar y procesos de remoción en masa clasificados como flujos, deslizamientos rotacionales y deslizamientos planares de suelos, etc.

Los procesos de remoción en masa son originados a partir de la erosión fluvial del río Paraná que se recuesta paulatinamente contra la costa Entrerriana. Se reconocen dos sectores, las barrancas antiguas y las recientes.

Las Barrancas antiguas (BRPA) se ubican en el límite Oriental de los Anegadizos de Paraná , con pendientes menores a los 45 , afectadas en mayor medida por la erosión fluvial encauzada y en menor medida por deslizamiento planares de suelos con reptaje.

Las Barrancas recientes (BRPR) se ubican desde Bajada Grande hasta la desembocadura del A. Las Tunas siendo afectadas en mayor medida por los procesos de remoción en masa (Bertolini, 1982).

La subdivisión de esta unidad geomorfológica sirve de base para la zonación, a nivel regional, de la vulnerabilidad del terreno por la remoción en masa:

Mínimo: Barrancas desde Bajada Grande al arroyo Los Berros.

Moderado alto: Barrancas desde Arroyo Uzin al arroyo las Tunas.

Muy alto: Barrancas desde Bajada Grande al arroyo Uzin.

C) Paleocauces (Pc)

Representan los antiguas planicies aluviales del antiguo sistema fluvial que fueron rellenadas por depósitos loésicos. Actualmente se encuentran bajo diverso grado de disección fluvial, estando más representadas en los sectores superiores de las cuencas de drenaje de las actuales vías de avenamiento.

Presentan rellenos de hasta 10 metros de espesor, integrados por sedimentos fluviales que culminan, por lo general, con una alternancia cíclica de paleosuelos y sedimentos coluvio-aluviales. La composición del sedimento obedece al dominio geomorfológico en el cual se encuentre el paleocauce. De esta manera, los paleocauces ubicados dentro del dominio de los sectores interfluviales tipo **I3**, la constitución geológica del aluvio es generalmente franco-arcillo-limosa con paleosuelos intercalados. Los paleocauces que se desarrollaron dentro de los interfluvios tipo **I1** presentan depósitos fluviales con texturas arcillo-limosas a arcillosas (60-65 % de arcilla) con numerosos lentes de rodados de tosquilla.

Aceñolaza (1980) los denominó, para la región de Villa Urquiza, como el paleosistema fluvial enterrado.

d) Vías de drenaje (Vd) y Cárcavas (C).

Representan los cursos colectores del escurrimiento superficial, los que se clasificaron según el grado de profundización, integración y desarrollo que presentan.

a) Vías de drenaje no encauzadas

Corresponden a los cursos no profundizados, no integrados, con sectores lacustres y palustres de carácter efímero y permanente. Generalmente coinciden con los paleocauces o planicies aluviales ubicados en los interfluvios **I3**.

b) Vías de drenaje incipientes

Corresponden a líneas de drenaje efímeras, activas solamente durante las lluvias muy intensas y donde el curso presenta una

leve incisión (menor a 0.5 metros), inestable y muy susceptible de desaparecer por los procesos de reptaje en pendientes, arado y acumulación sedimentaria por erosión laminar. Se encuentran ubicadas en mayor proporción en los interfluvios tipo **I1** y **I2** debido a la presencia de suelos poco permeables (suelos vertisólicos) ubicados en fuertes pendientes. Las vías de drenaje incipientes también se desarrollan, pero en menor proporción, en las pendientes del interfluvio tipo **I4** las que son originadas por el alto gradiente de estas geoformas.

c) Vías de drenaje levemente encauzadas (Cárcavas).

Corresponden a cursos que presentan entre 1 a 5 metros de profundidad, generalmente activos bajo las precipitaciones medias o normales de la zona. Se encuentran desarrolladas generalmente en la parte inicial de las actuales vías de drenaje de los interfluvios tipo **I1** y **I2**. Representan la erosión retrocedente que experimentan los cauces debido a la acción que desarrolla el moderno sistema fluvial sobre superficies estabilizadas del antiguo sistema fluvial.

d) Vías de drenaje moderadamente encauzadas (Cárcavas).

Corresponden a cursos con profundidades entre 5 a 10 metros, generalmente permanentes o activos normalmente bajo las precipitaciones medias de la zona. Estas vías de drenaje son las que fueron afectadas moderadamente por el moderno sistema fluvial.

Las planicies aluviales sobre las que se desarrollan las vías de drenaje levemente y moderadamente encauzadas están disectadas con diverso grado. Esta disección no es reciente o actual, sino

que aconteció seguramente en el pasado histórico, ya que sus taludes se hallan moderadamente estabilizados y con una leve edafización. A las vías de drenaje que actualmente están experimentando una erosión alta, evidenciada por la presencia de profundos surcos de erosión, taludes verticales y que desarrollan una fuerte erosión retrocedente en su cauce se las denomina cárcavas. Las cárcavas por lo general se hallan en las nacientes de las vías de drenaje de los interfluvios I1 y I2, mientras que en los interfluvios I3 se hallan aledañas al A. Las Tunas y en los tramos medios de sus afluentes.

e) Vías de drenaje fuertemente encauzadas (Cárcavas).

Corresponden a los cursos con profundidades mayores a los 10 metros. Estos cursos pueden ser transitorios como el sector inferior del arroyo Uzin o permanentes como en algunos sectores de los arroyos Colorado y las Viejas. En ambos casos la energía de transporte es alta, la que es evidenciada por la presencia de bloques angulosos de 50 a 60 cm de calcretes arenosos de la F. Ituzaingo. Sin embargo el aporte lateral por remoción en masa (Caída de bloques de calcrete y deslizamientos planares de suelos) es muy alto por el carácter friable que presentan los sedimentos arenosos de la F. Ituzaingo en la base del cauce.

Las cárcavas del arroyo el Yeso y el arroyo Uzin se desarrollan por la alta velocidad de profundización fluvial que presentan el cauce sobre el miembro arenoso de la F. Ituzaingo.

En el caso de las cárcavas de los arroyos Colorado, Culandrillo, la profundización se halla más retardada debido a la presencia de bancos arcillosos compactos y lentes de areniscas calcareas organógenas distribuidas azarosamente a lo largo del miembro areno-arcilloso friable de la F. Paraná. Sin embargo la mayor resistencia erosiva la desarrolla en la mayor parte de los casos

el banco de calcrete desarrollado en el límite entre la F. Paraná y F. Hernandarias.

Por lo general, las cárcavas fuertemente encauzadas se ubican en los sectores poco evolucionados de las cuencas hidrográficas que se hallan más cercanos al nivel de base del río Paraná.

E) Interfluvios (I)

A consecuencia de la disección del sistema fluvial sobre la antigua superficie plana desarrollada sobre la F. Hernandarias, se generan sectores relativamente más elevados (interfluvios) del paisaje con diferentes características geológicas y geomorfológicas.

Las características geológicas van a estar representadas por la constitución geológica superficial (0-2 metros) y subsuperficial (2-10 metros); mientras que las características geomorfológicas están representadas por la cota, forma, extensión y pendientes.

Los interfluvios están constituidos por tres morfologías menores, un sector cumbral que representa la antigua superficie de la F. Hernandarias disectada (lomas), las pendientes o explanadas de los valles (Tomas, 1987) del antiguo sistema fluvial y por las vías de drenaje de órdenes inferiores de las cuencas hidrográficas.

El sector cumbral (lomas) puede presentar diversas morfologías según el grado de degradación hídrica, por lo que aparecen sectores planos a ondulados; mientras que las pendientes representan superficies de erosión sepultadas por depósitos loésicos de variables características.

Se han reconocido 5 tipos de interfluvios que se diferencian por las características mencionadas.

a) Unidad geomorfológica 1 (Interfluvios tipo 1). (I1)

Ubicación: Las explanadas o pendientes de las cuencas del Arroyo Tuyucua y de los cursos ubicados en Bajada Grande, y explanada norte del Arroyo los Berros.

Abarca aquellos interfluvios desarrollados principalmente sobre la F. Hernandarias, castaña y que presentan relieves relativos entre 25 a 40 metros.

Las superficies cumbrales son redondeadas, poco extensas, moderadamente onduladas con cotas entre 25 a 65 msnm y constituidas litológicamente por una delgado espesor (0-1.5 metros) de depósitos loésicos muy carbonatados que sobreyacen en discordancia neta a la F. Hernandarias, castaña, moderadamente calcretizada.

Las pendientes se presentan largas (500-700 metros), con gradientes de 8% a 20%, de tipo compuesta debido a la presencia de resaltos dados por la presencia de lentes duros de Calcrete distribuidos de manera azarosa.

La geología subsuperficial está constituida en gran parte por la F. Hernandarias (castaña) de moderada a fuerte cementación calcarea, mientras que en el pie de pendiente y loma baja, se puede llegar a encontrar el miembro verdoso, montmorillonítico de la F. Hernandarias.

La superficie de esta unidad es poco estable a la erosión hídrica por presentar suelos poco permeables, poco drenados y con escurrimiento alto.

Integrando la asociación geomorfológica se hallan planicies aluviales con vías de drenaje levemente a no encauzadas no anegables y cárcavas de diversa extensión. Como constituyentes menores de esta asociación se encuentran en bajo porcentaje (10-20%) interfluvios de la unidad geomorfológica **I2**. Estos se

ubican por lo general en algunos sectores cercanos a las barrancas del Río Paraná.

b) Unidad geomorfológica 2, (Interfluvios tipo 2). **(I2)**

Ubicación: Interfluvios ubicados al este del Curso inferior del Arroyo las Viejas, Cuenca del Arroyo Horqueta, Arroyo Uzin y cuenca inferior del Arroyo Las Tunas.

Son interfluvios constituidos y desarrollados sobre la F. Hernandarias, principalmente en su miembro verdoso y con diverso espesor de la miembro castaño.

La superficie cumbral está controlada por bancos más resistentes de calcretes presentes dentro de la F. Hernandarias, por lo que se presentan levemente onduladas a planas con cotas entre 35 a 45 msnm y alturas relativas entre 20 a 40 metros.

Las pendientes se presentan con gradientes entre 3 a 8%, concavas por lo general y se hallan cubiertas por un material aluvio-coluvial arcillo-limoso proveniente de la mezcla con materiales loésicos limosos.

Estas superficies presentan baja capacidad de infiltración, debido a la presencia de suelos vertisólicos o molisoles vérticos, son poco estables a la erosión hídrica, presentan freáticas moderadamente profundas (mayor a 5 metros) y sedimentos con alta retención de humedad.

Como contituyentes menores de está asociación se encuentran en bajo porcentaje (10-20%) interfluvios de la asociación geomorfológica I5 y vías de drenaje levemente a no encauzadas.

c) Unidad geomorfológica 3 (Interfluvios tipo 3). **(I3)**

Ubicación: Interfluvios de los afluentes de la cuenca media y alta del Arroyo Las Tunas. Cuenca superior del arroyo Antoñico.

Son los interfluvios menos disectados, presentan cotas entre 60 a 110 m.s.n.m, y se desarrollan enteramente sobre la F. Hernandarias, castaña, con diverso grado de calcretización, la que es cubierta por depósitos loésicos franco-limosos (18 a 26% de arcilla), carbonatados a partir de 50 a 120 cm de profundidad.

El tope de loma se presenta suavemente redondeado a plano, con pendientes entre 0.5% a 1.5% y con suelos muy desarrollados (Serie Tezanos Pintos), formados a partir de una cubierta de depósitos loésicos franco-limosos de 2 a 5 metros de espesor de textura franco-limosa (18-26% de arcilla), que subyacen en contacto gradual (1 a 3 metros) a la Fm. Hernandarias, facie castaña de textura arcillo-limosa (58-60% de arcilla) que se extiende en la mayor parte del núcleo de la loma. Sin embargo es común que dentro de los depósitos loésicos se presenten intercalados lentes de materiales más finos o que dentro de la F. Hernandarias en su contacto gradual con el loes se hallen lentes más limosas.

En la superficie cumbral las capas freáticas se encuentran a profundidades 3 a 12 metros y controladas por la baja permeabilidad de la F. Hernandarias; mientras que la superficie presenta erosión laminar leve con suelos moderadamente drenados y con moderado escurrimiento.

Las pendientes por lo general son concavo-convexas, presentando gradientes de 2.5% hasta 7%, con suelos bien desarrollados (Serie Tezanos Pintos, de facies erosionadas y en pendiente) desarrollados sobre materiales loésicos franco-limosos someros (menor a 1 metro) que sobreyacen a depósitos loésicos más

arcillosos que lo común. El proceso geomórfico dominante es la erosión laminar leve a moderada.

Integrando esta unidad geomorfológica se hallan pequeñas planicies aluviales (10-50 m) con vías de drenaje no encauzadas a levemente encauzadas.

d) Unidad geomorfológica 4. (Interfluvios tipo 4) (**I4**)

Ubicación: Resalto de pendiente entre las cuencas que drenan a los Anegadizos y al río Paraná, con la cuenca del Arroyo las Tunas

Abarca las pendiente medias (300 a 400 metros), concava-convexa de altos gradientes (10-20%) generada a consecuencia de la intersección de diferentes perfiles hidráulicos presentes entre las cuencas hidrográficas. Subsuperficialmente la pendiente está constituida litológicamente por la F. Hernandarias, castaña, poco a moderadamente calcretizada que subyace a un depósito coluvio-aluvial arcillo-limoso de poco espesor (0.5 a 1 metro) sobre la que se desarrollan molisoles.

Estas superficies presentan escurrimiento rápido y suelos con drenaje moderado siendo estables a los procesos de remoción en masa, pero muy inestables ante la erosión hídrica laminar y en surcos. Esta unidad geomorfológica presenta un límite con los interfluvios tipo **I1** y **I2**, mientras que con los interfluvios tipo **I3** el contacto es más neto (5-50 metros).

e) Unidad Geomorfológica 5. (Interfluvios tipo 5) (**I5**)

Ubicación: Sectores de las cuencas inferiores del arroyos Horqueta y las Viejas y las pendientes de la cuenca inferior del A. Las Tunas.

Abarcan los interfluvios desarrollados casi enteramente sobre la F. Ituzaingo.

En el sector de la Toma Vieja estan integrados por sectores cumbrales redondeados, y controlados por los bancos de calcretes o silcretes arenosos de 1 a 2 metros de espesor presentes cerca del techo de la F. Ituzaingo (Cota 29 a 31 aproximadamente) cubiertos por una delgada capa (1 a 1.5 metros) de materiales arcillosos verdes de la F. Hernandarias.

Las pendientes se presentan suaves (3 a 4 %) y cortas (100 a 300 metros) constituidas superficialmente por un material coluvio-aluvial arenoso a areno-arcilloso donde se desarrollan entisoles.

La unidad es muy susceptible a erosionarse por la acción antrópica debido a la friabilidad de las arenas de la F. Ituzaingo; naturalmente la gran permeabilidad de los suelos permite que el volumen del escurrimiento superficial sea pobre. Integrando esta unidad geomorfológica se hallan presentes (30-40%) pequeñas planicies aluviales (50-150 m) con vías de drenaje no encauzadas.

2.3.2.6. CORRELACIONES

Para la base de los estudio edafológicos de Van Barneveld (1972; e INTA (1991) se utiliza una geomorfología dada por cuatro niveles que se corresponden a litologías y cotas determinadas. A partir de los datos de campo del presente informe se correlacionaron para su comparación :

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

INTA (Van Barneveld, 1972)

Nivel Alto

Pendientes del nivel alto al medio

Nivel medio

Nivel inferior

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

(este trabajo) *

Interfluvios Tipo 3

Interfluvios Tipo 4

Interfluvios Tipo 1 y 2

Interfluvios Tipo 5

* Información desplegada en la base de datos.

2.4. HIDROGEOLOGÍA

Para el estudio de la hidrogeología de la Ciudad de Paraná se contó con la descripción de perfiles estratigráficos, realizadas durante las dos salidas de campo descripción litológica de los pozos realizados por OSER y datos hidroquímicos.

Debido a la ausencia de un muestreo sistemático espacial y temporal, y a la escasez de parámetros tales como transmisividad hidráulica, coeficiente de almacenamiento, etc., solo se realizó un análisis de la configuración regional de los niveles acuíferos y las características geoquímicas dominantes en el agua subterránea.

2.4.1. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

Los diferentes depósitos presentes en el área de Paraná en función de sus características, origen y aprovechamiento del agua subterránea que albergan, conforman y caracterizan las unidades hidrogeológicas.

Se han diferenciado dos unidades hidrogeológicas en la zona: Unidad Ituzaingó, y Unidad Paraná. Los materiales que hidrogeológicamente adquieren importancia en el área son los constituidos por arenas contenidas entre lentes de arcillas. Estos depósitos, aunque con distinto origen, forman parte de las dos unidades.

Además se encuentra una capa contenida en los primeros metros de profundidad que no presenta gran relevancia en su aprovechamiento en la zona urbana, debido a su limitada

permeabilidad, se han detectado pozos de pequeña envergadura en el ejido urbano

Esta primera capa se encuentra en la Unidad Hernandarias y está contenida en materiales limo arcillos de baja porosidad por lo que transmiten el agua muy lentamente y se lo considera acuícludo.

De acuerdo a lo concerniente a la cuantía y calidad de los recursos hidráulicos, el acuífero más importante es el conformado en la Unidad Paraná.

Las características de cada una de las Unidades surgen de la relación de los elementos litológicos de acuerdo a las características sedimentológicas, y de información suministrada por el OSER y la Ex Dirección de Minería e Hidrogeología de Entre Ríos.

2.4.1.1. UNIDAD HERNANDARIAS

Los depósitos que conforman la unidad Hernandarias son limo - arcillosos y arcillo-limosos con proporciones variables de arena.

Diseminado en todo el perfil, producto de procesos epigénicos, se encuentran concreciones de carbonato (tosquilla) y en el extremo NE de la zona de estudio en el miembro verdoso de esta unidad, cristales de yeso planares y granulares. Estos carbonatos y sulfatos provocan un aumento del residuo sólido, alcalinidad y dureza, no solo en las aguas que contienen sino también afectan a la capa de la Unidad Ituzaingó en donde penetra parcialmente, atravesando las grietas existentes en el acuífugo de la tosca (calcrete) en la parte infrayacente de la Unidad Hernandarias.

La presencia de las concreciones carbonáticas también interviene en la reducción de la capacidad de almacenamiento.

Datos de caudales extraíbles que oscilan entre 2000 y 4000 litros/hora, denotan una baja permeabilidad que corresponde con los materiales que contienen el agua.

La explotación de este reservorio se realizó en los comienzos de la instalación de la población de Paraná, hasta el siglo pasado. Uno de los pozos que todavía se pueden observar en la ciudad es el que está en la Plaza de Mayo.

El reemplazo del uso de este acuífero por el de la Unidad Paraná se debió a la desfavorable calidad química y bacteriológica, a las variaciones constantes del nivel estático, como así también al aumento de las posibilidades técnicas para realizar pozos de mayor profundidad.

La verdadera importancia del estudio del comportamiento de la dinámica de este reservorio, no se aplica a la explotación de agua, sino para evitar o controlar los procesos de remoción en masa que genera en las barrancas del río Paraná.

2.4.1.2. UNIDAD ITUZAINGÓ.

Esta Unidad está compuesta por arenas con buena redondez, de composición mineralógica eminentemente cuarzosa con muy escasos máficos. (ver análisis sedimentológico)

La tonalidad rojiza de estas arenas se debe a la presencia de óxido férrico que tiñe a la Unidad.

Por su estructura, color y textura se los considera materiales de origen fluvial, depositados por el divagar NE-SO del río Paraná, los cuales conforman condiciones hidrogeológicas de un acuífero multicapa.

Constituye el primer acuífero de donde se puede extraer agua para abastecimiento de perforaciones someras y de pequeño caudal, generalmente en el contacto con la Unidad Hernandaria, por lo que no es explotado en la ciudad de Paraná.

Corresponde a resistividades entre 20 y 100 Ohm. Cuanto mayor valor alcanza su resistividad mayor proporción tiene la fracción gruesa de la arena. (Diaz, 1993).

La presencia de una Formación limo-arcillosa, y arcillo-limosa superior y un banco de tosca (calcrete) que cementa epigénicamente los materiales supra e infrayacentes, limitaría la posibilidad de contaminación, aunque sería más vulnerable que la Unidad Paraná.

2.4.1.3. UNIDAD PARANÁ.

La Unidad denominada Paraná está compuesta por arenas redondeadas a subredondeadas, de composición mineralógica predominantemente cuarzosa, con plagioclasas en distintos grados de alteración, moderadamente abundantes y muy escasos microclino, turmalina, epidoto, zircón, granate y piroxeno. Algunos de estos elementos presentan impregnaciones de hierro.

Debido a su carácter masivo, tonalidades y contenido fósil, la misma es de origen marino.

Si bien es eminentemente arenosa, presenta intercalaciones de materiales acuicludos, acuitardos y acuífugos, representados por limos, limos-arcillosos, arcillas-limosas, con alto contenido motmorillonítico, micritas y esparítas arenosas, como así también bioclastita. Esto motiva que en la descripción de los pozos de perforaciones, se distingan, en puntos cercanos, diferentes capas en cantidad y posición, que pertenecen a un mismo acuífero, determinado por las interestratificaciones de los materiales mencionados.

Constituye el acuífero profundo apto, para la explotación y abastecimiento de los barrios de la ciudad, debido al caudal y calidad de las aguas, que está interestratificado en las arcillas basales.

El techo del acuífero se encuentra a unos 50 m de profundidad, por lo que está en los depósitos atribuidos al "Paranense" sensu Frenguelli (1920).

Por estudios realizados con gamma natural e información geológica regional, no se evidencia recarga autóctona, es decir proveniente de precipitaciones del área, salvo en las capas acuíferas superiores de bajo caudal y por encima de los depósitos de micritas, esparitas y bioclastitas de la unidad.

A esto se le suma la presencia del banco de tosca (Calcrete) por encima de la unidad, constituyendo una capa que retiene, en parte, la posible recarga por precipitaciones o infiltraciones superficiales.

2.4.2. HIDROQUÍMICA.

Para una caracterización geoquímica del agua se recurrió a informes de la Ex Dirección de Minería e Hidrogeología de la provincia de Entre Ríos, que consta de un mapa general de la provincia y los datos utilizados son de la Formación Ituzaingó. Mientras que para el área de estudio se utilizaron análisis de aforos del OSER, realizados en la Unidad Paraná (Tabla 4). Los resultados de la ciudad de Paraná, se representaran en el Mapa Hidroquímico del Anexo 1.

2.4.2.1. INDICES HIDROQUÍMICOS.

Las aguas de circulación regional tienden a ir aumentando su mineralización hasta límites de saturación en los diferentes iones. La evolución normal es que sucesivamente vayan dominando los siguientes iones:



Aunque se admiten excepciones, como la de nuestro caso (Fig. 25) las relaciones entre iones disueltos en agua pueden guardar cierta relación con el terreno del que procede el agua o indicar la acción de fenómenos modificadores las relaciones entre iones disueltos en agua pueden guardar cierta relación con el terreno del que procede el agua o indicar la acción de fenómenos modificadores (Fig.26).

Relación $r K^+ / r Na^+$ (meq/l)

El rango de esta relación varía entre 0,001 y 1, siendo lo más frecuente que varíe entre 0,004 y 0,3 (Schoeller, 1956). En general este parámetro aumenta con la salinidad total y disminuye por reducción de las bases de intercambio.

Los resultados obtenidos denotan una manifiesta retención del ión potasio particularmente en la etapa de infiltración, y en suelos arcillosos y limo arcillosos, además de una permanencia larga en la recarga.

Relación r Mg / r Ca

En las aguas continentales varía frecuentemente entre 0,3 y 1,5. Los valores analizados demuestran un cierto equilibrio relacionado a un intercambio catiónico Ca por Mg, debido a su diferencia electroquímica.

La dominancia del ión Ca sobre el Mg se puede suponer que se deba a la presencia en sedimentos calcáreos, las aguas saturan fácilmente, provocando el precipitado.

Consecuencia de esto es que las aguas son levemente duras y pueden formar incrustaciones y sarros en las cañerías.

Relación r SO₄⁼ / r Cl⁻

En aguas poco salinas, la relación r SO₄⁼ / r Cl⁻ puede ser similar a la de la roca acuífera y su valor se mantiene aproximadamente constante al irse concentrando el agua (Custodio, 1974)

La relación analizada presenta una correspondencia con los sedimentos de la F. Paraná (Marino). Una relación mayor representaría un exceso de sulfato que a su vez indicaría un paleoambiente eólico y lacustre.

Relación r Cl / r CO₃H

El contenido de CO₃H es un valor relativamente constante en las aguas subterráneas por lo que se puede seguir el proceso de concentración en sales en el sentido del flujo subterráneo.

La reducción de sulfatos, los aportes exteriores de CO₂ y la concentración de sales en la zona de regadío, influye en la variación de la relación.

Las aguas continentales tienen normalmente un valor entre 0,1 y 5, y el agua de mar 20 y 50. El análisis de nuestro caso denota una importante concentración de CO_3H .

i.c.b. (índice de cambio de bases)

El valor de esta relación es casi siempre negativo cuando se trata de aguas provenientes de terrenos con alto contenido en sílice.

El rango de valores se establece entre 0,4 y 87,7. La amplitud del mismo se debe a la gran variación que se encuentra en las concentraciones de Cl y de Na+K.

Los iones sodio y potasio generalmente no sufren lavado por que migran muy lentamente debido al intercambio catiónico que realizan, al interactuar con el terreno.

El potasio tiende a ser fijado irreversiblemente por los depósitos arcillosos. De esta forma la relación K/Na, es menor que 1, y el i.c.b. negativo.

RAS (Relación de absorción de sodio)

Esta relación establece la clasificación del agua apta para riego.

En el caso de estudio el cálculo se realizó utilizando las medias de la Tabla 4, y el resultado de la relación de absorción de sodio es de 5,68, corresponde a un peligro de alcalinización del suelo muy alto.

Este valor supera el del estudio realizado en la Estación Experimental de Paraná (INTA, 1972), donde además se realiza el comentario que la zona oeste de la provincia de Entre Ríos presenta una suficiencia en cuanto a la cantidad y una deficiencia en la calidad para riego.

2.4.2.2. CLASIFICACIÓN HIDROGEOQUÍMICA.

Para clasificar el tipo de agua por sus iones dominantes, se utilizó la denominación de Schoeller (1962). La expresión ordenada de iones y cationes se simplifica asignándose un número y una letra a cada ordenamiento. De acuerdo al estudio de los análisis (Fig. 25 y Tabla 5), Las aguas son:

5.b.: Bicarbonatadas sódicas oligosulfatadas.

6.b.: Bicarbonatadas sódicas moderadamente sulfatadas.

Con respecto a la cantidad de residuo seco, el agua de la Unidad Paraná se la clasifica como agua dulce (fresh water) (o a 2000 ppm) y en referencia a la dureza, como Dura (200 a 250 ppm en CO₃Ca) a algo dura (100 a 200 ppm en CO₃Ca).

2.4.3. MOVIMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En varios sectores de las barrancas del Paraná, como por ejemplo El Palomar del Parque Urquiza, se observan vertientes de agua. Se distingue entonces que la primera capa de agua subterránea posee una corriente hacia el Río Paraná (Fig. 27 y 28). La alternancia de vertientes por largos tramos de la barranca, evidencia la discontinuidad de las capas acuíferas, de acuerdo a la naturaleza multicapa de los acuíferos.

En las estaciones lluviosas se forman capas no permanentes a muy poca profundidad. En el caso de relieves ondulados que presentan pendientes pronunciadas, el fuerte escurrimiento no permite totalmente la infiltración pluvial. La capa permanente en cambio se encuentra casi en la superficie del suelo en el fondo de los bajos, coincidiendo con los talwed de los arroyos y las terrazas conexas. Para los relieves llanos la acumulación del agua dentro de la capa se produce durante la mayor parte del año.

Por todo esto la capa más superficial (capa no permanente) presenta mayor fluctuación del nivel cuanto menor es la profundidad. El perfil de la capa respondería aproximadamente al perfil topográfico.

Debido a la variación del nivel se deberá tener especial cuidado en la construcción de obras camineras y edilicias, sobre todo las que crucen o corran por bajos.

El ascenso de la capa superficial se puede observar en las zonas bajas de Paraná donde se han realizado cavas para ladrillería. Luego de la extracción, estas cavas se encuentran totalmente inundadas, por ascenso de la capa y colección de las aguas pluviales. (Fig. 29)

La influencia del nivel del Río Paraná en la cota de la capa freática fue analizada por Martinelli (1946). Mediante recopilación de información de pozos cercanos al río, no notó vinculación entre el río y el agua subterránea ni tampoco una notable vinculación con las lluvias, aunque no duda que la alimentación sea de esta última naturaleza.

En observaciones hechas en otros pozos situados más al interior, comprobó que no se notaba ninguna relación con el río, aunque sí una disminución de caudales en las épocas de sequía.

2.4.4. COMENTARIOS

En la zona de estudio, el principal uso que se le da al agua es el consumo humano, uso doméstico y luego el riego.

Con respecto a la aptitud para consumo humano, los análisis químicos y bacteriológicos realizados en el OSER, la califican como potable.

Para el uso agrícola, en cambio, la elevada relación de absorción de sodio, impide la aptitud para riego. La realización de esta actividad provocaría salinización y alcalinización de

los suelos. Estos procesos son casi imposibles de corregir debido a la textura arcillosa y permeabilidad muy baja de los suelos.

Aprovechando estas condiciones y lo ondulado del relieve, la Estación experimental Paraná recomienda la realización de tajamares, que no solo podrán ser usados para riego, sino además puede utilizarse para consumo del ganado.

3. GEOLOGIA AMBIENTAL Y APLICADA

3.1. INTRODUCCION

En el desarrollo de estos capítulos utilizaremos la terminología de UNDRO-UNESCO, comenzaremos con las definiciones de: AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO.

AMENAZA: es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso, durante cierto período de tiempo, en un sitio determinado.

VULNERABILIDAD: es la respuesta de los elementos del medio, expuestos a cierto evento desastroso en función inversa a su resistencia al daño y en función directa al grado de exposición.

RIESGO: es la probabilidad de ocurrencia de un nivel de daño a los elementos expuestos a la acción de un evento desastroso.

Dentro del área de estudio se identificaron entre otros, los siguientes riesgos: Inundaciones urbanas, Inundaciones rurales, Erosión fluvial, Erosión hidrica de suelos, Remoción en masa, Expansividad de suelos, etc. De algunos de los cuales sólo son mencionados sus efectos y no fueron motivo de estudio en este informe.

Finalmente se desarrolló el estudio de la Aptitud Geológica del Terreno para la Urbanización General, el cual constituye la principal conclusión de la Carta Geológica Ambiental de Paraná.

3.2. INUNDACIONES

3.2.1. INTRODUCCION

El siguiente capítulo analiza y evalúa en forma expeditiva los procesos de inundación fluvial del área de estudio, mediante el estudio de las causas naturales y antrópicas del fenómeno. Al mismo tiempo se realiza una zonación semidetallada de la vulnerabilidad del medio ante las precipitaciones intensas.

La inundación representa uno de los fenómenos más importantes, afectando en forma local a la zona de estudio. Para la identificación del riesgo de inundación hace falta información socio-económica para evaluar los posibles daños, pérdidas materiales e impactos sociales no se pudo realizar un mapa de riesgo. Se realiza una identificación de las amenazas y un levantamiento de carácter semidetallado de la vulnerabilidad del terreno ante una precipitación intensa (Mapa de Inundación, Anexo 1) en base, principalmente, al método geomorfológico-geológico y, en menor parte, por medio de encuestas sociales tomadas in situ.

3.2.2. MÉTODO DE TRABAJO

La identificación de la vulnerabilidad del terreno se determina por medio de varios métodos: geológicos, edáficos e históricos. La intensidad de precipitación a la cual se determina la vulnerabilidad del terreno está referida a las precipitaciones acontecidas en esta región para Octubre-Noviembre 1993. Sin embargo, con aproximación se puede tener en cuenta el mapa de vulnerabilidad realizado para precipitaciones menos intensas, aunque se deberá considerar que la respuesta del terreno deberá

ser menor, ya que la infiltración, y almacenamiento superficial actuarán con mayor importancia relativa con respecto al escurrimiento.

Los antecedentes históricos corresponden a una serie de encuestas sociales realizadas durante las tareas de campo

El método geológico se basa en evidencias geomorfológicas-topográficas y estratigráficas, como el tipo de vía de drenaje, resalto topográfico de las terrazas, carácter energético de las paleocorrientes de los sedimentos recientes de la planicie aluvial y terrazas inferiores.

El método edáfico se basa en la identificación de características hidromórficas, recientes y páquicas-cumúlicas de los suelos.

Antecedentes históricos

Lo integran las encuestas sociales y antecedentes históricos en referencia a la inundación originada por las precipitaciones acontecidas entre los días 29 al 31 de Octubre de 1993. En la citada fecha la precipitación registrada osciló en los 350 mm, mientras que para uno de los eventos, día viernes 29 de Octubre de 1993, fueron medidos 238 mm en la loc. de San Benito (Carrere, 1994).

Puente de la calle Churruarin sobre el arroyo Las Tunas (pertenencias 307 y 308).

De acuerdo a lo expresado por los pobladores, las inundaciones más importantes ocurrieron en 1942, 1983 y 1993. En el año 1993 hubo cuatro crecientes excepcionales que superaron el nivel de la ruta que se halla a 5.50 m de altura del pelo de agua ordinario.

Puente de la calle Newbery sobre el arroyo Las Tunas (pertenencias 264 y 265).

Las crecientes más importantes se registraron en 1984 y Oct-Nov de 1993, superando este último año 0.70 m el nivel del puente. El nivel de agua ascendió unos 4.20 metros con respecto al nivel de agua del curso ordinario, desbordado y llegando a las puertas de las viviendas distantes a unos 70 metros. Según observaciones hechas por Carrera (1994) el caudal ordinario (20/02/94) presentó un registro de 0.009 m³/seg., mientras que por aplicación de un modelo de simulación se determinó un caudal pico de 68 m³/seg.

Puente sobre un afluente del arroyo Las Tunas: Calle Newbery y Soldado Aeronáutico Hector Bordón (Entre las pertenencias 95, 125 y la Brigada Aérea).

La máxima creciente aconteció entre Oct-Nov de 1993 donde las aguas sobrepasaron los 0.30 m el nivel de la ruta sin afectar a las viviendas de la zona. En este caso el ascenso del nivel del agua llegó a los 2.30 m con respecto al nivel del curso ordinario.

Puente sobre un afluente del arroyo Las Tunas (intersección entre las pertenencias 205-204-249-250).

La mayor inundación se registró entre Oct-Nov. 1993 donde el curso alcanzó a rebasar 0.20 m sobre el nivel del puente de la calle Almafuerite, afectando a varias viviendas. El nivel del pelo de agua del curso presentó un ascenso de 2.5 m y un desbordamiento de 10 metros a ambos lados de la vía de drenaje con respecto a las condiciones ordinarias.

Puente sobre el arroyo Colorado (ubicado en la parte central de la pertenencia 15, intersección calle Zuviria y Junin).

La máxima creciente fue observada entre Oct-Nov. de 1993 y rebaso en 0.45-0.5 m el puente peatonal. El nivel de agua alcanzó unos 4-4.5 metros de ascenso.

Puente sobre el arroyo Colorado (ubicado en la pertenencia 76 en la intersección con la Av. Don Bosco).

La inundación de 1993 llegó a escasos cm (0.80) de la base del puente. El ascenso del nivel de agua alcanzó unos 5.10 metros.

Puente sobre el arroyo Manga (ubicado en el centro de la pertenencia 76, en la intersección de la calle Zuviria o 310 y el arroyo)

La última creciente (Oct-Nov 1993) llegó hasta la base del puente generando un deslizamiento de las paredes laterales del canal (4.60 m de profundidad).

El nivel de agua llegó a ascender unos 3.5 metros con respecto al curso ordinario sin llegar a desbordar.

Arroyo Antoñico y calle Ramirez.

Las inundaciones son muy frecuentes y recurrentes. La inundación de Oct-Nov 1993 alcanzó a superar unos 0.30-0.50 m el nivel de la calle, afectando a numerosas viviendas. El desbordamiento llegó hasta unos 50 metros a ambos lados de la vía de drenaje ordinaria.

3.2.3. AMENAZAS NATURALES

3.2.3.1. Exceso y alta intensidad de precipitación.

En Paraná las inundaciones están producidas por un importante volumen de precipitación acontecida en un lapso de tiempo que supera la capacidad de infiltración de los suelos, la retención

superficial y el almacenamiento de los cauces. De tal forma, se produce una subida del nivel de las aguas de los arroyos, desbordado el agua hacia zonas urbanizadas y con diverso grado de productividad agropecuaria. Un ejemplo de ello lo ilustra la gran oscilación de caudales que presenta el A. Las Tunas (Carrere, 1994) y el A. Antoñico (C.F.I, 1981) entre las épocas con déficit y excesos hídricos debido a precipitaciones. En términos generales, se puede determinar un umbral de 10-15 mm/hora para que se considere de carácter de alta amenaza al proceso de inundación en zonas urbanas y 25 a 50 mm/hora en sectores rurales y periurbanos, según se puede observar en la tabla 6. De la misma, se puede determinar el período de recurrencia de precipitaciones de este tipo, identificando de esta manera la alta amenaza que presentan las precipitaciones (Tabla 6).

Otros aspectos para evaluar la amenaza que representan las precipitaciones es la identificación del grado de vulnerabilidad de inundación que surge de los valores de precipitación máximas mensuales (Van Barneveld, 1972; INTA, 1991) (Tablas 7 y 8).

A pesar que las máximas precipitaciones se ubican en verano, existe una deficiencia de agua en Diciembre, Enero, Febrero debido a los altos valores de evapotranspiración por lo que la amenaza aumenta potencialmente durante el invierno.

3.2.4. CAUSAS ANTRÓPICAS

Dentro de las amenazas antrópicas se pueden distinguir entre las generadas en sectores urbanos y rurales.

Las originadas en sectores rurales están relacionadas principalmente a la destrucción del ecosistema natural, en el término de los últimos 80 años, en beneficio de la actividad

agroganadera. En consecuencia se genera un impacto en el ambiente que se refleja en.

3.2.4.1. Deforestación

El cambio de un ecosistema caracterizado por un bosque xerofítico, representado por espinillos, Algarrobos, Tala, Ñandubay (INTA, 1972) denso y cerrado, remplazado por un sistema agrícola caracterizado por presentar suelos desnudos durante el arado, cultivos y pastizales ha provocado diferencias sustanciales en los parámetros hidráulicos e hidrogeológicos, como ser el aumento de la velocidad y volumen del escurrimiento superficial (Tabla 9) que rigen el comportamiento fluvial de una cuenca.

Del análisis de la tabla 9 se determina , en terminos generales, un 15% el descenso de la evapotranspiración del cambio de un monte a un área bajo manejo antrópico rural.

3.2.4.2. Modificación del uso del suelo

El cambiante uso del suelo de una cuenca a través del tiempo histórico, afectan las variables del sistema hidrológico. Un ejemplo de ello, es la disminución de la retención superficial causada principalmente por la presencia de un porcentaje elevado de campos en estado de laboreo y germinación. El grado de variabilidad de la retención superficial está representado por el valor de la sustracción potencial.

3.2.4.3. Endicamiento generado por las actividades antrópicas

Incluyen varios tipos de construcciones:

- 1) Bocas de tormenta sin capacidad de desagüe, por estar tapadas y mal ubicadas
- 2) Convexidad de vías de circulación transversales al sentido de flujo
- 3) Terraplenes de ferrocarril y de rellenos
- 4) Puentes mal dimensionados
- 5) Microbasurales que generan efecto dique.
- 6) Tajamares y diques de contención

Algunos ejemplos referentes a los mismos se citan a continuación:

1. Localidad de Oro verde: Endicamiento producido por terraplén del ferrocarril sobre una vía de drenaje de tipo no encauzada. Durante la precipitación de Oct. 1993 se anegaron 2 Conseciones. Se desconocen las características técnicas del alcantarillado y si es que existe. Su solución proviene de dimensionar exactamente la boca de alcantarilla según volumen de crecida.

2. Proyecto de Autopista: Vía de drenaje pobremente encauzada en la conscesión catastral número 19

3. Intersección de caminos vecinales aterrapienados con las vías de drenaje no encauzadas afectadas por carcavamiento retrocedente. Por ejemplo, en el extremo Noroccidental de la concesión catastral N 300 el camino se halla elevado unos 0.5 a 1 metro de altura con respecto a la planicie aluvial de la vía de drenaje no encauzada. Como respuesta al gran caudal generado por la inundación el agua rebasó el nivel de la ruta por los costados debido al efecto dique generado por el camino ante una alcantarilla sin capacidad de drenaje. El escurrimiento por los

costados generó una erosión retrocedente originando cárcavas de 1 a 2 metros de profundidad que desestabilizaron el camino.

4. Intersección de caminos vecinales y vías de drenaje no encauzadas no afectadas por carcavamiento retrocedente. En los tramos superiores del arroyo Manga los caminos endican las aguas fomentando el desarrollo de pequeñas lagunas de carácter permanente. Estas lagunas provocan posteriormente el anegamiento de los caminos ante precipitaciones ordinarias. Por otro lado son potenciales focos contaminantes e infecciosos debido al vertido directo. Se han reconocido más de una decena de estas situaciones.

3.2.4.4. Impermeabilización urbana del suelo.

Esta amenaza está reflejada por la pavimentación, edificación, compactación de suelos y rellenos que impiden la normal infiltración del agua en el suelo (Tabla 10).

La amenaza que provoca la impermeabilización urbana consiste en acortar sensiblemente el tiempo de concentración o de crecida y aumentar el máximo de crecida del hidrograma para cada cuenca hidrográfica.

Como se puede observar, existe un incremento del coeficiente de escurrimiento (C.F.I, 1981) mayor del doble entre un área pobremente urbanizada (10% de impermeabilización) y muy densamente urbanizada (95% de impermeabilización).

A partir del análisis de la Tabla 10, se observa un cambio ambiental con respecto a las condiciones hidrológicas originales o naturales, suficiente para que existan cambios visibles dentro del ciclo hidrológico.

Las amenazas antrópicas en los sectores urbanos están relacionadas directamente a la urbanización no programada que tuvo la ciudad en los últimos 30 años.

3.2.5. VULNERABILIDAD

3.2.5.1. Encauzamiento de las vías de drenaje: inexistente a mal desarrollado.

En las cabeceras de las cuencas existen numerosas vías de drenaje con encauzamiento inexistente a mal desarrollado, ello provoca la demora en la evacuación hídrica que trae como consecuencia una mayor duración de inundación y anegamiento, incrementando el potencial de vulnerabilidad.

La causa de la presencia de estas vías mal drenadas está estrechamente ligadas a antiguos cauces rellenos con materiales eólicos finos (depósitos loésicos) durante una época menos húmeda que la actual. Actualmente todo el sistema fluvial está afectado por erosión retrocedente, originando diversos grados de encauzamiento que permiten drenar mejor los excedentes hídricos.

3.2.5.2. Velocidad de infiltración bajas. Freáticas someras

La baja infiltración presente en las planicies aluviales se origina por la presencia de freáticas someras (2-4 metros), por lo que la capacidad de infiltración en los suelos de estas geoformas es bajo. Se desconoce el régimen de variación de la freática a lo largo del año, por lo que se recomienda realizar estudios al respecto.

La baja infiltración en los interfluvios es originado por la presencia de suelos poco drenados como son los Argiudoles ácuicos y Argiudoles vérticos. En consecuencia las velocidades de infiltración rondan entre 1,25 a 5 mm/hora para el caso de los Argiudoles (Serie Tezanos Pintos) y menores de 3,5 a 1.25 mm/hora en términos generales para el caso de los Argiudoles vérticos.

Cabe aclarar, que el estado de humedad antecedente, influenciado tanto por la freática, como por precipitaciones acontecidas y el estado de la estructura edáfica, especialmente para aquellos suelos con características vérticas, influyen sobre el comportamiento hídrico del suelo.

Para considerar estas variables en la estimación del escurrimiento se propone utilizar el método de la Curva Número (CN), desarrollado por los hidrólogos del U.S.C.S. y aplicada por la estación experimental agropecuaria Paraná.

3.2.5.3. Cuencas hidrográficas con fuerte respuesta a las precipitaciones intensas.

Para la mayoría de los Arroyos de la zona de Paraná (arroyos Colorado, Culandrillo, Los Berros, Tuyucua y Antoñico), la inexistencia de planicies de inundación junto con superficies de drenaje pequeñas con altos gradientes fomentan la aparición de picos de crecida altos y con tiempos de concentración pequeños.

Otro factor que condiciona la inundación es el diseño dendrítico de la mayoría de los arroyos, provocando la coincidencia de caudales máximos entre los afluentes con respecto al pico de crecida del colector. Así por ejemplo el valor correspondiente al tiempo de concentración de la cuenca del A. Las Tunas (6 hs 50´) evidencia la rapidez con que el agua se concentra luego de las precipitaciones (Carrere et al., 1994).

Ante la imposibilidad de obtener información directa del caudal de los diferentes arroyos durante las crecidas, se aplica un modelo de simulación matemática de transformación precipitación-caudal en base a las características de las cuencas. Este modelo no se utilizó para todas las cuencas por imposibilidad de tiempo. Carrere et al. (1994.), utilizando el citado modelo hidrológico, para una precipitación de 40 mm/h con 3 horas de duración se identificaron los siguientes parámetros para la cuenca del A. Las Tunas.

ENTRADAS

Recurrencia: 15 años

Area de aporte : 125 km²

Ht: 100m Diferencia de cota entre el punto más alto de la cuenca y el nivel de base.

L: Longitud entre el punto distal y el nivel de base, L: 26.5 km.

Intervalo de tiempo considerado, 0.5 hs.

CN: Valor de la curva número, CN: 80

Precipitación total: 75 mm

SALIDAS

Caudal pico: 68.7 m³/seg.

Tiempo al Pico: 9.50 hs.

Escorrentia: 30.9 mm.

3.2.6. IDENTIFICACION Y GRADO DE VULNERABILIDAD DEL TERRENO ANTE PRECIPITACIONES INTENSAS

Los parámetros a tener en cuenta para determinar el grado de vulnerabilidad de inundación de cada sector fueron analizados de la siguiente manera:

A) Alta vulnerabilidad

Son ambientes que tienen alta probabilidad de inundaciones ante precipitaciones intensas y ordinarias. Los parámetros considerados para el mapeo de la alta vulnerabilidad consistieron en que el terreno presentara una o varias de las siguientes características:

1. Cursos de diferentes características.

2. Planicies aluviales y terrazas inferiores con cauces con bajo o sin desarrollo. Presentan cauces con resaltos menores a 1 metro, freáticas muy someras (menores a 1.5 metros en el eje de valle), numerosos cuerpos de agua a lo largo del curso.

3. Abanicos aluviales con cauces someros. La vulnerabilidad aumenta considerablemente para los sectores inferiores de las cuencas hidrográficas que están bajo la influencia de la dinámica del Río Paraná.

4. Zona costera al río Paraná con cotas inferiores a 17.5 msnm. Incluyen los "Anegadizos de Paraná", el delta del arroyo Las Conchas y evidencias de líneas de ribera de la inundación del 1993 a apreciable distancia (mayor a 5 metros) de las márgenes del cauce ordinario.

5. Encuestas sociales que indican el desbordamiento del cauce en forma muy recurrente.

Los sectores donde la inundación perjudicó con mayor medida a la población están ubicados:

* En las conseciones catastrales N 84 y N 23 ampliamente urbanizadas donde las planicies aluviales de los arroyos se encuentran ampliamente extendidas y cuyas freáticas son susceptibles a los asensos del Río Paraná.

* Cuenca del arroyo Antoñico, especialmente donde su cauce no está profundizado y se halla cercano a las viviendas. Esta característica está representada entre las Av. de las Americas y la Av. División de los Andes.

* En los tramos superiores de las cuencas del A. Colorado y Culandrillo, donde el cauce no se encuentra profundizado y los sectores urbanizados se encuentran cercanos a las orillas.

6. Endicamientos muy recurrentes generados por obras antrópicas

7. Cuencas con suelos vérticos o vertisólicos, con pendientes fuertes (5-20%), formas redondeadas, freáticas someras. Las

característica mencionadas incluyen a los sistemas fluviales con cuencas de aporte desarrolladas en los interfluvios I1, I2, I3, I4 y I6.

8. Cuencas impermeabilizadas por más de un 60% por la acción antrópica.

9. Sectores con suelos homologables a las Series:

Serie Antoñico, fase severamente erosionada

Serie Escuela Alberdi, fase severamente erosionada y suelos menores.

Serie Febré, fase severamente erosionada

Udifluventes tauto-mólicas.

Acuente en general.

B) Moderada vulnerabilidad

Son ambientes que sufren una moderada probabilidad inundación durante las precipitaciones intensas. Los parámetros considerados para el mapeo de la moderada vulnerabilidad consistieron en que el terreno presentara una o varias de las siguientes características:

1. Planicies aluviales, paleocauces y terrazas con cauces moderadamente profundizados (resaltos entre 1 y 3 metros), freáticas someras a poco profundas (1.5 a 5 metros) y un estado alto de humedad edáfica la mayor parte del año.

2. Endicamientos antrópicos poco recurrentes. Cuencas hidrográficas impermeabilizadas entre un 60% a un 30%.

3. Cuencas hidrográficas impermeabilizadas entre un 30 a un 60%.

4. Evidencias de línea de ribera de la inundación de 1993 a pocos metros (1-5 metros) de las márgenes del cauce ordinario.

5. Paleosuelos sepultados por sedimentos muy poco melanizados.

El espesor del horizonte A1 es entre 5 a 15 cm.

6. Encuestas sociales que indican el desbordamiento del cauces en forma poco recurrentes.

7. Sectores con suelos homologables a la Serie Las Delicias, fase poco anegadiza

C) Baja vulnerabilidad.

Son ambientes que tienen poca probabilidad de inundación ante precipitaciones intensas y anegamiento poco duradero durante las precipitaciones ordinarias. Son ambientes muy susceptibles a ser altamente vulnerables si son impermeabilizados por el uso urbano. Los parámetros considerados para el mapeo de la baja vulnerabilidad consistieron en que el terreno presentara una o varias de las siguientes características

1. Terrazas superiores. Presentan cauces con resaltos superiores a los 5 metros.

2. Encuestas sociales que indican la ausencia del desbordamiento del cauce.

3. Paleosuelos sepultados por sedimentos poco melanizados. El espesor del horizonte A1 es mayor a 15 cm.

4. Cuencas con suelos arenosos, excesivamente drenados, con pendientes entre 1-5 %, llanuras aluviales anchas.

5. Cuencas hidrográficas impermeabilizadas en menos de un 30% de su superficie.

6. Sectores con suelos homologables a las series:

Las Delicias.

Tezanos Pintos, fase engrosada (A1:40 cm).

Serie La Jaula, fase engrosada .

Serie Febré, fase acumulada y suelos menores.

Al aumentar el grado de vulnerabilidad del terreno, se aumenta proporcionalmente la frecuencia, duración y poder de arrastre de la inundación.

A falta de datos, es difícil determinar los valores cuantitativos inherentes a cada parámetro.

3.2.7. RECOMENDACIONES

3.2.7.1. RECOMENDACIONES ESTRUCTURALES

1) La implementación de diques de tierra en las zonas de cabecera de las cuencas hidrográficas ubicadas en sectores rurales.

Su objetivo de disminuir el volumen de crecida y el mayor retardo del frente de crecida. Sin embargo se recalca el control ingenieril y sanitario de las lagunas generadas ya que pueden ser focos contaminantes potenciales debido a acumulación progresiva de nitratos y nitritos de los fertilizantes.

2) Dimensionar alcantarillados según los caudales máximos y elevación de terraplenes de rutas y caminos según la vulnerabilidad a la inundación que presenta el terreno.

3.2.7.2. RECOMENDACIONES NO ESTRUCTURALES

1) Realizar estudios de impacto ambiental ante posibles obras. Un ejemplo de ello consiste la implementación de canalizaciones en vías fluviales. Ello trae aparejado impactos que pueden llegar a ser mas costosos que el problema solucionado, ya sea por generar un aumento del grado de inundación y erosión aguas abajo debido a la disminución del poder de disipación de los meandros y aumento de la capacidad de transporte respectivamente

2) Implementar una legislación restrictiva de la urbanización y asentamientos marginales de acuerdo al grado de vulnerabilidad de inundación.

3) Realizar estudios que determinen la frecuencia de inundación relacionado con la recurrencia de intensidades de precipitación y características antecedentes de la cuenca. Además es de importancia identificar el tiempo del retraso del pico de inundación con respecto a la precipitación en las localidades más importantes, con el objetivo de armar los planes de evacuación en aquellas zonas urbanizadas que no pueden ser erradicadas por otros motivos económico-político-sociales.

4) Erradicación de poblaciones ubicadas en las zonas que presenten baja-alta vulnerabilidad a la inundación. Constituye la mejor solución pues no involucra impactos ambientales secundarios.

5) Mapeo y evaluación del riesgo geológico a escala 1:20000 en base al mapa de vulnerabilidad presentado y a escala 1:5000 en las zonas más comprometidas.

3.3. VULNERABILIDAD DE ACUIFEROS A LA CONTAMINACIÓN

El riesgo de que la contaminación penetre en el acuífero está determinado por la interacción entre la **vulnerabilidad del acuífero** y la **carga contaminante**.

3.3.1. VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS.

La vulnerabilidad representa las características intrínsecas que determinan la sensibilidad que posee un acuífero para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta. (Foster, 1987)

Para la realización del mapa de Vulnerabilidad de Acuíferos se consideran las variables dadas por Foster e Hirata (1988), que seleccionan parámetros fácilmente recolectables como la profundidad de la napa freática, el tipo de ocurrencia del agua subterránea y las características, en términos de litología y grado de consolidación, de los estratos que se encuentran por encima de la zona saturada.

Cada una de estas variables se consideran para las tres capas acuíferas presentes en la zona de estudio, aunque solo la tercera es utilizada masivamente para el uso humano.

La profundidad estimada por el acuífero libre (Unidad Hernandarias), de acuerdo a las perforaciones analizadas, varia entre 3 y 12 m, para la segunda capa semiconfinada (Unidad Ituzingó) entre 13 y 45 m, y para la tercera capa (Unidad Paraná) entre 42 y 77 m. Con estos datos se realizaron mapas de isoprofundidad de cada acuífero. Si se consideran los intervalos dados por los autores del método (Tabla 11), han quedado diferenciadas tres sectores para la primera capa, dos para la segunda y dos para la tercera.

La ocurrencia del agua subterránea, en el presente estudio, para la primera capa, se considera como libre, por lo que según los autores del método corresponde a una calificación de 1. Para la capa de la Unidad Ituzaingó se le otorgó un valor de 0,4, debido a su ocurrencia de semiconfinamiento. Por último la tercer capa (Unidad Paraná) considerada confinada tiene un valor de 0,2. Debido a la uniformidad de cada una de las capas, no se han realizado los mapas pertinentes para esta variable.

Para una caracterización de la capacidad de atenuación de los estratos de la zona no saturada, se debe analizar también por separado la situación de cada una de las capas.

La primer capa que está contenida dentro de la Unidad Hernandarias, infrayacente a los depósitos loésicos y a los primeros metros de materiales limo-arcillosos. Esta condición abarca la totalidad de la superficie de estudio, por lo que el valor es de 0.5, y no se realiza mapa.

La capa semiconfinada en el sector este de la zona de estudio, coincide con la ubicación de los depósitos de la Unidad Ituzaingó. Dentro de la misma se consideran dos tipos de divisiones: 1) Los interfluvios y pendientes constituidos por depósitos loésicos sobre arcillas limosas, arcillas con rodados de carbonato y arenas fluviales. El valor que se considera es de 0,6; 2) Las planicies aluviales y terrazas formadas por material retransportado de las unidades presentes en el área. En su mayoría son depósitos arcillo-limosos con rodados carbonáticos, por lo que se las valora en 0,5.

Esta misma capa, en el sector oeste, forma parte de la Unidad Paraná y del mismo modo se consideran dos divisiones y solo difieren en los interfluvios y pendientes. En este caso son depósitos loésicos, arcillas limosas, arcilla carbonatada (Calcrete), arcilla limosa y arenisca calcárea con un valor de 0,8.

La Unidad más profunda, también presenta varias consideraciones como la anterior: 1) Los interfluvios y pendientes del sector oeste que están caracterizados por depósitos loésicos, arcilla limosa, arcilla carbonatada Calcrete, arcilla limosa y arenisca calcárea, a la cual le corresponde un valor de 0,8; dentro de las mismas geoformas, se debe tener en cuenta el sector Este que no presenta la arenisca calcárea, esto se considera con un valor de 0.6 como la Unidad Ituzaingó; 2) Las planicies aluviales y terrazas se las considera de la misma forma que para la Unidad Ituzaingó (0,5).

Una vez realizadas las valoraciones y la confección de los correspondientes mapas, con su base de datos, se procedió al cociente de cada uno de los valores de lo cual se obtuvo la Tabla 11.

3.3.2. CARGA CONTAMINANTE.

Como se expresó anteriormente, para poder calcular el riesgo de contaminación de un acuífero, es de suma importancia la consideración de la carga contaminante. Esta está generada, en casi su totalidad por actividades humanas.

Si bien para una evaluación precisa se deberían analizar detalladamente cada uno de los componentes, que por diversas actividades penetran al subsuelo, para una cuantificación aproximada analizaremos globalmente las actividades contaminantes (Tabla 12). Este estudio no podrá ser utilizado para definir las medidas de control para los componentes más peligrosos, pero es un acercamiento a la identificación de los sectores y actividades que se deben tener en cuenta para un estudio detallado de la contaminación.

Según Foster (1987) para cada actividad contaminante se necesitan establecer las siguientes características.

- 1- Clase de contaminante involucrado.
- 2- La intensidad de la contaminación.
- 3- El modo de disposición en el subsuelo.
- 4- El tiempo de aplicación de la carga contaminante.

De las actividades que producen mayor carga contaminante, se recabó información en la Dirección de Censos, Dirección de Saneamiento Ambiental de la Provincia, Universidad Tecnológica Nacional, y encuestas y observaciones de campo realizadas en las distintas campañas.

3.3.2.1. URBANIZACIÓN

La mayoría de las actividades humanas que se realizan en las áreas urbanas son potencialmente contaminantes para el agua, tanto superficial como subterránea. Dentro de ellas se analizarán las más relevantes.

Uno de los problemas más comunes en casi todas las zonas urbanas, es el saneamiento sin alcantarillado como pozos negros, fosas sépticas con una conexión deficiente a la red de servicios, etc..

La red de la Ciudad de Paraná fue realizada por OSN entre 1905 y 1907 y salvo algunas modificaciones es la que se mantiene actualmente.

Se construyó una cámara séptica, proyectada para que sufriera sucesivas ampliaciones que nunca se realizaron. Al ser insuficiente los líquidos residuales se eliminan río abajo sin ningún tratamiento en la zona Oeste al Sur de Bajada Grande. (ver mapa).

El desague se realiza por simple gravitación en la mayor parte de la red y por bombeo en las zonas bajas. Has tres pozos de bombeo, uno que recibe la red que corre por Av. Laurencena, denominada Balneario, otro cerca de la dársena del MOP y el último en el Parque Berduc.

En la actualidad se están proyectando estudios para una nueva traza de la cloaca máxima.

Uno de los graves problemas que trae aparejado el aumento de la población en todo el mundo es la disposición de los residuos sólidos. Esta ciudad no se mantiene ajena a esto y además constituye una de las consideraciones más importantes que se deben tener en cuenta.

Según Foster e Hirata (1988), un residuo sólido puede ser definido como cualquier sustancia residual que no tenga

suficiente consistencia para fluir por si mismo, no siendo útil en su forma original o para el proceso en que fue generado.

Para una estimación global de los residuos, se tomaron datos de informe realizado por la UTN y la División Residuos de la Dirección de Saneamiento Ambiental. En la ciudad existe una "organización" de los cirujas que toman basura del volcadero Municipal, la clasifican y retiran lo que les es útil. Aprovechando esta realidad, la clasificación y cuantificación de los residuos, fue más factible.

El mayor porcentaje de residuos en Paraná es húmedo, 80,4%, y solo un 19,6 % es residuo seco. De acuerdo a la clasificación realizada el 80,42% es materia orgánica, y el resto está constituido por papel 6,97%; plástico 3,04%; cartón 2,48%; trapo 1,93%; metal 1,89%; hueso 0,88%. Estos datos fueron tomados de un total de 2589,80 kg. de basura (Figs. 30 y 31).

La disposición de la basura, en su mayoría se realiza en el basurero ubicado en Bajada Grande cercano a la zona de los anegadizos, sobre los depósitos limo arcillosos de la Formación Hernandarias. Pero en una recorrida por la ciudad, se pueden encontrar gran cantidad de microbasurales que se generan con frecuencia, donde se hallan puentes por sobre los distintos arroyos que surcan la ciudad (Fig. 32). Es muy común ver a los vecinos de las zonas aledañas, con un bote de basura descargándolo desde el puente hacia el arroyo. Esto lo realizan con el pensamiento de que el arroyo transporta la basura hacia el río; el problema se genera cuando la corriente disminuye y la basura permanece por mucho tiempo en el lugar, constituyendo además un foco infeccioso. La naturaleza de la basura en estos casos no es solamente domiciliaria, debido a que varias industrias descargan sus desperdicios en los arroyos. Otro de los sectores elegidos como microbasurales son los descampados o baldíos.

En el mapa se han ubicado algunos de los microbasurales relevados en las campañas. Estos están sujetos a modificaciones constantes, ya que los ubicados en zonas más céntricas son limpiados por la Municipalidad, y en respuesta a esto se crean nuevos en otro sector.

De acuerdo con la Dirección de Medio Ambiente Seguridad Alimentaria e Inspección General de la Municipalidad de Paraná, en la ciudad se encuentran veintidós estaciones de combustible (8 de YPF, 6 de ESSO, 3 de ISAURA, 3 de SHELL, 1 de PUMA y 1 de OYRSA). El control del estado de los tanques de depósito de combustible es de suma importancia debido a que cualquier pérdida afectaría directamente a la calidad de agua y a la vida vegetal. Un caso recogido de comentarios de habitantes de la ciudad cuentan que la estación de Servicio de Automóvil Club que se ubica enfrente de la Plaza, sufrió pérdidas en el tanque. Primeramente se cuenta que el sereno del Museo, se abastecía del combustible que retiraba del sótano del mismo. Otra de las evidencias de contaminación fue la muerte de los árboles de la plaza que se encontraban en la vereda de enfrente de la Estación de Combustible.

Otras de las actividades, producto de la urbanización, que se deberían tener en cuenta para un estudio más detallado son las lavanderías y los talleres de automóviles.

3.3.2.2. ACTIVIDAD INDUSTRIAL

Por ordenanza N 5930 del año 1974, las concesiones N 203,248,247,262, que se localizan al SE de la ciudad, corresponden al establecimiento del Parque Industrial. Sin embargo, las principales industrias de la ciudad se ubican en el sector NO , como por ejemplo la fábrica de Portland, Industria Llave, Aceitera Gallizi, etc.. Además se encuentran

localizaciones puntuales diseminadas dentro y fuera de la ciudad, ubicándose preferencialmente sobre las avenidas y rutas principales como Av. Zanni, Av. Almafuerte, Jorge Newbery, etc.. La carga contaminante generada por esta actividad no es solo de incumbencia para el agua subterránea, sino también para el agua superficial.

No se ha considerado la envergadura de la industria, para considerar la importancia de riesgo, ya que las establecimientos pequeños están ampliamente diseminados y generalmente utilizan gran cantidad de contaminantes tóxicos y sus prácticas están poco controladas.

La consideración de la calidad de los efluentes presentan varios inconvenientes, debido a la gran variedad de actividades industriales, así como de la tecnología que utiliza cada una, la falta de un control de calidad y de análisis químicos de efluentes, etc. A pesar de estas limitaciones se puede aproximar una categorización para las actividades que se realizan en Paraná (Tabla 13).

En la Tabla 13 se muestran las principales actividades industriales de la zona, el origen y características más importantes de los vertidos.

3.3.2.3. ACTIVIDAD AGRICOLA-GANADERA

El manejo del suelo desde el punto de vista agrícola-ganadero influye directamente en la calidad del agua subterránea. En la zona se utilizan distintos tipos de fertilizantes (nitrogenados, por ejemplo urea, fosforados, como el superfosfato triple de Ca, o compuestos, fosfato diamónico) de acuerdo al tipo de cultivo que se desarrolla. Entre ellos, los que contienen nitrógeno, percolan rápidamente con el agua de lluvia, originando iones nitrato que se acumulan en los acuíferos. Son bastante conocidos

los efectos del nitrato sobre la salud humana (una concentración de 45 mg/l puede provocar, en niños lactantes, lisis de glóbulos rojos que puede ser letal).

De acuerdo a diferentes estudios realizados por el INTA Paraná referidos a las propiedades físicas de los suelos, se determinó que los suelos típicos de esta zona poseen una baja velocidad de infiltración como consecuencia de la escasa de la escasa capacidad de los horizontes inferiores para transmitir el agua (Jornadas Regionales, Public. Miscelánea N 59). Por esta razón se presume que solo podría verse comprometida la calidad del agua del acuífero que se encuentra más cercana a la superficie.

En cuanto a los pesticidas o herbicidas empleados (Trifluralina, Metribuzín, betazón, Dinitramina, 2, 4 DB y MCPA) muchos de ellos son perjudiciales para la salud y, por acumulación en células vegetales o animales, pueden producir trastornos en el medio ambiente. A veces los pesticidas son absorbidos por el suelo, produciéndose la contaminación de las napas al ser arrastrados por las lluvias hasta ellas. Pueden ser causantes, entre otros, de malos olores y sabores, de acuerdo al tipo de concentración, produciendo intoxicaciones crónicas, debido a un efecto acumulativo. Por ejemplo, el tejido adiposo acumula compuestos organoclorados, el hígado y los riñones son sensibles al DDT. una de las características más importantes de los plaguicidas es su persistencia, es decir, su habilidad para permanecer en el medio ambiente. El riesgo de contaminación de los acuíferos es diferente según el tipo de plaguicida que se utilice, por ello es importante hacer una caracterización química en cada caso.

Con respecto a la carga contaminante de pequeñas chacras o criaderos se observa que la misma depende fundamentalmente de la existencia o no de recuperación de sangre, ya que esta puede

significar hasta el 42% de la carga total del matadero, de la forma de eliminación de excrementos.

Los autores del método consideran que para estudios de amplia escala, las zonas de uso agrícola no intensivo, se debe considerar peligro potencial moderado.

3.3.2.4. ACTIVIDAD MINERA

Una de las extracciones que se realizan en la Ciudad de Paraná es la de material para la construcción de ladrillos.

Las ladrilleras tradicionalmente están ubicadas en los bajos porque los productores utilizan la práctica de anegamiento de parcelas para el "engorde" del material. El área se anega (formando diques con planchas de chapa) y se le agrega excrementos de animales para elevar el contenido de materia orgánica en la mezcla que se utiliza para la fabricación de los ladrillos. Si bien se aconseja a los productores la extracción en otras zonas que poseen alto contenido de motmorillonita, que reemplaza a la materia orgánica, la práctica se sigue realizando de esa forma, siguiendo con las costumbres de los primeros productores.

3.3.2.5. COMENTARIOS

De acuerdo a las características analizadas referentes a la carga contaminante en el área, la actividad industrial y la proliferación de microbasurales parecen ser la de mayor relevancia

No obstante estas actividades deberían estar más controladas para la prevención de la contaminación de las aguas superficiales, que para el agua subterránea. Se debe tener en cuenta que además de la capacidad de atenuación considerada, la

zona urbanizada está casi en su totalidad impermeabilizada por la pavimentación y la construcción de las viviendas. Otra de las objeciones a considerar es que la vulnerabilidad analizada es con respecto a la contaminación en superficie y que no considera una posible descarga de contaminante en profundidad, o directa a las capas subterráneas.

De la observación del cuadro V.1. se concluye que debido a la capacidad de atenuación y la profundidad, la capa utilizada para consumo humano, no presentaría mayores inconvenientes, así como la segunda capa.

Para la primer capa se ha podido mapear la valoración por presentar en ella mayor diferenciación. Se observa así que la zona de mayor vulnerabilidad se encuentra en el casco céntrico y que el resto del casco urbano (donde coinciden las fuentes contaminantes con la zona analizada) presenta menor valoración.

La probabilidad de que los pozos existentes y manantiales captados se contaminen como resultado de la contaminación del acuífero, dependerá de la intensidad de la contaminación que penetra al acuífero y su distribución espacial; la persistencia y movilidad del contaminante; las propiedades del acuífero que controlan el transporte del contaminante y el régimen del flujo del agua subterránea.

Es muy importante que este procedimiento sea considerado sólo como el primer paso en la evaluación del riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. Esto sólo debe ser usado para asignar prioridades en programas de seguimiento con investigación y monitoreo de campo apropiado para las condiciones hidrogeológicas y la naturaleza de la carga contaminante al subsuelo. (Foster e Hirata, 1988).

El riesgo de contaminación del acuífero debería ser evaluado actividad por actividad, contaminante por contaminante,

separando aquellos contaminantes que son altamente móviles y persistentes.

3.4. EROSIÓN

Todas las superficies expuestas se degradan con desigual intensidad debido a que la geología y el clima son las variables de control de la erosión, y estas, generalmente, no son constantes en una misma región.

Según la subdivisión de los procesos erosivos de la Carta de Suelos de Diamante, este tratamiento corresponde a la erosión geológica o "normal", pero además se debe tener en cuenta la erosión antrópica o "acelerada". Esta última está causada por la interferencia humana que ha quebrado el equilibrio original del paisaje, dando como resultado intensos procesos erosivos. La evolución del proceso tiende hacia un incremento o una disminución, dependiendo del estadio de desarrollo de los procesos de erosión natural y acelerada (Bergsma, 1986).

Analizando los factores naturales o **factores morfodinámicos** (Sayago, 1982), podemos separarlos como:

- 1) Factor activo o energético: que comprende al clima, manifestado a través de distintos agentes (lluvia, viento, etc.)
- 2) Factor pasivo o resistentes: es aquel sobre el cual actúa el anterior. Puede ser el suelo u otra unidad geológica. Los parámetros que los caracterizan son eminentemente geológicos.

Teniendo en cuenta la acción que cumplen estos dos factores, se utilizan los conceptos de **erosividad y erosionabilidad**, de acuerdo a la definición de Val Melus, J. (1988):

EROSIVIDAD: capacidad erosiva (desprendimiento y movilización) del agente o proceso climático considerado.

EROSIONABILIDAD: susceptibilidad del suelo (en sentido edáfico o bien sea unidades superficial o roca) a ser movilizadas.

Para el análisis del Riesgo de Erosión se analiza como Amenaza, la Erosividad de las lluvias y la Acción Antrópica; y como Vulnerabilidad, la Erosionabilidad de las unidades superficiales.

3.4.1. EROSIVIDAD

a. Análisis de las precipitaciones

La agresividad de las precipitaciones sobre el terreno la consideraremos desde los distintos puntos de vista de autores que la han estudiado detalladamente.

Por un lado Wischmeier y Smith (1978) diseñaron un método para conocer la energía cinética de cada tormenta, teniendo en cuenta los datos de las fajas pluviográficas. De esta forma describen, por medio de una ecuación, la energía de la lluvia en función de su intensidad.

Utilizando este método INTA realizó un mapa de isopotencialidad erosiva, contando con datos puntuales de la región Este de nuestro país. El dato obtenido para la estación INTA-EEA (Estación Experimental Agropecuaria) Paraná es de 590 tn.m/ha/año.

Por otro lado se analizan los resultados obtenidos por Sayago (1982) al aplicar el método de Fournier, en la región Centro-Oeste de Entre Ríos.

Este método se basa en los datos de la precipitación media mensual y considera el relieve regional como factor de degradación.

Los resultados obtenidos corresponden a una erosión débil a moderada. El mismo autor al calcular la fórmula modificada de Fournier, desarrollada por FAO, obtuvo para el mismo lugar una moderada erosividad de la lluvia, que está dentro del mismo rango.

b. Acción Antrópica.

El hombre en la búsqueda de su desarrollo, ha producido cambios en las variables naturales del medio que lo rodea.

La vegetación de la zona de estudio está modificada en su totalidad. La urbanización y el aprovechamiento del suelo (cultivos, extracciones, etc.) trajo aparejado un desmonte de la vegetación natural, que de acuerdo a la región históricamente, era bastante densa.

Relictos de la vegetación se observan en la costa del río Paraná, en la cual todavía se encuentran algunos cañaberales. Los árboles y arbustos quedan circunscriptos en los márgenes de algunos arroyos, en medio de lotes de pastoreo o cultivo. Esta ausencia de la vegetación natural provoca varios efectos que favorecen la erosión como: el aumento del impacto de las gotas de lluvia; disminuye la cantidad de materia orgánica que favorece la formación de agregados estables; reduce la capacidad de infiltración del suelo; etc.

Otro de los efectos se nota sobre la modificación de la dinámica fluvial. En este sentido se han realizado obras de entubamiento de arroyos; rutas con terraplenes, alcantarillas; etc., que no fueron debidamente proyectadas. Es así que en algunos sectores, la construcción de vías de transporte se interpone al

escurrimiento normal, por lo que el agua debe correr paralela a las rutas. Esto motiva la formación de surcos y pequeñas cárcavas.

Dentro de las actividades económicas que se realizan en la ciudad y alrededores, se encuentra la explotación de canteras de depósitos carbonáticos, yeso y cavas para ladrilleras.

Si bien se conocen dos casos de recuperación de canteras, la mayoría quedan abandonadas.

En el caso de las cavas, luego de ser explotadas, estas se inundan, y son abandonadas. Esto se produce por anegamiento de origen pluvial o por el ascenso de la capa freática, debido a que se encuentran localizadas, en su mayoría, en los bajos. Ese terreno queda totalmente degradado y casi irrecuperable.

Las canteras en cambio son de mayor extensión superficial y presenta grandes desniveles.

Los dos casos de recuperación mencionados se observan uno en la primitiva cantera de donde los jesuitas extraían material para sus construcciones en la ciudad vecina de Santa Fe, que hoy constituye la zona de los alrededores del Palomar del Parque Urquiza y el otro caso está ubicado en el sector norte de la ciudad, entre las calles Guemes y Azcuénaga que también se recuperó para lugar de esparcimiento, construyendo el Paseo Jardín Marcelino Román.

El resto de las canteras, si bien se encuentran fuera del centro de la ciudad, deberían ser recuperadas. Algunas de las mayores se localizan en el sector de maniobra militar en los alrededores de la desembocadura del Arroyo Tuyuca; en las cercanías de Bajada Grande (Anichini, Cementera Argentina, etc.); o rodeando el arroyo El Yeso.

La explotación y su posterior abandono, no sólo provocan un gran movimiento de terreno, sino que luego de algunas lluvias,

se generan cárcavamientos, formación de surcos, inestabilidad de los taludes artificiales, etc. (Fig. 36)

3.4.2. EROSIONABILIDAD.

La susceptibilidad del terreno está establecida por la **resistencia de los materiales**, el **relieve** y la **capacidad de infiltración**.

El análisis de estas variables determinará la heterogeneidad de la erosión hídrica en un determinado territorio que, como en nuestro caso, presenta características de erosividad homogénea.

A) Factor Litológico.

El estudio de la litología y edafología es esencial para la caracterización de la resistencia de los materiales y la capacidad de infiltración.

De la descripción litológica de la región solo se estudiarán las unidades edáficas que en general son sobre las cuales se manifiesta la erosión hídrica, y para algunos sectores se considerará la unidad litológica más superficial (Depósitos Loésicos y F. Hernandarias).

Las características texturales y mineralógicas son las más importantes para tener en cuenta.

Los materiales que predominan en la zona de estudio están representados por suelos (Vertisoles y Argiudoles), generados sobre los depósitos loesicos y la F. Hernandarias.

La granulometría de los depósitos se tomó en cuenta para la relación entre la velocidad del flujo del agua y el diámetro de las partículas, con respecto a los procesos de erosión, transporte y sedimentación realizada por Hjulstrom (1935). Si se analiza el gráfico, las partículas que requieren la mínima energía para su movilización presentarían un tamaño desde arena fina a menores, siendo los materiales limosos los más fácilmente erosionables.

En referencia a lo anteriormente expuesto, la mayoría de los depósitos expuestos en Paraná son altamente erosionables, pero además se deberá tener en cuenta, que las unidades expuestas posee un porcentaje considerable de arcillas. Estas últimas son más resistentes por su cohesión, debido a las cargas eléctricas, que favorece a la formación de agregados. Se deberá tener atención a la cantidad de materia orgánica que presente, la cual también forma agregados estables. Cuanto mayor cantidad de materia orgánica posea el suelo, menos erosionable será (MO entre 1.48-5.33%).

La capacidad de infiltración depende del tamaño y tipo de poros del material. Estos a su vez están relacionados con la textura y la granulometría. Withers y Vipond (1974) graficaron las tasas de infiltración típicas para varios suelos (arcillosos, limosos, arenosos).

B) Factor geomorfológico.

La geomorfología de la zona está caracterizada por una planicie elevada, un sistema fluvial antiguo y un sistema fluvial moderno. (ver capítulo de geomorfología).

La planicie elevada es una superficie plana a suavemente ondulada que constituye las divisorias de aguas de las distintas cuencas de drenaje que desaguan en el río Paraná. Constituye el área menos afectada en la actualidad, por la erosión. En ella se produce erosión laminar leve, debido a que el escurrimiento es pobre en toda la superficie. Cuando el flujo en manto no puede concentrarse en pequeñas depresiones y fluir, el material superficial se satura, y puede generar movimiento del terreno (p.ej flujos en microcanales no continuos) en el caso de que presente una pequeña pendiente (1 a 2%). De lo contrario se generan suelos engrosados e hidromórficos (Sayago, 1982).

En las zonas marginales la erosión es levemente más marcada producto de la erosión retrocedente.

El sistema fluvial antiguo se encuentra casi totalmente sepultado por sedimentos eólicos, y constituye el diseño principal al cual se sobreimpone el moderno. Por lo tanto si bien la dinámica fluvial actual no es tan importante, se observa en algunos sectores la reactivación del sistema con la formación de cárcavas por erosión retrocedente de los arroyos, combinada con el flujo turbulento que desciende de las planicies elevadas. El sistema fluvial moderno es el que soporta una erosión más activa, en épocas de lluvias torrenciales, principalmente en las pendientes de sus valles, donde el flujo es turbulento y rotacional. Cerca de la desembocadura en el Río Paraná, donde las pendientes son abruptas, se producen desde cárcavas a erosión laminar; mientras que si son más tendidas, es dable observar formación de surcos (Fig. 33)

3.4.3. PROCESOS EROSIVOS DOMINANTES.

La identificación de los procesos erosivos dominantes se realizó por fotointerpretación, y fundamentalmente por fotografías aéreas tomadas de una altura de 700 m., con teleobjetivo) y estudio de campo.

Se describen a continuación cada uno de los procesos en orden de importancia.

EROSIÓN EN SURCOS: son canales someros y estrechos, no mayores de 25 cm. de profundidad, 40 cm. de ancho y unos varios metros de largo, que pueden representar una fase preliminar de desarrollo de una cárcava o constituir un estadio permanente. Se inicia cuando la pendiente, el escurrimiento, o ambas, aumentan,

provocando un flujo en micro-canales continuos que originan surcos incipientes (Bergsma, 1980).

En el área de estudio se observa en los terrenos muy trabajados y con pendientes medias. También se los observa en los taludes artificiales de las canteras y en las laderas de los valles, de más de 2% de pendiente (Fig. 34).

EROSIÓN LAMINAR: se produce por el escurrimiento laminar mantiforme. En observaciones de campo se ha podido identificar, aunque muy puntualmente, debido a la diferencia de espesor de suelo en áreas que debería presentar un mismo desarrollo. En las fotografías tomadas desde 700m, se puede observar las diferentes tonalidades de gris, que muestran un suelo desprovisto de vegetación (Fig. 35).

EROSIÓN EN CÁRCAVAS: se inicia con la incisión de un surco por flujo semi-turbulento que pasa a turbulento y rotacional por aumento del escurrimiento o la pendiente (New Zealand land use capability handbook, 1974).

Generalmente se observan en los sectores donde se halla una reactivación de los arroyos coincidentes con pendientes de mediano a alto grado.

La presencia de cárcavas en los terrenos destinados para cultivo, provoca una perdida irrecuperable del recurso. De acuerdo a lo expresado anteriormente, estas se evidencian en principio como surcos, que por aumento de la energía de la erosión se profundizan hasta llegar al equilibrio, por lo que se debería encarar un estudio detallado de estas formas en las zonas de aprovechamiento agrícola. La mayoría de los casos de formación de surcos se da por un mal manejo del suelo, como un arado a favor de la pendiente.

Además se encontraron estas cárcavas en zonas urbanizadas, como por ejemplo en afluentes del arroyo Antoñico. La observación de

campo se ha realizado en los sectores donde coincidían con términos de calles, ya que el resto está muy cubierto por vegetación, o transformados en basurales.

Lo que se ha observado es una aparente estabilidad en estas formas, ya que los puntos de referencias se eligieron por fotointerpretación de fotos de 1965, y en las campañas de 1993 y 1994, no se han observado avances de las cárcavas. Esto posiblemente esté motivado por la contención que provoca la instalación de las calles pavimentadas y la ubicación de guardrail, en lo que sería la cabecera de la forma. Lo que no se pudo registrar es, si en contraposición de una imposibilidad de retroceso, se halla originado una profundización.

De todas formas se deberá tener especial atención a la acción erosiva de las cuencas de drenaje, en las futuras proyecciones de calles, para permitir una circulación natural, o controlada sin causar efectos mayores.

3.4.4. EVALUACIÓN INDIRECTA.

La pérdida de suelo según Mitchell, J. y Bubenzer, G. (1980), es el suelo desprendido de un campo o pendiente determinada.

Se han realizado varios estudios y técnicas de predicción de pérdidas de suelo, pero la de mayor actualidad, y de uso más amplio, es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (EUPS).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot CP$$

Si bien la mayoría de las utilidades son netamente agrícolas, dentro de ellas se considera las de obtener estimaciones de pérdida de suelo para que los conservacionistas determinen la necesidad de conservación; y la de estimación con un uso de suelo distinto al agrícola.

En esta ecuación intervienen cuatro factores que integran información climatológica, edafológica, geomorfológica e hidráulica.

El factor R es un índice que cuantifica la energía de las precipitaciones. Como ya se ha comentado, el cálculo de este factor para la Argentina ha sido realizado por el INTA. Para el caso de nuestro estudio, el valor del factor en la EEA Paraná es de 590 Tn.m/ha/año.

El factor K expone la erosionabilidad del suelo teniendo en cuenta las características del terreno señaladas por Wischmeier como condicionantes. Ellas son la textura, la estructura y el tenor de materia orgánica del horizonte expuesto y la permeabilidad del perfil.

El factor LS ingresa a la ecuación información acerca de la geomorfología del área. Esta se obtiene relacionando la longitud de la pendiente con la intensidad, que es función del ángulo de la misma.

El factor CP representa las características agronómicas del área. El cálculo de este índice se realiza experimentalmente en una parcela testigo.

La imposibilidad de estudiar en detalle un cierto número de parcelas que abarquen toda el área de estudio, sobre todo en la cuantificación de la longitud de las pendientes, y la calificación de las características agronómicas, motiva que no se resuelva la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, y se utilice en cambio, el método de Sayago (1982).

El autor realizó un cuadro que relaciona el grado de pendiente, la posición del relieve y los procesos geomórficos dominantes (Tabla 14). Este estudio lo efectuó para la región centro oeste de la provincia de Entre Ríos, por lo que se puede corresponder sin dificultades a nuestra zona de estudio.

Para el análisis de la erosión, por lo tanto, se realizó un mapa de gradientes de pendientes, en el que se agrupan tres zonas; una con gradiente menor que 1%, otra entre 1 y 2 % y la última mayor de 2 %.

A este mapa se le superpuso el mapa geomorfológico y de acuerdo al cuadro se clasificaron cinco zonas:

- 1.- Erosión laminar incipiente.
- 2.- Erosión laminar y en surcos.
- 3.- Cárcavas profundas.
- 4.- Erosión laminar y en surcos con micro deslizamientos.
- 5.- Erosión retrogradante y microdeslizamientos.

Este autor consideró la erosión sobre la Formación Hernandarias, por lo que para el análisis de la erosión en los suelos se recurrió al informe realizado por el INTA para la Estación Experimental Paraná.

Este informe fue realizado para el Mapa de Suelos de la provincia de Entre Ríos. La Estación está situada a 13 km al sur de la ciudad de Paraná sobre las orillas del Río Paraná y el área que presenta condiciones de suelos similares a la mayoría de los suelos de la Experimental abarca una extensión de aproximadamente 650000 ha. Entre otras zonas se puede extender al centro y suroeste del Dto. Paraná, donde se ubica la ciudad de Paraná.

De ese informe se ha rescatado la identificación de los distintos tipos de erosión para cada tipo de suelo y se ha extractado en la Tabla 15.3.5. **APTITUD GEOTÉCNICA**

3.5.1. INTRODUCCIÓN

Los trabajos e investigaciones de las cartas geotécnicas se enmarcan dentro de la relación general medio físico-solicitud, impacto y respuesta y constituyen uno de los primeros antecedentes de cartas temáticas ya que en 1913 se presentó en Alemania por primera vez un mapa geotécnico.

Desde entonces y hasta la actualidad las cartas geotécnicas han evidenciado un considerable progreso en su metodología y objetivos. A tal punto es así que hoy día la mayoría de los países desarrollados cuentan con cartas geotécnicas a distintas escalas según las necesidades y objetivos.

En nuestro País existen algunos antecedentes (Neuquén, Buenos Aires, Comodoro Rivadavia, San Martín de los Andes, etc.) de cartas ambientales y geotécnicas, concluidas y en proceso.

Básicamente lo que se logra con una carta geológica-geotécnica es un mapa de aptitud de usos del terreno que puede desengancharse de cartas temáticas más globales o puede ser parte de una de éstas más compleja.

Es un instrumento idóneo, en base a mapas parciales y banco de datos, para dotar al proyectista de la información correspondiente a la problemática geológico-ingenieril de los terrenos, aportando así un conocimiento inmediato del problema ahorrando tiempo y esfuerzo para una planificación adecuada de las soluciones.

Es conocido que el crecimiento de las ciudades o el trasvase de población dedicada a la agricultura, industria, etc., requiere una organización urbana preexistente. Esto implica planear una ciudad ajustada a las condiciones del terreno buscando las mejores ubicaciones para cimentar las estructuras, situar los suministros de agua y energía, red de alcantarillado, red vial, lugares de recreación, basurales, tomas de agua, áreas de cultivo, canteras etc.

3.5.2. ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA EMPLEADA

Para el precitado ordenamiento territorial es necesario tener en cuenta, en forma de mapas parciales, la influencia de la pendiente, la geomorfología, los riesgos naturales y antrópicos las características hidrogeológicas, la geología y los parámetros geotécnicos, para obtener en base a la integración de todos los datos, una carta final de aptitudes con distintas graduaciones de riesgo para un adecuado planeamiento urbano, proveyendo además valiosas aproximaciones a los problemas de cimentación.

Debido a la diversidad de escalas y normas de carteo los objetivos se adecuan a las necesidades que los motivaron. Así, por ejemplo, una escala 1:100000 es apta para una organización general del territorio y una escala 1:500 para obras específicas.

En el caso concreto de Paraná, la escala 1:25000 es apta para una planificación urbana, determinando áreas de riesgo y aportando datos geotécnicos de grandes unidades, los que no invalidan los estudios puntuales de suelos.

Es necesario destacar que la Provincia de Entre Ríos cuenta con algunos antecedentes como por ejemplo la Carta Geotécnica de la provincia levantada por Iriondo y Barbagelata (1984), estudios de estabilidad de taludes realizados por Bertolini (1972), abundantes estudios de suelos, de estabilidad, de excavaciones y geotécnicos en general de la empresa INCOCIV, que gentilmente cedió sus archivos para el levantamiento de esta hoja. Existe además información en la Dirección de Arquitectura de la Provincia, en el IAPV, Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Provincia, Dirección de Planificación Sectorial, Secretaría de Planeamiento de la Municipalidad de Paraná y OSER.

Los datos fueron colectados de los citados organismos públicos y privados y de sondeos propios realizados con helicoide mecánico hasta 12 m de profundidad con obtención de muestras disturbadas, perfiles, muestreo en damas en los meses de Marzo y Abril de 1994.

Las muestras obtenidas fueron analizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Tecnológica Nacional, regional Paraná. Con posterioridad se llevó a cabo en Mayo de 1994 una campaña para ejecutar SPT y ensayos triaxiales 'en etapas' conjuntamente con la UTN. En laboratorio se obtuvieron los siguientes parámetros; Contenido de humedad (en porcentaje), Límite líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad (en porcentaje), Granulometría (en porcentajes de grava arena y limo más arcilla), densidad húmeda y densidad seca (gr por cm cúbico), Cohesión (Kg por Cm cuadrado), Ángulo de rozamiento interno (grados), Capacidad portante (Kg por cm cuadrado), con los cuales se ejecutaron mapas parciales. El tratamiento de los mismos se efectúa más adelante.

No se pudieron ejecutar por razones de tiempo y costos ensayos CBR, de consolidación, de expansión y de carga con placas que hubieran aportado valiosa información para encarar la problemática de los asentamientos.

Los datos obtenidos fueron integrados en un banco de datos y en mapas parciales correspondientes a los distintos parámetros construidos en base a la confección de curvas de isovalores de los valores obtenidos hasta la profundidad de 4 m en base a interpolación ajustada sobre el mapa geológico.

Los mapas parciales obtenidos fueron integrados en un mapa final de aptitud de los terrenos.

En dicho mapa las zonas fueron obtenidas de la intersección de tres parámetros: capacidad portante, índice de plasticidad y contenido de finos e integradas visualmente con los otros tres

parámetros mapeados y finalmente clasificadas en función de su aptitud decreciente en:

Terrenos aptos: (A) son aquellos que no presentan impedimentos de ningún tipo, desde el punto de vista geotécnico exclusivamente.

Esto cabe aclararlo porque el mapa final de aptitudes surgirá de la intersección de la zonación geotécnica con el mapa geológico, el geomorfológico, el de riesgos y la caracterización hidrogeológica y ambiental, de la carta geológico-ambiental de Paraná.

Terrenos aptos-relativos: (AR) presentan algún tipo de restricción geotécnica que obliga a adoptar algunas precauciones, pero en líneas generales y con las precauciones citadas adoptan una buena respuesta a las solicitudes.

Terrenos aptos-relativos a escasamente aptos: (AREA) En líneas generales adoptan un comportamiento poco favorable para el uso civil. Las restricciones pueden ser salvadas mediante las obras correctivas correspondientes, algo onerosas y complicadas.

Terrenos escasamente aptos: (EA) :zonas que en la planificación urbana es conveniente evitar por combinar varios parámetros desfavorables. De ser necesario estrictamente cimentar estructuras en estos terrenos, serán necesario estudios detallados.

De todos modos es menester recalcar el carácter aproximativo de los datos que se brindan, válidos para una planificación general, pero que de ninguna manera podrán ser tomados como concluyentes para proyectar una estructura, porque no se ha investigado densamente por debajo de los 4 m de profundidad y además se desconoce el comportamiento del bulbo de tensiones y las presiones efectivas dentro de los niveles plásticos por debajo de esa profundidad, lo cual no es el objetivo de este

estudio sino que cae dentro del campo de los estudios puntuales de suelos.

Es necesario consignar además que este método de superposición empleado fue elgido en función de los antecedentes disponibles, para este apartado geotécnico, y de la mecánica general del trabajo que implica la superposición y análisis de todos los mapas parciales, dejansosé de lado el método de mapeo sobre la base de análisis y evaluación de unidades litoestratigráficas.

No se desconoce sin embargo el abundante fichero de incógnitas que plantea la utilización de esta metodología y la estricta necesidad de partir de la base de una adecuada densidad de datos, homogeneidad en los mismos y un acabado ajuste de los resultados obtenidos con los mapas geológicos.

Este trabajo ejecutado en caracter experimental para el Convenio con la Provincia de Entre Rios puso en evidencia las citadas limitaciones del método y justifica algunas morfologías curiosas que surgieron en los mapas de parametrós geotécnicos, obtenidas a partir de la utilización del método de interpolación.

Es por ello que merece enfatizarse una vez mas sobre el carácter orientativo de los resultados aptos para una planificación general.

Para el procesamiento de los datos se utilizaron las técnicas de interpolación y mapeamiento ofrecidas por los programas antes mencionados. En particular se destaca el uso de la capacidad analítica y de modelización que sobre mapas base brinda el sistema Arc Info.

El método de interpolación elegido entre las distintas opciones disponibles es el denominado Kriging. El criterio de selección se basó en las características de equilibrio estadístico que prevee el algoritmo y que lo hace apto para el tratamiento de este tipo de datos, así como también en diversas pruebas confrontadas entre sí y con su interpretación geológica.

Este paso arrojó las zonificaciones base para la elaboración de un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permita su interrelación y la confección de un mapa analítico de síntesis.

En el SIG confluyen la planimetría de la ciudad de Paraná y los tres mapas bases delimitados por un marco rectangular que define el área de estudio. Todos estos elementos se georreferenciaron en coordenadas UTM.

Las coberturas obtenidas se asociaron con las bases de datos observacionales correspondientes haciendo uso del carácter relacional que este tipo de sistemas ofrece. Una estructura topológica de polígonos asociada se hizo necesaria en vistas de posteriores operaciones espaciales entre las mismas.

Se procedió luego a modelizar el criterio de zonificación derivado de la conjunción de las diferentes coberturas.

Los coeficientes asignados para las gradaciones de "aptitud" se ingresaron en tablas. Mediante expresiones lógicas y operaciones espaciales entre los mapas componentes se obtuvo la zonificación definitiva y la asignación del atributo geotécnico que sintetiza la presente evaluación.

2.5.3. SINTESIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A lo largo del desarrollo de este trabajo se pudo constatar que parte de la problemática mas severa de la ciudad de Paraná se vincula con las inundaciones, fluviales y pluviales, los niveles freáticos subsuperficiales que en mayor o menor medida disturbán las fundaciones y producen expansión y contracción de arcillas expansivas con los consecuentes asentamientos diferenciales, la erosión profunda en cárcavas en la capa de laboreo a raíz de la escurrentía encauzada, la erosión costera que produce deterioros irrecuperables en la faja litoral, la contaminación de acuíferos

y aguas superficiales y el manejo y protección del recurso aguas.

Los resultados obtenidos, destinados a resolver parte de esta problemática, se presentan en mapas de parámetros geotécnicos.

3.5.3.1. MAPA DE NÚMERO DE GOLPES

Se puede asegurar que este es un parámetro de extrema variabilidad local y que, por otra parte los factores que inciden principalmente sobre esta variabilidad son: tipo de suelo, profundidad del ensayo y contenido de humedad.

De manera que, considerando el objetivo general que es la caracterización de los distintos tipos de suelos resulta obvio que se debieron uniformar los ensayos en cuanto a profundidad y contenido de humedad, eliminando además los factores locales o circunstanciales que pudieran incidir. Como lo expuesto es virtualmente imposible se comprenderá porque este mapa no fue considerado más que globalmente en la interactuación de los parámetros que definieron la zonificación geotécnica.

No obstante se evidencia que el 70% del área de estudio es una zona de resistencia a la penetración bastante elevada (N mayor que 16) coincidiendo ésto con los afloramientos de suelos SP y SM (área central y NNO). No obstante algunos ensayos en suelos CL arrojaron valores elevados.

Un sector de material de baja resistencia (N menor que 4) se observa al Oeste de la ciudad y en Barrio San Agustín, en concordancia con la presencia de elevados contenidos de humedad, índices de plasticidad y porcentaje de finos.

La mayor parte de la ciudad de Paraná se asienta sobre una zona de valores intermedios (N entre 4 y 16).

3.5.3.2. MAPA DE CONTENIDOS DE HUMEDAD.

Otro parámetro que, no obstante condicionar número de golpes, cohesión y capacidad portante, es de marcada variabilidad estacional.

El nivel freático fue detectado en profundidades variables de 3 a 12 mts y tiene recarga pluvial y antrópica (riego, barrios con falta de obras de servicios, cañerías deterioradas etc). No obstante podría presuponerse la existencia de sectores con contenidos de humedad mas o menos constantes lo cual justifica el mapeo pese a la variabilidad de los datos.

Un 30-40% del mapa presenta valores entre 20-30% de H, un 50-60% valores menores que 10 y un 10% con H elevados (mayor que 30). Bajo el casco urbano coexisten las tres alternativas.

Este mapa exhibe en general concordancia con el de IP.

3.5.3.3. MAPA DE INDICE DE PLASTICIDAD

Un 70% de la zona responde a valores de plasticidad menores que 20, un 25% a a valores comprendidos entre 20 y 30 y el 5% restante a valores mayores de 30 en dos pequeñas islas situadas en el casco céntrico y al ESE del hipódromo, de escasa significación areal en ambos casos y en estrecha correlación con el mapa de contenidos de humedad. Los sectores citados, potencialmente vulnerables requieren mayor precaución pero no pueden ser clasificados como sectores no aptos debido a la baja densidad de datos.

Lo expuesto está en armonía con Iriondo y Barbagelata (1984) quienes señalan para esta zona valores predominantes menores de 30.

3.5.3.4. MAPA DE PORCENTAJE PASANTE TAMIZ 200

Un 60% del área, en particular ubicada en el centro-Este del mapa presenta valores mayores a 90%, un 25% valores menores a 80, sobre todo en la zona centro-Norte de la ciudad y al SO del mapa, concordando con afloramientos y presencia subsuperficial de arenas y arenas arcillosas de las Formaciones Paraná e Ituzaingó El resto del área se completa con valores intermedios correspondiendo a la faja de loess y arcillas limosas, (ML y CL).

3.5.3.5. MAPA DE CAPACIDAD PORTANTE

Los cálculos fueron realizados mediante el uso de la fórmula de Terzaghi para bases aisladas, cuadradas, de 0,8 mt de lado, a profundidades variables, no mayores de 4 mts, con $N_C=N'_C$ $N_Q=N'_Q$ y $N_Y=N'_Y$ y $C'=0,666 C$, y los resultados afectados por un coeficiente de seguridad =3. Se trabajó de este modo en función de la prevención de asentamientos, colocándose de esa manera del lado de la seguridad.

Se desconoce el método con que fueron obtenidos los valores aportados por las empresas privadas que suministraron información.

Los valores más elevados (mayores de 2 Kg por Cm cuadrado) se agrupan en tres sectores. El primero de ellos al NO del mapa (en concordancia con las arenas aflorantes y subaflorantes de la Fm. Paraná), uno en la zona del hipódromo y el tercero en la esquina SE del mapa en las cercanías de Parque Industrial y Base aérea.

El área más desfavorable en cuanto a éste parámetro se encuentra en el sector OSO con valores menores a 1 afectando a Barrio San Agustín y los sectores ubicados al Sur de la intersección de las Avenidas Juan Báez y Montiel.

3.5.3.6. MAPA DE SUCS

Un 58% de las muestras hasta la profundidad de 4 m corresponde a arcillas y limos no plásticos CL y ML en concordancia con los afloramientos de loess y material hidroeólico redepositado. Un 14-15% corresponde a arcillas plásticas, probablemente de la Formación Hernandarias.

El resto corresponde a la faja de arena aflorante y subaflorante al N O y E del casco céntrico (suelos SC, SP y SM) (Tabla 16).

Cabe destacar que esto se describe hasta los 4 mts de profundidad. Analizando los sondeos aparecen algunas secuencias invertidas o discordantes con el esquema geológico regional, lo cual podría corresponder a una sedimentación en lagunas emplazadas en loess. De todos modos esto requiere un análisis más profundo.

Suelos ML: limos arcillosos con rodados y concreciones de carbonatos. Escaso aporte arenoso. En la fracción arena se observa: cuarzo unitario y policristalino, plagioclasas, plagioclasas con estructura zonal, opacos, vidrio. En la masa de loess el cuarzo unitario redondeado y subredondeado, con extinción paralela y escasamente con extinción levemente ondulante, es dominante.

Minerales abundantes el vidrio fresco incoloro y la calcita, mientras que la plagioclasa de contornos redondeados y sup.fresca y los opacos son moderadamente abundantes. Honblenda, granate. turmalina y microclino son escasos a muy escasos.

Suelos CL: arcillas y limoarcillas arenosas a veces con impregnaciones de óxido de Fe.

Minerales abundantes: cuarzo unitario equidimensional y prolado de contornos redondeados y subredondeados, extinción paralela, superficies limpidas, escasas inclusiones.

Moderadamente abundantes: plagioclasa comunmente fresca con escasas inclusiones. Opacos no magneticos.

Escasos y muy escasos: vidrio desvitrificado, zircon, calcita, biotita, granate incoloro, hornblenda, turmalina.

Suelos MH: arcilla calcarea con escaso aporte arenoso, nodulos calcareos. Se observa cuarzo unitario y policristalino, plagioclasas, opacos, fragmentos de rocas volcanicas, vidrio, microclino.

Suelos CH: arcillas y arcillas limosas con muy escaso aporte de arenas.

Minerales abundantes: cuarzo con extincion generalmente paralela y escasas inclusiones. Cuarzo policristalino subordinado.

Minerales moderadamente abundantes: plagioclasas frescas o con alteracion incipiente. Plagioclasa zonal.

Escasos y muy escasos: biotita, hornblenda y turmalina.

Suelos SM: arena blanquecina, limosa, con rodados.

Minerales dominantes: cuarzo unitario subredondeado con extincion paralela y otros levemente ondulada. Cuarzo policristalino. Escasas inclusiones.

Minerales abundantes: plagioclasas con superficies frescas y otras con alteración incipiente. Oligoclasa media. Plagioclasas con estructura zonal.

Moderadamente abundantes: opacos no magneticos.

Escasos: microclino, zircón.

Muy escasos: hornblenda, calcita, turmalina, vidrio.

Suelos SC: arenas finas arcillosas con rodados de carbonato.

Dominantes: cuarzo subredondeado y subangular, extinción paralela. Inclusiones escasas o nulas. Cuarzo policristalino.

Abundantes: plagioclasas. Se determinó albita. Calcita, opacos.

Escasos: vidrio, zircón, hornblenda, granate, turmalina.

3.5.4. CONCLUSIONES

1. Es menester destacar el objetivo regional de esta carta de valor en toda planificación inicial de desarrollo y en una selección preliminar de sectores para realizar estudios más detallados, y que no es equivalente a un estudio de suelos el cual necesita datos minuciosos y grilla densa de sondeos, por lo tanto el estudio de suelos se considera de rigor en toda fundación específica.
2. En el área estudiada son más frecuentes e igualmente nocivos los asentamientos diferenciales por expansión y contracción de arcillas que los hundimientos por rotura del terreno. En función de ello se trabajó en los cálculos con ecuaciones conservativas, tal como se describiera en el punto anterior.
3. La manera más confiable de predecir estos asentamientos es a través de los ensayos de carga con placas, extrapolando los gráficos tiempo-deformación, para un ciclo de carga dado hasta $t=20$ años. Estos ensayos no pudieron ser ejecutados ante la imposibilidad de desplazar equipo pesado.
4. Se desprende de lo expuesto que la mayor parte de la problemática fundacional está vinculada con las variaciones de contenido de humedad, por lo cual es de sumo interés estudiar la posibilidad de construir con pantallas impermeabilizadoras, trincheras drenantes o guardas perimetrales dentro de la profundidad de influencia de las variaciones de humedad.

5. Los mapas parciales son orientativos y fue necesario ajustarlos con criterio físico-geológico. Responden más a una tendencia que a una certeza, estando además referidos a una profundidad de 0-4 mts con suelos variables. Se asume que las variaciones de los valores responden principalmente a dichas diferencias litológicas más que a otros factores y que dichos mapas son perfectamente representativos para un planeamiento a escala regional. Las zonaciones surgen de una interpolación cartográfica realizada con un programa Surfer.
6. A profundidades variables se detectaron niveles y lentes de suelos CH con capacidades portantes bajas que, preferentemente deberían ser evitados ($Q=0,15-0,25$) o al menos analizar de que manera serán afectados por el bulbo de tensiones. Los suelos predominantes son del tipo CL o ML variando en profundidad hacia CH, MH, SC, SM y SP.
7. Se determinaron áreas de dimensiones reducidas que responden a la característica de terrenos escasamente aptos, uno de ellos al SSO del casco urbano. Una gran zona de terrenos aptos ocupa parte del casco urbano y se extiende hacia el Este. El mayor porcentaje del mapa está ocupado por terrenos apto relativos y apto relativos a no aptos (ver mapa de zonación geotécnica) que determinan que la mejor zona para una proyección urbana está ubicada al Este de la población.

3.6. CARTA DE APTITUD GEOLÓGICA DEL TERRENO PARA LA URBANIZACION GENERAL

3.6.1. INTRODUCCION

El mapa de aptitudes del terreno tiene por objeto indicar cuales son las zonas del paisaje que se presentan favorables o desfavorables, desde el punto de vista geológico, para el desarrollo urbano de la ciudad de Paraná.

La clasificación del terreno por aptitudes está basada en las condiciones litológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas geotécnicas, edáficas que presenta el paisaje para su futuro desarrollo urbano.

En el presente informe el desarrollo urbano representa una generalización de una serie de tareas y obras menores, como ser la apertura de calles, desmontes, excavaciones para obras de infraestructura, excavaciones profundas, perforaciones, y ubicación de planes de vivienda, de viviendas unifamiliares aisladas, basurales, vertidos industriales, pozos absorbentes, caminos, áridos para la construcción. Es decir, que el grado de aptitud esta aplicado solamente para un **uso urbano general** y no para el uso específico de cada tarea mencionada.

Junto con la clasificación de aptitudes, se enumeran las limitaciones más importantes a la que está sujeto el terreno para su uso urbano general.

3.6.2 . APTITUD URBANA

Las aptitudes diferenciadas en el terreno son cinco: apto, apto relativo, moderadamente apto, baja aptitud y no apto; mientras las limitaciones que ofrece el terreno son provocadas corresponden por: pendiente altas (**P**), Presencia de inundaciones (**I**), Presencia de Remoción en masa (**R**), Presencia de Erosión hídrica (**E**), Litologías desfavorables (**L**), Sustratos con condiciones geotécnicas desfavorables (**G**), Capa freática somera (**F**).

3.6.2.1. Terrenos aptos

Son terrenos que presentan limitaciones naturales muy leves para el desarrollo urbano, por lo general las obras de corrección son de bajo costo y complejidad. La limitación más frecuente de estos terrenos está representada por la buena aptitud que presentan para el uso agrícola, debido al alto índice de productividad de los suelos (Argiudoles típicos) y los gradientes leves que presentan las pendientes.

3.6.2.2. Terrenos con aptitud relativa

Son terrenos que presentan varias limitaciones naturales leves, provocando de esta manera que las obras de corrección aumenten levemente su costo y complejidad. Sin embargo pueden llegar a tener una limitación severa para alguna tarea urbana específica, como lo es la ubicación de zonas de vertidos industriales, de disposición de residuos urbanos y pozos absorbentes.

Las limitaciones más frecuentes de estas aptitudes están relacionadas con la presencia de litologías muy susceptibles a la erosión y contaminación (F. Ituzaingo) y la presencia de pendientes moderadas.

3.6.2.3. Terrenos con moderada aptitud

Son terrenos que presentan varias limitaciones naturales moderadas y leves, y donde las obras de corrección son de mayor complejidad cantidad y jerarquía. Las limitaciones más frecuentes e importantes están representadas por la presencia de sectores con una leve vulnerabilidad a la inundación, pendientes moderadas a fuertes y litologías con restricciones .

3.6.2.4. Terrenos con baja aptitud

Son terrenos que presentan varias limitaciones moderadas y pueden presentar al menos alguna severa. La urbanización en estas áreas está sujeta a un riesgo geológico potencial o a un elevado presupuesto debido al gran costo de las obras de corrección.

Las limitaciones más frecuentes están representadas por la presencia de litologías con escasa aptitud para solicitaciones

(fundaciones) y sectores con una vulnerabilidad moderada a la inundación.

3.6.2.5. Terrenos no aptos

Son terrenos que presentan varias limitaciones severas y donde la urbanización estará sujeta a un riesgo geológico muy alto o a un muy elevado presupuesto debido a las grandes, costosas y complejas obras de corrección.

Las limitaciones más importantes están representadas por la presencia de sectores con una alta vulnerabilidad a la inundación, a los procesos de remoción en masa o pendientes muy fuertes.

Se sugiere un uso destinado a espacios verdes, o parques naturales.

3.6.3. LIMITACIONES NATURALES DEL TERRENO

Las limitaciones se volcaron en la base de datos del Mapa de Aptitud Geológica del Terreno y determinan qué tipo de restricciones tiene el terreno para un uso urbano general. Su cantidad, importancia y severidad, se corresponde con el decrecimiento de la aptitud.

La presencia de una limitación más severa en un terreno provoca el aumento del presupuesto de las obras de corrección debido a dificultades en el normal desenvolvimiento de una tarea urbana y la posibilidad de originar riesgos geológicos urbanos futuros.

Una vez corregidas las limitaciones, el terreno puede llegar a ser apto para el uso urbano, sin embargo el costo o la complejidad de la obra de corrección en algunas ocasiones puede descartar tal posibilidad. Este último aspecto es muy común de encontrarlos en las zonas NO APTAS y con BAJA APTITUD.

Si la limitación no ha sido corregida, el terreno, las obras, los bienes e incluso hasta la vida humana puede estar sujeto a riesgo geológico futuro.

Las limitaciones que ofrece el terreno se indican solamente si son importantes, potencialmente recurrentes y si generan un alto riesgo para los bienes, actividades y vida humana. En varios casos, una limitación está relacionada a otra, por ejemplo **E-P (erosión hídrica-pendientes altas)**, **I-R (inundaciones-remoción en masa)**.

A continuación se enumeran las distintas limitaciones, su influencia en algunas tareas urbanas, y su participación en el origen de los riesgos geológicos urbanos.

3.6.3.1. Pendiente (gradiente)

El aumento del gradiente provoca que tareas urbanas como los planes de vivienda y apertura de calles o caminos aumenten su costo debido al mayor volumen de movimiento de suelos que hay que realizar para nivelar el terreno a una cota determinada o para el emplazamiento de obras de infraestructura.

Otro aspecto de esta limitación está relacionada con los riesgos geológicos urbanos potenciales como ser la dificultad o imposibilidad de tránsito ante la erosión hídrica en las cunetas y superficies de caminos secundarios y por la presencia de grietas o depósitos originados debido a deslizamientos.

3.6.3.2. Litología

Esta limitación esta representada por la dificultad que origina el sustrato para la excavación, perforación, ubicación de caminos secundarios y su uso minero.

La presencia de las areniscas de la F. Paraná y horizontes cementados por carbonato o sílice son las principales unidades litológicas que presentan limitaciones para su excavación y perforación.

El uso minero de los materiales está representado por los áridos para la construcción presentes en la F. Ituzzaingo o arenas de la planicie aluvial y lecho del río Paraná y por los materiales para relleno y subbases de las denominadas "Toscas y Brozas" o calcretes ubicados dentro de la F. Hernandarias, de color castaño.

La limitación para la ubicación de caminos secundarios estará dada por la presencia de la F. Hernandarias color verde, no calcárea, las arenas arcillosas de la F. Paraná o las arenas de la F. Ituzzaingó.

Otro aspecto relacionado con esta limitación es su participación activa en el origen de los riesgos geológicos urbanos, como ser la susceptibilidad a la contaminación que presenta la F. Ituzzaingó ante ubicación de microbasurales, zonas de disposición de residuos urbanos, vertidos industriales y barrios sin servicio cloacal; y la susceptibilidad a la erosión hídrica de las arenas de la F. Ituzzaingó ante desmontes y en las cunetas de los caminos o rutas.

3.6.3.3. Geotécnica

Esta limitación está representada por la presencia de terrenos con problemas fundacionales. La disminución de la aptitud fundacional del terreno provoca que tareas urbanas como la ubicación de planes de vivienda, caminos etc., aumenten su presupuesto debido a las obras de corrección empleadas a fin de mejorar las condiciones geomecánicas del terreno.

3.6.3.4. Freática

Esta limitación está determinada por la presencia de terrenos con capas de agua someras (menor a 4 metros). El aumento del grado de esta limitación origina que tareas urbanas como la ubicación de planes de viviendas, barrios sin servicio cloacal , caminos, canteras, basurales y vertidos industriales aumenten su presupuesto debido a la presencia de capacidades portantes menores y problemas de anegamiento o drenaje. Generalmente esta limitación es afín con la de inundación.

3.6.3.5. Inundación

Esta limitación incluye el aumento de la vulnerabilidad a la inundación y los procesos de erosión-acumulación fluvial asociada. El aumento de la vulnerabilidad a la inundación del terreno provoca que tareas urbanas como la ubicación de planes de viviendas, excavaciones profundas, puentes, barrios industriales sea cada vez más complicado y costoso debido al elevado presupuesto de las obras de drenaje, defensas hídricas y rellenos. Sin embargo esta limitación siempre es muy severa para la ubicación de zonas de disposición final de residuos urbanos, vertidos industriales o pozos absorbentes debido al gran poder de dispersión de contaminantes que presentan los terrenos sujetos a inundación.

3.6.3.6. Erosión

Esta limitación está representada por la presencia de erosión hídrica en surcos en las pendientes y generalmente está asociada a la presencia de pendientes moderadas o fuertes. El aumento del grado de esta restricción, especialmente cuando está asociada a pendientes fuertes y litologías arenosas provoca que obras menores como la estabilización de taludes y excavaciones profundas presenten elevados costos.

3.6.4. CONCLUSIONES

En el mapa, se tiene una zonificación bastante marcada y densa de las diferentes aptitudes y limitaciones . La zona **apta** constituye la zona más amplia y se encuentra ubicada

perimetralmente en el sector Nororiental - Oriental y Sud Oriental.

4. ARC VIEW

4.1 DESCRIPCION DE LAS COBERTURAS Y GLOSARIO DE LAS BASES DE DATOS QUE INTEGRAN EL SIG DE LA CARTA GEOLOGICA AMBIENTAL DE PARANA.

GEOLOGIA

El mapa geológico representa la distribución de las unidades superficiales, la ubicación de los pozos y perfiles realizados y la localización de la explotación minera.

Se utiliza como mapa base a partir del cual se basan (conjuntamente con el geomorfológico) al análisis del resto de los mapas específicos (geotécnicos, vulnerabilidad de acuíferos, vulnerabilidad del terreno a la inundación, etc.) para los cuales se debió tener en cuenta las características litológicas aflorantes y de subsuelo.

La información se obtuvo a partir de recopilación de estudios anteriores regionales, de perfiles relevados en el campo, de pozos realizados para este proyecto y pozos compilados en el OSER.

La base de datos contiene la información de cada una de las perforaciones relevadas con sus nombres, ubicación, profundidad, litología y número de muestra extraída.

ITEMS	SIGNIFICADO
GEOLOGIA (Características Generales)	
GEOLOGIA I	Identificación de las unidades (polig.)
ID_GEOL	Identificación con que fueron digitalizadas las unidades geológicas Poligonos.
CANTERA	Clasificación de Canteras
REGIMEN	Clasificación de Lagunas
UNIDAD	Clasificación de unidades geológicas
EDAD	Edad de los depósitos
PERFO (Nomina y características de las perforaciones)	
PERF ID	Identificador con que fueron digitalizadas las

	perforaciones (puntos)
NOMBRE	Nombre de la perforacion
COTA SUP	Cota Superior (Boca de la perforacion)
PROF TOT	Profundidad total de la perforacion
UBICACIÓN	Latitud Longitud
AÑO	Indica año en que se realizo la perforacion

Hidrogeologia

Esta cobertura presenta la características hidrogeológicas del sector del área central del área de estudio.

La información hidroquímica fue recopilada de los datos del laboratorio del OSER.

Los mapas contienen la distribución cuantitativa de CO_3H^- , Mg^+ , CL^- , SO_4^- , NA^+ , CA^+ , y K.

Estos están acompañados por una base de datos con los números y los nombres de cada uno de los pozos, con las relaciones Mg^+/CA^+ , K^+/NA^+ , $\text{CL}^-/\text{CO}_3\text{H}^-$, $\text{SO}_4^-/\text{CL}^-$, icb, residuo sólido y dureza, y la cota y profundidad de cada una de las capas de agua subterránea. Esta información ayuda a la identificación de depósitos marinos y continentales, y además contiene las condiciones generales del agua subterránea.

ITEM	SIGNIFICADO
HIDROGEO (Valores y re-laciones hidroquímicas cota y profundidad)	
HIDROGEO_I	Identificación que se uso para digitalizar de los pozos (etiquetas)
MG CA	Valor de la relación Mg/Ca
K NA	Valor de la relación k/NA
CL CO3H	Valor de la relación CL/CO3H
SO4 CL	Valor de la relación SO4/CL
ICB	Valor de intercambio de base
PROF1	Cota de la primera capa de agua subterránea
PROF2	Cota de la segunda capa de agua subterránea
PROF3	Cota de la tercera capa de agua subterránea
CO3H	Contenido de CO3H
MG	Contenido de Mg

CL	Contenido de Cl
SO4	Contenido de SO4
NA	Contenido de Na
CA	Contenido de Ca
K	Contenido de K
N POZO	Numero del Pozo
NOMBRE	Nombre designado al Pozo
ISO1	Valor de la profundidad de ocurrencia de la primera capa subterránea
ISO2	Valor de la profundidad de ocurrencia de la segunda capa subterránea
ISO3	Valor de la profundidad de ocurrencia de la tercera capa subterránea
RES_SEC	Valor del residuo.
DUREZA	Valor de dureza
ISO_CL (corresponden al mapa de isotenor de Cl)	
ISO CL ID	Interno del programa identificador de los poligonos.
VAL CL	Contenido de CL
ISO_Ca (Corresponde al mapa de isotenor de Ca)	
ISO Ca	Interno del programa identificador de los poligonos
ISO Ca id	Interno del programa identificador de los poligonos
VAL Ca	Contenido de Ca.
ISO_CO3H (Corresponde al mapa de isotenor de COH3)	
ISO CO3H ID	Interno del programa identificador de los poligonos
VAL CO3H	Contenido de COH3.
ISO_K (Corresponde al mapa de isotenor de K)	
ISO K ID	Interno del programa identificador de los poligonos
VAL K	Contenido de K.
ISO_Na (Corresponde al mapa de isotenor de Na)	
ISO Na ID	Interno del programa identificador de los poligonos
VAL Na	Contenido de Na.
ISO_SO4 (Corresponde al mapa de isotenor de Na)	
ISO SO4 ID	Interno del programa identificador de los poligonos
VAL SO4	Contenido de SO4
ISO_Mg (Corresponde al mapa de isotenor de Na)	
ISO Mg ID	Interno del programa identificador de los poligonos
VAL Mg	Contenido de Mg.

Vulnerabilidad de acuíferos

Los mapas que se presentan en este capítulo se realizaron a fin de representar la vulnerabilidad de contaminación que presentan las capas de aguas subterráneas frente a una carga contaminante superficial.

Las coberturas necesarias para el análisis se relacionan con dos de las tres variables consideradas por el método. Para la isoprofundidad de las capas de aguas subterráneas se mapearon curvas de isoprofundidad a partir de las cuales quedaron diferenciados hasta tres polígonos.

La capacidad de atenuación se consideró también para cada una de las capas y se obtuvo la información de los datos litológicos de los cuales se distinguieron hasta tres polígonos.

La intersección y análisis de las tres variables dieron como resultado los mapas de vulnerabilidad de acuíferos.

Además se graficó la distribución de las principales fuentes de carga contaminante (estaciones de servicio, basurales, industrias, etc.) para poder tener una visión general del riesgo potencial de contaminación).

ITEMS	SIGNIFICADO
NAPA1	
NAPA1_ID	Interno del programa. Identificador de los polígonos
ISOPROF1	Factor del Método para la primera capa.
PROF1	Intervalo considerado.
NAPA2	
NAPA2_ID	Interno del programa. Identificador de los polígonos
ISOPROF2	Factor del Método para la primera capa.
PROF2	Intervalo considerado.
NAPA3	
NAPA3_ID	Interno del programa. Identificador de los polígonos
ISOPROF3	Factor del Método para la primera capa.
PROF3	Intervalo considerado.

VULNE1	
VULNE1_ID	Interno del programa. Identificador de los poligonos
FACTOR	Valor designado a la ocurrencia.
OCURRENCIA	Tipo mide ocurrencia
VULNERA1	Valor de vulnerabilidad para la primer capa.
TIPO_VUL1	Tipo de vulnenabilidad para la primer capa.
PROF1	Intervalo considerado por el metodo.
ISOPROF1	Valor del metodo para la primer capa
CAP_AT1	Valor de la capacidad de atenuacion para la primer capa
CARACT_1	Descripciom de la capacidad de atenuacion para la primer capa.
VULNE2	
VULNE2_ID	Interno del programa. Identificador de los poligonos
FACTOR	Valor designado a la ocurrencia.
OCURRENCIA	Tipo mide ocurrencia
VULNERA2	Valor de vulnerabilidad para la segunda capa.
TIPO_VUL2	Tipo de vulnenabilidad para la segunda capa.
PROF2	Intervalo considerado por el metodo.
ISOPROF2	Valor del metodo para la segunda capa
CAP_AT2	Valor de la capacidad de atenuacion para la segunda capa
CARACT_2	Descripciom de la capacidad de atenuacion para la segunda capa.
VULNE3	
VULNE3_ID	Interno del programa. Identificador de los poligonos
FACTOR	Valor designado a la ocurrencia.
OCURRENCIA	Tipo mide ocurrencia
VULNERA3	Valor de vulnerabilidad para la tercera capa.
TIPO_VUL3	Tipo de vulnenabilidad para la tercera capa.
PROF3	Intervalo considerado por el metodo.
ISOPROF3	Valor del metodo para la tercera capa
CAP_AT3	Valor de la capacidad de atenuacion para la tercera capa
CARACT_3	Descripciom de la capacidad de atenuacion para la tercera capa.
CONTAMI	
CONTAMI_ID	Interno del programa. Identificador de la carga (label)
CARGA	

MAPA DE GRENAJE

ITEMS	SIGNIFICADO
DRENAJE_ID	Codigo con que fueron digitalizados los rios (arcos)
DRENAJE	Profundidad relativa del curso.

MAPA GEOMORFOLOGICO

El mapa geomorfológico representa las formas del paisaje que tienen una génesis en común.

También se identifican los sectores del paisaje donde los procesos geodinámicos exógenos y la relación entre la morfología del terreno y la geología superficial se presentan con similares características. La aplicación del mapa geomorfológico en el trabajo final es describir las características del medio ambiente natural que pueden ser hostiles a los recursos naturales, los bienes y la actividad humana.

El mapa se elabora a partir de fotointerpretación de fotos aéreas 1:20.000 y control de campo.

ITEMS	SIGNIFICADO
LAGUNAS	Tipo de lagunas
ID_MORFO	Identificador con que fueron digitalizadas las geoformas (polígonos)
ID_HID	Identificador con que fueron digitalizadas las lagunas (polígonos)
INTERFLUVIO	Tipo de interfluvios en que está incluida o limitada la unidad
GENESIS	Origen de la Geoforma.
PENDIENTE	Gradiente de la pendiente
APT_GEOMOR	Aptitud geomorfológica del terreno para la Urbanización General.
RIESGOS	Tipo y Grado con que se presentan los procesos exógenos
GEOFORMAS	Nombre de la Geoforma.

MAPA DE INUNDACIONES

El mapa ilustra la zonificación de la superficie que presenta el terreno a las inundaciones acontecidas por las precipitaciones intensas. La subdivisión de tres tipos de vulnerabilidad se

basa, principalmente, en criterios geologicos-geomorfologicos y en menor medida por la información suministrada por el metodo historico.

El mapa de vulnerabilidad funda su importancia en ser la base de los mapas de riesgo y de aptitud geologica para la urbanizacion.

ITEMS	SIGNIFICADO
INUNDA_ID	Identificador con que fueron digitalizadas las zonas de inundacion (poligonos)
TIPO_VUL	Grado relativo de la vulnerabilidad a la inundacion que presenta el terreno.

MAPA DE SUELO

El mapa zonifica el tipo de sedimento dominante hasta los 4 metros de profundidad. El material se clasifico en base al S.U.C.S.

ITEMS	SIGNIFICADO
SUELOS_ID	Identificador que se uso para digitalizacion de las unidades de suelo (poligono)
SUELOS	Tipo de suelos.CH-Arcillas plasticas.Cl-Arcillas no plasticas. MH-limos Plasticos. Ml-Limos no plasticos. S-Arenas.

MAPA DE CAPACIDAD PORTANTE

El mapa zonifica las presiones admisibles en Kg/cm². Que presenta el subsuelo a 4 metros de profundidad. Las presiones fueron obtenidas mediante el uso de la formula de terzaghi para bases aisladas, cuadradas, de 0.8m de lado y con resultados afectados por un coeficiente de seguridad = 3.

ITEMS	SIGNIFICADO
CAP-PORT_1	Identificador que se uso para la digitalizacion de las unidades de capacidad portante (poligonos).
VALOR	Rango de capacidades portante.
GRADO	Valoracion relativa de la capacidad portante.

MAPA DE INDICE DE PLASTICIDAD

El mapa zonifica valores con rango de plasticidad semejante que presenta el terreno una profundidad de 4 a 3.5 metros.

ITEMS	SIGNIFICADO
IND_PLAS_1	Identificador que se uso para la digitalizacion de las unidades de capacidad plasticidad (poligonos).
VALOR	Rango de capacidades plasticidad.
GRADO	Valoracion relativa de la capacidad plasticidad.

MAPA DE CONTENIDO DE HUMEDAD

El mapa zonifica el grado de humedad presente en el terreno a una profundidad entre 4 a 3.5 metros. Los datos fueron obtenidos por muestreo de campo e informes geotecnicos ineditos. El parametro sirve de base para evaluar la aptitud geotecnica del terreno.

ITEMS	SIGNIFICADO
HUMEDAD_ID	Identificador que se uso para la digitalizacion de las unidades de contenido de humedad (poligonos).
VALOR	Rango de capacidades humedad.
GRADO	Valoracion relativa de la contenido de humedad.

MAPA DE NÚMEROS DE GOLPES

El mapa zonificacion rangos de la cantidad de golpes realizadas a una profundidad de 4 metros los datos fueron obtenidos a partir de informes geotecnicos ineditos y a partir de controles de campo. El parametro sirve de base evaluar la aptitud geotecnica del terreno.

ITEMS	SIGNIFICADO
N_GOLPES_I	Identificador que se uso para la digitalizacion de las unidades de numero de golpes de s.p.t.
VALOR	Rango de numero de golpes
GRADO	Valoracion del numero de golpes.

MAPA DE PORCENTAJE RETENIDO POR EL TAMIZ 200

El mapa zonifica el % de finos (arcilla + limo) que presentan los materiales del terreno a una profundidad de 4 metros.

ITEMS	SIGNIFICADO
Tamiz 200-I	Identificador que se uso para la digitalizacion de las unidades de diferente granulometria (poligonos).
VALOR	Rango del porcentaje de arcillas mas limos.

MAPA DE ZONIFICACION GEOTECNICAS

El mapa representa los sectores del terreno con diferente condicion geotecnica para la fundacion de estructuras a 4 metros. El mapa es el resultado de la superposicion y analisis del mapa de numero de golpes, capacidad portante, contenido de humedad, mapa de SUCS, indice de plasticidad, % pasante tamiz 200. La información brindada por el mapa sirve de base para la elaboracion del mapa de aptitud geologica del terreno.

ITEMS	SIGNIFICADO
ZONAC_ID	Identificador que se uso para la digitalizacion de las unidades de diferente aptitud geotecnica.
APT-ZONA	Grados de aptitud geotecnica.

MAPA DE APTITUD DEL TERRENO

El mapa ilustra la zonificacion de la condicion geologica y las limitaciones que presenta el terreno para la urbanizacion general.

El mapa se obtiene a partir de la superposicion y analisis de la informacion basica (LITOLOGIA-GEOMORFOLOGIA-HIDROGEOLOGIA) y tematicas (INUNDACION -REMOSION EN MASA-EROSION-APTITUD GEOTECNICA) que es de importancia para el uso y obras urbanas.

Se distinguen 5 tipos de aptitudes (apto-apto relativo-moderadamente apto-baja aptitud-no apto) en base a la cantidad y severidad de las limitaciones del terreno para la urbanizacion y en base a la dificultad y costo de las obras de correccion.

Este mapa tiene como objetivo orientar la expansion urbana y tener conocimientos sobre los problemas naturales presentes en el terreno.

MAPA DE PORCENTAJE RETENIDO POR EL TAMIZ 200

El mapa zonifica el % de finos (arcilla + limo) que presentan los materiales del terreno a una profundidad de 4 metros.

ITEMS	SIGNIFICADO
GEOFORMAS	Unidad geomorfologica.
LIMITACION	Condicionante natural de terreno.
APTA-GEO	Aptitud geotecnica
PROF-GEO	Profundidad de la napa freatica.
APTITUD	Aptitud del terreno.
INUNDACION	Tipo de vulnerabilidad que presenta el terreno.
LAGUNA	Tipo de laguna.

5. BIBLIOGRAFIA

ACEÑOLAZA, F. G., 1976. Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario marino de Paraná y alrededores. Acta Geológica Lilloana XIII (2): 91-103. Tucumán.

ACEÑOLAZA, F.G. y Sayago, J.M., 1980. Análisis preliminar sobre la estratigrafía, morfodinámica y morfogénesis de la región de Villa Urquiza, Provincia de Entre Ríos. Acta Geol. Lilloana XV (2): 139-145. Tucumán.

ALLEN, J.R.L., 1986. Paleosols; Their recognition and interpretation. V. Paul Wright, editor. Chapter 2: 58-86.

AMEGHINO, F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la Rep. Argentina. Actas de la Acad. Nac. Cienc. Córdoba, VI:1-1027. Córdoba.

BATTAGLIA, A., 1947. Contribución al conocimiento geológico de la zona de Hernandarias. Tesis Doctoral. F.C.E.F.y N. Universidad nacional de Córdoba. Inédito.

BEJERMAN, J. 1993. Evaluación del riesgo de deslizamiento de taludes rocosos mediante el sistema IPD. Actas Asoc. Geol. Apl. Ing., Vol VII, 97-101, Bs. As.

BERTOLINI, J.C., 1982. Descripción y clasificación de los movimientos en masa en las Barrancas Entrerrianas del Río Paraná, Republica Argentina. Quinto Congreso Latinoamericano de Geología, Actas IV: 37-52.

BERGSMA, E., 1980. Aerial photo-interpretation for soil erosion and conservation surveys, part. I-II, ITC notes book.

BERGSMA, E., 1986. Aspects of mapping units in the rain erosion hazard catchment survey. En: Land evaluation for land use planning and conservation in sloping areas. Simposio International. Diciembre 1984. ITC. Enschedo, Holanda. pp 84-105, W. Siderius (Ed), ILRI. Publication N 40.

BERTOLINI, J. C. et al, 1989. Inventario del recurso aguas subterráneas en la Provincia de Entre Ríos. Dirección de Minería y Recursos Hídricos. Entre Ríos.

BIDEGAIN, J. C., 1991. Sedimentary development, magnetostratigraphy and sequence of events of the Late Cenozoic in Entre Rios and surrounding areas in Argentina. Tesis Doctoral. Stockholm University. Sweden.

BONARELLI, G. y NAGERA, J.J., 1913. Informe preliminar sobre un viaje de Investigación Geológica a las Provincias de Entre Ríos y Corrientes. Dir. Nac. Geológica e Hidrol. Bol. N 5 (Serie B). Buenos Aires.

CARTA DE SUELOS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. DEPARTAMENTO DIAMANTE. 1991. Plan de mapa de suelos. INTA EEA Paraná. Serie Relevamiento de Recursos Naturales. N 9. Entre Ríos.

CASTELLANOS, A., 1960. Entre Ríos en la Paleontología Argentina. Museo de Ciencias Naturales y Antropología. Dirección de Prensa, Cultura y Turismo. N 2, 5 y 31. Paraná, Entre Ríos.

CASTELLANOS, A., 1965. Estudio Fisiográfico de la Provincia de Corrientes. Inst. de Fisiografía y Geología. Pub. XLIX. Rosario, Santa Fe.

CORDINI, I. R., 1949. Contribución al conocimiento de la geología económica de Entre Ríos. Dirección Gral. de Industria y Minería. Anales II. N 87. Buenos Aires.

CUSTODIO E. y LLAMAS M. R., 1976. Hidrología Subterránea. Tomo I-II. Ed. Omega. Barcelona.

D'ORBIGNY, A., 1842. Voyage dans l'Amérique Meridionale. Tomo III Geologic. Paris, Francia.

DE ALBA, E., 1953. Geología del Alto Paraná en relación con los trabajos de derrocamiento entre Ituzaingó y Posadas. Revista Asoc. Geól. Arg., VIII (3): 129-161. Buenos Aires.

DI SALVO, C. 1993 La Carta Geotécnica de la ciudad de Buenos Aires, una decisión impostergable. Actas Asoc. Geol. Apl. Ing. Vol VII 227-234. Bs As.

DIAZ, E. L., 1993. Estudio geofísico para la provisión de agua potable. Barrio Empresa Emprendimientos SA Paraná. DMOS. inédito

EXCMO AYUNTAMIENTO DE MADRID. DCCIÓN GRAL OBRAS HIDRAULICAS MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO. 1984 Estudio de síntesis y planos geotécnicos a escala 1:10000 del Término Municipal de Madrid.

FERREIRO, V.J . y GIRAUT M., 1993 Geomorfología y cuencas hídricas como base del ordenamiento territorial. Actas Asoc. Arg. Geol. Apl. Ing., Vol VII, 164-177, Bs. As.

FORZINETTI M.E. y MOSCARDINI, O., 1993. Inundaciones en el área Metropolitana de Bs. As. Actas Asoc. Geol. Apl. Ing., Vol VII, 205-219.

FOURNIER, F., 1960. Climat et erosion: la relation entre l'erosion du sol par l'eau et les precipitations atmospheriques. Pres. Univ. France. 201 pp.

FRENGUELLI, J., 1920. Contribución al conocimiento de la geología de Entre Ríos. Actas Acad. Nac. Cs. de Córdoba, XIV (1-2):55-256. Córdoba.

GENTILI, C. A. y RIMOLDI, H. V., 1979. Mesopotamia II. Simposio de Geología Regional Argentina. Acad. Nac. Cienc. I: 185-221. Córdoba.

GONZALEZ, M.A., 1993. Aplicación del Índice de Posibilidad de Deslizamiento (IPD) en la Ruta Prov. N° 4, Termas de Reyes-Laguna de Yala. Actas Asoc. Geol. Apl. Ing., Vol VII, 89-96, Bs. As.

HIRTZ N. PREZ H. y RODRIGUEZ J.C., 1994 Estudio de estabilidad en el sector del Barrio Sismogtráfica de Comodoro Rivadavia. Actas Asoc. Arg. de Geol. Apl. Ing., Vol VIII, 46-57. Bs. As.

HIRTZ N. PREZ H. y RODRIGUEZ J.C.,, 1989 Carta Geologico-Geotécnica de la ciudad de Comodoro Rivadavia. Univ Nac de la Patagonia San Juan Bosco. Comodoro Rivadavia. Inédito.

HJULSTROM, F., 1935. Studies of the morphological activity of rivers an illustrated by the River Fyries. Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala 25, pp 221-527.

INCOCIV SA, Archivos. Estudios varios de suelos de Paraná. Inédito.

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, 1991, Mapa Geotécnico y de peligrosidad natural de la ciudad de Ponferrada y su entorno, escalas 1:25000 y 1:4000. Madrid.

INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA, 1991. Mapa Geotécnico y de peligrosidad natural de la ciudad de León y su aglomeración urbana. Escalas 1:25000 y 1:5000. Madrid.

INTA., 1991. Carta de suelos del Departamento Diamante, Provincia de Entre Ríos. Plan Mapa Suelos, Serie relevamiento de Recursos Naturales N 9, Estación Experimental agropecuaria de Paraná.

IRIONDO, M. H., 1973. Análisis ambiental de la Formación Paraná en su área tipo. Boletín de la Asociación Geológica de Córdoba. II (1-2):9-23. Córdoba.

IRIONDO, M. H., 1987. Geomorfología y Cuaternario de la Provincia de Santa Fe (Argentina). D'Orbignyana 4 : 1-54.

IRIONDO, M. H y BARBAGELATA E., 1984. Mapa Geotécnico de la Provincia de Entre Ríos con especial énfasis en los suelos expansivos. Univ Tecn. Nac. Regional Paraná. Inédito.

LAPIDO, O. y NULLO, F., 1988. Informe preliminar de la Geología Ambiental de la Ciudad de Paraná, Provincia de Entre Ríos. Dirección Nacional del Servicio Geológico. Inédito.

MARTINELLI, P., 1946. Estudio geológico de las barrancas del Paraná desde el Arroyo Hernandarias hasta Bajada Grande. Tesis Doctoral de la Universidad Nacional de Córdoba. Inédito.

MITCHELL, J. K. y BUBENZER, G. D., 1980. Estimación de la pérdida de suelo. En: Erosión de suelos. Editado por M. J. Kirkby y R. P. C. Morgan. Cap. 2:35-88. México.

NEW ZELAND LAND USE CAPABILITY HAND BOOK, 1974. Water and soil Division. Ministry of Works. Wellington, New Zeland.

REIG, O. A., 1956. Sobre la posición sistemática de zigoléstes paranensis Amegh. y de zigoléstes entrerrianos Amegh., con una reconsideración de la edad y correlación del mesopotámico. Holmbergia, Rev. Centr. Est. Cienc. Nat. Bs. 5 (12-13):209-226.

ROVERETTO, C., 1914. Los Estratos Araucanos y sus fósiles. Museo Nac. Hist. Nat. An. XXV:1-147. Buenos Aires.

SANGUINETTI, J. A., 1975. Caracterización geológica de la provincia de Entre Ríos. CFI.

SAYAGO, J. M., 1982. La Formación Hernandarias y su influencia en los procesos de degradación ambiental en el centro oeste de la provincia de Entre Ríos. Acta Geológica Lilloana XVI(1):140-151. Tucuman.

SCHOELLER, H., 1956. Géochemie des eaux souterraines. Applications aux eaux des gisements de pétrole. Editions Technic. Paris.

SCHOELLER, H., 1962. Les eaux souterraines. Ed. Masson. Paris.

STAPPEMBECK, R., 1926. Geologie Und. Grund. Wasserkinde der Pampa Stuttgart Traduc. Edic. Pangea Argentina. 1979.

TOMAS, M.A Y BERTOLINI, J, C., 1987. Consejo de Investigaciones Cientificas y Técnicas de Entre Rios, Geohidrología de la hoja 3160-30 San Salvador, serie técnica N 2.

VAN BARNEVELD, G. W., 1972. Los suelos de la estación Experimental Paraná. Experimental Paraná. INTA.

YRIGOYEN M. 1993. Morfología y Geología de la ciudad de Buenos Aires. Evaluación e incidencia Geotécnica. Actas Asoc. Arg. Geol. Apl. Ing., Vol VII, 7-38, Bs. As.