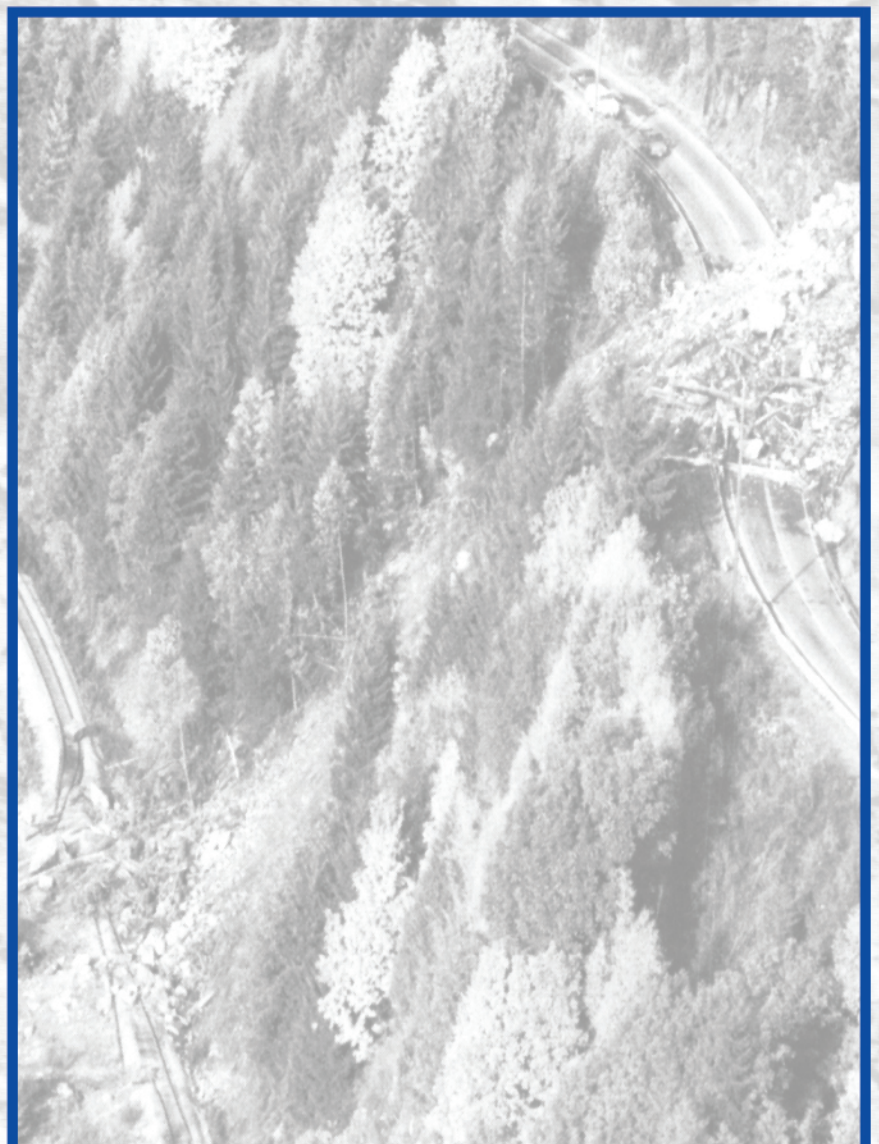


INDICE

Trabajo	Autor/es	Pág
Editorial		
Instrucciones para autores		
Construcción de mapas geológico-ingenieriles a partir de conocimientos previos compilados en un sistema de información geográfica	<i>Caló, Jorge - Fernández, Elba Marcos, Angel - Aldacour, Héctor</i>	1
Método propuesto para la ejecución de rellenos en el área costera de Vicente López, Buenos Aires	<i>Codignotto, Jorge O. - Kokot, Roberto R. Herrera, Claudia - Richter, Paula</i>	11
Geología aplicada a la ingeniería y al ambiente en el proyecto aliviador de aguas pluviales Cildañez, Ciudad de Buenos Aires	<i>Di Salvo, Carlos A.</i>	17
Modelo preliminar para la evaluación medioambiental de la traza de una tubería usando datos preexistentes y su análisis mediante un sistema de información geográfica	<i>Fernández, Elba - Caló, Jorge Marcos, Angel - Aldacour, Héctor</i>	33
Tosqueras de Luján: estudios de base para su recuperación autosustentable	<i>Gamba, María Teresa Gómez, Carlos E. - Fasoli, Héctor J.</i>	43
Carta de peligrosidad geológica de la hoja de ciudad del Libertador General San Martín, escala 1:250.000. Jujuy – Salta	<i>Gonzalez, María A. - Chavez, Roxana</i>	59
Método mineralógico determinativo del quimismo potencial aplicado a sedimentos loésicos	<i>Karlsson, Alicia - Ayala, Rosa Mansilla, Lilyán</i>	67
Evaluación del comportamiento hidráulico del proyecto de la ribera de Vicente López	<i>Kokot, Roberto R. - Codignotto, Jorge O. Richter, Paula - Herrera, Claudia</i>	73
Factores ambientales y de riesgo geológico en el área costera de Puerto Quequén, provincia de Buenos Aires	<i>Kokot, Roberto R. - Otero, Mariela</i>	87
Influencia de las obras de infraestructura en la calidad del aire de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina	<i>Marcos, Angel - Caló, Jorge Fernández, Elba - Aldacour, Héctor Varela, Pedro</i>	101
Ceolita cristalizada a partir de un gel en un hormigón deteriorado por la reacción álcali-sílice	<i>Marfil, S. A. - Maiza, P. J.</i>	111
Control múltiple del fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales, Provincias de Córdoba, San Luis y Santiago del Estero	<i>Massabie, Armando - Mutti, Diana Nestiero, Osvaldo - Sanguinetti, Alicia</i>	117
Evaluación geoambiental preliminar de riesgo costero en Playa Magagna, Chubut	<i>Monti, Alejandro J. A.</i>	125
Zonificación de Córdoba mediante análisis estadístico de perfiles geotécnicos	<i>Rocca, Ricardo J. Quintana Crespo, Enrique</i>	137

Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente



Publicación Oficial de la

ASOCIACION ARGENTINA
DE GEOLOGIA APLICADA
A LA INGENIERIA

Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente



Publicación Oficial de la

ASOCIACION ARGENTINA
DE GEOLOGIA APLICADA
A LA INGENIERIA

Número 13 ■ 1999

ISSN 0326-1921

COMISIÓN DIRECTIVA

PRESIDENTE	<i>Dr. Horacio V. Rimoldi</i>
VICEPRESIDENTE	<i>Lic. Carlos Di Salvo</i>
SECRETARIO	<i>Geól. Norberto Jorge Bejerman</i>
PROSECRETARIA	<i>Lic. María Alejandra González</i>
TESORERO	<i>Dr. Armando Massabie</i>
PROTESORERO	<i>Dr. Walter Sander</i>
VOCAL TITULAR	<i>Lic. Augusto Adur</i>
VOCAL TITULAR	<i>Ing. José F. Speziale</i>
VOCAL TITULAR	<i>Lic. Rubén O. Cuesta</i>
VOCAL SUPLENTE	<i>Lic. Martín Guichón</i>
VOCAL SUPLENTE	<i>Lic. María Carolina del Valle</i>

COMITÉ EDITORIAL

DIRECTOR:	<i>Dr. Horacio V. Rimoldi</i>
EDITOR ASOCIADO:	<i>Geól. Norberto Jorge Bejerman</i>
COMITÉ EDITORIAL:	<i>Dr. Jorge O. Codignotto</i>
	<i>Geól. Juan Carlos Malecki</i>
	<i>Dr. Jorge Médici</i>
	<i>Dr. Ricardo Mon</i>
	<i>Dr. Jorge Santa Cruz</i>
	<i>Ing. José Speziale</i>
	<i>Ing. Oscar Vardé</i>
	<i>Dr. Bernardo Zakalik</i>

DELEGADOS REGIONALES (1997-1999)

REGIÓN NOROESTE	Titular: <i>Felipe Rivelli</i> Suplente: <i>Carlos Mir</i>
REGIÓN CENTRO NORTE	Titular: <i>Eliseo Popolizio</i> Suplente: <i>Roberto Torra</i>
REGIÓN MESOPOTAMIA	Titular: <i>Luis Muñoz</i> Suplente: <i>Horacio Prez</i>
REGIÓN LITORAL	Titular: <i>Mario Fili</i> Suplente: <i>Oscar Albert</i>
REGIÓN CUYO	Titular: <i>Bernardo Zakalik</i> Suplente: <i>Rodolfo Cantarelli</i>
REGIÓN CENTRO	Titular: <i>Juan Carlos Malecki</i> Suplente: <i>Alberto E. Ruscullada</i>
REGIÓN PATAGONIA NORTE	Titular: <i>Eloy Depiante</i> Suplente: <i>Carlos Yema</i>
REGIÓN PATAGONIA SUR	Titular: <i>Nestor Hirtz</i> Suplente: <i>Mario Grizinik</i>
REGIÓN OESTE	Titular: <i>Jorge Romero</i>

EDITORIAL

Este nuevo número de la Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente tiene por objeto, en primer término, rememorar el veinticinco aniversario de la fundación de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería.

Es sabido que los primeros años de toda Asociación son los más difíciles de superar, pero al alcanzar los años que hoy celebramos, éstos de por sí simbolizan una pervivencia futura en función de los colegas nucleados y de la prestación del órgano informante logrado, tan caro y necesario a todos a los asociados.

Este volumen 13 de la Revista reúne una parte de los numerosos trabajos presentados al Sexto Simposio de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, y Tercera Reunión sobre Preparación y Uso de Mapas Temáticos, realizado en la ciudad de San Carlos de Bariloche entre los días 26 al 28 de mayo de 1999.

El evento tuvo un éxito memorable tanto por el número como por la calidad de los asistentes, así como por el elevado número de los trabajos presentados, muchos de ellos de una calidad remarcable, que obligó a desdoblar

su publicación en dos números de la Revista. El eco encontrado en los Asociados para la realización de este evento justificó ampliamente su realización y renueva la intención de organizar nuevos Simposios en el corto plazo.

Durante el curso del año debemos dejar constancia que también se celebró, bajo el auspicio de la Asociación, el "Segundo Encuentro Nacional de Unidades Ambientales del sector Vial", en la ciudad de Córdoba, durante los días 3 a 6 de Mayo.

Como surge de lo expresado, la actividad realizada ha sido propicia mostrando la intensa labor desarrollada por los miembros de la Comisión Directiva, que se ha hecho meritoria del mejor de los reconocimientos por parte de los asociados.

Para cerrar este editorial reiteramos la satisfacción que todos los miembros debemos sentir por haber alcanzado, la sociedad, los veinticinco años de existencia siempre en crecimiento y esperando cumplir un nuevo aniversario con un desarrollo pleno de actividad y ya consolidados como entidad geológica en función de los logros obtenidos y de la utilidad prestada a la comunidad.

El Director

INSTRUCCIONES para autores

En atención al procedimiento de arbitraje, se solicita a los autores leer y seguir estrictamente las siguientes instrucciones:

- La versión original, en dos (2) ejemplares, se enviará en papel blanco tamaño A4 (21 x 29,7 cm) y en disquetes de 3,5" editados en Microsoft Word para Windows, DOS o Macintosh; Wordperfect para Windows, DOS o Macintosh, indicando que versión se utilizó.
- Los trabajos deberán tener una extensión máxima de 20 carillas.
- El título del artículo debe ser conciso, informativo e indicativo del contenido del mismo y escrito sin utilizar abreviaturas; impreso en letra Times New Roman punto 12 mayúscula, negrita y centrado, sin subrayar.
- La dirección postal y electrónica de cada uno de los autores seguirá a continuación del nombre, separados por una interlínea. Se identificará con un superíndice numérico.
- Se deberá incluir el resumen del trabajo como primera sección del mismo.
- Todo el texto deberá estar a un espacio de interlínea, sin sangrías (ya sea mediante tabulador o espacios) y sin doble espacios entre párrafos. Se conservarán, no obstante, los destacados que el autor considere convenientes, así como los correspondientes a determinados términos científicos o expresiones latinas o extranjeras.
- Cuando una abreviatura aparezca en el texto por primera vez, deberá ser aclarada en forma completa entre paréntesis. No se deben utilizar notas al pie.
- La cita de otros trabajos en el texto estará referida a la lista bibliográfica final, indicando apellido de los autores y año de publicación entre paréntesis, por ejemplo: Caminos (1975). En caso de ser más de dos autores se usará et al. (en itálica, no subrayado ni negrita). Cuando se citen más de un trabajo del mismo autor se separarán por una coma, ejemplo: Caminos (1956, 1978). En las citas totalmente entre paréntesis no se usará coma para separar el autor del año (Caminos 1956); en caso de ubicar varios autores dentro del paréntesis se separarán entre ellos por un punto y coma. Si se citan varios trabajos del mismo autor y del mismo año se agregarán a continuación del año, letras, de acuerdo al orden de aparición en el texto. Se incluirán como figuras todas las ilustraciones, mapas, fotografías, etc., presentes en el texto, las que llevarán numeración arábiga correlativa por orden de aparición. Las mismas se ajustarán al tamaño de caja. En el texto se citarán como (Fig.), o (Figs.) en plural. Las tablas se incluirán como tal.
- Las expresiones matemáticas deberán identificarse, evitando ambigüedades. Las ecuaciones deberán numerarse consecutivamente, colocándose el número correspondiente entre paréntesis y a la derecha de cada ecuación. La secuencia de paréntesis deberá ser la usual en Matemática: }}).
- Las Figuras estarán intercaladas en el texto a tamaño definitivo y con la correspondiente leyenda sin dejar espacios en blanco o transparente de primera calidad. Se deberán limitar como máximo a una caja de 15 x 23 cm, debiendo tener en cuenta el espacio ocupado por el epígrafe. No se aceptarán plegables. Serán rechazados para su publicación los originales de baja calidad gráfica. Se requiere el uso de formato TIF y DWG o EPS.
- En el caso de mapas, los mismos incluirán las coordenadas geográficas, escala gráfica y norte. Deberán tener referencias adecuadas a los símbolos, rastras, etc. utilizados. Las fotografías, incluidas como figuras, deberán ser pancromáticas, de buena resolución y contraste. No se aceptarán fotografías en color. Los originales deben ser enviados con la versión final del trabajo. Todas las figuras llevarán su correspondiente leyenda, inmediatamente después de la misma. Se usará letra punto 12, a un interlineado. La figura y el número irán en negrita, sin subrayar, seguidas por dos puntos. Se recomienda que las leyendas sean cortas y concisas.
La totalidad del trabajo deberá estar en un solo archivo.
Los trabajos citados en el texto serán incluidos bajo el título de Lista de trabajos citados en el texto. Los mismos deberán estar ordenados alfabéticamente.
- Los artículos en publicaciones periódicas se citarán:
Carranza Torres, C.M., 1991. Cálculo analítico de redes de filtración. Actas de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería Volumen VI: 250-267.
- Los artículos en textos:
Mateos Ruiz, R.M. y M. Ferrer Gijón, 1994. Methodology for landslides hazard map 1:1 0,000 in the area of Monachil (Granada, Spain). En R. Oliveira, L.F. Rodrigues, A.G. Coelho & A.P. Cunha (eds.) 7th International Congress International Association of Engineering Geology, Volume III: 2059-2064, Rotterdam.
- Los libros de textos:
Dearman, W.R., 1991. Engineering geological mapping. Butterworth-Heinemann Ltd, 387 pp. Oxford.
- En el caso que los autores incluyan mapas y/o gráficos con un tamaño mayor al indicado en el punto anterior, que requieran ser plegables para el tamaño de la revista, los costos derivados de su impresión correrán por cuenta de él o los autores.
- El autor deberá enviar las figuras en disquete en el que aclarará debidamente el número de cada figura y el programa utilizado en su preparación. Esto no exime, sin embargo, del cumplimiento de los puntos anteriores, pues no siempre es posible una adecuada transferencia entre programas.

El Editor no se hará responsable por ilustraciones, tanto figuras como fotografías, que no se ajusten a estas normas o cuya calidad sea deficiente.



Construcción de mapas geológico-ingenieriles a partir de conocimientos previos compilados en un sistema de información geográfica

Caló, Jorge - Fernández, Elba - Marcos, Angel - Aldacour, Héctor

Resumen

El objetivo del presente trabajo es definir unidades de mapeo geológico-ingenieriles, utilizando un Sistema de Información Geográfica, a partir del conocimiento previo de las formaciones geológicas, de la topografía y de los suelos agrícolas, obtenidos de la recopilación de informes bibliográficos y de mapas existentes. A esta información se le incorporan los datos provenientes de la investigación llevada a cabo sobre el comportamiento geotécnico de dichas formaciones.

La zona de aplicación se circunscribe a la ciudad de Bahía Blanca y sus alrededores, en la Provincia de Buenos Aires. Esta ciudad debido al gran desarrollo industrial, se ha expandido rápidamente hacia la periferia, y ha presentado problemas en estructuras edilicias en distintos barrios y por diferentes causas. Estos mapas permitirán organizar en primera instancia la expansión edilicia, la instalación de zonas industriales y otras actividades.

La metodología del trabajo se basó en el empleo de una tableta digitalizadora con la cual se extrajo de información de los mapas topográficos, de las formaciones geológicas, y de los suelos agrícolas. La escala de los mapas originales variaba de uno a otro. Así tanto el topográfico en 1:50.000, el de suelos en 1:250.000 y el de formaciones en 1:200.000 fueron digitalizados directamente a una misma escala.

Estos constituyen los mapas temáticos que servirán para componer el mapa derivado con las unidades geológico-ingenieriles. Para realizar este último mapa se superpusieron con un programa SIG aquellos mapas temáticos dando lugar a un mapa de unidades operativas a escala 1:50.000; útil para el diseño de obras de ingeniería, sobre todo de aquellas obras lineales como son el tendido de ductos y carreteras.

1. INTRODUCCIÓN

Son escasas las zonas que cuentan con mapas de geología ingenieril que sirvan de base para estudios de planificación del desarrollo. En general, para dichas tareas se requieren mapas a nivel de reconocimiento. El problema planteado es que los requerimientos son a muy corto plazo y con una inversión mínima, condiciones que son difi-

ciles de cumplir si se pretende realizar un levantamiento de acuerdo a las técnicas ortodoxas.

Varios autores (Aitchinson y Grant, 1968; Beckett, 1968; Benn y Grabau, 1968; Dowling, 1968; Grabau, 1968; Renwick, 1968; Rockaway, et al., 1970; Mitchell, 1973; Varnes, 1974; Peuquet et al., 1984; Tomlinson, 1987; Smith et al., 1987; Usery et al., 1988) han estado investigando, en distintas épocas, diferentes enfoques para resolver esta problemática. En este trabajo exploramos un enfoque basado en el tratamiento de información básica existente disponible ya sea en forma de mapas o texto.

Recibido: 10 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 20 de Julio de 1999

Departamento de Geología - Universidad Nacional del Sur.
San Juan 670, (8000) Bahía Blanca.

La propuesta es que fuentes de datos comunes tales como la geología del subsuelo, los suelos y la topografía proporcionan datos esenciales para generar un conjunto diverso de mapas de geología ingenieril con una variedad de esquemas de clasificación.

Numerosas propiedades de los materiales terrestres incluyendo atributos de suelos, geología, hidrología y topografía son consideradas por el geólogo al crear un mapa geológico ingenieril (Varnes, 1974).

2. ADQUISICIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Los mapas de geología ingenieril normalmente muestran modelos geológicos de superficie y del subsuelo clasificados de acuerdo a la capacidad ingenieril para ser utilizados en el desarrollo urbano y regional, tales como la construcción de edificios y carreteras, establecimiento de zonas industriales y la disposición de desechos entre otras.

La información de las propiedades de los materiales terrestres incluyendo atributos de suelos, geología, hidrología y topografía para crear un mapa geológico ingenieril, es adquirida normalmente mediante una investigación de campo. La cantidad de tiempo insumida en el campo se refleja directamente en la cantidad y calidad de los datos coleccionados. Aunque tal información es útil, puede no ser eficiente en cuanto al costo, si resultados similares pueden obtenerse usando información más básica, previamente compilada tales como datos digitalizados sobre topografía (modelos digitales de elevaciones del terreno o DEM's), propiedades de los suelos, formaciones geológicas, geomorfología, hidrogeología, etc. Pueden crearse, con una buena resolución espacial, bases de datos geográficos consistentes en imágenes digitales de sensores remotos, DEM's y productos cartográficos digitalizados.

La generación de mapas geológico-ingenieriles requiere que se interroguen grandes bancos de datos, que son de capas múltiples, heterogéneos y espacialmente indexados, acerca de la existencia, ubicación y propiedades de una amplia gama de objetos espaciales (Penuquet, 1984; Smith et al., 1987).

Comunmente tales bases de datos pueden ser manipuladas por sistemas de información geográfica (SIG) para ayudar en la ubicación de solares, planificación medioambiental, gestión de recursos, y otros tipos de toma de decisiones (Tomlinson, 1968). Mientras que los paquetes de programas SIG permiten integrar y manipular estos bancos de datos a través de la superposición de polígonos y otros procedimientos, un análisis comprehensivo desde la entrada inicial de datos hasta la generación final del mapa/producto, requiere amplia interacción del usuario y pasos secuenciales de procesamiento (Tomlinson, 1987).

Usar un SIG para apoyar el mapeo geológico ingenieril requiere una buena comprensión de los conceptos de geología ingenieril y del proceso de generación del mapa.

Este proceso se lleva a cabo en una serie de pasos: 1) Se determina la información básica acerca de los factores geológico-ingenieriles requeridos para la producción de mapas de geología ingenieril. 2) Se determinan los elementos comunes de los esquemas de clasificación. 3) Se desarrolla un conjunto de reglas para la producción del mapa. 4) Se instrumentan las reglas en un sistema de diseño que usará la información básica de los factores para generar varios mapas temáticos. 5) Se valida el funcionamiento del sistema en una área de estudio prototipo.

Para minimizar la búsqueda se consideran sólo aquellos factores que se necesitan para producir resultados distintivos (Sissakian, 1983). Los análisis preliminares indican que los parámetros básicos del terreno y la información topográfica son suficientes para crear los temas de geología ingenieril, que son usados por los expertos de mapeo de campo (Varnes, 1974). La decisión usa información proveniente de informes geotécnicos de suelos, de la información de mapas topográficos, de la geomorfología, de suelos, informes de censos de pozos de explotación de agua freática o de freáticos, de informes geológicos, informes sobre procesos, etc. Se pretende que el producto sirva para que los geólogos ingenieriles obtengan información a nivel de reconocimiento sobre las condiciones de la geología ingenieril en un área.

Deben hacerse dos preguntas al determinar un esquema de clasificación: 1) las propiedades básicas a ser consideradas y 2) el uso potencial que se hará del mapa de geología ingenieril. Es deseable tener un esquema de clasificación que proporcione un sistema normalizado que no sólo muestre una distinción entre las unidades diferentes del mapa, sino que el producto también sea aceptado y utilizado por todos. Sin embargo, es difícil diseñar un único esquema que se baste para todas las condiciones (IAEG, 1976). Una vez que la información básica es determinada y se diseña un esquema de clasificación, se crean las reglas de producción.

La segunda pregunta a hacerse es ¿qué tipo de mapa de geología ingenieril ha de ser creado? ¿Debe presentar el producto final solamente los factores necesarios para crear una condición única, o debe facilitar el hacer juicios acerca de cómo funcionarán las unidades bajo varias condiciones? La respuesta dependerá de quién use la información.

En el diseño final del sistema, se utiliza un SIG para preparar los archivos de datos necesarios para crear el mapa de geología ingenieril. Dentro de los archivos, cada pixel contiene un valor numérico que puede estar entre 0 y 255. A veces se utilizan valores conceptuales más bien que representaciones de pixel numéricas. Los valores conceptuales son aquellos del lenguaje simbólico real tales como, por ejemplo, bajo, medio y alto para una pendiente. Estos archivos recodificados a valores conceptuales, son usados por el sistema de información geográfica para producir el mapa. Luego se utiliza el SIG para exhibir el mapa final y

realizar otros procesamientos para obtener distintas informaciones según los requerimientos (*Groot, 1987*).

Un SIG tradicional analiza dos capas y produce una nueva cubierta que contiene valores de clase que son codificados para indicar cómo los valores de clase de los archivos originales coinciden o se superponen. Para interactuar más de dos archivos se requiere una serie compleja de operaciones y recodificación para lograr un resultado. Este es una serie de polígonos o unidades geotécnicas, cada una homogénea en sí misma pero que difieren entre sí en alguno de los factores intervinientes. El esquema de clasificación determina entidades únicas con respecto a su contribución a la geología ingenieril, y las entidades son evaluadas, en un formato de tabla, en cómo se desempeñarán bajo diferentes situaciones de utilización (*Groot, 1987; Meijerink, 1990*).

3. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de aplicación del enfoque mencionado se circunscribe a la ciudad de Bahía Blanca y sus alrededores. Esta ciudad se encuentra ubicada en el sur de la Provincia de Buenos Aires, en la costa norte de la bahía homónima y de la cual toma su nombre. (figura 1). Debido al gran desarrollo industrial de la década del 70 y su actual reactivación, se expandió rápidamente hacia su periferia, incrementado por la gran inmigración proveniente de la zona rural y de los pueblos aledaños. Esto plantea graves problemas de planificación y se han presentado inconvenientes en estructuras edilicias en distintos barrios y por diferentes causas (*Caló et al, 1996*).

4. METODOLOGÍA UTILIZADA EN LA PRESENTE APLICACIÓN

Si bien en la zona en cuestión se conocen antecedentes de mapas de planificación, estos se refieren a la parte ambiental (*Caló et al. 1993*), no encontrándose en la bibliografía mapas del estilo propuesto.

En el presente caso, la información existente utilizada fue la carta topográfica de Bahía Blanca y de Base Aeronaval Comandante Espora, de escala 1:50.000 (*IGM, 1967 a y b*), el de suelos agronómicos en 1:250.000 (*INTA, 1989*) y el geológico (*Wichmann, 1918*) en 1:200.000 que fueron digitalizados directamente a una misma escala. La información de diversas publicaciones (*Fidalgo, 1983; Gonzalez, 1984*) fue digitalizada a partir de los mapas presentes en las mismas o volcada a mapas existentes.

La digitalización y actualización de mapas se llevó a cabo mediante una tableta digitalizadora y/o un scanner. Los mapas fueron todos llevados a una escala común de 1:50.000.

Los mapas así obtenidos para cada uno de los factores considerados constituyeron mapas temáticos que sir-

vieron para componer el mapa derivado conteniendo las unidades geológico-ingenieriles homogéneas. Para realizar este último mapa se superpusieron con el SIG los mencionados mapas temáticos (capas de información), dando lugar al mapa de unidades homogéneas, útil para un posterior tratamiento de la adecuabilidad de cada una de ellas para definir el diseño preliminar de obras de ingeniería, sobre todo de aquellas obras lineales como son el tendido de electroductos, acueductos, gasoductos, oleoductos y carreteras, y aquellas puntuales de gran extensión tales como nuevos barrios, predios industriales y aeropuertos entre otras.

5. INFORMACIÓN EXISTENTE Y ELABORACIÓN DE DATOS

Revisada la bibliografía sobre el área de estudio se encontró información suficiente referida a geomorfología, sedimentología, estratigrafía, topografía, pendientes, ensayos de penetración estándar, suelos agronómicos, que se describe a continuación. Se considera que esta información es suficiente para la elaboración de un mapa con unidades geológico ingenieriles homogéneas.

Geomorfología

En general el paisaje está constituido por planicies elevadas que han sido profundamente recortadas por la acción hídrica en un período anterior. Existen sectores en los que la acción de las aguas ha reducido la meseta a relictos, que forman los actuales interfluvios. Los valles no tienen en el presente cursos permanentes y constituyen el sector más apropiado para los cultivos.

En la figura 2 se observa una representación tridimensional del área de estudio, obtenida a partir de los datos topográficos incorporados al sistema de SIG. Los rasgos generales geomorfológicos están representados por tres áreas bien definidas. Una amplia peniplanicie pedemontana, cuya elevación supera escasamente los 100 m s.n.m. en la parte norte y este y que desciende suavemente hacia el oeste y sur hasta alturas no mayores a los 60 m s.n.m. Los cursos de agua locales, como el Napostá Grande, la disectaron elaborando sus valles.

La parte terminal de esta planicie se continúa con un faldeo, comprendido entre las cotas de 10 y 60-80 m s.n.m., que constituye un complejo coluvio-aluvio y conos aluviales coalescentes. En el oeste de esta zona, los conos aluviales originados por acción fluvial son de gran extensión y su coalescencia hace que topográficamente se presenten como llanuras aluviales, que pueden estar algo enmascaradas por el manto eólico y que morfológicamente funcionan como una bajada. En épocas de inundaciones se cubren grandes áreas rápidamente. Los conos coluviales se encuentran en la zona este del área. Son producto del movimiento en masa de materiales sobre pendientes fa-

vorables para su desplazamiento. El sistema de drenaje natural de los mismos muestra dos tipologías, una de ramificaciones irregulares en cualquier dirección y formando ángulos variables que define un diseño de avenamiento dendrítico y otra en la cual los cursos se dividen en numerosos cauces distributarios subparalelos a anastomosados. El primero se encuentra representado principalmente entre las cotas de 35 y 70-80 m. El segundo diseño parte del canal de descarga o escurrimiento (torrentera) del avenamiento dendrítico y se desarrolla entre los 10 y 35 m pasando al nivel de base, que en algunos casos es el cauce del arroyo Napostá Grande y en otros se pierde en la llanura aluvial o en el llano de marea. La región que se extiende entre las curvas de 0 m y 10 m, conforma el área litoral, correspondiente a una antigua llanura de marea con playas, ahora emergida.

Sedimentología y Modelo Estratigráfico General

La peniplanicie está conformada por sedimentos de tipo loessoides, con presencia de carbonato de calcio formando depósitos de calcreta llamados localmente "tosca". Estos sedimentos de edad Plioceno medio superior, corresponderían a la Fm. Pampiano (Fidalgo, 1983). Regionalmente el paisaje está labrado sobre esta formación. Desde la zona más alta hasta la cota de los 10 m aflora o está cubierta por sedimentos eólicos o depósitos de cono aluvial. Hacia la costa y por debajo del nivel del mar, se encuentra cubierta por depósitos de laguna costera, albufera y a veces por materiales correspondientes a la última regresión marina del Pleistoceno.

Los cursos de agua locales, como el Napostá Grande, Saladillo Dulce, Saladillo de García y Sauce Chico, la disectaron elaborando sus valles y depositando arenas finas que pasan a limos arenosos o arcillosos, que conforman la Fm. Luján de edad Pleistoceno superior a Holoceno (Fidalgo, 1983), y que en general presenta las mismas características que en el resto de la provincia de Buenos Aires.

Desde el litoral (área costera) hasta la curva de nivel actual de 10 a 12 m s.n.m. se encuentran depósitos con arenas muy finas con algo de conchilla, limos arenosos y limos arcillosos y arenas arcillosas. Estos sedimentos representan una marisma tidal mareal. Comenzaron a depositarse a fines del Pleistoceno superior y corresponden a la denominada Fm. Maldonado (Fidalgo, 1983).

En esta zona y durante la última ingresión marina Holocena se han depositado, en discordancia erosiva sobre la Fm. Pampiano o la Fm. Maldonado, cordones y lomas arenosas, con abundante contenido conchillífero. La edad de estos sedimentos es Holoceno pertenecerían a la denominada Fm. Las Escobas (Fidalgo, 1983). Estos sedimentos han sido explotados como materiales para la construcción y hoy solo quedan relictos aislados que no influyeron en el trabajo actual.

Los depósitos son arenas con gravas en facies que van desde gravas medianas con matrix arenosa hasta arenas medianas a finas con matrix limosa. Existen paleocauces distributarios rellenos con gravas. Lateralmente hay facies de areniscas y conglomerados deleznable y facies fuertemente cementadas. En las gravas predominan los clastos cuarcíticos y otros de "tosca". Hay también algunos rodados de limos compactos pardo rojizos de 2 a 3 cm de diámetro identificables con el substrato plioleistocénico. En las arenas hay clastos aislados de pumicita blanca.

En los depósitos del complejo coluvio-aluvio se encuentran arenas finas pardo claras con abundante matrix arcillosa, discordantes sobre el substrato pampeano plioleistoceno. Hacia la base están sueltas y abundan clastos de "tosca" angulosos a subangulosos de tamaño variado hasta bloques de más de 25 cm de diámetro identificables con la "tosca" del pedemonte. Hacia arriba aumenta la granulometría hasta arenas medianas y aparece carbonato como cemento con paso gradual desde arenisca con cemento calcáreo hasta un verdadero banco de "tosca" de formación posterior a aquella de la Fm. Pampeano ("tosca" neógena). Los canales distributarios se encuentran rellenos naturalmente por estos sedimentos coluvio-aluviales y limos y arenas eólicas sin consolidar, con importantes variaciones laterales del espesor (Caló et al, 1997 a). Los depósitos sedimentarios de los conos aluviales y del complejo coluvio-aluvio son del Holoceno más reciente y corresponderían a la llamada Fm. Bahía Blanca (González, 1984).

Cubriendo vastas extensiones de la zona de estudio y la región se encuentran sedimentos eólicos constituidos por limos arenosos a arenas muy finas limosas, con cantidades subordinadas de arcilla. Su espesor es de aproximadamente 1,0 m y sobre él se desarrolla el suelo actual. Se le atribuye una edad Holoceno superior. Se lo conoce como Fm. La Vitícola (Fidalgo, 1983).

En la figura 3 se representa un perfil esquemático de las relaciones estratigráficas de la zona de estudio (Fernández y Caló, 1998).

Pendientes

A partir de la digitalización de las curvas de nivel y mediante la utilización del SIG, se obtuvo la representación gráfica de las pendientes en porcentaje, pudiéndose observar que en ningún lugar superaron el 8 por ciento. Los valores así obtenidos fueron luego recodificados en términos conceptuales tales como muy bajo (entre 0 y 2 por ciento), bajo (entre 2 y 4 por ciento), medio (entre 4 y 6 por ciento) y alto (entre 6 y 8 por ciento). Las pendientes muy bajas se desarrollan en la zona litoral y en la peniplanicie. En la zona de los conos aluviales y en algunos sectores de los valles se dan pendientes bajas a medias. Las mayores inclinaciones del terreno se encuentran en el sector del coluvio-aluvio.

Acuífero

Desde el punto de vista geológico y por su significación, de acuerdo a su extensión real y su espesor en el sistema geohidrológico, las unidades estratigráficas Formación Pampiano y Formación Maldonado, gobiernan el comportamiento del flujo freático superficial y profundo. El acuífero superficial, se encuentra a profundidades que oscilan entre 1 y 17 metros. Localmente la zona alta de la ciudad constituye la zona de recarga y aquella vecina al mar y puertos la de descarga, siendo la dirección principal de escurrimiento NO-SE. El agua subterránea somera configura un régimen de agua no permanente influido por fenómenos de evapotranspiración (descarga del acuífero) y precipitación atmosférica. (Caló, 1994; Caló et al. 1996).

En la planicie (zona de recarga), la profundidad del acuífero se encuentra entre los 10 y los 17 m. En la zona del coluvio-aluvio y los conos aluviales el nivel freático se localiza entre los 4 y 10 metros de profundidad. En tanto que en la llanura de inundación, se encuentra a profundidades menores de 4 metros.

Suelos Agronómicos

Como se ha expuesto más arriba, el área de la región de Bahía Blanca está constituida por sedimentos limosos, con proporciones menores de arena y arcilla destacándose los materiales de origen volcánico-piroclástico. Contienen carbonato de calcio terroso, no presentan estratificación y su color es pardo claro, generalmente con tonalidades rojizas. Este sedimento, de naturaleza eólica, se conoce comúnmente como "loess pampeano" por su similitud con loess típico de otras partes del mundo y es por excelencia el material madre de la mayoría de los suelos de la provincia. En excavaciones se nota la particularidad de mantener sus paredes verticales debido a su reducida densidad y al esqueleto rígido que forman las partículas de vidrio volcánico con bordes irregulares.

De acuerdo al mapa de los suelos de la Provincia de Buenos Aires (INTA, 1989), la cubierta de suelo por encima del sustrato de costra calcárea ("tosca") tiene un espesor comprendido entre 40 y 80 cm. Existe otro material originario, de textura arcillosa, que se depositó en el fondo de los valles y cuyo espesor supera el metro.

En la cima de mesetas y colinas la costra calcárea está muy próxima a la superficie desarrollándose Haplustoles típicos, finos y muy someros (3 a). Las posiciones planas y centrales y de los valles, con mayor espesor de sedimentos, están ocupadas por Haplustoles y Argiustoles típicos, franco, finos en tanto que en las pendientes laterales evolucionan Haplustoles énticos, franco fino, inclinado (3 b, 12 a).

Por otra parte, el área vecina a la bahía está cubierta por sedimentos marinos depositados durante las trans-

gresiones cuaternarias. En general, predominan capas de texturas franco-limosa a franco-arcillosa y en el contacto de éstas acumulaciones con las formaciones continentales se han encontrado bancos de fósiles y de gravas.

El paisaje de ese dominio se compone de extensas llanuras marinas anegables y canales de marea, actualmente transformados en salitrales adyacentes a llanuras marinas algo más elevadas. En ellos se desarrollan indistintamente Ustifluents ácuicos, franco fino, Natrustoles típicos y Salortides típicos. (26 a y c)

Ensayos de penetración estándar

Los resultados de los ensayos de penetración estándar (SPT) fueron cedidos por una empresa geotécnica local y asociados a las formaciones estratigráficas (Caló et al., 1997 b).

Los sedimentos pampianos tienen valores de ensayos de penetración estándar que superan generalmente los 40 golpes. Algunos ensayos han dado valores de 20 golpes en la parte superior. Los ensayos de penetración estándar en los sedimentos de la Fm. Lujan dieron valores de número de golpes entre 20 y 30.

La Fm. Maldonado en profundidades de entre 3 y 8 metros está caracterizada por un bajo número de golpes en el ensayo SPT, que oscilan entre 0 y 20. Al pasar a la formación infrayacente (Fm. Pampiano) los valores alcanzan entre 20 y 35 golpes.

En la zona de conos aluviales de la Fm. Bahía Blanca los valores de ensayo de penetración son de un alto número de golpes que varían entre 30 y 40. En algunos sitios se registran valores próximos a los 20 golpes y en otros alrededor de 50 cuando se penetra en la Fm. Pampiano subyacente. En la zona de coluvio-aluvio de la misma formación se obtuvieron valores entre 20 y 30 golpes.

Los sedimentos de la Fm. La Vitícola (eólica) presentan poca resistencia a la penetración con valores de SPT entre 2 y 10 golpes. Estos sedimentos fueron desestimados para la determinación de las unidades homogéneas en razón de su escaso espesor y teniendo en cuenta que se presenta en todo el área cubriendo al resto de las Formaciones.

6. RESULTADOS

El resultado de la aplicación del enfoque expuesto al área de Bahía Blanca produjo 16 unidades geológico-ingenieriles homogéneas (figura 4). Cada unidad cuenta con la información existente sobre la topografía, las formaciones geológicas y su relación, las geoformas, la profundidad del nivel freático, el tipo de suelo agronómico y el número de golpes característico de los ensayos de penetración estándar (SPT). La información correspondiente a cada unidad fue representada en forma de tabla para facilitar la interpretación (Tabla 1).

Así por ejemplo, la unidad operativa 3 es una llanura de marea superior con sedimentos de la Formación Maldonado y está ubicada topográficamente entre los -5 y 10 m s.n.m., con pendiente muy baja. La profundidad del acuífero es inferior a 4 m, los ensayos de penetración dan número de golpes menores a 20 y el suelo (26c) es una asociación de Salortid acuólico (20% arcilla, 38% de limo y 42% de arena en promedio con 36 al 43% de agua de saturación) con Natrustol típico (28% de arcilla, 42% de limo y 30%

de arena con 59 al 78% de agua de saturación). El espesor promedio de esta formación es de 10 m y yace sobre la Formación Pampeano (alta resistencia a la penetración).

Estas unidades servirán para comprender el desempeño geológico ingenieril de las mismas con fines de reconocimiento, para poder planificar estudios más profundos o diseñar las bases para las necesidades de conocimiento para cualquier obra civil.

TABLA 1: UNIDADES HOMOGÉNEAS DEL MAPA GEOLÓGICO INGENIERIL

UNIDADES	GEOFORMAS	FORMACIONES	POTENCIA (m)	FORMACIÓN SUBYACENTE	TOPOGRAFÍA (m.s.n.m.)	PENDIENTE	PROFUNDIDAD ACUÍFERO (m)	V ALORES ENSAYOS SPT	TIPO SUELO AGRONÓMICO
1	Canal	-	-	-	-	-	-	-	-
2	LLi	Maldonado	3 - 8	Pampiano	-5 a 0	Muy baja	Menor de 4	menor de 20	26a
3	LLMi	Maldonado	3 - 8	Pampiano	0 a 5	Muy baja	Menor de 4	menor de 20	26a
4	LLMs	Maldonado	3 - 8	Pampiano	5 a 10	Muy baja	Menor de 4	menor de 20	26c
5	LL Al	B.Blanca	2 - 10	Pampiano	10 a 20	Baja	4 a 10	30 a 50	3a
6	Cono-Al	B.Blanca	2 - 10	Pampiano	20 a 30	Baja	4 a 10	30 a 40	3a
7	Col-Al	B.Blanca	2 - 10	Pampiano	10 a 60	Media-Alta	4 a 10	20 a 30	12a
8	Col-Al	B.Blanca	2 - 10	Pampiano	20 a 60	Media-Alta	4 a 10	20 a 30	3a
9	Col-Al	B.Blanca	2 - 10	Pampiano	30 a 60	Media	4 a 10	20 a 30	3a
10	Col-Al	B.Blanca	2 - 10	Pampiano	40 a 60	Media	4 a 10	20 a 30	3a
11	Col-Al	B.Blanca	2 - 10	Pampiano	50 a 70	Media	4 a 10	20 a 30	3a
12	Planicie	Pampiano	10 - 150	Chasicó	Mayor de 70	Muy baja- Baja	10 a 17	20 a 50 +	3a
13	Val	Luján	1 - 4	Pampiano	Mayor de 50	Media-Baja	2 a 10	20 a 30	3a
14	Val	Luján	1 - 4	Pampiano	30 a 50	Baja	2 a 10	20 a 30	3a
15	Val	Luján	1 - 4	Pampiano	10 a 30	Baja- Muy baja	2 a 10	20 a 30	3a
16	Val	Luján	1 - 4	Pampiano	Menor de 10	Muy baja	Menor de 4	20 a 30	26(a-c)

Referencias: Lli: llanura de inundación, LLMi: llanura de marea emergida inferior, LLMs: llanura de marea emergida superior, LL Al: llanura aluvial, Cono-Al: cono aluvial, Col-Al: coluvio-aluvio, Val: valle.

7. CONCLUSIONES

Antes y durante la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) hubo, por razones obvias, una gran utilización de material bibliográfico para conocer la constitución de terrenos cuya observación directa estaba vedada. La evaluación de los datos daba pautas sobre temas de transitabilidad, excavabilidad, provisión de agua, y ventajas o dificultades en la construcción de obras de ingeniería. Con la facilidad de las modernas técnicas de toma de datos de todo tipo, y que por ofrecer alta precisión hace que los estándares de mapeo se ubiquen muy alto, parece que se hubiera dejado de tener en cuenta el objeto de los mismos.

En temas de planificación, cuando no hace falta por la índole de los mismos tener más que un conocimiento de que es lo que se encuentra y qué hacer luego, mantener altos estándares de precisión eleva los costos y los tiempos.

Hoy día hay un gran acervo de conocimientos del medio, sobre todo en las zonas más pobladas, que se encuentra en bibliografía dispersa. Si bien es cierto que poner juntos estos conocimientos y compatibilizar los mismos

no es tarea fácil, esto puede resolverse en gran medida con la utilización de los sistemas de información geográfica (SIG), en especial para aquella información de tipo espacial o georeferenciada.

Para obtener mapas geológico-ingenieriles a nivel de reconocimiento se necesitan ciertos elementos tales como la topografía, suelos agronómicos, geología superficial y del subsuelo, y un conocimiento de los procesos actuantes y de las connotaciones geotécnicas de todos ellos.

Al ser elementos espaciales pueden ser tratados y compatibilizados en forma de mapas temáticos y combinados, analizados y evaluados mediante un sistema de información geográfica para obtener unidades de terreno homogéneas. Estas unidades son útiles para la planificación de obras de desarrollo. Esto no excluye los estudios de detalle ha realizarse con posterioridad para confirmar o corregir lo pronosticado, con la ventaja de que se puede planificar qué tipo de estudio hará falta, dónde llevarlos a cabo, con qué intensidad hacerlos y por lo tanto los tiempos y costos que demandarán los mismos.

De este ejercicio aquí presentado podemos concluir, que la utilización de los sistemas de información geográfica, combinado con mapas temáticos digitalizados a partir de información existente sobre factores que hacen a los mapas geológico-ingenieriles, es una forma rápida y eco-

nómica de producir mapas geológico-ingenieriles a nivel de reconocimiento y útiles para planificar futuros pasos en el diseño de obras de ingeniería o en la planificación territorial urbana.

8. TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- AITCHINSON G.D. Y GRANT K. 1968.
Terrain evaluation for engineering, pp.125-146.
In: Stewart G.A. Ed.: Land Evaluation. The MacMillan Company, Melbourne, 392 p.
- BECKETT, P.H.T. 1968.
Method and Scale of land Resource Surveys, in Relation to Precision and Cost, pp 53-63.
In: Stewart G.A. Ed.: Land Evaluation. The MacMillan Company, Melbourne, 392 p.
- BENN B.O. Y GRABAU W.E. 1968.
Terrain Evaluation as a Function of User Requirements, p. 64-63
In: Stewart G.A. Ed.: Land Evaluation. The MacMillan Company, Melbourne, 392 p.
- CALÓ, J.; ALDACOUR, H.; FERNÁNDEZ, E. 1993.
Carta municipal Geológico Ambiental del Area de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
Documentos del V Simposio Iberoamericano de Medio Ambiente y Municipio. Buenos Aires - Puerto Madryn, p. 82-89.
- CALÓ J.E. 1994.
"Memoria Técnica Geológico Ambiental de un Terreno a la Vera de la Ruta N° 33 a 20 km de la Ciudad de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires".
Ingeniería y Procesos Ecológicos del Sur SRL (IPES) e Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Enero de 1994.
- CALÓ, J.; FERNÁNDEZ E., ALDACOUR, H. 1996.
"La influencia de la geología y el medio ambiente en el deterioro de viviendas en ingeniero White (Bahía Blanca, Prov. De Buenos Aires)".
Actas Asoc. Arg. Geol. Apl. Ing; X, 61-72. Buenos Aires, Argentina.
- CALÓ, J.; FERNÁNDEZ E., MARCOS, A.; ALDACOUR, H.; ATALA, J. 1997 A.
Riesgos geologico-ambientales por suelos colapsibles en un sector de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina.
Actas VIII Congreso Geológico Chileno, Vol. 1, 660-664.
- CALÓ, J.; E. FERNÁNDEZ; A. MARCOS; H. ALDACOUR, 1997 B.
Los sedimentos recientes y su relación con la geología ambiental urbana de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina.
Memoria del I Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Soc. Venezolana de Geólogos. Tomo I - 137-143. Venezuela.
- DOWLING J.W. 1968.
Land Evaluation for Engineering Purposes in Northern Nigeria, p.147-159.
In: Stewart G.A. Ed.: Land Evaluation. The MacMillan Company, Melbourne, 392 p.
- FERNÁNDEZ, E.; CALÓ, J. 1998.
Evaluación de Impacto Ambiental de la Maltería Bahía Blanca.
Tesis de Maestría, 180p. Instituto de Investigaciones Ecológicas de Málaga, España.
- FIDALGO F. 1983.
"Geología y Geomorfología del área White - Cerri y alrededores de Bahía Blanca".
En: Comisión de Estudios del suelo White - Cerri. Decreto 1159/82. Univ. Nac. De la Plata - MOSP Provincia. de Buenos Aires.
- GONZÁLEZ, M. 1984.
"Depósitos marinos del Pleistoceno superior en Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires".
Noveno Congreso Geológico Argentino, S.C. de Bariloche. Actas III: 538-555.
- GRABAU W.E. 1968.
An Integrated System for Exploiting Quantitative Terrain Data for Engineering Purposes, p. 211-220.
In: Stewart G.A. Ed.: Land Evaluation. The MacMillan Company, Melbourne, 392 p.
- GROOT R. 1987
Geomatics: a key to country development?
ITC Journal, 4, 277-283.

- IAEG 1976.
Engineering Geological Maps.
Commission on Engineering Geological Maps of the International Association of Engineering Geology. The Unesco Press, Paris, 79 p.
- IGM, 1967 a.
"Carta Topográfica Bahía Blanca – 3963-17-1".
Instituto Geográfico Militar, Buenos Aires.
- IGM, 1967 b.
"Carta Topográfica Estación Base Aeronaval Comandante Espora–3963-17-2".
Instituto Geográfico Militar, Buenos Aires.
- INTA, 1989.
Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires, escala 1:500.000.
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD Argentina 85-019. 472 p.
- MEIJERINK A.M.J. 1990.
Summary report on ILWIS development.
ITC Journal, 3, 205-214.
- MITCHELL C. 1973.
Terrain Evaluation.
Longman Group, Londres, 221 p.
- PEUQUET, D.J. 1984,
A conceptual framework and comparison of spatial data models.
Cartographica, Vol 21, N° 4, p 66 - 113.
- RENWICK C.C. 1968.
Land Assessment for Regional Planning: The Hunter Region of N.S.W. as a Case Study, pp.171-178.
In: Stewart G.A. Ed.: Land Evaluation. The MacMillan Company, Melbourne, 392 p.
- ROCKAWAY, J. AND LUTZEN, E. 1970
Engineering geology of the creve coeur quadrangle, St. Louis County, Missouri.
Engineering Geology Series N° 2, Missouri Geological Survey and Water Resources, Rolla, Missouri, 19 p.
- SISSAKIAN V., SOETERS R., RENGERS N. 1983:
Engineering geological mapping from aerial photographs: the influence of photo scale on map quality and the use of stereo-orthophotographs.
ITC Journal, 2, 109-118.
- SMITH, T.; PEUQUET, D.; MENON, S.; AND AGARWAL, P. 1987.
KBGIS II: A knowledge-based Geographical Information System.
International Journal of Geographical Information System, Vol 1, N° 3, p. 203 - 218.
- TOMLINSON R.F. 1968.
A Geographic Information System for Regional Planning, p. 200-210.
In: Stewart G.A. Ed.: Land Evaluation. The MacMillan Company, Melbourne, 392 p.
- TOMLINSON, R. 1987.
Current and potential uses of geographical information systems.
The North American experience. International Journal of Geographical Information Systems, Vol 1, N° 3, p 203-218.
- USERY, E. L., DEISTER, R., BARR, D. 1988.
A geological engineering application of a knowledge-based Geographic Information System.
Proceedings, American Congress on Surveying and Mapping. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 2, Cartography, St. Louis, Missouri, p. 176 - 185.
- VARNES, D. 1974.
The logic of geologic maps with reference to their interpretation and use for engineering purposes U.S.
Geologica Survey Professional Paper 837, 47 p.
- WICHMANN, R. 1918.
Geología e Hidrología de Bahía Blanca y sus alrededores (Provincia de Buenos Aires).
Ministerio de agricultura de la Nación. Buenos Aires. 67 p.

FIGURA 1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

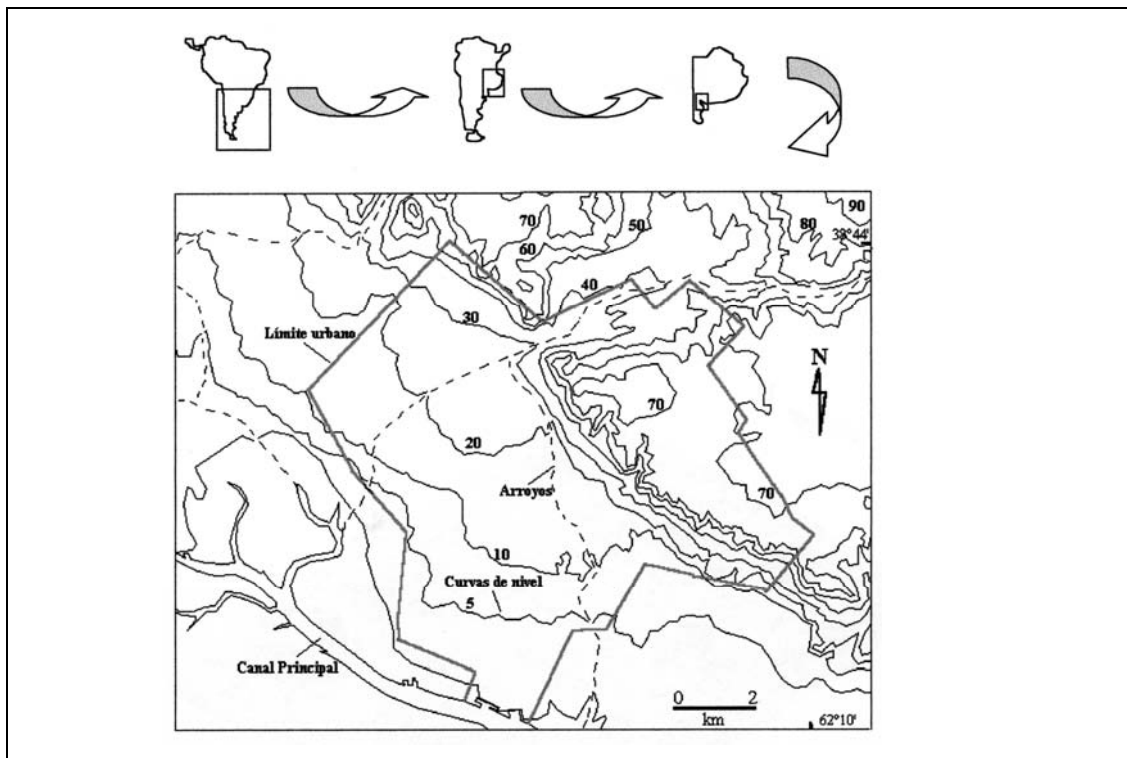


FIGURA 2: MODELO DIGITAL TRIDIMENSIONAL DEL TERRENO OBTENIDO A PARTIR DE LA DIGITALIZACIÓN DE LA TOPOGRAFÍA DEL ÁREA Y ELABORADO CON UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

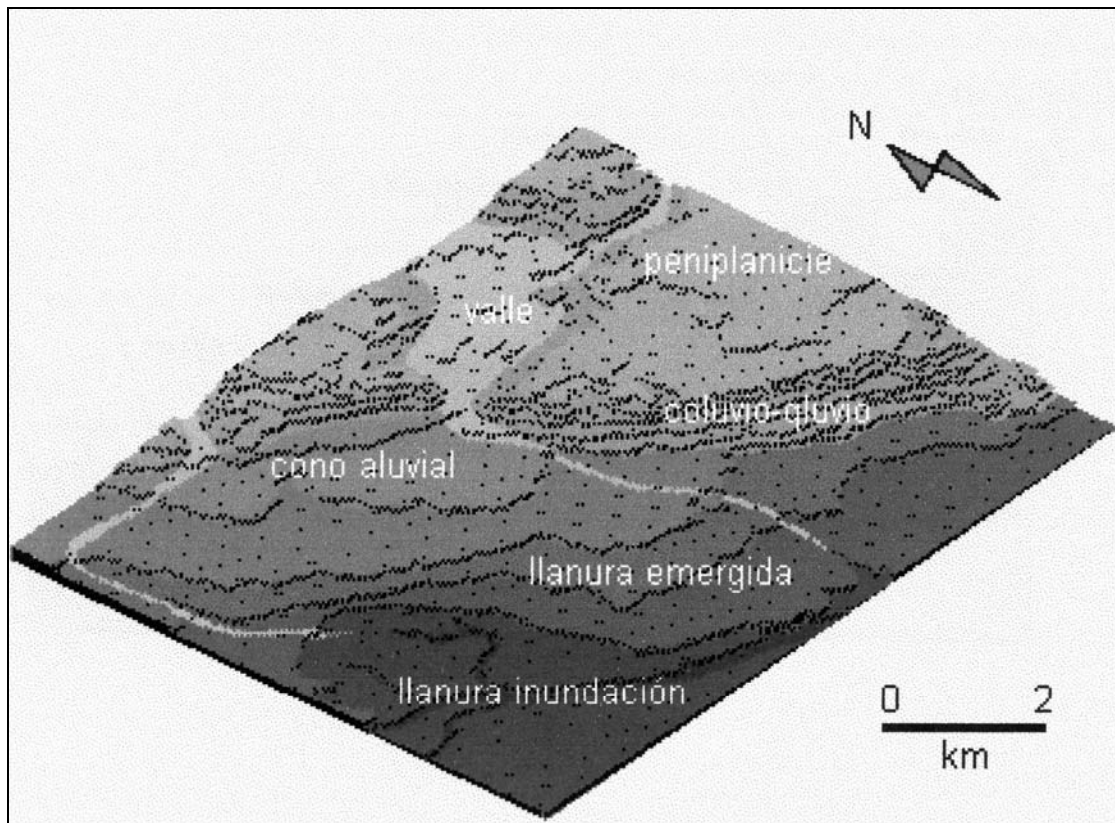


FIGURA 3: PERFIL ESTRATIGRÁFICO ESQUEMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO. (FERNANDEZ Y CALÓ, 1998)

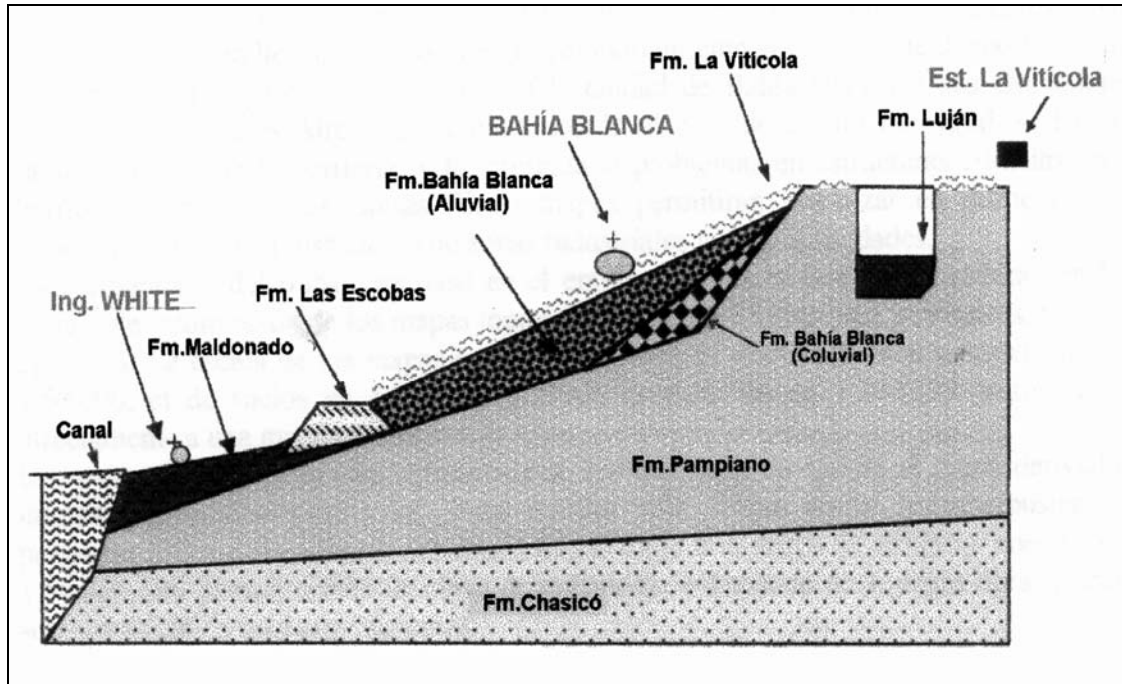
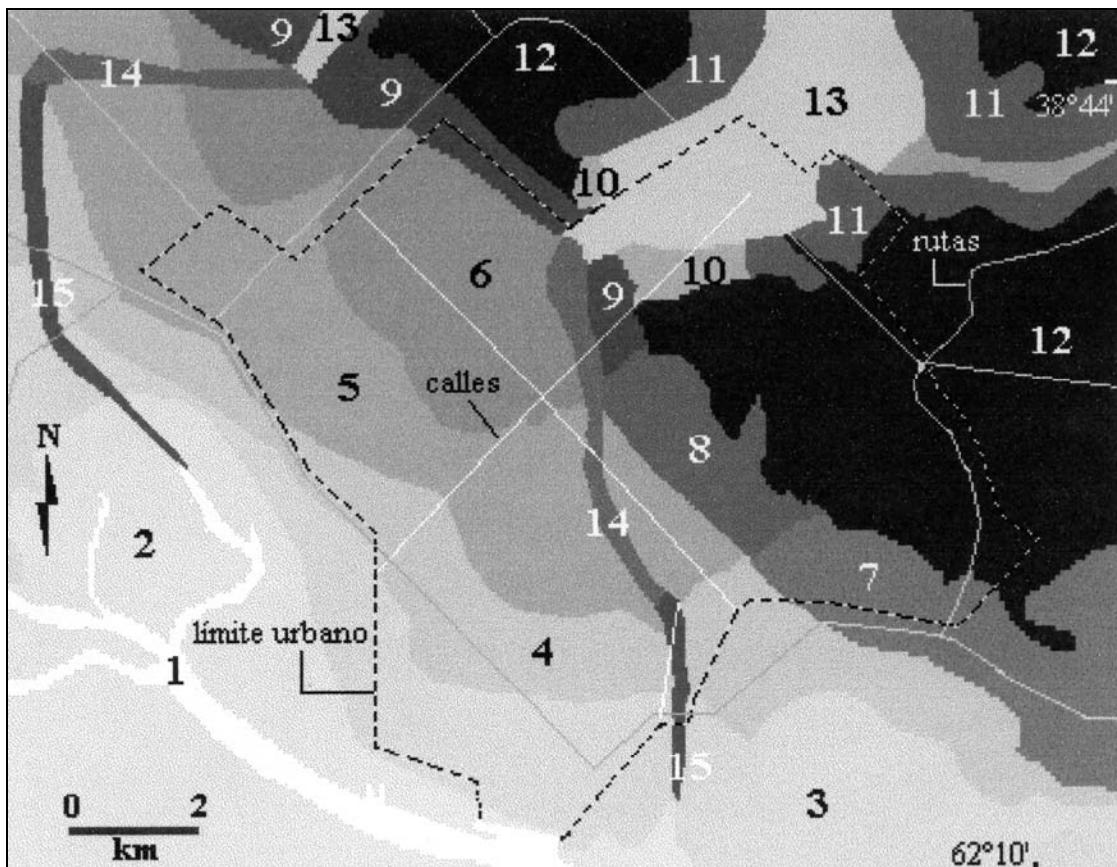


FIGURA 4: UNIDADES HOMOGÉNEAS OBTENIDAS A PARTIR DE LA SUPERPOSICIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS ELABORADAS CON UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. LOS NÚMEROS CORRESPONDEN A LAS UNIDADES HOMOGÉNEAS DETERMINADAS EN LA TABLA 1.





Método propuesto para la ejecución de rellenos en el área costera de Vicente López, Buenos Aires

Codignotto, Jorge O. ^{1,2} - Kokot, Roberto R. ^{1,2} - Herrera, Claudia ¹ - Richter, Paula ²

Resumen

El Proyecto de Recuperación Urbana, Ambiental y Ecológica del Área Ribereña de Vicente López, Cadau et al. (1993), llevado a cabo por La Municipalidad de Vicente López contempla la ampliación del área costera. En la evaluación del mismo se diferenciaron dos áreas principales, la zona central correspondiente a la zona de puertos con propuestas de ampliación, y las áreas aledañas correspondientes a parques y zonas de recreación en general.

El tratamiento de ambas áreas, respecto a la dinámica litoral es diferente. El área de ampliación portuaria con sus zonas de amarres será protegida con una escollera. El tipo de escollera rompeolas a utilizar, no presenta problemas de ejecución siempre que se tengan en cuenta los parámetros de olas para el área, y las máximas alturas alcanzadas por el río.

Las zonas aledañas a los puertos constituyen zonas a ampliar por medio de rellenos. Existen variadas técnicas para la ejecución de los mismos, pero la elección a efectuar depende del uso a dar al área ganada.

Para evitar la pérdida de suelos de relleno, debe construirse un cierre exterior, que se propone construir con el arrojado de escombros gruesos. Luego de efectuarse este cierre, de ser necesario, podrá construirse algún sistema de protección costera.

Debido a que parte de las construcciones quedarán continuamente sumergidas, la pendiente deseada podrá ser alcanzada mediante la descarga de áridos.

El método de relleno propuesto permitirá recuperar un área de recreación, actualmente perdida, ya que permitirá el acceso de las personas a las playas generadas.

Este trabajo es parte de un relevamiento integral llevado a cabo en la costa argentina, en el marco del subsidio (UBACyT) TW96.

1. INTRODUCCIÓN

Los ascensos y descensos relativos del nivel del estuario del Río de la Plata, están acompañados por fenómenos de erosión y acreción, a ello se agrega el avance del

frente del Delta del Paraná, que lentamente reemplaza la dinámica del estuario por la dinámica fluvial. A lo señalado, debe adicionarse las previsiones derivadas del ascenso del nivel del mar por causa del cambio global. Estos factores determinan la configuración actual del contorno costero.

Cabe señalar que durante los últimos 100 años el desarrollo de las actividades humanas en el área costera, dio origen a cambios en la evolución natural que fueron

Recibido: 30 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 14 de Mayo de 1999

1. Dep. de Ciencias Geológicas, Fac de Cs Ex y Nat, UBA.

2. CONICET – Museo Argentino de Ciencias Naturales.

Av Angel Gallardo 470. Buenos Aires (1405)

negativos para las variables del ecosistema.

Es muy importante el número de habitantes afectados y la superficie involucrada. Entre el año 1907 hasta 1995, el sector costero bonaerense comprendido entre la Ciudad de Buenos Aires y El Tigre, (aproximadamente 10 km), aumentó su superficie por actividad antrópica unos 10 km² aproximadamente, Abasto (1995).

El diseño del método propuesto para el relleno, fue precedido por tareas de relevamiento de la actual línea de costa, modificada por los rellenos previos precipitados.

El objetivo particular consiste en determinar el modo más económico y "natural", para rellenar el área, considerando la vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar, criterio éste, de aplicación rigurosa en proyectos costeros en países desarrollados, pero que en nuestro medio es negligentemente ignorado.

Se utilizaron como bases las propuestas de (*Naciones Unidas 1983*), sobre el control del sector costero.

Este trabajo fue realizado en el marco del subsidio TW96 (*UBACyT*).

2. ANTECEDENTES

Proyecto de Recuperación Urbana, Ambiental y Ecológica del Área Ribereña de Vicente López, (*Cadau et al 1993*).

El área del proyecto corresponde a una faja de aproximadamente 200 m de ancho ubicada sobre la costa del Río de la Plata, en el Partido de Vicente López, provincia de Buenos Aires.

Al norte la costa tiene orientación N-S y limita con el Partido de San Isidro. En las proximidades del Puerto de Olivos toma orientación N/NO-S/SE, hasta su límite sur con la Ciudad de Buenos Aires.

En la descripción del proyecto de Recuperación Urbana, Ambiental y Ecológica del Área Ribereña de Vicente López se diferenciaron dos áreas principales, la zona central correspondiente a la zona de puertos con las ampliaciones propuestas, y las áreas alledañas correspondientes a parques y zonas de recreación en general.

El tratamiento de ambas áreas, respecto a la dinámica litoral es diferente.

Área de puertos

El área de ampliación portuaria con sus zonas de amares será protegida con una escollera. El tipo de escollera rompeolas a utilizar, no presenta problemas de ejecución siempre que se tengan en cuenta los parámetros de olas para el área, y las máximas alturas alcanzadas por el río.

La construcción puede realizarse con cualquier ma-

terial resistente a la erosión, que no sea contaminante y que se mantenga en posición bajo la fuerza de las olas (*CERC 1984*).

Áreas de recreación

Las zonas alledañas a los puertos constituyen zonas a ampliar por medio de rellenos. Existen variadas técnicas para la ejecución, pero la elección a efectuar debe depender del uso a dar al área ganada.

3. PROPUESTA PARA LA EJECUCIÓN DE RELLENOS

Opciones

- 1) Construcción de un contorno "duro", como un tablestacado o diques en general, cerrando el área a ser rellena. Este método genera un área que queda aislada del medio acuático, debido a que el efecto de olas y corrientes conduce a la profundización en la zona de contacto con las defensas costeras e impide el acceso directo de la población al medio acuático.
- 2) Elección de un contorno costero que permita el acceso al medio acuático, generando un área que se asemeja más al medio natural. (*Codignotto 1995, 1996*)

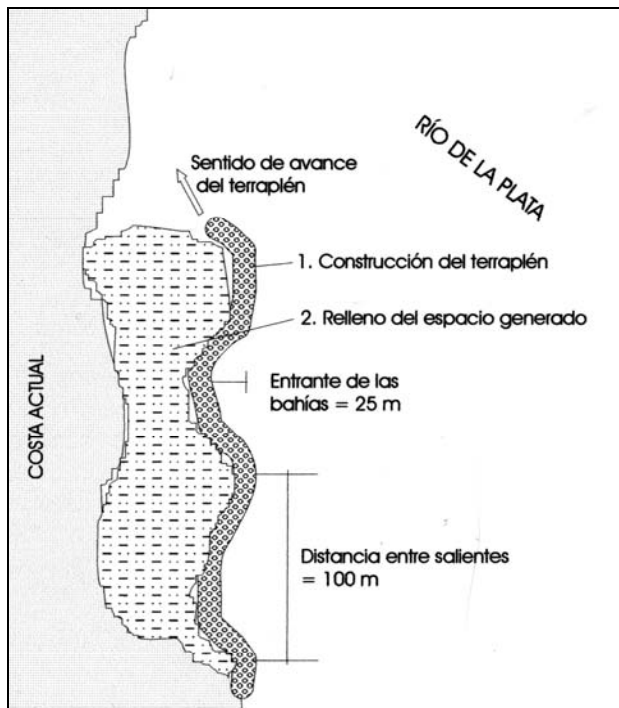
La primera opción, implica técnicas de construcción ampliamente conocidas, a diferencia de la segunda opción.

Objetivos mínimos

El relleno debe realizarse de modo tal que asegure los siguientes ítems:

- 1) Lograr la menor pérdida de material de aporte por erosión. Evitar la depositación de sedimentos en áreas críticas, tales como canales y conductos de desagües. También debe tenerse en cuenta que la pérdida de material de aporte, como ocurre actualmente, significa aumento de costos (por pérdida de material, daños y el consecuente atraso en las obras)
- 2) Permitir un rápido avance del relleno, mediante la utilización de materiales gruesos (demolición tipificada) y finos (suelos en general).
- 3) Lograr la "generación de playas" con sectores arenosos de alto valor para uso recreativo. Estas playas denominadas "playas de bolsillo", (pocket beaches); lograrán la creación de entornos separados que permitirán crear ámbitos semi independientes. Debe destacarse que la recreación de un paisaje "natural" mejorará el valor estético del área costera, tanto desde el medio terrestre como el acuático, que actualmente presenta valores negativos. Ello implica de hecho una revalorización general del área.

FIGURA 1.
DISPOSICIÓN DEL TERRAPLÉN A CONSTRUIR



- 4) Estabilización rápida del contorno costero, logrando el ángulo de reposo del material clástico de la playa, para la energía de ola promedio.

Propuesta

1. Avanzar hacia el río con un terraplén de escombros paralelo a la línea de costa actual, siguiendo la traza del proyecto. El objetivo es acelerar la construcción y evolución del contorno costero dando pie a la "autogeneración de playas". El nuevo contorno costero debe poseer

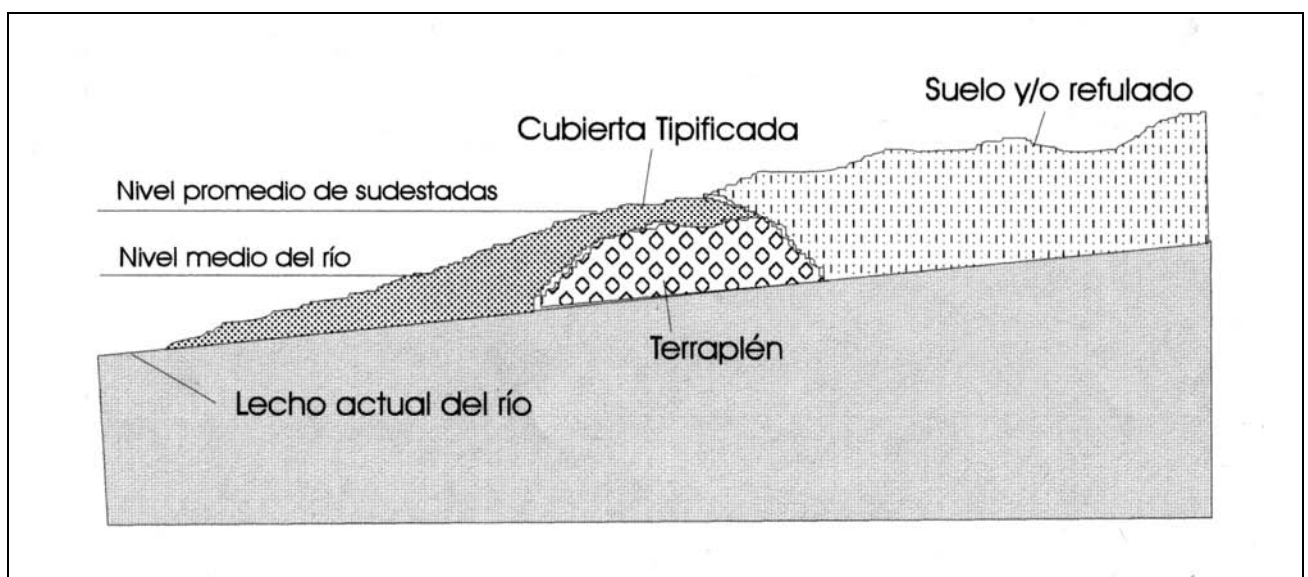
una traza ondulada con longitud de onda de aproximadamente 100 m y entrante entre crestas y senos de unos 25 metros, *Codignotto y Kokot (1999)*, figura 1.

El avance de la construcción del terraplén debe realizarse adaptando la superficie para permitir el tránsito de camiones, y poseer una anchura que permita una doble trocha. La obra debe comenzar por el sur hacia el norte, a fin de proteger la obra ante eventuales sudestadas, dejando un cuerpo ácuo entre el terraplén y la costa actual, que podrá ser relleno con suelo sin escombros. El terraplén se seguirá hasta cerrar el contorno previsto en el proyecto original. Se podrán realizar cierres parciales durante el avance. Una vez cerrado el contorno, podrá rellenarse con refulado y/o aportes de suelos.

2. Para lograr la generación de playas el terraplén debe realizarse con escombros de mampostería, figura 2, en donde no haya columnas ni vigas de hormigón que posean hierros. La altura del terraplén no debe exceder los 2,00 m sobre el nivel medio de mareas, de hecho quedaría sumergido en grandes sudestadas.

3. Para lograr la estabilización del contorno el aporte de escombros de mampostería deberá tener un tamaño que no debe exceder los 10 cm de diámetro promedio. Deberá cubrir el terraplén original por encima y hacia el agua, con un espesor aproximado de 1,00 m. Hacia el río, este nuevo relleno tendrá una pendiente que no debe superar los 5°, figura 3a. Hacia tierra el suelo aportado debe sobrepasar en aproximadamente 1,00 m la altura del terraplén ya tipificado, permitiendo rellenar los intersticios entre escombros y permitir el arraigo de vegetación. Como alternativa puede elegirse una pendiente entre 5° y 15° como máximo para la cubierta tipificada, figura 3b.

FIGURA 2.
ESQUEMA DEL FRENTE COSTERO PROPUESTO



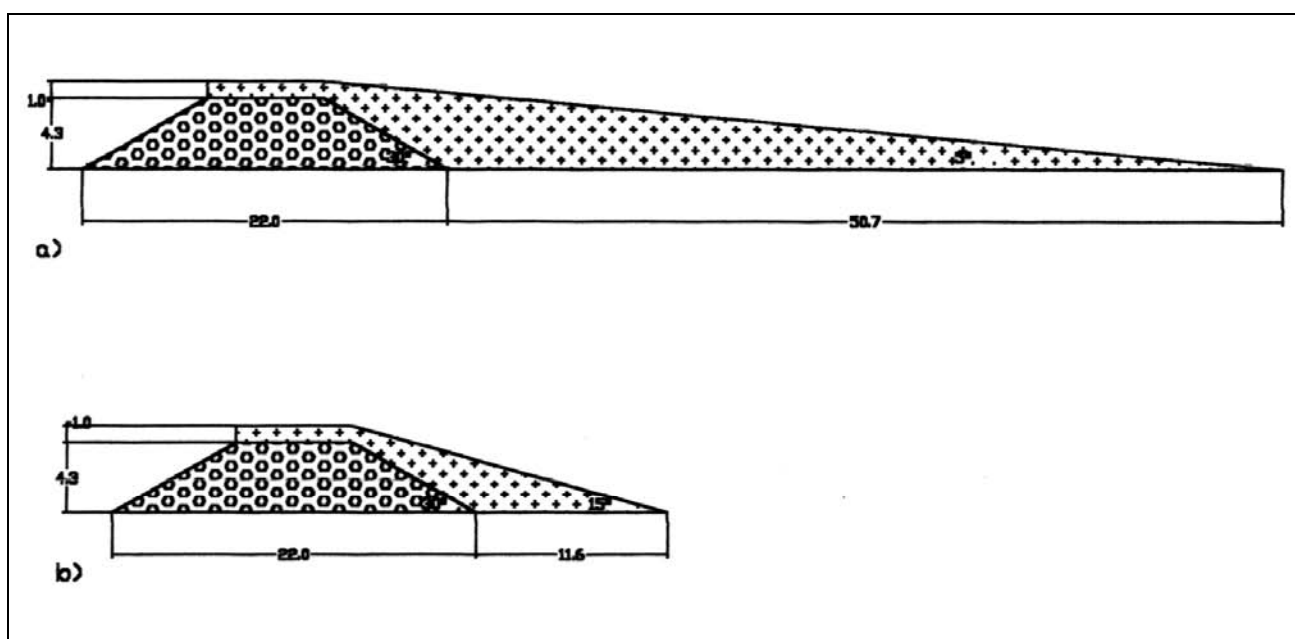
Consideraciones

Una vez establecido el contorno y perfil de playa, tardará un tiempo en estabilizarse la nueva ribera. Es imprescindible hacer un seguimiento de la evolución, seguramente requerirá pequeñas intervenciones puntuales de muy bajo costo. La necesidad de estas intervenciones se manifestará después de sudestadas o tormentas en general. Las intervenciones puntuales no serán necesarias a medida que se estabilice el sistema.

proyectado. (Herrera 1993, Richter y Codignotto 1997, Herrera y Codignotto 1997, Kokot 1997).

El contorno del área ganada será la propuesta por el proyecto. Sin embargo se sugiere que los sectores correspondientes al drenaje entubado sean deprimidos respecto a la morfología aledaña. Debido a que el área del proyecto se halla en la zona baja aledaña a la costa, debe tenerse en cuenta que la misma presente continuidad topográfica con las zonas más altas. Esto significa, que el perfil longi-

FIGURA 3.
DIMENSIONES DEL TERRAPLÉN PERIMETRAL
Y CUBIERTA TIPIFICADA



Sobre la base de experiencias anteriores, se estima que la consolidación preliminar del contorno podría lograrse dentro de los 18 meses.

Sugerencias

Es importante destacar que debe ser respetado el diámetro de los áridos que constituyen la cubierta tipificada, ya que si es mayor disminuirá el atractivo público, y por otra parte tardará más la estabilización de la nueva línea de costa.

Debe evitarse arrojar hierros en las zonas correspondientes a la línea de ribera ya que estos demoran la estabilización del contorno costero, además de ser peligrosos y causar perjuicios estéticos.

Las desembocaduras de los entubamientos correspondientes a desagües pluviales deben ser protegidas con espigones orientados hacia el NE, que sobrepasen el contorno

tudinal del proyecto será ondulado, correspondiendo las zonas más bajas a las áreas de desembocadura de los entubamientos en continuidad de los arroyos que hoy reemplazan. Esta estrategia permitirá lograr un paisaje con elevaciones y depresiones que mejorarán la estética del lugar y fundamentalmente mejorará el escurrimiento de las aguas superficiales hacia el río durante las lluvias. Esta recomendación tiene por objeto crear áreas de drenaje superficial sobrepuestas al drenaje subsuperficial. De este modo ante fenómenos de inundaciones excepcionales el área tendrá un doble escurrimiento. Asimismo se podrán tipificar las áreas ganadas como sectores potencialmente anegadizos donde por seguridad y economía sólo existirán parques o manifestaciones arquitectónicas precarias. Por otra parte existirán sectores no anegadizos, donde podrán instalarse aquellas obras de artes sensibles a las eventuales inundaciones. Lo anteriormente señalado implica un detallado análisis del escurrimiento superficial en la zona del proyecto, en rela-

ción con los escurrimientos y zonas anegables actuales.

Es importante tener en cuenta que el agregado de materiales en el avance territorial hacia el río ha de generar una potencial barrera para el natural desagote freático continental, generando y/o potenciando áreas anegadas aún sin lluvias ni sudestadas. Esto se debe a que en el proceso de relleno se generan en el subsuelo áreas permeables e impermeables, donde el agua fluye o permanece estancada. Para aliviar la presión freática se sugiere realizar conductos o lomadas permeables perpendiculares a la línea de costa que después serán cubiertas con los suelos que conforma el proyecto.

Debe tenerse en consideración el aumento comprobado y previsto del nivel del mar por el fenómeno del cambio global. Los datos extremos indican un aumento del nivel del mar de 3,8 mm/año. Mediciones realizadas en el mareógrafo del puerto de Mar del Plata indican un ascenso estimado de 1,8 mm/año (*D'onofrio et al 1994*), valor que está de acuerdo con las tendencias mundiales. Al elegir el nivel de proyecto de las obras debe considerarse la vida útil de las mismas. Es razonable elegir un valor de ascenso de 2 mm/año y estimar para un tiempo de 100 años un posible ascenso de 20 centímetros como mínimo.

Las construcciones a realizar en el área de proyecto no deben ser viviendas de tipo permanente. El área es vulnerable al ascenso del nivel del mar, incluso se recomienda zonificar todo el área ubicada en la denominada "terrazza baja" como zona de uso recreativo.

Volúmenes estimados en la construcción del terraplén.

El cálculo del volumen de escombros necesarios para la construcción del terraplén se basa en considerar que la sección del mismo posee forma de trapecio con base mayor de 22,00 m, base menor de 7,00 m y altura de 4,30 metros figuras 3a y 3b.

La base menor con una extensión de 7,00 m representa la anchura necesaria para el tránsito de una doble trucha de camiones. Esta dimensión puede ser menor en algunos tramos.

La altura resulta de considerar, una profundidad me-

dia estimada por donde pasa la traza del proyecto igual a 1,5 m, el nivel medio del río igual a 0,80 m y un valor de 2,00 m por encima del nivel medio.

El tamaño de la base mayor del trapecio (22,00 m) resulta de considerar un talud de 30° de inclinación.

Las dimensiones especificadas indican que el volumen de escombros necesario por cada metro de avance del terraplén es de aproximadamente 62 m³.

Se presentan dos opciones para la ejecución de la cubierta tipificada:

- Cubierta en forma de cuña desde el terraplén, comenzando con 1,00 m de espesor y hacia el agua con un ángulo de 5°, figura 3a. En este caso el volumen necesario de escombros es de 142 m³ por metro de avance del terraplén.
- Una opción extrema es construir la cuña del terraplén con un ángulo de 15°. En este caso el volumen necesario por cada metro de avance será de 40,7 m³ aproximadamente, figura 3b.

4. CONCLUSIONES

No debe confundirse el sistema de defensa a adoptar con la ejecución de las obras de relleno. Se considera imprescindible, para evitar la pérdida de suelos que actualmente son usados, la ejecución de un cierre exterior, que en este caso se propone ejecutar mediante el arrojado de escombros gruesos.

La elección de algún sistema de protección costera, debe realizarse después de la ejecución de los rellenos, excepto que se adopte un sistema de cierre "duro" por tableros o el anteriormente propuesto.

Parte del terraplén (cubierta tipificada) quedará continuamente sumergido. En la ejecución de este tramo el ángulo alcanzado se logrará con la descarga de áridos hasta alcanzar la pendiente deseada.

El método de relleno propuesto, permitirá recuperar un área de recreación perdida años atrás, y favorecer la afluencia de muchas personas. Esto se debe a la generación de playas que el método induce.

5. BIBLIOGRAFÍA CITADA EN EL TEXTO

ABASTO, M.A. 1995.

Desarrollo Urbano y Manejo en la Franja Costera Entre San Fernando y la Ciudad de Buenos Aires.
Trabajo Final de Licenciatura. Dep. Ciencias Geológicas, Fac. Cs. Ex. y Nat. (UBA).

CADAU, F., M. GALVEZ, F. GIMENEZ, D. SALAMA, 1993.

Proyecto de Recuperación Urbana, Ambiental y Ecológica del Área Ribereña de Vicente López.

CERC, 1984.

Shore Protection Manual. Coastal Engineering Research Centre. U.S. Army Corp of Engineers.
Waterways Experiment Station. 2 vol. Washington, D.C.

CODIGNOTTO, J.O., 1995.

Informe Expeditivo Sobre el Área Costera de la Reserva Ecológica, Ciudad de Buenos Aires.
Asociación Ornitológica del Plata.

CODIGNOTTO, J.O., 1996.

Informe Complementario. Área Costera de la Reserva Ecológica, Ciudad de Buenos Aires.
Asociación Ornitológica del Plata.

CODIGNOTTO, J.O. Y R.R. KOKOT 1999.

Area Costera Vicente López. Estudio de Geología y Dinámica Costera.
Informe Técnico. 1-60. F.C.E. y N., UBA - Municipalidad de Vicente López.

D'ONOFRIO, E., M. FLORE, S. ROMERO, 1994.

Tendencias del nivel medio del mar en el Litoral Argentino.
Informe Técnico. Servicio de Hidrografía Naval, 21 PP. (Inédito). Buenos Aires.

HERRERA, C.L., 1993.

Evolución Holocena en Sectores de la Costa Bonaerense del Río de la Plata.
Trabajo Final de Licenciatura. Dpto. Ciencias Geológicas, Fac. Cs. Ex. y Nat. (UBA).

HERRERA C. L. Y CODIGNOTTO J. O., 1997.

Progradación Natural y Artificial en la Costa Norte del Río de la Plata.
I° Congreso de Sedimentología y Medio Ambiente. Asoc. Arg. Sed. 7-8. Buenos Aires.

KOKOT, R.R., 1997.

Transporte litoral en la costa bonaerense comprendida entre el frente del Delta del Paraná y Río Santiago.
Primer Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente. Buenos Aires. Resumen, p 3-4.

NACIONES UNIDAS, 1983.

Tecnologías para el Control de la Erosión Costera.
Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Internacionales. Subdivisión de Economía y Tecnología Oceánicas. Nueva York. 142 pp.

RICHTER, P. Y J.O. CODIGNOTTO, 1997.

Erosión, Transporte y Sedimentación en la Costa del Río de la Plata. Argentina.
Primer Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente. Buenos Aires. Resumen, p 7-8.



Geología aplicada a la ingeniería y al ambiente en el proyecto aliviador de aguas pluviales Cildáñez, Ciudad de Buenos Aires

Di Salvo, Carlos A.

Resumen

La ciudad de Buenos Aires presenta distintas zonas inundables, una de ellas es consecuencia de las crecidas del arroyo Cildáñez situado en el sudoeste del ejido urbano capitalino y que tiene sus nacientes en el Partido de La Matanza, en la Provincia de Buenos Aires.

El Estado Nacional proyectó una obra, actualmente en construcción, denominada Aliviador de aguas pluviales: ALIVIADOR CILDAÑEZ, que tiende a suprimir este grave impacto de carácter periódico. Esta es una importante obra, principalmente subterránea, excavada con TBM, de aproximadamente ocho kilómetros de longitud que se desarrolla casi íntegramente en el subsuelo de la Avenida General Paz, circunvalación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

En este trabajo, se analizan las alteraciones en los procesos del medio ambiente físico más significativos, que puede producir la mencionada obra. En especial los procesos a que se hace referencia están vinculados a los geomateriales (suelos) y a las aguas tanto superficiales como subterráneas.

1. INTRODUCCION

Esta publicación constituye parte de un trabajo de investigación trienal, financiado por UBACyT, en el que se intentará poner de manifiesto las alteraciones que puedan presentar los geomateriales involucrados (fundamentalmente los suelos) y también las aguas superficiales y subterráneas, en un proyecto urbano de envergadura, el Aliviador de aguas pluviales de la Cuenca del Arroyo Cildáñez.

La Metodología está basada fundamentalmente en las investigaciones realizadas, a partir de 1992, en el Instituto de Pesquisas Tecnológicas de San Pablo (IPT) por

Nilton Fornasari Filho y colaboradores de la División Geología Aplicada y Mecánica de Rocas del IPT.

Está organizado en tres unidades temáticas principales, la primera de ellas - apartado 1 - es una exposición simplificada de la Metodología que se utiliza en el mismo. En ésta se ponen en evidencia las relaciones que existen entre los *Procesos del Medio Físico y los Procesos Tecnológicos* que involucra cada obra.

En la segunda - apartado 2 -, se hace una introducción a la obra Aliviador Cildáñez en lo que concierne a su finalidad y a los criterios básicos del diseño. En su parte esencial se desagregan las principales actividades tecnológicas de cada actividad correspondiente a cada obra (canales, túneles, etc.).

En la tercera unidad - apartado 3 - se lleva a cabo el planteo esencial del Proyecto de Investigación, es decir la

Recibido: 7 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 18 de Mayo de 1999

Departamento de Ciencias Geológicas. Universidad de Buenos Aires.

Departamento de Ingeniería Civil. UTN, Regional Buenos Aires. Simbrón 3982 (1417) Ciudad de Buenos Aires.

identificación y el análisis de los procesos del medio físico que pueden ser alterados por la acción de las construcciones necesarias para la obra.

2. ESTUDIOS APLICADOS

AL MEDIO AMBIENTE FÍSICO

El medio ambiente físico involucra a los componentes predominantemente abióticos, tales como los suelos y las rocas, el aire, las aguas superficiales y subterráneas y los tipos naturales de energía: gravitacional, solar, energía interna de la Tierra, incluyendo las modificaciones de las mismas producto de la acción antrópica.

Es bien sabido que el estudio del medio ambiente debe ser abordado en forma integral, por lo que dividirlo en biótico o abiótico, por ejemplo, tiende a sectorizar las incumbencias pero también los problemas y las soluciones. No obstante esta importante premisa, esta publicación, por razones de especialidad, está relacionada con las alteraciones que puedan sufrir los componentes fundamentalmente abióticos, tales como: suelos, aguas superficiales y aguas subterráneas, fundamentalmente.

2.1. Análisis de los procesos del medio físico

Los *procesos del medio físico* consisten en una serie de fenómenos con relaciones de causa y efecto, que resultan de la interacción entre los componentes materiales y los tipos de energía que son provocadas o "catalizadas" por *agentes físicos, químicos, biológicos ó antrópicos*, en un determinado ambiente. Se consideran a estos procesos tales como son antes de la implantación de un determinado proyecto.

Los elementos de un determinado proceso, pueden dividirse en: **Esenciales:** son los componentes materiales (geomateriales, aguas y aire) y los tipos de energía: gravitacional, hidráulica, eólica, etc.) y **Reguladores:** son los agentes químicos, físicos, biológicos o humanos, además de otros procesos.

Tanto los elementos esenciales como los reguladores son los elementos interactivos del proceso. El concepto de proceso del medio físico, difiere del concepto morfogenético como proceso esencialmente formador del relieve, en el sentido de Penck, ya que involucra a los fenómenos con causas no naturales, a escala de tiempo humanos.

La secuencia metodológica que se sigue en este proyecto es genéricamente la siguiente:

- a) *Identificación de los procesos del medio físico que predominan en el ambiente.*

Se trata de un análisis preliminar, basado principalmente en la observación. Una vez que han sido verificados los procesos existentes, en un determinado

ambiente, se destacan aquellos que son *predominantes*. Se trata, asimismo, de un análisis secuencial en el que si bien, en una primera etapa, pueden no ponerse en evidencia ciertos procesos, el interrelacionamiento de los mismos (en la que la acción de uno pudiera estar regulada por la de otro/s) puede ponerlos en evidencia posteriormente.

- b) *Análisis de los procesos del medio físico.*

Consiste en la identificación de los principales elementos interactivos y sus factores condicionantes como así también la selección de los parámetros de estos factores.

- c) *Identificación de los principales elementos interactivos.*

En un principio, es necesario diferenciar los elementos interactivos esenciales y reguladores. Como ejemplo puede citarse la erosión de suelos por aguas superficiales. En este caso, los *esenciales* son el suelo como geomaterial y la fuerza de gravedad como tipo de energía, y los *reguladores* las lluvias, el escurrimiento de las aguas de superficie y el movimiento de las aguas subsuperficiales.

- d) *Identificación de los factores condicionantes de cada elemento interactivo.*

- e) *Selección de los parámetros de los factores condicionantes.*

3. LAS ACTIVIDADES

MODIFICADORAS DEL MEDIO FÍSICO

Y PROCESOS TECNOLÓGICOS CONSIDERADOS

Se entiende como tal a toda actividad humana (obra civil, actividad agrícola, minera y otras formas y ocupación del suelo) que altera procesos, propiedades o características físicas, químicas o biológicas o interfieren en los usos preexistentes de un determinado ambiente. Este es un concepto que deriva de la legislación ambiental a nivel mundial. Estas actividades, tienen dos etapas características, que son :

- Implantación o construcción.
- Operación ó explotación y mantenimiento.

Las principales actividades modificadoras relacionadas con el Proyecto Aliviador Cildáñez, son las siguientes: *Construcción de Canales. Construcción de Túneles.*

3.1. La cuenca del A° Cildáñez y las inundaciones en la Ciudad de Buenos Aires y alrededores

El A° Cildáñez es tributario por la margen izquierda del río Matanza o Riachuelo.

Su cuenca ocupa 1.474 has de los 2.100 km² que tiene la del Matanza. Los datos pluviométricos promedio en

ésta última, son: Precipitación media anual 1009 mm, precipitación máxima media diaria 131,3 mm, máxima diaria puntual 148 mm, máxima media para 48 horas : 157,5 mm, máxima media para 72 horas 218,3 mm.

Según *Yrigoyen*, “este importante afluente del río Matanza, al llegar a la zona baja se tornaba difuso y divagante entre bañados y lagunas semilunares. Estas zonas tan bajas están naturalmente condenadas a frecuentes inundaciones, ya sean por crecidas del estuario o por lluvias torrenciales. En ambos casos, las aguas rebalsan los cauces actuales y se derraman en las planicies aluviales ocupando los antiguos cauces mayores de inundación”.

Para solucionar este problema recurrente de inundaciones de las zonas bajas, el Estado Nacional, decidió la construcción del Aliviador de aguas pluviales del A° Cildañez.

Se definió la tormenta de diseño para 60, 90 y 120 minutos para una precipitación de 25 años de recurrencia. En estas condiciones, los caudales al final del conducto, resultaron ser de 107 m³/s para un hietograma de 60 minutos y una intensidad de 65 mm/hora; 103 m³/s para un hietograma de 90 minutos y una intensidad de 50 mm/hora y 106 m³/s para un hietograma de 120 minutos y una intensidad de 41 mm/hora.

Finalmente, se tomó como caudal de diseño 110 m³/s para el tramo del conducto aliviador desde la Autopista Richieri hasta la desembocadura en el Río de la Matanza ó Riachuelo.

3.2. Descripción general de la obra

Esta se extiende íntegramente a la vera de la Avenida Gral. Paz, generalmente del lado Provincia de Buenos Aires, en el Partido de La Matanza. La longitud total del conducto principal es de 8401,68 metros de los cuales un 80% será excavada como túnel y el resto como canal a cielo abierto. Se inicia con la embocadura en las inmediaciones de Avenida General Paz y Mosconi (Provincia) y Emilio Castro (Capital Federal) y finaliza en la

margen izquierda del Riachuelo, aguas abajo del Puente de la Noria. Ver Fig. 1. UBICACIÓN GENERAL DE LA OBRA.

Las secciones excavadas según el tipo de obra (túneles y canal), tienen las siguientes longitudes y diámetros: Ver Figura 2. ALIVIADOR CILDAÑEZ COMPOSICIÓN DE OBRAS.

Sección 1: desde embocadura a progresiva 1948 m. Tipo de obra: 1 conducto en túnel de 2,80 metros de diámetro.

Sección 2: de progresiva 1964 a progresiva 5953 m. Tipo de obra: 1 conducto en túnel de 4,40 metros de diámetro.

Sección 3: de progresiva 5953 m. a progresiva 6873 m. Tipo de obra: 2 conductos en túnel de 4,40 metros de diámetro cada uno.

Sección 4: de progresiva 6873 m. a progresiva 8485 m. (Riachuelo). Tipo de obra: Canal a cielo abierto.

Con la finalidad de captar la escorrentía de pequeños arroyos tributarios al curso principal se realizan captaciones secundarias (conductos secundarios) que totalizan unos 2200 metros lineales de obra, excavados a cielo abierto como canales.

3.3. Principales Procesos Tecnológicos de las obras

Las obras descriptas “up supra” se denominan ACCIONES, en la Metodología. Estas ACCIONES comportan determinados PROCESOS TECNOLÓGICOS que son las tareas (ítems) que es necesario desarrollar para construir cada una de las obras. En el cuadro 3.3.1. se han identificado los principales procesos tecnológicos o constructivos de la ACTIVIDAD CANALES y en el 3.3.2 de la : ACTIVIDAD EXCAVACIONES SUBTERRANEAS (TUNELES).

Al momento de la edición de esta publicación el avance físico de la obra era del 30% del total previsto.

CUADRO 3.3.1. ACTIVIDAD CANALES

FASE	PROCESO CONSTRUCTIVO O TECNOLÓGICO	
IMPLANTACION O CONSTRUCCION	MOVIMIENTO DE SUELOS	<ul style="list-style-type: none"> • excavación del canal en seco (retroexcavadora) • construcción de derivación de arroyos secundarios • disposición de materiales de excavación (escombreras)
	REVESTIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • protección de los taludes de excavación. • Hormigonado de celdas rectangulares. • instalación de drenes. • interacción con interferencias (cañerías de agua, ductos de gas, etc.)
FUNCIONAMIENTO	UTILIZACION DEL CANAL	<ul style="list-style-type: none"> • escurrimiento de agua en el curso rectificado • erosión en la descarga (Riachuelo)
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO	<ul style="list-style-type: none"> • control de la sedimentación • limpieza de drenes • control del nivel freático • mantenimiento de los hormigones • mantenimiento de obras de control • monitoreo de la erosión de la descarga en el Riachuelo.

CUADRO 3.3.2. ACTIVIDAD TUNELES

FASE	PROCESO CONSTRUCTIVO O TECNOLÓGICO	
IMPLANTACION O CONSTRUCCION	EXCAVACIONES SUBTERRANEAS	<ul style="list-style-type: none"> • excavación de pozos de acceso y de maniobras • excavación del túnel con máquina tunelera • excavación del túnel en forma manual y pre revesti miento de shotcrete. • excavación por medio de la técnica de túnel linner • disposición de materiales de excavación (escombreras) • interacción con interferencias (cañerías, ductos de gas, etc)
	REVESTIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • colocación de pre revesti miento (dovelas) • colocación de revesti miento definitivo • inyecciones • instalación de drenes.
FUNCIONAMIENTO	UTILIZACION DEL TUNEL	<ul style="list-style-type: none"> • escurrimiento de agua en el túnel • erosión interna
	MANTENIMIENTO PREVENTIVO O CORRECTIVO	<ul style="list-style-type: none"> • control de la subsidencia: auscultación • limpieza de drenes. • control del nivel freático. • mantenimiento de los hormigones • mantenimiento de obras de control

4. ANALISIS DE LOS PROCESOS DEL MEDIO FÍSICO

4.1. Geomorfología y Geología del área de estudio

En la Figura N° 3 GEOMORFOLOGIA se observan, a nivel local, cinco rasgos morfológicos de importancia; éstos son:

La primera meseta (nomenclatura local): Situada entre progresivas 0 m y 2.735 m del desarrollo de la obra principal. Está situada a una cota promedio de 22,60 IGM, es relativamente plana, poco disecada está íntegramente formada por Sedimentos Pampeanos correspondientes a las Formaciones Buenos Aires y Ensenada.

La segunda meseta: Situada entre progresivas 2735 m y 5630 m, su cota promedio de 20 metros IGM, ondula y disecada por pequeños afluentes del primitivo Arroyo Cildáñez e íntegramente formada por Sedimentos

Pampeanos correspondientes a las Formaciones Buenos Aires y Ensenada.

El cauce (boy entubado) del A° Cildáñez: Entre progresivas 2735 m y 3400 m, y a una cota promedio de 16 metros IGM.

La primera terraza del Riachuelo: Entre progresivas 5630 m y 7400 m, situada a una cota promedio de 11 metros IGM, constituida por Sedimentos Pampeanos y Post Pampeanos de la Formación Luján.

La planicie aluvial del Riachuelo (incluye el antiguo cauce): entre los 7400 m y 8000 m a una cota promedio de 5 metros IGM, constituida por Sedimentos Post Pampeanos, depósitos del cauce actual, barros de origen antrópico, etc.

Las características geológicas principales de las Formaciones que anteriormente se han descripto se resumen en el siguiente cuadro estratigráfico:

PERIODO	FORMACIONES	DESCRIPCION
Holoceno	Post Pampeano: Formación Luján Y La Plata	Limos y arcillas de colores gris y verdosos, producto de intrusiones marinas que inundó el estuario del Plata. Se las encuentra en los valles de los ríos como el Riachuelo y depresiones interiores y zonas costeras del Río de la Plata.
Pleistoceno	Pampeano: Formaciones Ensenada y Buenos Aires	Limos y loess que abarcan gran parte de la llanura Chaco Pampeana, con potencias que varían entre 15 y 30m, hasta 100m. Su color predominante es castaño rojizo
Plioceno	Formación Puelches	Secuencia de arenas cuarzosas, castaño amarillentas a blanquecinas, que constituyen el principal recurso de aguas subterráneas de la región. Profundidad entre 15 y 120m. Espesor entre 20 y 40m.
Mioceno Superior	Formación Paraná	Arcillas verdes azuladas con intercalaciones de areniscas varicolores. Profundidad – 90m y – 50m b.n.m.
Mioceno Inferior – Oligoceno	Formación Olivos	Areniscas y arcillas de color castaño a rojo. Profundidad –240 m b.n.m.
Precámbrico	Basamento Cristalino	Rocas antiguas plutónicas, cuarcitas y otras. Profundidad : de – 286 m a – 450 m b.n.m.

4.2. Descripción geotécnica de la obra

Constituye la base para obtener los parámetros para los cálculos de estabilidad de las excavaciones y a su vez, es necesaria para obtener los parámetros de los factores esenciales de los elementos interactivos del/los proceso/s del medio físico que constituyen la parte esencial de la Metodología de este Publicación.

La información geotécnica se basa fundamentalmente en: 53 sondeos realizados en la etapa de proyecto, por la empresa EBIC (1994) y 19 sondeos en la etapa pre-constructiva, realizados por NADEO y asociados en 1997. A manera de resumen, se puede consignar, para las diferentes obras las siguientes características geotécnicas promedio:

1 TÚNEL DE 2,80 M

Progresivas	100 m – 1965 m
Tapada máxima	6,50
Tapada mínima	3,00
Tapada media	4,76
Tipo de suelo predominante	MH
Formación geológica	Sedimentos pampeanos: limos calcáreos, sobreconsolidados por desecación, de coloración castaña
Geomorfología	Primera meseta
Ensayo SPT (N° de golpes) máximo	20
Ensayo SPT (N° de golpes) mínimo	11
d media en T/m ³	1,43
Cu (media) en kg /cm ²	0,57
u (media) en °	11
Es (obtenido por correlación en T /m ²)	Sin datos
Cota del nivel freático	Sin datos

1 TÚNEL DE 4, 40 M

Progresivas	1970 m – 5953 m
Tapada máxima	12,50
Tapada mínima	2,60
Tapada media	7,35
Tipo de suelo predominante	ML
Formación geológica	Sedimentos pampeanos: limos calcáreos, sobreconsolidados por desecación, de coloración castaña
Geomorfología	Primera y Segunda meseta
Ensayo SPT (N° de golpes) máximo.	> 50
Ensayo SPT (N° de golpes) mínimo	14
d media en T/m ³	1,43
Cu (media) en kg /cm ²	1,20
u (media) en °	16
Cota del nivel freático	Entre 3, 30 y 10,60

2 TÚNELES DE 4, 40 M

Progresivas	5953 m – 6873 m
Tapada máxima	4,60
Tapada mínima	3,50
Tapada media	4,00
Tipo de suelo predominante	CL/ML
Formación geológica	Sedimentos postpampeanos: Formación Luján ¿ transicional al Pampeano?
Geomorfología	primera terraza del Riachuelo
Ensayo SPT (N° de golpes) máximo.	30
Ensayo SPT (N° de golpes) mínimo	19
d media en T/m ³	1,43
Cu (media) en kg /cm ²	0,66
u (media) en °	13
Cota del nivel freático	Sin datos

CANAL A CIELO ABIERTO

Progresivas	6873 m – 8485 m
Tapada máxima	SIN TAPADA
Tapada mínima	SIN TAPADA
Tapada media	SIN TAPADA
Tipo de suelo predominante	CL/ML
Formación geológica	Sedimentos postpampeanos, sedimentos aluviales y barro antrópicos
Geomorfología	planicie aluvial actual y a antiguos cauces del Riachuelo.
Ensayo SPT (N° de golpes) máximo.	25
Ensayo SPT (N° de golpes) mínimo	3
d media en T/m ³	Sin datos
Cu (media) en kg /cm ²	0,46
u (media) en °	12
Cota del nivel freático	0,50 – 0,80

4.3. Identificación de los procesos del medio físico más importantes de cada ambiente.

Obra a cielo abierto (Canales): Circulación de partículas en la atmósfera.

Deslizamiento de taludes en las excavaciones, expansión de suelo, erosión hidráulica, escurrimiento de aguas superficiales y subterráneas.

Obra Subterránea (Túneles): Subsistencia, erosión hidráulica, escurrimiento de las aguas subsuperficiales y subterráneas.

4.4. Análisis de los procesos del medio físico más importantes en la cuenca del Arroyo Cildáñez en la construcción de CANALES.

4.4.1. Circulación de partículas de suelo en la atmósfera.

Corresponde al movimiento por acción meteorológica. Este proceso es alterado, ya que los geomateriales (suelos del Pampeano) extraídos de las excavaciones y son depositados transitoriamente en montículos (escombros) a vera de la Avenida General Paz.

CUADRO 4.4.1.

ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		FACTORES CONDICIONANTES DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO	PARAMETROS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL PROCESO
ESENCIALES	Suelo	Permeabilidad al aire	Textura, profundidad, contenido de agua, estado de agregación, coeficiente de permeabilidad.
	Calor solar	Oscilaciones térmicas	Patrones estacionales o periódicos de oscilación térmica.
REGULADORES	Cobertura natural	Vegetación	Tipo de vegetación y densidad de la cobertura vegetal
	Lluvias	Pluviometría	Patrones estacionales o periódicos de intensidad, duración y frecuencia
	Vientos	Intensidad, duración, frecuencia y dirección.	Patrones estacionales de Intensidad, duración, frecuencia y dirección
	Otros procesos	CIRCULACIÓN DE AGUA EN EL AIRE INTERACCIONES FÍSICO – QUÍMICAS EN EL AGUA, EN EL SUELO ESCURRIMIENTO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES CIRCULACION DE PARTÍCULAS EN LA ATMOSFERA	

Estos son transportados por el viento como material particulado. Ciertos parámetros de los mismos como cohesión, porosidad, densidad, etc. cambian drásticamente debido a las tareas de excavación y depositación artificial. Ver cuadro 4.4.1.

4.4.2. Deslizamiento de taludes en las excavaciones.

El mismo consiste en el movimiento rápido de masas de suelo, de volumen definido, cuyo centro de gravedad se disloca para abajo y para afuera de un talud. En este caso por la naturaleza del suave relieve de la región pampeana y con mayor énfasis en zonas urbanizadas las principales inestabilidades sólo pueden producirse en los cortes artificiales (alturas hasta 15 metros) para las excavaciones de los canales y pozos de maniobra. Ver cuadro 4.4.2.

4.4.3. Expansión del suelo.

Todos los suelos tienen capacidad de cambiar su volumen en presencia de agua (en especial en ciclos de saturación - secado), pero la cuantía de la misma depende

fundamentalmente del tipo de arcillas que puedan estar presentes. Este aumento de volumen pueden tener consecuencias muy graves en obras civiles, tales como: levantamiento de estructuras, rupturas de revestimientos, desmoronamientos (en túneles). Ver cuadro 4.4.3.

4.4.4. Erosión hidráulica.

Consiste en la desagregación y remoción del suelo por la acción conjunta de las aguas que precipitan y/o escurren y de la gravedad. Este proceso se acelera cuando una actividad modificadora (proceso tecnológico) destruye la trama del suelo ya sea por el producto de excavaciones, compactaciones, realización de rellenos, etc. Ver cuadro 4.4.4.

Puede ser importante en el caso que fuertes lluvias erosionen los taludes casi verticales de las excavaciones o los montículos formados por los depósitos de material producto de las excavaciones. Ambas son situaciones transitorias y son alteraciones que pueden producirse durante la construcción y no durante la explotación de la obra en sí.

CUADRO 4.4.2.

ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		FACTORES CONDICIONANTES DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO	PARAMETROS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL PROCESO
ESENCIALES	Material: suelo	Resistencia mecánica (al corte) de las estructuras	Cohesión, ángulo de fricción interna, contenido de humedad, actitud de las estructuras
		Características geométricas del talud	Inclinación y altura del talud.
	Energético Gravedad		Constante
REGULADORES	Lluvia	Pluviometría	Patrones estacionales o periódicos de intensidad, duración y frecuencia. Registro histórico de lluvias
	Calor solar	Oscilaciones térmicas	Patrones estacionales o periódicos de oscilación térmica.
	Vegetación	Cobertura vegetal	Tipo y densidad de la cobertura vegetal
	Otros procesos	MOVIMIENTO DE AGUAS SUBSUPERFICIALES EROSION HIDRAULICA ESCURRIMIENTO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES PROCESOS PEDOGENETICOS	

CUADRO 4.4.3.

ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		FACTORES CONDICIONANTES DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		PARAMETROS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL PROCESO
ESENCIALES	Suelo	Composición mineralógica, micro y macro estructuras, tamaño de los granos, consolidación y/ compactación, permeabilidad.		Tipo de mineral de arcilla estructura y catión de intercambio presente, cantidad de la fracción arcilla, tenor de humedad y densidad seca al inicio del proceso de expansión, coeficiente de expansión, expansividad.
	Agua	Balance hídrico (precipitaciones, escurrimiento, etc.), composición química del agua		Volúmenes y concentración de iones disueltos en el agua
REGULADORES	Temperatura	Oscilaciones térmicas		Patrones estacionales o periódicos de oscilación térmica.
	Lluvias	Pluviometría		Patrones estacionales o periódicos de intensidad, duración y frecuencia.
	Otros procesos	MOVIMIENTO DE AGUAS SUBSUPERFICIALES INTERACCIONES FÍSICO – QUÍMICAS EN EL AGUA, EN EL SUELO SUBSIDENCIA - CAIDA DE DETRITOS CARSTIFICACIÓN – PROCESOS PEDOGENÉTICOS		

CUADRO 4.4.4.

ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		FACTORES CONDICIONANTES DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		PARAMETROS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL PROCESO
ESENCIALES	Material: Suelos y rocas friables	Propiedades intrínsecas	Textura, estructura y permeabilidad	Erodabilidad
		Propiedades extrínsecas	Pendiente del terreno	Angulo de inclinación de las pendientes
		Superficie del terreno		Densidad de la cobertura vegetal Uso, manejo y conservación
	Energético Gravedad			Constante
REGULADORES	Lluvia	Pluviometría		Erosividad
	Otros procesos	MOVIMIENTO DE AGUAS SUBSUPERFICIALES ESCURRIMIENTO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES		

4.4.5. *Escurrecimiento de aguas superficiales.*

Las principales alteraciones a este proceso, se dan por el movimiento de suelos que modifican las características topográficas del terreno, los horizontes superficiales y la cobertura. Obviamente las edificaciones en áreas urbanas, aumentando el escurrecimiento y produciendo obstáculos en el flujo del agua. Las consecuencias de la alteración se evidencian en: erosión, inundaciones, cambios en la di-

námica de las aguas subterráneas, entre otras.

Si bien la obra Aliviador Cildáñez, es una obra con una finalidad claramente identificada como moderadora de inundaciones, en el momento de su construcción, puede ocasionar alteraciones (sobre todo con intensas lluvias) tales como endicamientos parciales, cambios en la piezometría, etc. Ver cuadro 4.4.5.

CUADRO 4.4.5.

ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		FACTORES CONDICIONANTES DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		PARAMETROS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL PROCESO	
ESENCIALES	Material	Suelos	Propiedades intrínsecas	Consistencia, tamaño y peso de las partículas, cohesión	Granulometría, densidad, contenido de humedad, índices de consistencia y cohesión.
			Propiedades extrínsecas	Cobertura natural	Tipo de vegetación y densidad de la cobertura vegetal
		Agua	Balance hídrico (precipitación, Evapotranspiración, escurrecimiento superficial, infiltración)		Volúmenes
		Energético Gravedad			Constante
REGULADORES		Lluvias	Pluviometría		Patrones estacionales o periódicos de intensidad, duración y frecuencia
		Otros procesos	MOVIMIENTO DE AGUAS SUBSUPERFICIALES INUNDACIÓN CIRCULACION DE AGUA EN EL AIRE		

4.4.6. *Escurrecimiento de aguas subterráneas.*

La alteración de este proceso puede darse por la modificación de uno o mas mecanismos básicos del ciclo hidrológico: infiltración, escurrecimiento, etc. pudiendo aumentar o disminuir la cantidad de agua o modificar su

comportamiento. Es importante destacar que cualquier obra (canales, túneles, etc.) tal como las planteadas en el caso de este proyecto, constituyen un dren artificial que puede cambiar el régimen anterior del escurrecimiento. Ver cuadro 4.4.6.

CUADRO 4.4.6.

ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		FACTORES CONDICIONANTES DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO	PARAMETROS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL PROCESO	
ESENCIALES	Material	Suelos	Propiedades físicas e hidráulicas	Humedad másica (g de H ₂ O /suelo); humedad volumétrica (cm ³ de H ₂ O / cm ² suelo. Conductividad hidráulica (saturada y no saturada). Infiltración. Retención de agua en el suelo. Textura y porosidad- Capacidad de almacenamiento de agua
		Agua	Propiedades físicas y composición química	Mineralización (sólidos disueltos), pH, temperatura
	Energético Gravedad		Constante	
REGULADORES	Lluvias	Pluviometría	Patrones estacionales o periódicos de intensidad, duración y frecuencia	
	Otros procesos	MOVIMIENTO DE AGUAS SUBSUPERFICIALES CIRCULACION DE GASES EN SUELOS Y ROCAS		

4.5. Análisis de los procesos del medio físico más importantes en la cuenca del Arroyo Cildáñez en la construcción de OBRA SUBTERRANEA.

4.5.1. Subsistencia.

El proceso consiste en la deformación o desplazamiento en sentido esencialmente vertical y descendente, generalmente verificada en los cimientos de fundaciones.

El término colapso se identifica con movimientos

bruscos en sentido vertical y descendente. Pueden verificarse fenómenos de subsidencia como producto de las excavaciones subterráneas del aliviador. Esta puede ser muy importante en áreas urbanas y puede constituir una externalidad no deseada del proyecto. La misma puede producirse por deformación de suelos superficiales afectados por la excavación misma o bien como producto de arrastre de partículas a raíz de un cambio en el gradiente de las aguas subterráneas. Ver cuadro 4.5.1.

CUADRO 4.5.1.

ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO		FACTORES CONDICIONANTES DE LOS ELEMENTOS INTERACTIVOS DEL PROCESO	PARAMETROS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DEL PROCESO	
ESENCIALES	Material	Suelos	Consistencia, porosidad, permeabilidad	Cementación, tenor de humedad, coeficiente de permeabilidad, módulo de deformación.
		Energético Gravedad		Constante
REGULADORES	Otros procesos	MOVIMIENTO DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBSUPERFICIALES SEUDOCARSTIFICACIÓN		

Los asentamientos que puedan causar subsidencia será controlada durante la excavación de la obra.

4.5.2. Erosión hidráulica.

Este proceso ya fue comentado en 4.4.4.

4.5.3. Escurrimiento de aguas superficiales y subterráneas.

Este proceso ya fue comentado en 4.4. 5. y 4.4.6. No obstante es importante comentar que el efecto de dren, oportunamente comentado, se hace sentir de una manera mas notable en el caso de túneles. Es asimismo importante detectar si este cambio en la dinámica de las aguas subterránea puede producir erosión interna (piping) de las partículas mas finas del suelo.

Este proceso de erosión interna está a su vez relacionado con el proceso de subsidencia, tal como ha sido mencionado en 4.5.1.

Otro problema que puede presentarse es el ascenso del nivel de agua subterránea agua arriba del túnel, debido a obstáculos (drenaje insuficiente) al escurrimiento en dirección perpendicular al eje. Este ascenso, según Marinós 1997, puede producir los siguientes efectos adversos.

- Reducción de la capacidad portante de las fundaciones superficiales.
- Desarrollo de subpresiones debajo de las losas de fundación.
- Posible ascenso del suelo debido a la reducción de tensiones efectivas causadas por el incremento de la presión de poros.
- Expansión de rellenos compactados bajo fundaciones superficiales.
- Posible colapso del terreno en áreas con suelos colapsables.

- Asentamiento de suelos de relleno con baja compactación.
- Erosión interna (pipping) que puede afectar a ductos de servicios, obras viales, edificaciones, etc.
- Necesidad de un incremento de drenajes en excavaciones temporarias.
- Propagación de contaminantes previamente contenidos en las napas superficiales.

5. CONCLUSIÓN

En los estudios previos a la construcción de la obra no se realizó un Estudio Técnico de Evaluación de Impactos Ambientales, incluso en el momento de la realización del Proyecto (Agosto de 1994) no existía un marco legal concreto ni en la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires ni en la Ciudad de Buenos Aires.

Es por esta razón que este trabajo tiende a cubrir una necesidad que es identificar las alteraciones en el medio ambiente físico que se van produciendo a medida que la obra se construye. Por esta razón, se han realizado los siguientes trabajos con las proyecciones que a continuación se informan:

- a) se han identificado y analizado los diferentes procesos del medio físico en relación con la obra Aliviador Cildáñez.
- b) en transcurso de la construcción de la obra deben realizarse mediciones que pondrán en relieve que importancia tienen estos procesos tanto en la construcción de la obra en sí como en el ambiente físico circundante y
- c) se analizará si existe una alteración de estos procesos y si la misma constituye un impacto.

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

HERZ E.G. 1979.

Historia del agua en Buenos Aires. Cuadernos de Buenos Aires.
Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires. Cuaderno N° 54, 65 pp. Buenos Aires.

NUÑEZ E. 1986.

Geotechnical conditions in Buenos Aires City.
Proceedings 5° Congreso Internacional de la IAEG. Vol. 4 pp. 2623 -2630. Buenos Aires.

BITAR Y.O. 1990.

O meio físico em estudos de Impacto ambiental IPT
Boletim N° 56, 23 pp. San Pablo.

FORNASARI N. ET AL, 1992.

Alterações no meio físico decorrentes de obras de enghenaria IPT
Boletim N° 61 165 pp., San Pablo.

- BITAR Y.O. (COORDINADOR), 1992
3er CURSO Geología de Ingeniería Aplicada a problemas ambientales
AGAMA-DIGEM, San Pablo.
- YRIGOYEN M. 1993.
Morfología y Geología de la Ciudad de Buenos Aires. Evaluación e incidencia geotécnica.
Actas de la Asociación. Arg. de Geología Aplicada a la Ingeniería. Volumen VII.7-39. Buenos Aires.
- M.E.O y S.P.
Red de Accesos a la Ciudad de Buenos Aires Obras de desagües pluviales. Aliviador del A° Cildáñez.
Informe Final; Anexo 2, Vol. 1 Memoria de Cálculo Hidráulico. Inédito. Buenos Aires, 1994.
- EBIC. 1994 .
Proyecto Ejecutivo Aliviador Cildáñez.
Anexo B Relevamiento geotécnico. Fundación Facultad de Ingeniería. Inédito.
- CONESA FERNANDEZ VITORA. 1996.
Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental.
Ed. Mundi Prensa. 399 pp. Madrid.
- IRIBARREN F. 1997.
Evaluación de Impacto Ambiental. Su enfoque Jurídico.
Universo 282 pp , Buenos Aires.
- CANTER L. W. 1997.
Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto.
Mac. Graw Hill. 811 pp. Madrid.
- SEOANEZ CALVO M. 1996.
Ingeniería del medio ambiente, aplicada al medio natural continental.
Coedición Mundi Prensa y Análisis y Trabajos Prospectivos, 691 pp. Madrid.
- MARINOS P.G. KAVVADAS M.J. 1997.
Effects of shallows tunnels on the groundwater table levels.
Boletín IAEG N° 56 pp 61 - 64, Paris.
- NADEO J. 1997.
Aliviador Cildáñez.
Estudio de Suelos N° 1577 Complementarios . Inédito
- SARRA PISTONE R Y PINTO DA CUNHA a. 1998.
The observational method applied to the constructions of road tunnels in rock. 8th.
International Congress of IAEG. Vancouver.
- DI SALVO C. A.
Alteración de geomateriales (suelos y rocas) por acción de las construcciones civiles en el Aliviador Cildáñez.
Universidad de Buenos Aires. Programación Científica 1998 – 2000. Informe parcial N° 1. Inédito pp. 70 Buenos Aires

FIGURA 1: UBICACION GENERAL DE LA OBRA

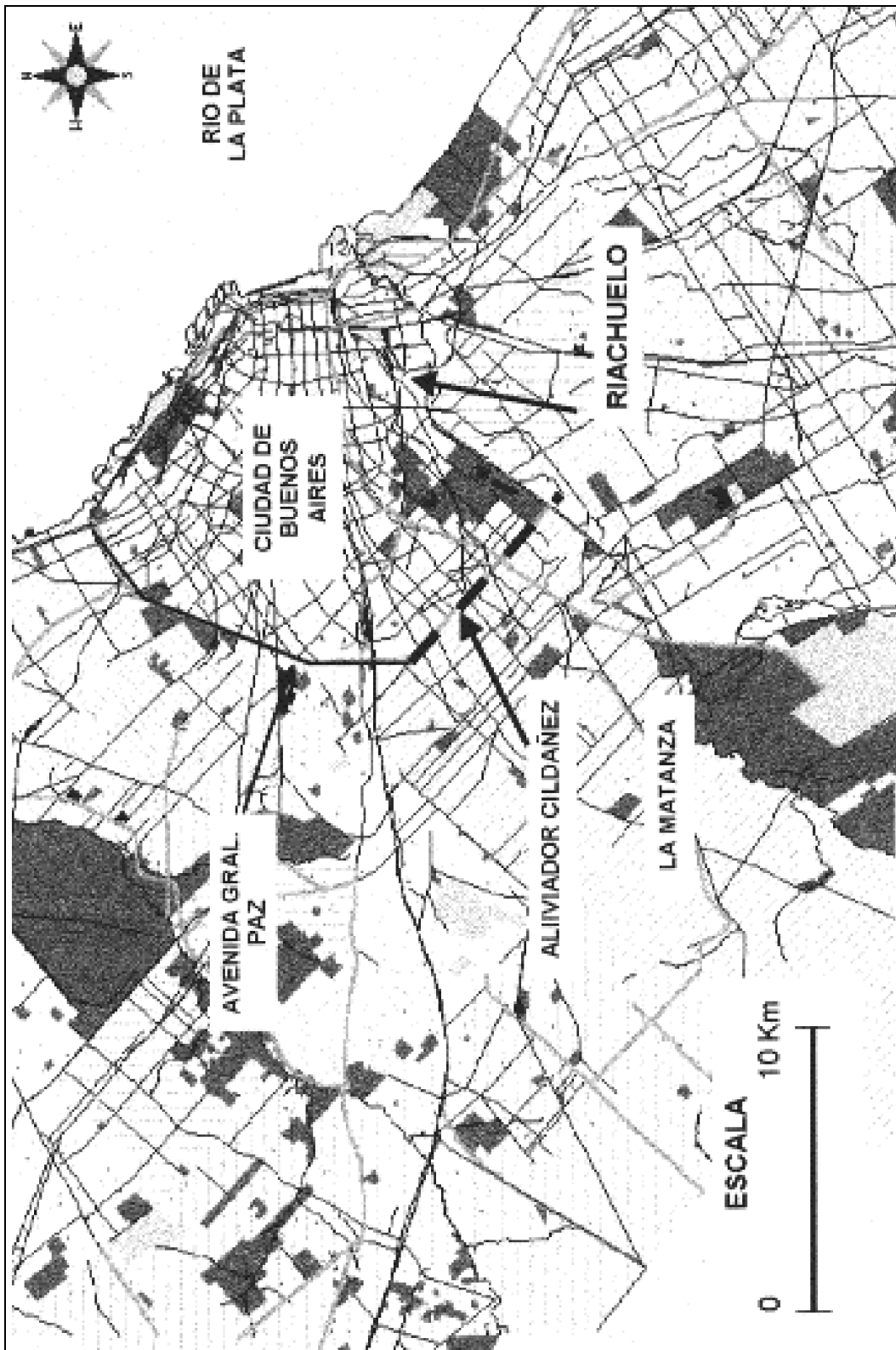


FIGURA 2: ALIVIADOR CILDAÑEZ, COMPOSICION DE OBRAS

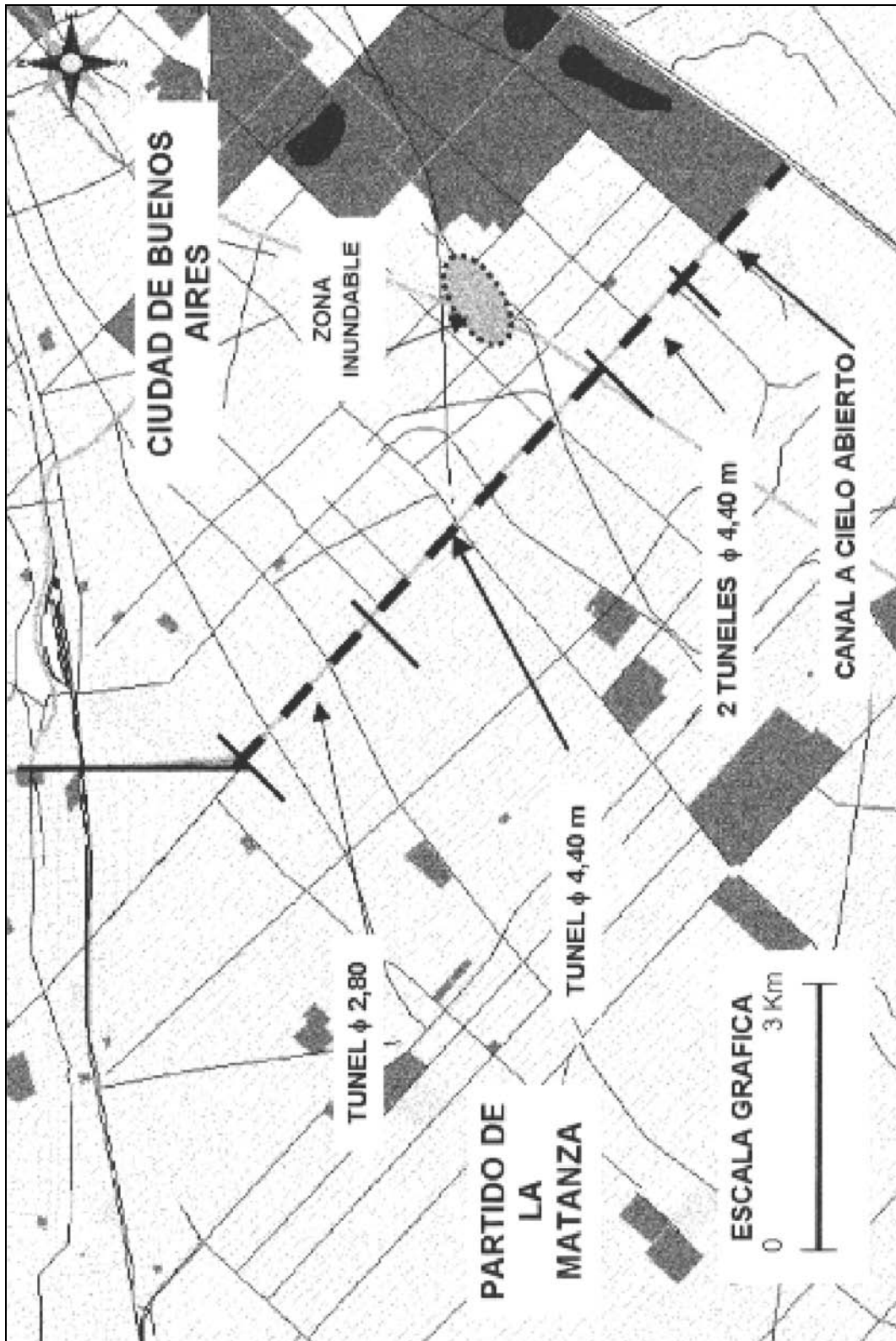
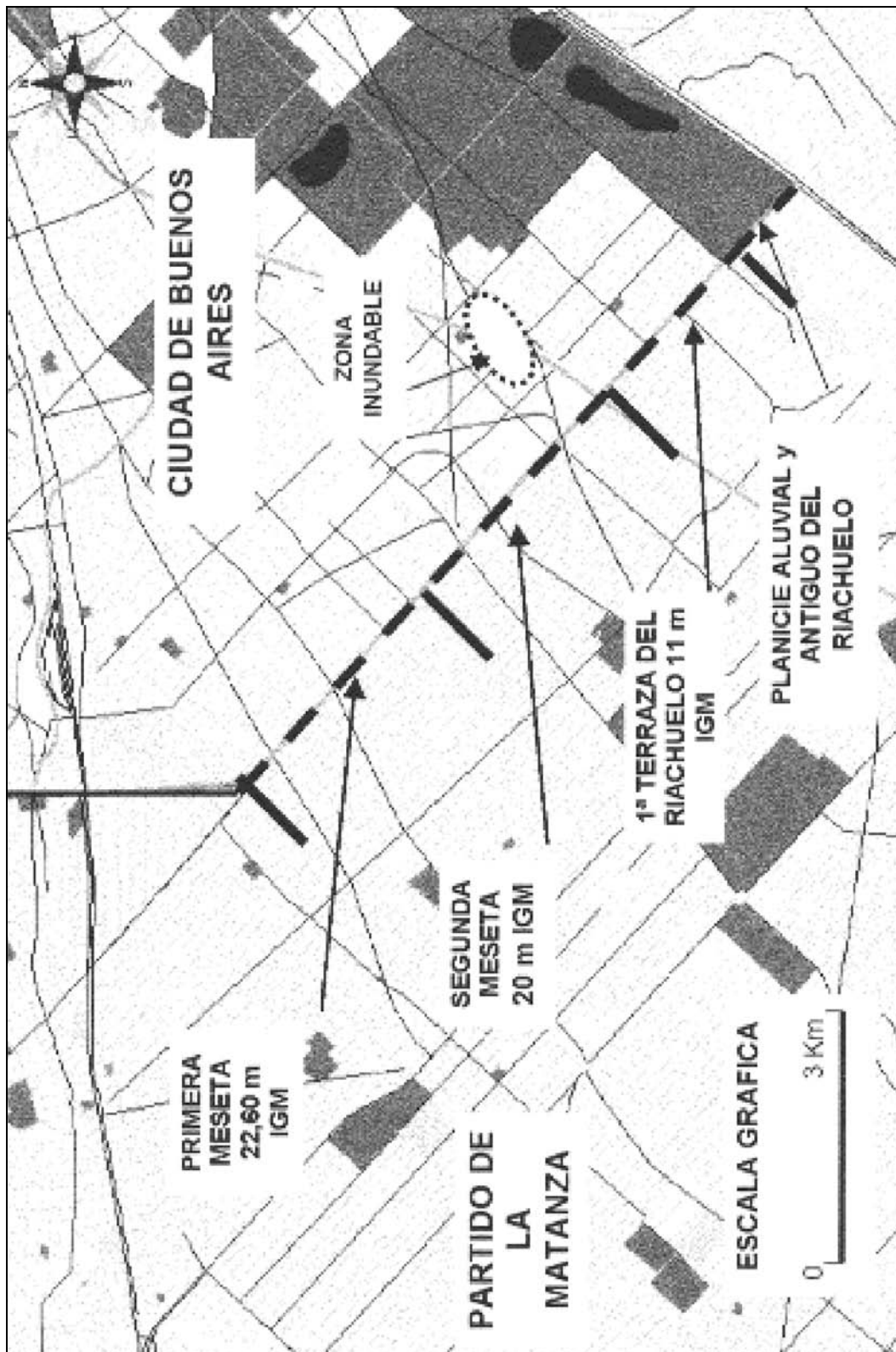


FIGURA 3: GEOMORFOLOGÍA (TERMINOLOGÍA LOCAL)





Modelo preliminar para la evaluación medioambiental de la traza de una tubería usando datos preexistentes y su análisis mediante un sistema de información geográfica

Fernández, Elba - Caló, Jorge - Marcos, Angel - Aldacour, Héctor

Resumen

Se evaluó un modelo preliminar para el análisis de menor incidencia medioambiental en la traza de una tubería utilizando un Sistema de Información Geográfica. Para el desarrollo del modelo se escogió un acueducto. La tubería de 15 km de longitud conectará y llevará agua sin tratar desde la Planta de Tratamiento de Agua, en la parte norte de la ciudad de Bahía Blanca, hasta una planta industrial de fertilizantes en construcción, situada en el Puerto de Ingeniero White, en el área del sur de la ciudad. El modelo desarrollado incorpora datos de longitud de la tubería, topografía, geología, uso de la tierra, caminos, vías férreas, etc., para identificar una traza de menor incidencia medioambiental. Se utilizaron datos preexistentes como base para definir el uso de la tierra y obtener y presentar resultados. En el análisis se usó un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el modelado espacial y la superposición de datos. Se calculó la incidencia medioambiental de los trabajos asociada con condiciones del terreno, geología, y uso de la tierra de una manera relativa. Se compararon las incidencias asociadas a una traza en línea recta entre los extremos de la tubería, aquella calculada con el modelo y la de la ruta real. El camino en línea recta era de 12 km de largo, y la traza de menor incidencia tendría 18 km de largo.

La senda de menor incidencia resulta de evitar principalmente las celdas urbanas, que son las de mayor fricción ambiental contrariamente a lo que ocurre en la ruta de línea recta. Los resultados de este análisis demuestran los beneficios de integrar datos preexistentes con análisis de los SIG como una primera aproximación para la asignación de la traza de la tubería.

1. INTRODUCCIÓN

Durante las obras de tendido del acueducto para suministrar agua a una planta de fertilizantes en construcción, tuvo lugar una serie de reclamos presentados por residentes de la ciudad de Bahía Blanca en distintos medios (gráficos, radiales y televisivos). El objetivo de este trabajo es evaluar la posibilidad de utilizar la información existente y el procesamiento de la misma a través de un Sistema de Información Geográfica, a fin de estudiar una traza de menor incidencia ambiental.

Los estudios preliminares identifican alternativas de trazas viables desde la perspectiva técnica y ambiental permitiendo analizar las ventajas y desventajas de cada traza. La meta es seleccionar un trayecto por donde la construcción del conducto sea técnica, económica y ambientalmente factible.

Distintos autores han estado investigando enfoques innovadores para la planificación de la selección del trazado de tuberías desde el punto de vista del diseño de ingeniería (Carpenter y Callen, 1984; Feldman et al., 1994; Feldman et al. 1995; Ryder, 1987). Este trabajo describe un aporte dirigido hacia la valoración medioambiental para ser utilizado en este tema. El estudio presente demuestra

Recibido: 10 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 20 de Julio de 1999

Departamento de Geología - Univ. Nac. del Sur.
San Juan 670, (8000) Bahía Blanca.

que el objetivo propuesto, puede ser utilizado satisfactoriamente en la elección de la traza de una tubería con la menor incidencia medioambiental. Se utilizó como ejemplo la traza de un acueducto en ejecución, y el área de demostración se encuentra en la ciudad y puerto de Bahía Blanca, Argentina. Se utilizó información ya disponible en mapas geológico ambientales y geológicos ingenieriles del área

El acueducto consta de una tubería de 800 mm de diámetro, que llevará agua no tratada desde la Planta de Tratamiento de Agua (DOSBA) en la parte norte de la ciudad a una planta industrial de fertilizantes, en construcción, en el puerto de Ingeniero White al sur (figura 1). La tubería tiene aproximadamente 15 km de largo. El sistema en su forma totalmente desarrollada será capaz de transportar diariamente 50 mil metros cúbicos de agua (*La Nueva Provincia*, 1998).

La traza actual de la tubería, entre la Planta de Tratamiento de Agua y la planta industrial, fue escogida como la más económicamente atractiva y que además podría completarse en un corto tiempo. Asimismo, el trazado se encuentra completamente dentro de los límites municipales y la mayor parte de su longitud pasa a través de terreno llano. Se desarrolló un ejercicio creando un modelo preliminar que, utilizando datos preexistentes y la tecnología de un SIG, sirviera para investigar un trazado con la menor incidencia medioambiental posible, y que pueda asistir a futuros procesos de elección de rutas para tuberías, tomando en cuenta el costo medioambiental, si se disponen de suficientes datos para ello.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de interés para el proyecto piloto para la traza de la tubería, utilizando datos preexistentes y el SIG está en el extremo oriental de la ciudad de Bahía Blanca dentro de la zona urbanizada (figura 1). El área involucrada a lo largo de aproximadamente 15 km desde la Planta de tratamiento hasta el mar se inicia en una amplia peniplanicie que se extiende hacia el sur, pasando a una zona de faldeo correspondiente a un sector de coluvios-aluvios para continuar con llanura de marea emergida que llega hasta el canal principal de acceso al puerto. Este sector esta compuesto por sedimentos del terciario superior consistentes en limo calcáreo, en general de tipo loésico, con algo de arena y arcilla, y de edad cuaternaria compuestos por arcilla, arena y limos con mantos de calcreta localmente conocida como "tosca".

La planta potabilizadora de agua donde se inicia el acueducto se encuentra al NE de la ciudad de Bahía Blanca, en un sector que se está urbanizando rápidamente con viviendas de tipo residencial. La zona industrial a la cual llega esta obra se encuentra en el S de la ciudad próxima a

la localidad portuaria de Ingeniero White, en una zona de relleno antrópico donde se han instalado el polo petroquímico y otras industrias que han impactado ambientalmente el sector. La línea recta que une los extremos tiene una dirección NE-SO. Las condiciones de urbanización hacia un lado y hacia el otro de la misma son diferentes.

Hacia el O de la línea recta, y muy próximo a la planta potabilizadora, se encuentra el cementerio contiguo a un gran sector forestado que contiene el jardín zoológico de la ciudad. Rodeando este sector y hacia Sur se localiza la parte más antigua de la ciudad, que es la más densamente poblada, la de mayor densidad de viviendas y en la cual las calles en su totalidad se encuentran asfaltadas. Dentro de la zona céntrica se encuentra la estación ferroviaria. En estas condiciones la zona urbanizada se extiende hasta el camino de circunvalación de la ciudad que sirve de acceso a la zona industrial, al polo petroquímico y al puerto de Ingeniero White. La zona industrial es importante por su actividad, pero la densidad edilicia es baja.

Hacia el E de la línea recta se llega al límite de la zona urbanizada hasta una ruta de acceso a la ciudad con amplias calzadas (calle Indiada) paralela a dicha línea. Este sector se está urbanizando rápidamente, pero la densidad de población y de viviendas es más baja que en el otro sector. Las obras de asfalto se están iniciando lentamente así como la forestación. Un núcleo poblacional de alta densidad se encuentra hacia el N de este sector en la villa Harding Green y hacia el S de la misma debido a la construcción de un barrio de viviendas destinado a personas que fueron erradicadas del centro de la ciudad para la realización de obras de infraestructura. Hacia el S se encuentra una franja de densidad poblacional moderada a lo largo del antiguo camino que une la ciudad con la vecina de Punta Alta. Se encuentra un predio, perteneciente al Seminario Arquidiocesano, densamente forestado y algunas industrias. La construcción de un barrio de viviendas con edificios horizontales de baja altura genera un segundo grupo de alta densidad poblacional en este sector. Continuando hacia el S; tanto la población como la cantidad de viviendas disminuyen, hasta llegar a la zona portuaria donde nuevamente se encuentra un alta densidad de población y de viviendas próxima a la zona del puerto y las industrias allí instaladas. Lindero a este sector y hacia el O se encuentra el sector donde finaliza la tubería.

3. CRITERIOS MEDIOAMBIENTALES UTILIZADOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA TRAZA DE UNA TUBERÍA

Para las decisiones sobre la traza de la tubería y la ingeniería y diseño de ella, se requieren mapas, fotografías aéreas y trabajo de campo. Los factores que influyen en la selección medioambiental de la traza de una tubería son requisitos técnicos e ingenieriles, consideraciones medioam-

bientales y núcleos poblados (*Carpenter y Callen, 1984; Ryder, 1987*). En lo posible las tuberías se trazan en línea recta para minimizar las incidencias de construcción. Sin embargo han estado faltando métodos exactos para equilibrar los costos de ingeniería y construcción, contra las incidencias medioambientales y las responsabilidades legales presentes o futuras.

En este trabajo no se tomaron en cuenta los aspectos económicos originados por las consideraciones de ingeniería y técnicas usadas en el análisis del trazado de tuberías, que incluyen la longitud de la misma, topografía, geología de la superficie, cruces de cursos de agua, caminos y ferrocarriles y la proximidad de grandes centros poblados. Tampoco se considera el hecho que unidades rocosas en la superficie o en el subsuelo poco profundo, como el caso de la "tosca" de la peniplanicie, requieren de voladuras comparado con los materiales formados por sedimentos finos sin consolidar que no lo necesitan, como en el caso de los sedimentos de la llanura de inundación.

Debido a la falta de datos sobre valores de impacto ambiental en la traza de la tubería no se pueden calcular

los costos ambientales (no monetarios) generados por la obra, y es por ello que se hace una evaluación de las posibles incidencias medioambientales de los trabajos. Los factores medioambientales usados en el análisis del camino de mínima incidencia, se adjudicaron de una manera relativa y se normalizaron a un valor de base arbitrario (en nuestro caso se utilizó un valor de 10). Este valor de base agrupa aquellos elementos comunes como la construcción en calcreta, el desmalezado de arbustos, el cruce de ríos, ferrocarriles y el atravesar tierra agrícola.

Los porcentajes encima del valor base fueron calculados en forma relativa, para la incidencia sobre áreas urbanas, industriales, parques y bosques, terrenos valiables y terrenos yermos. A estos factores se le adjudicaron valores de incidencia medioambiental que van de 50 a 1.000, sobre una lógica subjetiva que alude a causas como por ejemplo que no es deseable pasar tuberías a través de áreas urbanas. A estas áreas se le asignaron valores relativos, en una escala de aptitudes, de hasta de 100 veces sobre el valor de base (Tabla 1).

TABLA 1. UNIDADES AMBIENTALES Y ASIGNACIÓN DE VALORES DE INCIDENCIA AMBIENTAL

Unidades	Valores de Incidencia	Descripción
0	1000	Canal Principal
1	10	Plano de Base
2	1000	Urbano de muy alta densidad poblacional
3	800	Urbano de alta densidad poblacional
4	500	Urbano de media densidad poblacional
5	200	Urbano de baja densidad poblacional
6	300	Forestado y urbano de baja densidad poblacional
7	500	Cementerio
8	800	Parque y urbano de alta densidad poblacional
9	50	Zona Industrial y Polo Petroquímico
10	10	Playa de camiones
11	50	Puerto Galván
12	500	Puerto de Ing. White y urbano de alta densidad
13	800	Universidad
14	800	"Shopping"

4. DISPONIBILIDAD DE DATOS Y ANÁLISIS DE LOS MISMOS

La disponibilidad de datos preexistentes en combinación con análisis de los SIG puede verse como una posible solución a las restricciones en los fondos y la falta de fotografías aéreas o de imágenes remotas. Los datos topo-

gráficos, geológicos, medioambientales y de uso de tierra, para la sección del área de interés, fueron utilizados como entrada al banco de datos del sistema SIG. Estos se ingresan mediante el uso de una tableta digitalizadora, constituyendo diferentes capas de información (mapas temáticos).

Se analizó la carta municipal geológico ambiental de la ciudad de Bahía Blanca (*Caló et al. 1993*), la cual divide a la zona sistemas geológicos ambientales subdivididos a su vez en unidades ambientales. Esta carta fue elaborada en base a los informes de *Pereda et al. (1968)*, *Fidalgo (1983)*, *González (1984)*; fotografías aéreas, cartas hidrográficas (*S.H.N., 1991*), mapa geológico (*Wichmann, 1918*), mapas topográficos a escala 1:100.000 (*IGM, 1948*) y 1:50.000 (*IGM, 1967 a y b*) y reconocimientos y controles de campo.

También se consideró el mapa geológico ingenieril (*Caló et al., 1999*) en el cual se establecen unidades homogéneas, cada una de las cuales tiene características propias con información generalizada obtenida a partir de datos preexistentes. Para la construcción de este mapa se utilizaron las cartas a escala 1:50.000 de la ciudad de Bahía Blanca y de la Base Aérea Comandante Espora (*IGM, 1967 a y b*), la geomorfología y estratigrafía de *Caló et al. (1998)*, la información de la profundidad del acuífero de *Fernández y Caló (1998)*, el mapa edafológico del INTA (*1989*), la información de ensayos de penetración estándar de *Caló et al. (1997)*.

El terreno abarcado por la traza se encuentra actualmente enmascarado por la urbanización de la ciudad de Bahía Blanca, y si consideramos las cartas antes mencionadas se podría establecer que desde el punto de vista geoambiental si bien se atraviesan distintos sistemas y unidades ambientales, podría considerarse que la incidencia de la realización de la obra es baja. En cuanto a las unidades homogéneas que atravesaría la traza se observa una gran incidencia desde el punto de vista geotécnico por cuanto pasaría por zonas de material duro, sedimentos sueltos, zonas con distintos valores de pendientes, con valores soportes del terreno variados; pero desde el punto de vista ambiental, al igual que en el caso del mapa anterior, el efecto podría considerarse uniforme. En cuanto a la pendiente, que desciende gradualmente desde el inicio hasta el final de la traza, es un elemento importante para establecer la baja incidencia ambiental de la obra dado que no se requiere de estaciones de bombeo intermedias al no existir contrapendientes.

Para la valoración relativa de la incidencia medioambiental de la traza se utilizó además de la información antes mencionada, la densidad de población surgida del censo poblacional de 1991 (*Bróndolo et al., 1994*) y el plano de la ciudad de Bahía Blanca (*Municipalidad de Bahía Blanca, 1995*), para el mapeo de las áreas forestadas, con trabajos de reconocimiento sobre el terreno para ajuste y actualización de los datos.

5. METODOLOGÍA

La información existente es incorporada al SIG mediante el uso de una tableta digitalizadora obteniéndose así los correspondientes mapas temáticos de densidad de población y de forestación. La superposición de los mismos lleva a producir el mapa de uso de la tierra considerando de esta manera los elementos del medio ambiente que serían incididos a lo largo de la traza (*Tomlinson, 1987*).

El análisis fue llevado a cabo usando celdas con una resolución de 100 m. En otras palabras, en cada capa de datos del SIG en el área de interés se asignó un valor relativo de incidencia medioambiental por cada celda de 100 por 100 metros.

El análisis se realiza utilizando el mapa del uso de la tierra a través del sistema SIG para generar un mapa ponderado de incidencia ambiental, ejecutado asignando valores relativos de incidencia ambiental a unidades del terreno referidos al valor de base. Esta asignación de valores se hace dentro del sistema SIG utilizando la Tabla 1, que es una tabla de pesos que contribuyen a la incidencia "o fricción" para cruzar entre dos puntos. La superficie ponderada es análoga a una superficie topográfica, teniendo crestas (áreas de incidencia relativamente alta) y valles (áreas de incidencia relativamente baja). Este mapa provee el soporte para llevar a cabo los análisis espaciales de una traza de menor incidencia medioambiental para la colocación de la tubería. El SIG calculó el camino de menor resistencia a través de esa superficie generando el trazado de menor incidencia ambiental entre los dos puntos extremos considerados (figura 2).

Posteriormente se generaron con el SIG perfiles de intersección con las unidades del mapa ponderado de incidencia ambiental, calculando así en base a los valores relativos de fricción, la incidencia ambiental para cada una de las trazas. Estos perfiles, digitalizados sobre el mapa de incidencia, corresponden a la traza generada de menor incidencia, a la traza actual del acueducto y a una traza imaginaria en línea recta entre la planta potabilizadora y la planta manufacturera, para obtener datos de la incidencia ambiental de cada uno (figura 3).

La Tabla 2 muestra los porcentajes de varias categorías de incidencia para las celdas de 100 m de resolución a lo largo de las tres trazas mencionadas. Los valores que se listan son aquellos de incidencias medioambientales mayores que la incidencia básica (10 puntos).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mapa ponderado de incidencia medioambiental resultó zonificado en 14 unidades correspondientes a aquellas del uso de la tierra, las que a su vez fueron valorizadas en forma relativa desde el punto de vista de la incidencia ambiental (tabla 1). En la figura 2 se muestra la superfi-

TABLA 2. PORCENTAJES POR ENCIMA DEL VALOR BÁSICO DE INCIDENCIA MEDIOAMBIENTAL A LO LARGO DE LAS TRAZAS

Valor	Porcentaje de Celdas que Exceden la Incidencia Básica		
	Traza Línea recta	Traza Actual	Traza de Menor Incidencia
50	18	16	7
200	19	6	7
500	21	33	4
800	22	8	-
1000	8	3	-
Suma del % de celdas que exceden la incidencia base	88	66	18
Total Celdas	100	112	153

cie de la incidencia medioambiental. Los tonos más oscuros corresponden a las áreas con incidencias más altas (zonas densamente pobladas y forestadas, cementerio, parques, etc.) y los tonos más claros indican las áreas con incidencias más bajas (baja densidad poblacional, escasa vegetación, playas de estacionamiento, etc.).

En la figura 2 se exhibe el resultado del análisis del corredor de las menores incidencias medioambientales. El recorrido mostrado tiene 18 km de longitud. También se muestran los recorridos de la traza en línea recta con 12 km. de longitud y la traza actual del acueducto con 15 km de recorrido.

En cuanto al resultado del análisis de los perfiles a lo largo de las trazas mencionadas se observa (figura 3) que hay un total de 100 celdas a lo largo de la traza de la línea recta y 153 celdas a lo largo de la traza de menor incidencia. La Tabla 2 muestra que el número total de celdas con rasgos físicos o de uso de la tierra que contribuyeron a incidencias más altas sobre el básico era mayor a lo largo de la traza en línea recta comparada con la traza de la menor incidencia (figura 2). Si bien la traza en línea recta tiene solamente 12 km de longitud, su incidencia ambiental es muy grande. En cambio la traza calculada con 18 km de longitud presenta la menor incidencia ambiental. La traza actual tiene 15 km y una incidencia intermedia más próxima a la línea recta que a la de menor incidencia.

Tomando las diferentes trazas en conjunto puede observarse que la recta tendría un 51,1 % de celdas que exceden el valor base, en cambio en la traza óptima so-

lamente lo exceden un 10,5 % de las celdas. La traza construida lo excede en un 38,4 %. El análisis indicó que sería 4,9 veces menos incidente, ambientalmente hablando, tender la tubería por la traza "modelo" que por la traza en línea recta y 3,7 veces menos que la actualmente tendida.

La mayor parte de la diferencia de la incidencia entre la traza en línea recta y aquella del análisis de menor incidencia puede atribuirse a la mayor incidencia asociada con el porcentaje mayor de celdas urbanas a lo largo de la primera. La alta incidencia asignada a las celdas urbanas contribuye a la diferencia. En el desarrollo de la superficie de la incidencia, se dieron a las áreas densamente urbanizadas una incidencia hasta de cien veces la incidencia básica normalizada.

Éste es un análisis de modelo, que si bien demuestra la factibilidad de comparar muy precisamente las incidencias ambientales de distintas trazas, para que dicho análisis sea más eficiente, el modelo debe ser puesto a punto sobre una base de proyecto a proyecto para considerar los impactos de proyectos reales en el área geográfica bajo consideración. Las incidencias reales deben incluir los impactos incurridos en la construcción y aquellos a tener en cuenta por consideraciones sobre el medio ambiente y las políticas. Sin embargo, habiendo ya construido un banco de datos que incluye topografía, geología y uso de la tierra a partir de datos preexistentes y mapas disponibles para el área de interés, los datos adicionales pueden incorporarse fácilmente para refinar al modelo y llegar a valores de impacto ambiental.

7. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran las ventajas de integrar conjuntos de datos preexistentes con variadas resoluciones espaciales en combinación con el análisis efectuado mediante la utilización de un SIG para delinear una traza de tubería con la menor incidencia medioambiental. Estas herramientas son especialmente útiles en áreas donde solamente están disponibles limitados mapas o fotografías aéreas, o donde hay restricciones para el uso de los mismos.

El análisis de la traza de menor incidencia de la tubería ha mostrado que el uso de datos y mapas preexistentes, y las técnicas analíticas de los SIG, pueden facilitar el proceso de planificación y estimación del trazado de tuberías y de las incidencias de ingeniería y medioambientales.

Aplicando el modelo propuesto a un caso real, se demuestra que el mismo funciona dado que se observa una discriminación entre la traza utilizada y las trazas calculada y de menor trayectoria. Mediante el ejemplo aquí desarrollado, a partir de la información existente, y elaboración de la misma a través de un SIG, se llega a la diferenciación de la incidencia medioambiental de tres trazados correspondientes al calculado, el utilizado y el camino más corto (línea recta).

Estas técnicas pueden beneficiarse con el aporte que puedan brindar los muchos años de experiencia de campo del personal de la construcción de conductos y deben refinarse sobre una base caso por caso o en estudios de impacto ambiental en el área para obtener los máximos y óptimos resultados.

8. TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BRONDOLO, M.; M. CAMPOS; S. ZINGER; O. DEL POZO; M. LORDA, 1994.
Geografía de Bahía Blanca.
Ediciones Encestando, Bahía Blanca. 197 pp.
- CALÓ, J.; ALDACOUR, H.; FERNÁNDEZ, E. 1993.
Carta municipal Geológico Ambiental del Area de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
Documentos del V Simposio Iberoamericano de Medio Ambiente y Municipio. Buenos Aires - Puerto Madryn, p.82-89.
- CALÓ, J.; E. FERNÁNDEZ; A. MARCOS; H. ALDACOUR, 1997.
Los sedimentos recientes y su relación con la geología ambiental urbana de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina.
Memoria del I Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Soc. Venezolana de Geólogos. Tomo I – 137-143. Venezuela.
- CALÓ, J.; E. FERNÁNDEZ; A. MARCOS; H. ALDACOUR, 1998.
Urban environmental geology and its relation to building foundations for urban development planning in Bahía Blanca city, Argentina.
In: Engineering Geology. Moore, D.P. and Hungr, O., Editors. Proceedings, 8th Congress IAEG (International Association of Engineering Geology), Volumen IV, p.2711-2716. Vancouver, Canadá.
- CALÓ, J.; MARCOS, A.; FERNÁNDEZ, E.; ALDACOUR, H. 1999.
Construcción de mapas geológico ingenieriles a partir de conocimientos previos compilados en un Sistema de Información Geográfico.
(presentado en este Simposio)
- CARPENTER, G. AND CALLEN, R. 1984.
Improved prodedures for natural gas pipeline routing in Michigan.
Environ. Prof. 6:26-31.
- FELDMAN, S. C.; PELLETIER, R.; WALSER, W.; SMOOT, J.; AHL, D. 1994.
Integration of remotely sensed data and Geographic Information Systems analysis for routing of the Caspian Pipeline.
In: Proceedings of the Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Vol. II, Environmental Research Institute of Michigan (ERIM), p. II-206 - II-213.
- FELDMAN, S. C.; PELLETIER, R.; WALSER, W.; SMOOT, J.; AHL, D. 1995.
Remote Sens.
Environ. 53: 123-131.

- FERNÁNDEZ, E.; CALÓ, J. 1998.
Evaluación de impacto ambiental de la Maltería Bahía Blanca.
Tesis master en Evaluación de Impacto Ambiental, Instituto de Investigaciones Ecológicas, Málaga, España.
- FIDALGO F. 1983.
“Geología y Geomorfología del área White – Cerri y alrededores de Bahía Blanca”.
En: Comisión de Estudios del suelo White – Cerri. Decreto 1159/82. Univ. Nac. De la Plata – MOSP Provincia. de Buenos Aires.
- GONZÁLEZ, M. 1984.
“Depósitos marinos del Pleistoceno superior en Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires”.
Noveno Congreso Geológico Argentino, S.C. de Bariloche. Actas III: 538-555.
- IGM, 1948.
“Carta topográfica Bahía Blanca - 3963-17”. (1:100.000).
Instituto Geográfico Militar, Buenos Aires, Argentina.
- IGM, 1967 a.
“Carta Topográfica Bahía Blanca – 3963-17-1”. (1:50.000).
Instituto Geográfico Militar, Buenos Aires, Argentina.
- IGM, 1967 b.
“Carta Topográfica Estación Base Aeronaval Comandante Espora–3963-17-2”. (1:50.000).
Instituto Geográfico Militar, Buenos Aires, Argentina.
- INTA, 1989.
Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires, escala 1:500.000.
Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Proyecto PNUD Argentina 85-019. 472 p.
- LA NUEVA PROVINCIA, 1998.
Agua Industrial.
La Nueva Provincia, Bahía Blanca, 27 de junio de 1998, página 5.
- MUNICIPALIDAD DE BAHÍA BLANCA, 1995.
Plano de la Ciudad de Bahía Blanca.
Editor Hugo Angel Toldo
- PEREDA J.; CALÓ, J.; FARINATTI, E. 1968.
Geología de Bahía Blanca.
Informe final de la Cátedra de Geología de Campo. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. Inédito, 57 p.
- RYDER, A. 1987.
Pipeline routeing - experiences from Northern Scotland.
Pipes Pipelines Int. 27 (39): 5 - 14.
- SHN, 1991.
Carta hidrográfica de Bahía Blanca.
Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, Argentina.
- TOMLINSON, R. 1987.
Current and potential uses of geographical information systems. The North American experience.
International Journal of Geographical Information Systems, Vol 1, N° 3, p. 203-218.
- WICHMANN, R. 1918.
Geología e Hidrología de Bahía Blanca y sus alrededores (Provincia de Buenos Aires).
Ministerio de agricultura de la Nación. Buenos Aires. 67 p.

FIGURA 1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.
PLANO DE LA CIUDAD DE BAHÍA BLANCA
QUE COMPRENDE EL CORREDOR ENTRE LA PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA (A)
Y LA ZONA INDUSTRIAL EN EL PUERTO DE INGENIERO WHITE (B).

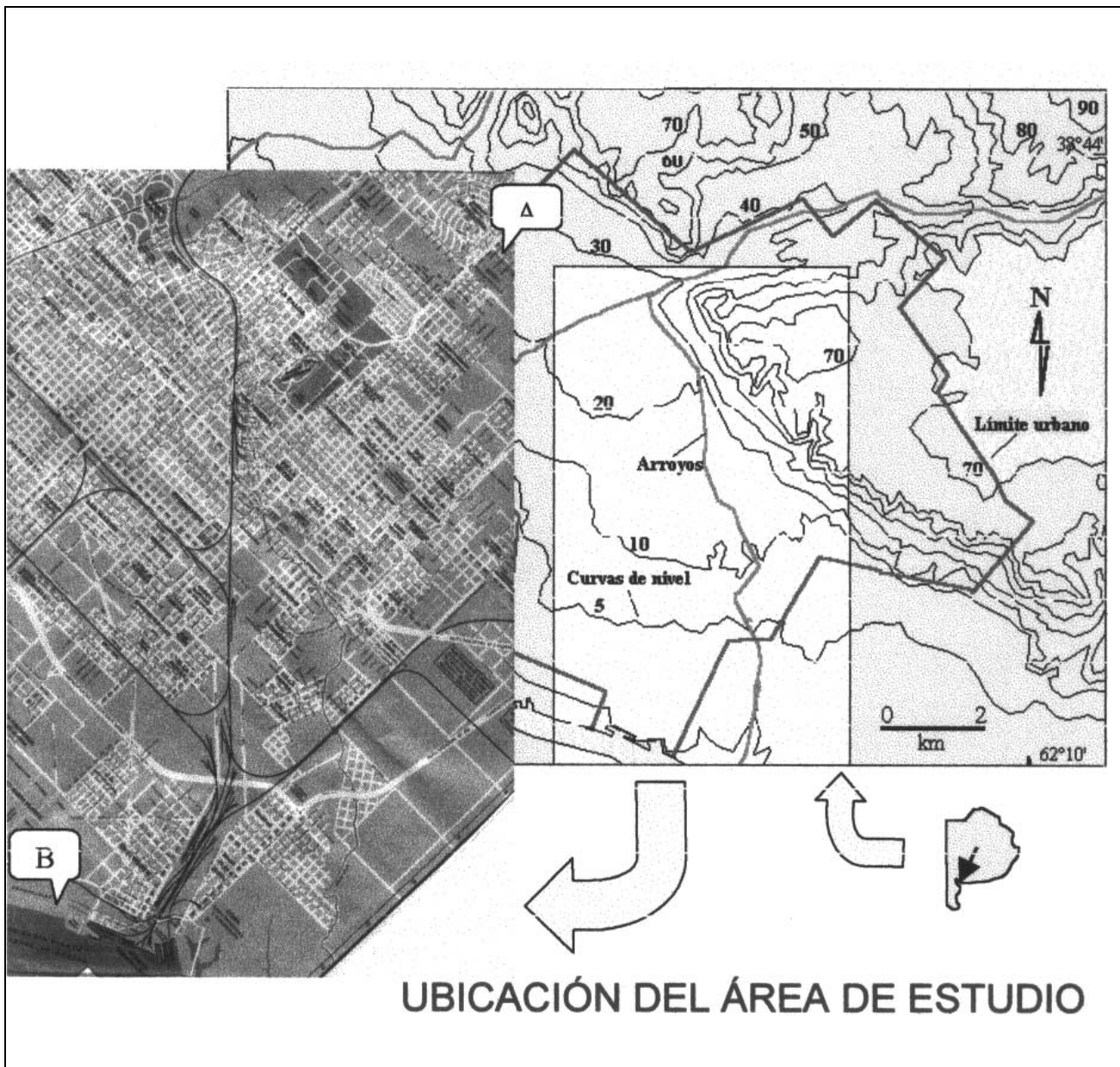


FIGURA 2: MAPA DE USO DE LA TIERRA.

TRAZA CALCULADA, TRAZA UTILIZADA Y TRAZA EN LÍNEA RECTA

ENTRE LA PLANTA POTABILIZADORA Y LA ZONA INDUSTRIAL.

LOS NÚMEROS CORRESPONDEN A LAS UNIDADES HOMOGÉNEAS DE LA TABLA 1.

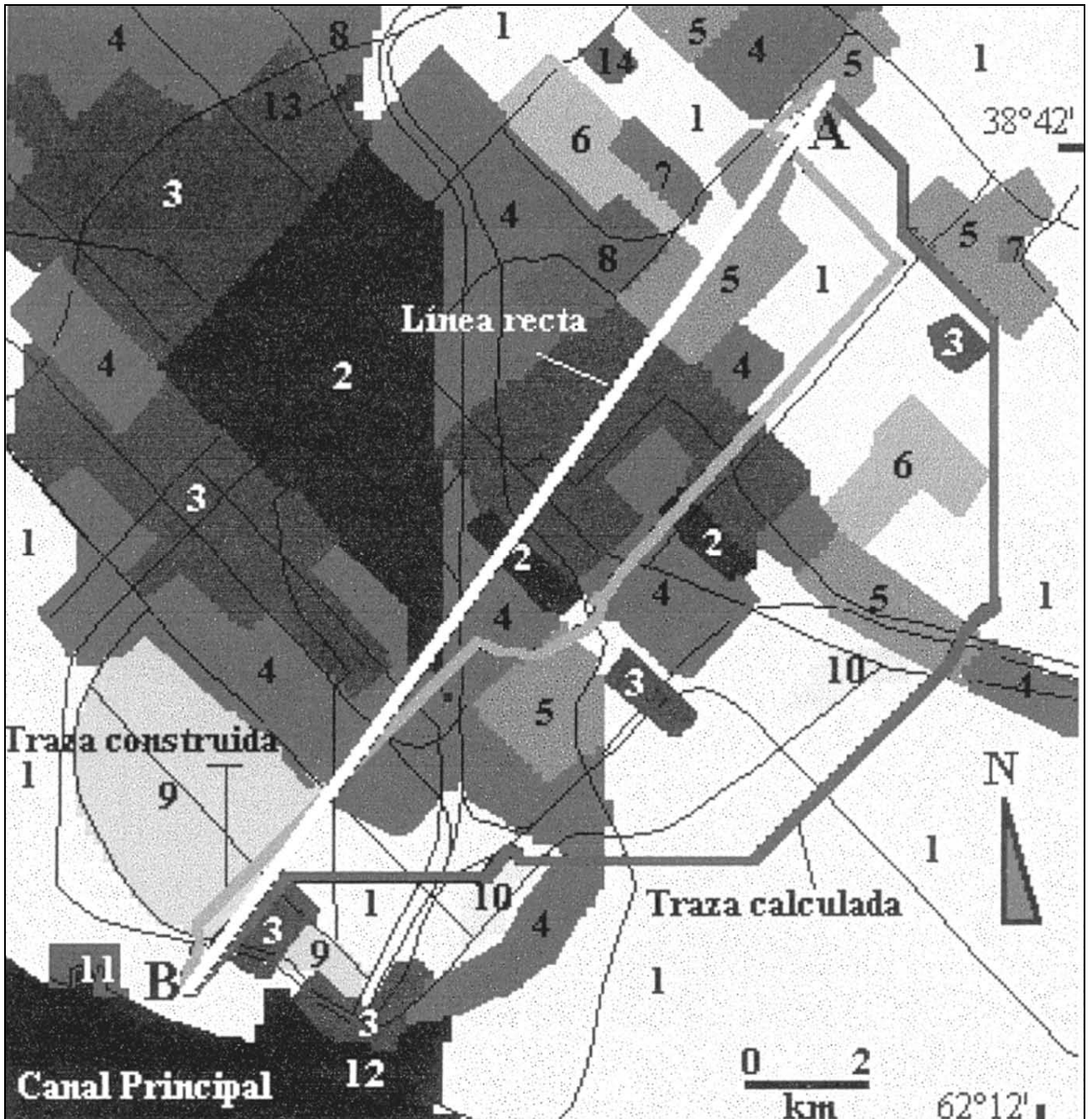
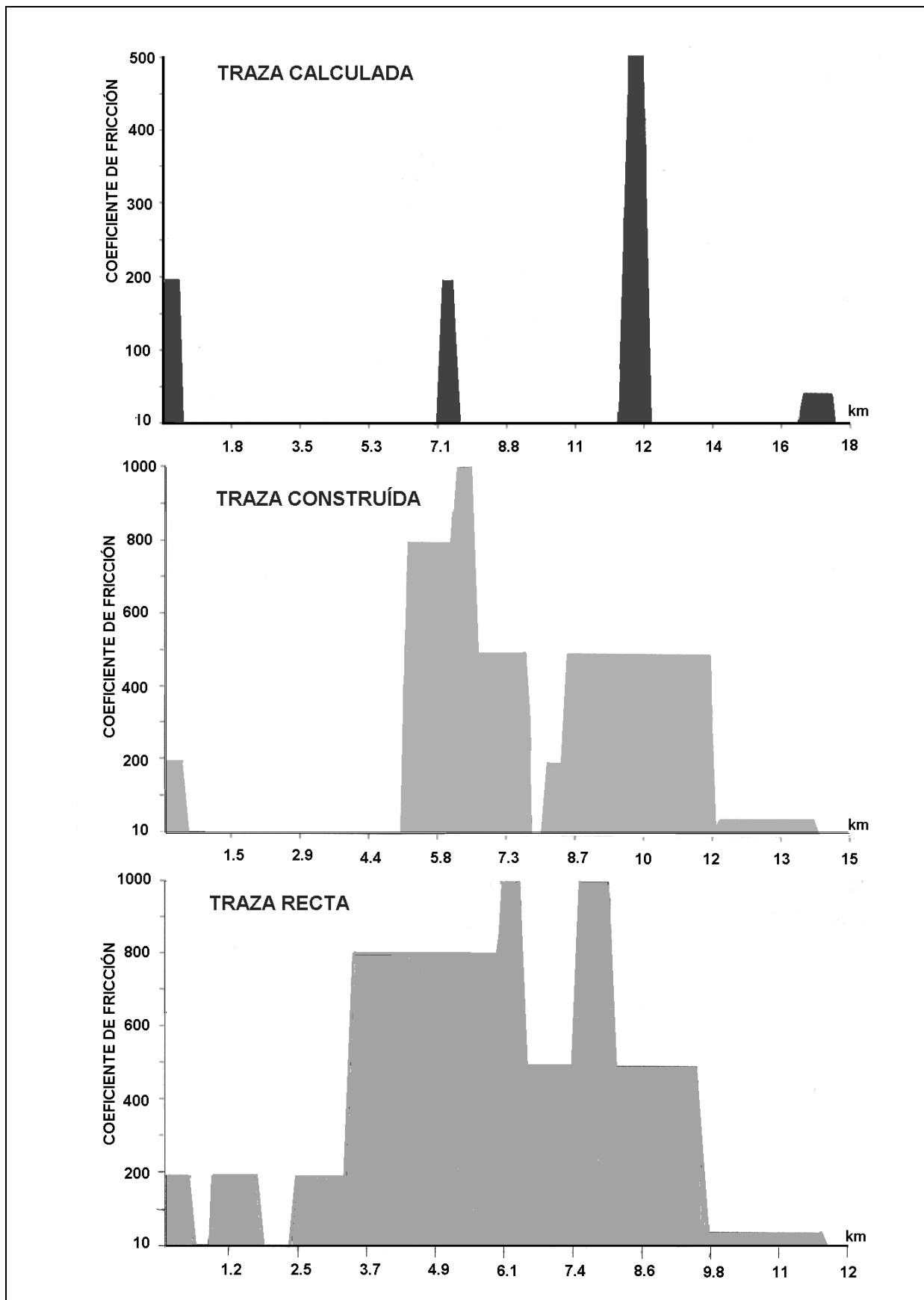


FIGURA 3: PERFILES DE LAS TRAZAS CON LA CANTIDAD DE CELDAS EN CADA UNA DE LAS CLASES DE INCIDENCIA (COEFICIENTE DE FRICCIÓN) POR ENCIMA DEL VALOR DE BASE.





Tosqueras de Luján: estudios de base para su recuperación autosustentable

Gamba, María Teresa ¹ - Gómez, Carlos E. ² - Fasoli, Héctor J. ³

Resumen

El presente trabajo es un resumen del proyecto 09A002/97 financiado por la Universidad de Morón (Gamba et al. 1999) en él se estudiaron tres tosqueras vecinas en el partido de Luján donde se analizó el Inventario Ambiental del sector y el nivel de base de contaminación para así poder evaluar las posibilidades concretas de recuperación. Las mismas fueron elegidas por encontrarse en distintos estadios de evolución: la primera en explotación (Zaia Hnos.), la segunda destinataria de vertidos de efluentes industriales (Curtasa S.A.) y la tercera que funciona como Vaciadero Municipal y, a modo de ejemplo, una tosquera recuperada en Benavidez. De esta forma pudo observarse simultáneamente todo el ciclo de explotación con las problemáticas ambientales correspondientes a cada etapa. Se analizaron y compilaron fundamentalmente suelos, aguas superficiales y subterráneas, mediante análisis químicos hemos caracterizado el nivel de contaminación debida a metales pesados e hidrocarburos. Finalmente se construyeron matrices para la Evaluación de Impacto Ambiental de cada una de las tosqueras estudiadas y se propusieron métodos de remediación y recuperación de las áreas afectadas. Como conclusión de este trabajo hemos podido determinar que los niveles de contaminación sorprendentemente no son graves y que por lo tanto es factible iniciar planes de recuperación. Los costos de pasivos ambientales disminuyen cuanto más temprano durante la explotación se tome la decisión de manejar los procesos en forma ambientalmente sustentable, por lo tanto el nivel de complejidad es menor en Zaia Hnos., y es máximo en el Vaciadero Municipal y en Curtasa S.A. En la primera la política de los propietarios de obtener una rentabilidad al finalizar la explotación hace prever que buscarán implementar planes de recuperación. En cambio para las últimas es necesario aplicar medidas tendientes a controlar vertidos indiscriminados de efluentes industriales y residuos; y en una etapa posterior iniciar la remediación y recuperación del sector. Difícilmente se obtenga la autosustentabilidad de estos proyectos a mediano plazo ya que el grado de deterioro es muy alto, pero es imprescindible la toma de medidas ya que son la salud y la calidad de vida de la población las que son afectadas.

1. INTRODUCCIÓN

En toda la provincia de Buenos Aires se encuentran grandes superficies correspondientes a tosqueras abandonadas que producen un alto impacto negativo ambiental

y social. Los procesos de generación y el tipo de impacto que producen son comparables a otras explotaciones mineras a cielo abierto, pero debido a que la profundidad a la que llegan es mucho menor y no revisten el problema de la generación de grandes volúmenes de estériles se la considera una actividad "blanda". Probablemente por ello en las legislaciones ambientales mineras precedentes prácticamente estaban ausentes, sin embargo son reconocibles incluso en las imágenes satelitales. Históricamente al finalizar la explotación eran inevitablemente abandonadas

Recibido: 20 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 23 de Agosto de 1999

1. Instituto Geología y Recursos Mineros-SEGEMAR; Universidad de Morón. Av. Julio A. Roca 651. Piso 10. Bs. As. Argentina.
2. Universidad de Buenos Aires.
3. Universidad de Morón.

y durante el abandono, o causando el mismo, se producía la inundación por la alteración de los perfiles de drenaje y por la proximidad a la freática. El destino final tradicional es entonces el vaciadero de residuos domiciliarios e industriales, a veces municipales y otras clandestinos, o el olvido. A estos inconvenientes se debe agregar el hecho de que en general como son terrenos sin valor ni dueño a su vera se instalan viviendas precarias, grupos poblacionales carenciados en espacios no estructurados. Son esas personas las que más sufren el daño ambiental y la contaminación de las aguas, contaminación que luego se expande en forma subterránea hacia otros espacios urbanos. En aquellas inundadas, además, todos los veranos mueren personas ahogadas debido al frío y profundidad de las aguas. Sin embargo, para un problema tan grave existe una solución simple: La recuperación autosustentada de las tosqueras es factible con un presupuesto mínimo.

Las tosqueras analizadas se localizan en el Partido de Luján, a un 7 Km al NO de la basílica y el casco colonial urbano, tomando la ruta nacional N° 7 en el tramo que une esta ciudad con la ruta provincial N° 192 que se dirige a la localidad de Open Door y luego la bifurcación de tierra a mano izquierda que lleva al Vaciadero Municipal. Se encuentran aledañas al cauce del arroyo El Haras que desagua a 3 Km al SE en el río Luján (Fig. 1).

El sector se localiza al norte de la Hoja topográfica Luján (3560-11-4) levantada en 1961 por el Instituto Geográfico Militar.

Se ha seleccionado esta zona por presentar tosqueras contiguas con distinto grado de evolución en la explotación y en el impacto ambiental causado.

Las tosqueras elegidas son las pertenecientes a las empresas Zaia Hnos., Curtasa S.A. y Vaciadero Municipal.

La tosquera de ZAIA Hnos. ($34^{\circ}31'11''$ S - $59^{\circ}07'25''$ O) se encuentra en un estado de explotación media caracterizándose por un buen manejo ambiental, pero careciendo de planes de recuperación destinados al momento en que finalice la explotación y sobrevenga el cierre de la misma (Fig. 6).

Curtasa S.A. ($34^{\circ}31'15''$ S - $59^{\circ}07'23''$ O) presenta niveles de tosqueras abandonadas de pequeño desarrollo que se destinan al vertido de desechos químicos provenientes de la curtiembre que pertenece a la firma y se encuentra localizada en Villa Flandria. Presumiblemente estos desechos son tóxicos, nocivos para el medio ambiente y la salud pública. Se los presenta como tosquera en etapa de cierre y reciclado no sustentable ambientalmente y de riesgo directo máximo (Fig. 7).

El Vaciadero Municipal ($34^{\circ}31'26''$ S - $59^{\circ}07'09''$ O) ocupa una tosquera abandonada donde se depositan los residuos domiciliarios y algunos industriales de la población

de Luján y alrededores. Se los presenta como tosquera en etapa de cierre y reciclado no sustentable ambientalmente y de riesgo directo alto (Fig. 8).

Como ejemplo de tosquera cerrada y recuperada autosustentable ambientalmente se ha prospectado la denominada "Lago del Sol" ubicada en Benavidez, Partido de Tigre ya que en la zona de trabajo no existen explotaciones con esas características (Fig. 9).

Como sabemos, las modificaciones realizadas sobre el medio necesariamente derivan en impactos que podrán ser positivos o negativos. Dependerá del tipo y magnitud de las alteraciones y de las características intrínsecas del medio el grado de modificación que este sufra, pero cada cambio deriva en una multitud de interrelaciones con los elementos ambientales implicados. Las tosqueras se encuentran en un sistema cuya fragilidad se ve acentuada cuando el nivel de la freática es elevado y la explotación está próxima a cursos de agua superficiales, ambas circunstancias se producen en las tosqueras de Luján.

Para el desarrollo de esta investigación se ha realizado el Inventario Ambiental y Social correspondiente con énfasis en el análisis de los suelos (Gamba 1997), las aguas superficiales y las subterráneas. A continuación presentamos en forma detallada dichos estudios.

2. EDAFOLOGÍA

Características de los suelos de Luján

Los suelos de la región de las tosqueras han sido descritos en la Carta de Suelos de la República Argentina Hoja 3560-12-1 "Campo de Mayo". Esta información ha sido publicada por el INTA a través de su Instituto de Suelos, Área de investigación en cartografía de suelos y evaluación de tierras durante 1997. Los suelos más próximos al sector en estudio comprenden desde sectores urbanos a suelos derivados directamente de la geomorfología y cuyo desarrollo depende fundamentalmente del grado de pendiente, abarcan zonas de plano aluvial bajo, lomas suaves y pendientes moderadas.

La serie de suelos responde al siguiente cuadro taxonómico:

Orden: Molisol

Suborden: Udol

Grupo: Argialbol

Subgrupo: Vértico

Familia: Fina, illítica, térmica.

Análisis de suelos de las tosqueras

Para determinar las características edafológicas se efectuó una calicata ubicada en el sector más próximo a la ruta del terreno perteneciente a CURTASA S.A.

En la calicata se determinaron los límites entre los distintos horizontes no modificados ni alterados por la presencia antrópica. Los horizontes fueron muestreados para su posterior análisis químico y edafológico. En el campo se construyeron tablas con las características del suelo y la descripción técnica del perfil; siguiendo las pautas publicadas en "Normas para reconocimiento de suelos" (Etchevehere 1976). Para el análisis textural se determinó la distribución granulométrica de los constituyentes del suelo siguiendo el procedimiento de tamizado por vía seca (método mecánico) que figura en la norma VN-E7-65. A partir de fotografías aéreas y observaciones de campo se construyó el Mapa de usos de suelo (Fig. 4). A continuación se detallan las características principales de la calicata observadas en el campo y analizadas en laboratorio:

1. Identificación

Nombre de la serie de suelo: Curtasa

Símbolo de la serie de suelo: CU

Número de la serie de suelo: 1

2. Ubicación

Ubicación según IGM: Hoja 3560-4

Ubicación política: Luján, Prov. de Buenos Aires.

Fecha: 22 de octubre de 1998

Descripta por: Lic. Carlos Gómez y Lic. María Teresa Gamba

3. Características del suelo

Serie: CU

Secuencia de capas: A0-A12-AB-B21-B23-

Material originario: Arcillas y minerales del pampeano.

El paisaje: representado por la geomorfología.

Unidad morfoestructural: llanura chaco-pampeana

Región pampeana

El relieve: representado por la topografía.

Macrorelieve: llanura

Micro relieve: suaves pendientes positivas y taludes por excavación.

Pendiente: Clase 1 (0-2°).

Escurrimiento: Grado 3. Escurrimiento lento.

Permeabilidad: Grado 3. Moderadamente lenta

Rocosidad: grado 0, no hay afloramientos rocosos

Pedregosidad: grado 0, no existen piedras

Grado actual de erosión: leve

Clase de peligro hídrico: Clase 3. Poco inundable.

Limitaciones: Derivadas de la excavación y la existencia de huecos.

Cobertura vegetal en %: 100% pastos y gramíneas. Especies arbóreas alóctonas.

Uso actual de la tierra: Vertedero industrial.

4. Descripción técnica del perfil

H	Profund	Color	Textura	Estructura	Observaciones	Muestra
A0	0-40 cm	Pardo grisáceo oscuro 10 YR 4/2	Franco limoso	Granular media	Presencia de raíces y biotopo. Permeabilidad: gr 2 Porosidad:baja Plasticidad: gr 3	CUA0
A12	12-25 cm	Pardo oscuro grisáceo 10 YR 4/2	Franco arcillo limoso	Granular media	Presencia de raíces y biotopo. Permeabilidad: gr 2 Porosidad:baja Plasticidad: gr 3	CUA12
AB	25-38 cm	Pardo grisáceo oscuro	Franco arcillo limoso	Bloques subangulares finos 10 YR 4/2	Presencia de raíces y biotopo. Permeabilidad: gr 2 Porosidad:baja Plasticidad: gr 3	CUAB

B21	38-60 cm 10YR 3/1	Gris oscuro	Arcilloso	Prismática	Barnices muy abundantes Permeabilidad: gr 2 Porosidad: baja Plasticidad: gr 3	CUB21
B22	60-95 cm	Pardo 7.5 YR 5/4	Arcilloso	Prismática	Barnices abundantes Permeabilidad: gr 2 Porosidad: baja Plasticidad: gr 3	CUB22
B23	95-135	Pardo 7.5 YR 5/4	Arcillo limoso	Prismática	Abundantes barnices. Permeabilidad: gr 2 Porosidad: baja Plasticidad: gr 3	CUB23

3. HIDROGEOLOGÍA

Recursos Hídricos Superficiales

El área de estudio pertenece a la cuenca del Río de la Plata, subcuenca Río Luján. Estos son algunas de las características de la subcuenca (EASNE 1987).

Factor de forma	0,16
Coefficiente de compacidad	1,44
Pendiente media de cuenca (m/Km.)	1,56
Pendiente del cauce principal (m/Km.)	0,44
Frecuencia de cauces (cauces/Km ²)	0,026
Densidad de drenaje (Km/Km ²)	0,16
Extensión del flujo superficial (Km ² /Km)	3,16

Hidroquímica y estudios de contaminación

El arroyo El Haras ha sido muestreado para su análisis químico y de contaminantes en dos puntos, uno en el puente, donde ya ha recogido las aguas provenientes de las mismas (TAP1) y otro en el sector posterior de Zaia Hnos. (TAP2).

Elemento (ppm)	TAP1	TAP2
Plomo	< 0,4	< 0,4
Cadmio	< 0,1	< 0,1
Cobre	< 0,3	< 0,3
Zinc	< 0,05	< 0,05

Níquel	< 1	< 1
Cobalto	< 1	< 1
Cromo	< 1	< 1
Calcio	2,4	2,0
Magnesio	6,1	7,5
Sodio	89	167
Potasio	12	9

Recursos hídricos subterráneos

Las aguas subterráneas de la zona en estudio, pertenecen a la cuenca del río Luján. En general se considera que en el área de dicha cuenca existe un sólo acuífero, pero que se presenta en los tres niveles conocidos como epipelche, pelche e hipopelche.

El *epipelche* se encuentra en sedimentos pampeanos y pospampeanos, incluye el freático, que en general actúa como barrera o recolector de la contaminación hídrica. En el sector presenta una sola napa con variaciones químicas verticales (perforación Jauregui N° 1, OSN), pero esto también varía según la ubicación ya que en Open Door se localizaron dos capas acuíferas bajo la freática. A través del mapa isofreático del EASNE (1972) puede observarse que existe coincidencia entre la cuenca superficial y la subterránea. La recarga se produce en los interfluvios, mientras que la descarga es mediante los colectores principales que muestran un carácter efluente. Las curvas isofreáticas presentan un espaciamiento uniforme que se ve ampliado en el sector de la terraza baja donde se vincula a fenómenos de inundación y evapotranspiración. Algunos parámetros relacionados al acuífero epipelche son los siguientes:

Característica: semiconfinado
Gradiente hidráulico medio: 2,5 a 3 m.
Permeabilidad: 1 m/día
Coefficiente de porosidad eficaz: 0,10
Velocidad efectiva: 0,03 m/día
Niveles piezométricos: 0,80 a 4,80 metros
Reservas regulatrices: 1000 m ³ /Ha
Conductividad: 800-1000 µmho/cm
Residuo seco: 600 ppm
Sulfatos: poco abundantes. En sectores alcanzan 1 meq/L
Cloruros: poco abundantes. En sectores alcanzan 5,8 meq/L
No pueden definirse zonaciones, pero las sales disminuyen en profundidad.

El *puelche* es la napa de aguas más aptas para el consumo humano, y es la de mayor explotación generalizada. El nivel de productividad de esa napa es alto en la zona. No son muchas las perforaciones bien documentadas existentes en la zona por lo tanto como datos generales de las características del puelche podemos indicar:

Característica: semiconfinado

El nivel piezométrico aparece como negativo respecto al freático

Conductividad: 800-1000 µmho/cm

Residuo seco: 1200 ppm a 2000 ppm de oeste a este.

Alcalinidad: 12 a 4 meq/L de oeste a este.

Estas aguas pueden considerarse potables para consumo humano, salvo las que pertenecen al sector de la terraza baja.

Presentamos a continuación dos ensayos de bombeo referidos en el *EASNE* (1972):

Localidad	Inst R. Valdivieso	Escobar
Nivel estático	7,20 m	14,00 m
Nivel dinámico	9,30 m	29,20 m
Caudal	7,8 m ³ /h	50,0 m ³ /h
Transmisividad	310 m ³ /d.m.	40 m ³ /d.m.
Caudal caract.	3,7 m ³ /h.m.	3,3 m ³ /h.m.
Duración	199 min.	420 min.

Caudales de otros puntos de la cuenca: Jáuregui N° 1: 2,7 m³/h.m, Open Door N° 3: 2,1 m³/h.m, Lujan N° 1: 8,6 m³/h.m

Reservas estimadas: 3 Km³ y 8 Km³ considerando un almacenamiento de 0,04 o 0,1.

El *hipopuelche* presenta aguas salinas, que no son aptas para el consumo humano. Se han realizado pozos

para explorar esa napa en la perforación de Open Door N° 3 que alcanzó los 130 metros donde el horizonte superior se encuentra entre 115 y 129 metros con nivel estático de 18,75 m bbdp.

4. HIDROQUÍMICA

Analito	Mínimo	Máximo
Residuo seco	395 mg/L	585 mg/L
Alcalinidad total	169 mg/L	425 mg/L
Dureza total	160 mg/L	220mg/L
Cloruros	12 mg/L	144 mg/L
Sulfatos	2 mg/L	12,8 mg/L
Hierro total	0.01 mg/L	0.05 mg/L
Calcio	28 mg/L	58 mg/L
Sodio	21 mg/L	125 mg/L
Nitratos	22 mg/L	98 mg/L
Flúor	0,3 mg/L	0,6 mg/L
Materia orgánica	0,8 mg/L	1,8 mg/L
Conductividad eléctrica	596 mseg/cm	811 mseg/cm

Estudios de contaminación

Las aguas subterráneas en los sectores próximos a las tosqueras fueron muestreadas en el puelche en la Estancia Los Pampeanos y en el predio de Transportes San José. Debido a las características de los vertidos se puso énfasis en el análisis de metales pesados. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Elemento (ppm)	TALP	TASJ
Plomo	< 0,4	< 0,4
Cadmio	< 0,1	< 0,1
Cobre	< 0,3	< 0,3
Zinc	0,08	0,26
Níquel	< 1	< 1
Cobalto	< 1	< 1
Cromo	< 1	< 1
Calcio	4,7	1,0
Magnesio	13,8	2,8
Sodio	119	177
Potasio	10	8

Como puede observarse los niveles de contaminación por metales pesados no superan los estándares, por lo tanto la factibilidad de recuperar el medio es posible a un costo menor, dependiendo del nivel de riesgo y vulnerabilidad de cada sector.

A partir de estos datos y mediante fotointerpretación y análisis de las imágenes satelitales se construyeron los mapas temáticos correspondientes: Ubicación de tosqueras (Fig. 1), Patrones de erosión y relieve (Fig. 2), Patrones de vegetación arbórea (Fig. 3), Usos de Suelo (Fig. 4) y Grado de impacto ambiental (Fig. 5).

5. ANALISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR LA EXPLOTACIÓN DE TOSQUERAS

Identificación de las alteraciones ambientales

Como sabemos todas las explotaciones mineras producen un alto impacto ambiental, en el caso de las tosqueras es asimilable aunque la extensión y profundidad de las excavaciones es menor, pero por otra parte las tosqueras se encuentran muy próximas a las zonas urbanas cosa que raramente ocurre con las minas a cielo abierto. El tipo de impacto dependerá de la etapa de explotación en que se encuentre.

Acciones y trabajos causantes de los impactos según la etapa del trabajo de explotación

1. Fase preparatoria. Infraestructura (todas las tosqueras analizadas han pasado por este estadio de evolución). Incluye todos los trabajos tendientes a preparar el terreno para la explotación:
Movimiento de tierra.
Construcción de caminos y accesos.
Edificaciones y oficinas (prácticamente inexistentes, explotaciones sumamente precarias).
2. Fase de explotación. Operaciones (ejemplo: ZAIA Hnos.)
Comprende las operaciones necesarias para obtener el producto final:
Excavación en sí.
Uso de maquinarias pesadas
Transporte de material.
Acopio de material.
3. Fase de cierre. Modificaciones fisiográficas. Ejemplo: Vaciadero Municipal y Curtasa.
Finalización de la explotación. Abandono de huecos.
Creación de lagunas si la explotación superó la profundidad de la freática.
Vertido de estériles o residuos.

Identificación de variables ambientales impactadas

Aguas Subterráneas

Modificaciones del nivel piezométrico y de la circulación de las aguas subterráneas. Se produce siempre que las tosqueras superan la profundidad de la freática, tal como es el caso de las estudiadas en Luján. Estas modifica-

ciones traen aparejado problemas con la vegetación que no pueden obtener las mismas cantidades de aguas aprovechables para su subsistencia, en este caso son las especies arbóreas las más susceptibles.

Alteración de la calidad: a través de la explotación de las tosqueras puede producirse la contaminación indirecta de las napas. Al producirse el abandono esta contaminación se torna directa si en ella se vierten residuos en forma incontrolada.

Aguas superficiales

Incremento del nivel de sólidos en suspensión debido al bombeo o drenaje directo al río o por desborde y lavado natural de las tosqueras, también por lavado de escombreras.

Aumento de la temperatura: se produce cuando las aguas freáticas inundan a la tosquera, estas aguas antes se encontraban aisladas incrementan su temperatura, si llegan al río también modifican la temperatura de base. Este calentamiento es función de:

- El grado de colmatación
- La distancia al río
- La permeabilidad de los terrenos atravesados
- La profundidad del río

Procesos ecológicos originados por la explotación de tosqueras

Uno de los inconvenientes más serios que plantean estas explotaciones a nivel ecológico es la eutrofización de las aguas que consiste en un aumento anormal de nutrientes (especialmente nitrógeno y fósforo) que altera el equilibrio del ecosistema y disminuye la calidad de las aguas. Producen los siguientes efectos negativos:

Efectos biológicos provocados por la eutrofización

- Aumento de la biomasa
- Disminución de la diversidad
- Simplificación de las comunidades científicas
- Desaparición de macrófitos de fondo y fauna asociada
- Sustitución de especies nobles por otras más resistentes y de menor valor.

Efectos fisicoquímicos

- Aumento de la turbidez por aumento de la densidad de fitoplancton
- Aumento de la tasa de sedimentación
- Disminución del oxígeno de fondo por acumulación de materia orgánica acumulada
- Producción de productos tóxicos (metano, sulfhídrico, etc.) en caso de llegar a la anoxia.

6. MEDIDAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES

Se ha establecido que cuanto más temprano en el desarrollo del proyecto se fijen medidas de control tendientes a salvaguardar el medio ambiente más efectivas resultan

requiriendo un presupuesto menor para ser llevadas a cabo.

En el caso concreto de las tosqueras hasta el momento podemos afirmar que muy pocas de las personas encargadas de las operaciones que poseen capacidad de decisión toman recaudos de protección medio-ambiental, casi todos consideran que las externalidades negativas que producen no requieren ser internalizadas por su labor. De ello surge que serán los Municipios que así lo exijan. Deberán aplicarse las leyes nacionales y provinciales de protección del medio ambiente que en el presente estado de desarrollo al menos solicita un estudio interdisciplinario de evaluación de impactos y cronogramas de adecuación. En líneas generales estas son algunas de las medidas de control que pueden aplicarse para proteger los distintos parámetros ambientales.

Protección contra la contaminación sónica

Ubicación de las instalaciones lo más alejadas posible del sitio a proteger (sectores urbanos)

Equipos móviles y motores dotados de silenciadores
Limitación del horario de trabajo de equipos y maniobras ruidosas a horas diurnas

Mantenimiento de los equipos

Estudio de rutas alternativas para no transitar por los sectores urbanos

Construcción de pantallas sónicas aislantes

Protección de la calidad del aire atmosférica

Utilización de elementos de control de la contaminación: filtros, mangas, captadores de polvo, etc.

Uso de aspersores de agua y tensoactivos en puntos de transferencia

Sustitución de vehículos por cintas transportadoras
Pavimentación de los accesos principales a las tosqueras

Control de la velocidad de los vehículos

Riego de las calles con agua o soluciones salinas o cal.

Riego de los materiales acopiados durante la carga

Planificación del sitio de acopio según dirección del viento

Empleo de pantallas vegetales o artificiales contra el viento

Reducción del tiempo entre explotación y reforestación

Protección de las aguas subterráneas

Contaminación:

Ubicación de la explotación lo más lejana posible a los cursos de agua naturales.

Recogida y almacenaje de los desechos y contaminantes

Optar por maquinarias eléctricas

Controlar el acceso a la excavación para evitar verti-

dos clandestinos

Nivel freático:

Definir una distancia de seguridad entre la tosquera y las zonas más susceptibles

Implementar una política de reciclado de aguas mediante circuito cerrado y realimentación del acuífero. Permite reducir la depresión del freático en hasta un 90%

Fraccionamiento de la excavación de la tosquera mediante diques intercalares perpendiculares a la dirección del flujo del agua. Evita el riesgo de desbordamiento

Protección de las aguas superficiales

Turbidez:

Evitar vertidos directos al río

Instrumentar circuitos cerrados de agua para usos relativos a la explotación

Establecer sistemas de balsas de decantación y filtros

Establecimiento de pozos perimetrales a la explotación para vertido inicial de las aguas de desagote de las tosqueras

Recalentamiento:

Definir la distancia entre la tosquera y el río que permita enfriar el agua antes del vertido

Colocar bombas de captación que tomen las aguas de mayor profundidad donde la temperatura es menor.

Protección del suelo

Retirada y almacenaje de los horizontes fértiles para posterior reutilización

Planificación adecuada del sector para evitar pérdidas y cambios de uso

Revegetación rápida de taludes y sectores desnudos que favorecen la erosión de los suelos

Realizar los movimientos y excavaciones de maquinarias según las curvas de nivel para evitar cárcavamientos y erosión

Protección de la flora y la fauna

Implementar una política de reposición de pérdidas. Buena organización de la obra.

Creación de hábitats similares a los perdidos.

Protección de la vegetación en la periferia de la explotación

Mantenimiento de un corredor vegetal entre la excavación y el río para evitar el recalentamiento de los medios acuáticos naturales.

Evitar el contacto entre la vegetación y las sustancias contaminantes

Protección del paisaje

Utilizar criterios ecológicos y paisajísticos para el trazado de las vías de acceso e internas

- Revegetación de taludes
- Ubicación de acopios en sectores de mínimo impacto visual
- Orientar los frentes de explotación perpendiculares o paralelos al observador
- Uso de pantallas visuales naturales
- Evitar maquinarias e instalaciones de colores llamativos, buscar entorno cromático que favorezca el camuflaje
- Desmantelar las infraestructuras cuando finalice la explotación
- Rediseñar las formas finales que permitan implementar un uso alternativo

7. SELECCIÓN DE USOS PARA LAS TOSQUERAS A RECUPERAR

Los usos potenciales para la recuperación de tosque- ras son numerosos (*Lopez Jimeno et al 1996*), dependerán del estado de degradación que presenten, del medio ambiente donde se encuentren ubicadas, de la proximidad a centros urbanos, del entorno social, económico y paisajís- tico. Analizando todas las variables se decidirán aquellos usos que más se adapten a las necesidades de la comuni- dad o que mayor beneficio económico puedan rendir. En general los usos más probables aplicables para las tosque- ras de Luján para las tosque- ras son los siguientes:

Tosque- ras secas:

Entorno	Posibilidades de recuperación	Observaciones
Rural	Reconstrucción del terreno agrícola Forestación	Requieren de un terreno amplio y necesita un buen drenaje.
	Estanque de infiltración	Requiere sustrato permeable
Urbano	Relleno con vertido controlado	Posibles problemas de contaminación. Planificar la utilización posterior de la superficie.
	Zonas verdes. Parque en área residencial. Zona industrial	Drenaje a profundidad reducida
	Lago artificial	Estancar el fondo pero controlar el drenaje

Tosque- ras inundadas - Poca profundidad del agua

Entorno	Posibilidades de recuperación	Observaciones
Rural	Reserva ornitológica	Pequeñas extensiones
	Piscicultura	
	Estanques de lagunaje	Grandes extensiones y fondos impermeables
	Estanques de infiltración	
Urbano	Drenaje y aprovechamiento agrícola	Grandes extensiones vinculadas al freático
	Relleno total o parcial para uso como: Zonas de parque y recreación	Estudios completos para controlar la calidad del relleno y el comportamiento geotectónico.
	Zonas edificables	

Tosque- ras profundas:

Entorno	Posibilidades de recuperación	Observaciones
Rural	Pesca de recreo	Pequeñas extensiones
	Piscicultura	
	Baños	Correcta temperatura del agua
	Recreo y motonáutica	
	Estanques de infiltración	Grandes extensiones vinculadas al freático
	Almacenamiento de agua	Hueco de volumen extenso
Urbano	Recreación polivalente	Analizar la recuperación de las márgenes
	Puertos relacionados a la industria	

En el caso particular de las tosqueras de Luján, a partir de la elección preliminar de los usos potenciales más atractivos se estudiará la normativa legal vigente, los usos tradicionales (en una zona agrícola la recuperación debe tender a un uso agrícola) y la demanda social. Finalizada esta etapa se realizarán los estudios de capacidad que incluyen los requerimientos técnicos y los costos de llevarlos a cabo; de ellos se elegirán los usos preseleccionados a los que se los someterá a un estudio de Impacto Ambiental surgiendo así los usos definitivos. Como prefactibilidad son los usos de tosqueras secas y los de poca profundidad de agua los más aplicables, siendo la recreación en ámbito de reserva faunística el más atractivo dadas las características paisajísticas ya que permite un alto índice de retorno económico y los mayores beneficios.

8. CONCLUSIONES

Desde un punto de vista académico las tosqueras de Luján presentan la ventaja de mostrar en una superficie reducida distintos grados de Impacto Ambiental, dependiendo del estado de avance de la explotación, el tiempo de abandono y el uso dado a las mismas. Socialmente también son atractivas por hallarse muy próximas a un sector de alto interés histórico, turístico y cultural encontrándose emplazadas en terrenos agrícolas y con belleza paisajística lo que impide que sean consideradas tierras sin valor económico.

Sin embargo el grado de deterioro ambiental es alto, el Vacadero Municipal no se ha desarrollado en forma de vertidos controlados sino que es un caos de desorden, suciedad y alimañas. En la tosquera de Curtasa S.A. que se encuentra frente a éste se realizan vertidos industriales de características desconocidas aunque provenientes al menos de una curtiembre lo que hace presumir la presencia de metales pesados y residuos tóxicos, no permitiéndose el paso a investigadores para el muestreo de los recursos de la misma. La tosquera en explotación en cambio, presenta altas posibilidades de ser recuperada en forma autosustentable, pero el hecho de encontrarse en las proximidades de las otras dos y que su camino de acceso pase frente a las mismas disminuye el valor potencial de un uso recreativo. Se recomienda entonces una acción directa de vecinos y autoridades con vistas a impedir se progrese en acciones que sin duda causarán daños a la población relacionados con la salud y la calidad de vida y que desde ya disminuye la posibilidad de futuros emprendimientos de los sectores aledaños.

La ventaja que presenta una acción rápida es que todavía los niveles de contaminación no son altos y la remediación es probable a costos mínimos, en caso de que estos parámetros se modifiquen la inversión a asumir aumenta en forma exponencial hasta hacerse inalcanzable.

9. BIBLIOGRAFÍA

EASNE, 1970.

Algunos caracteres hidrogeológicos de la Cuenca del Río Reconquista.

ETCHEVEHERE, P. 1976.

Normas para reconocimiento de suelos, 2a Edición actualizada.

INTA

Suelos,

Publicación 152, Castelar.

GAMBA, M.T.; GÓMEZ, C. Y PARRELLA, M. 1999.

Informe Final del Proyecto de Investigación Categoría "A" 09002/97 "Saneamiento y recuperación autosustentable de tosqueras inundadas en la zona oeste-noroeste del gran Buenos Aires".

Biblioteca Universidad de Morón.

GAMBA, M. T. 1997.

Diagnóstico ambiental de suelos. Reglamentación vigente.

Enfasis Ambiental. Año 3 N°34. Pg 42-46.

INSTITUTO DE CLIMA Y AGUA, CIRN-INTA.

Estadística Climatológica y Balance Hídrico de Luján, Prov. de Buenos Aires (1971-1980).

KELLER, E. 1996.

Environmental Geology.

Prentice Hall. New York. 560 pp.

LOPEZ JIMENO, C., M. ESCRIBANO, S. MANGLANO, C. MATAIX Y J. TOLEDO, 1996.

Guía de Restauración de Graveras.

Instituto Tecnológico Geominero de España, 208 pp. Madrid.

FIGURA 1: UBICACIÓN DE TOSQUERAS

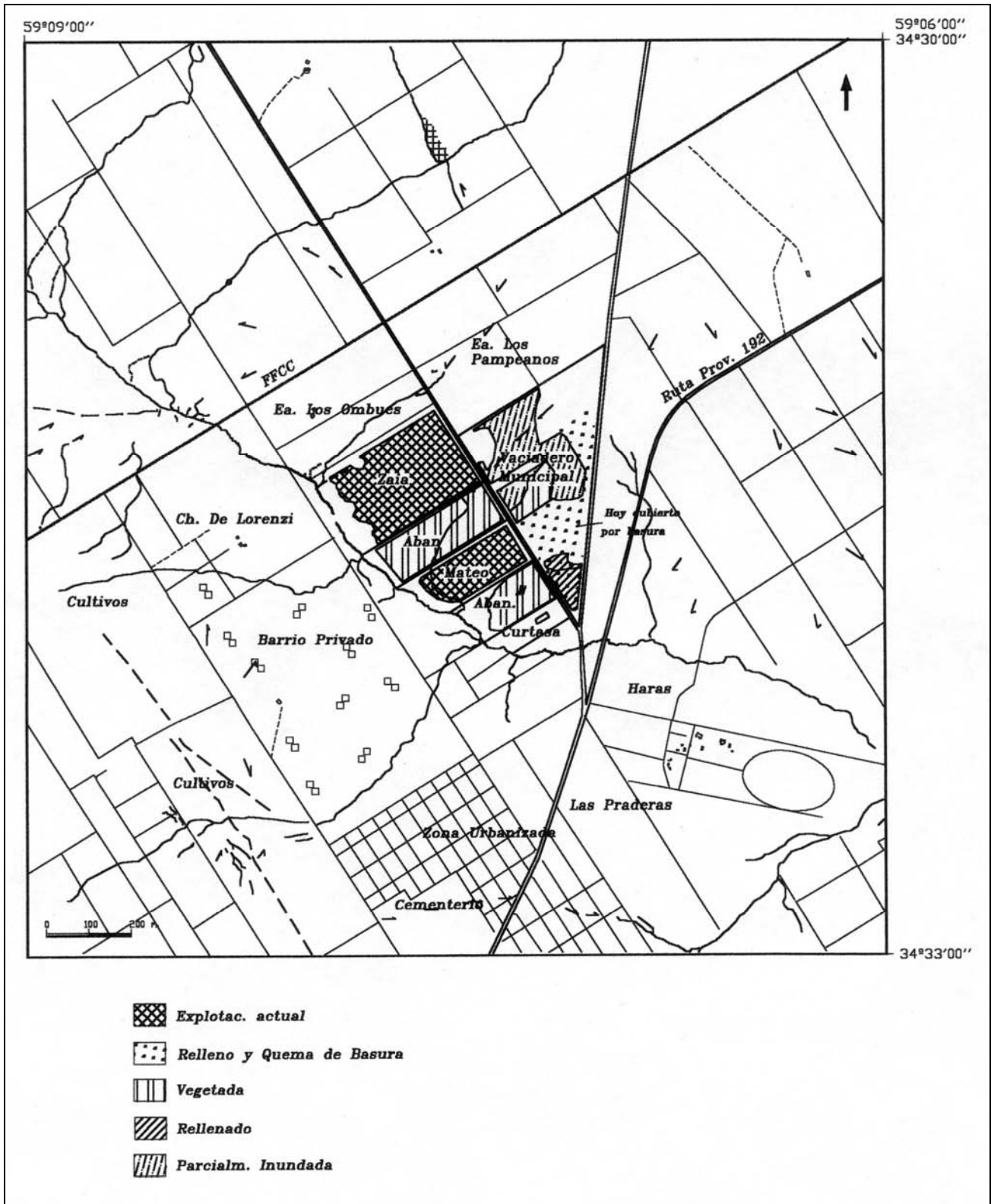


FIGURA 2: PATRONES DE EROSION Y RELIEVE

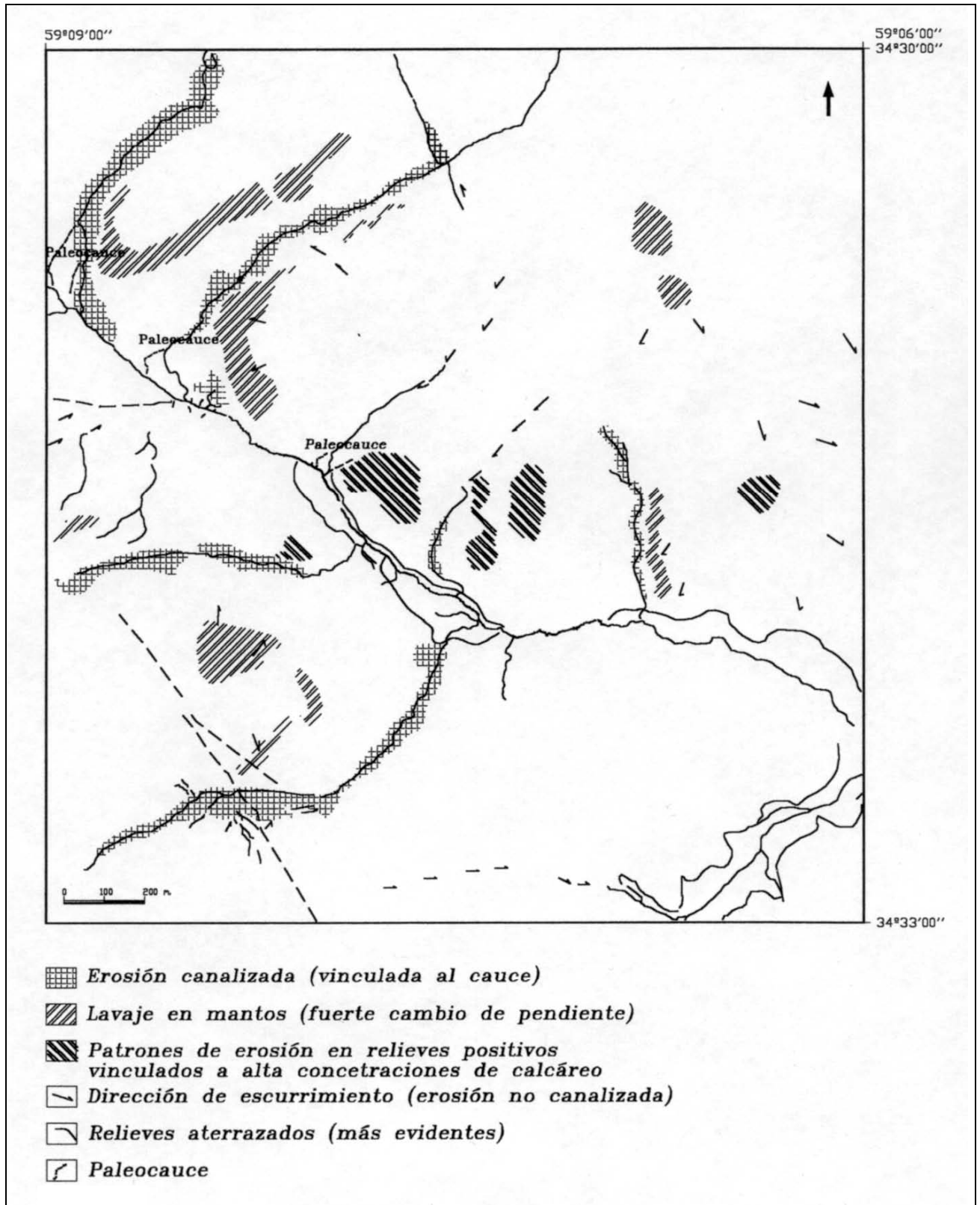


FIGURA 3: PATRONES DE VEGETACIÓN ARBÓREA

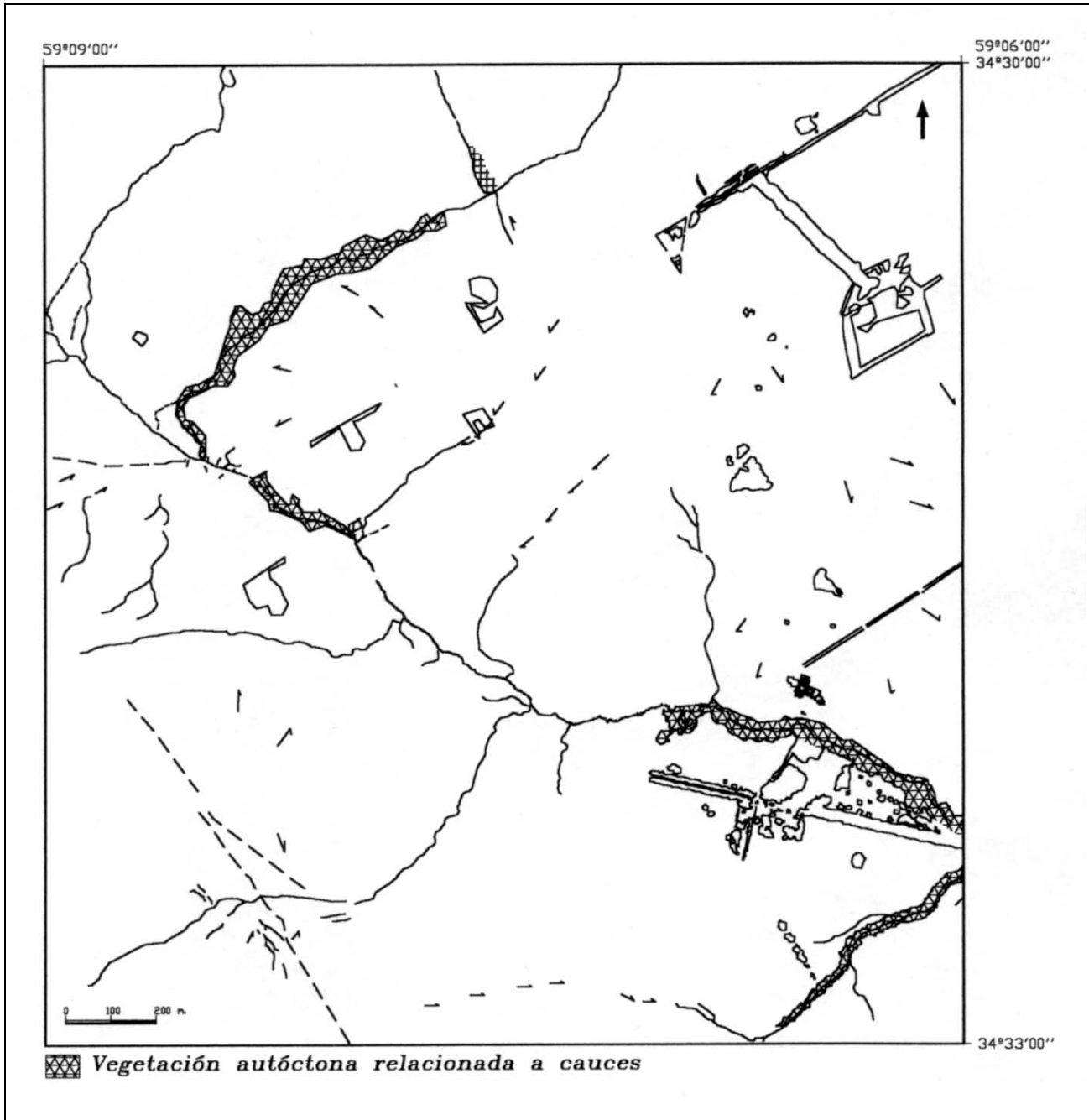


FIGURA 4: USO DEL SUELO

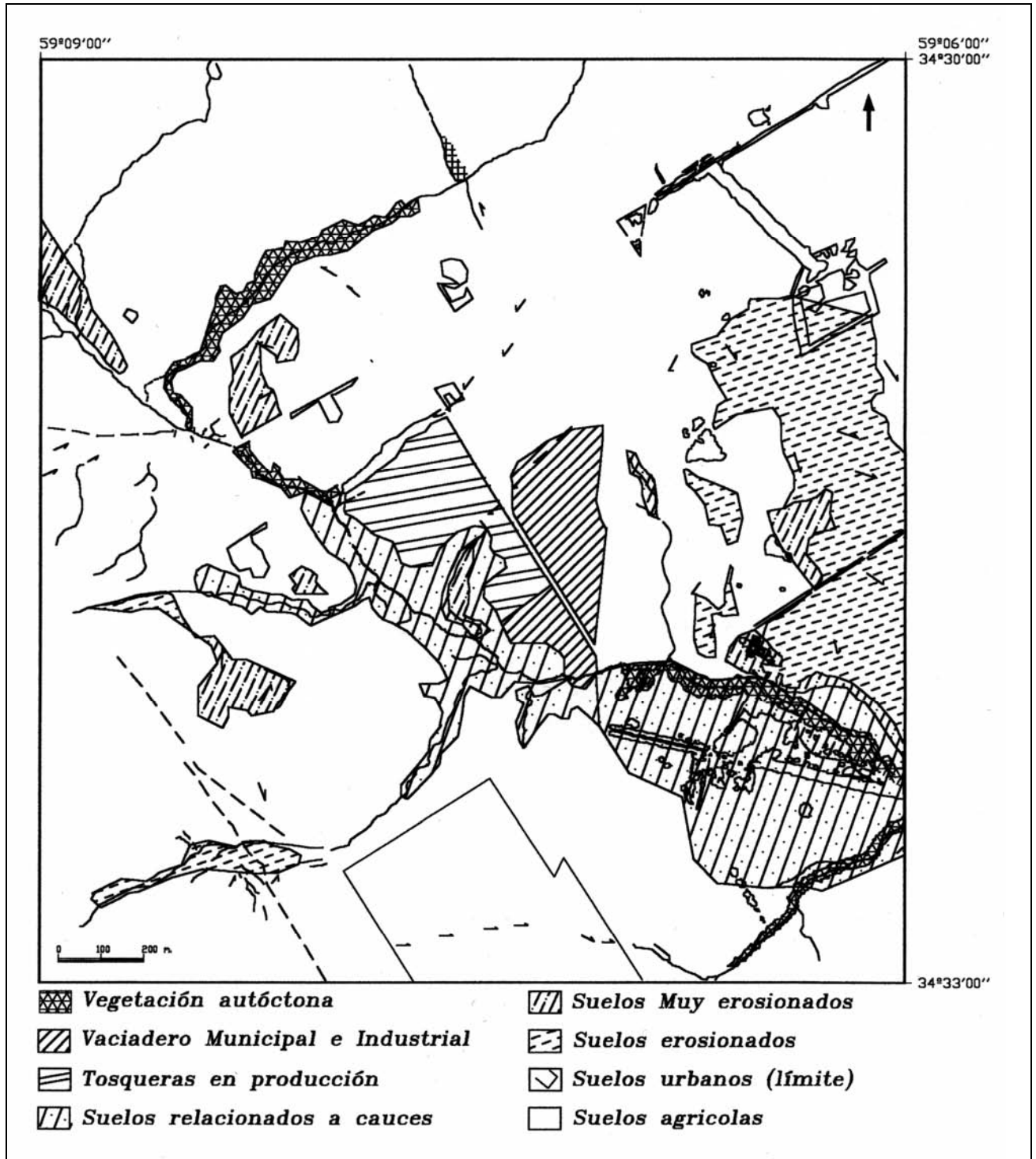


FIGURA 5: GRADO DE IMPACTO AMBIENTAL

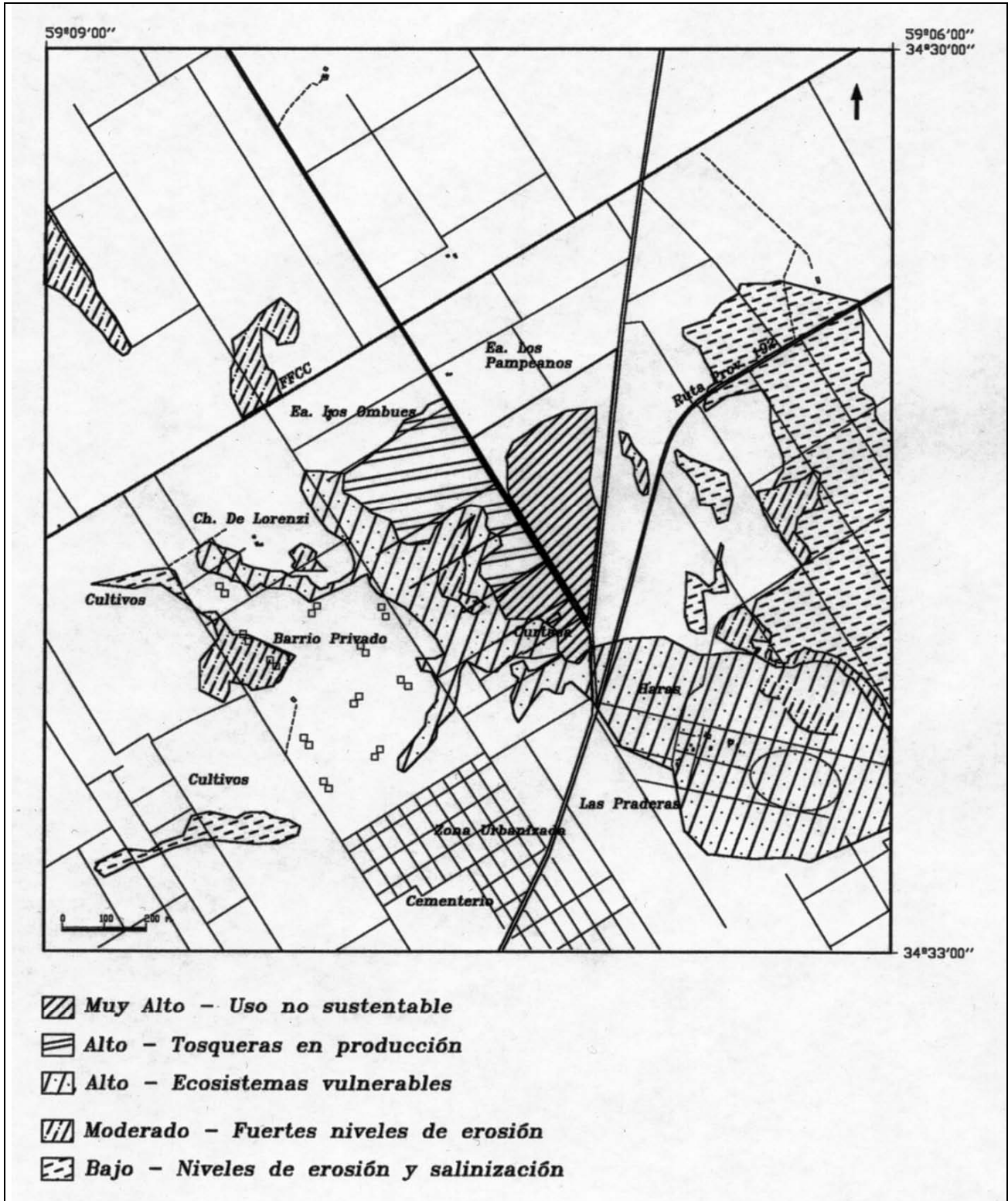


FIGURA 6: TOSQUERA EN PRODUCCIÓN – ZAIA HNOS.



FIGURA 7: TOSQUERA UTILIZADA PARA VERTIDO DE EFLUENTES INDUSTRIALES – CURTASA S.A.



FIGURA 8: VACIADERO MUNICIPAL DE LUJÁN. TOSQUERA ABANDONADA.



FIGURA 9: TOSQUERA RECUPERADA PARA RECREACIÓN. BENAVIDEZ.





Carta de peligrosidad geológica de la hoja de ciudad del Libertador General San Martín, escala 1:250.000. Jujuy – Salta

Gonzalez, María A. - Chavez, Roxana

Resumen

En este trabajo se presenta un adelanto de la Carta de Peligrosidad Geológica de la Hoja IGM 2366-IV (Ciudad del Libertador General San Martín).

Se cumplimenta con la normativa del SEGEMAR para este tipo de cartografía, que consta de mapas integrados a pequeña escala, que incluyen información básica para la estimación de áreas de Peligrosidad.

Los mapas de información básica utilizados a escala 1:1.000.000 son de características meteorológicas (isobietas, isotermas, dirección y velocidad de vientos); densidad de población; características sísmicas (isosistas, ubicación de epicentros con magnitudes entre 4 y 7 de la escala de Richter, y años de ocurrencia de terremotos históricos entre el 1863 y 1993); y un esquema geológico regional.

Se realizaron mapas a escala 1:250.000 para la caracterización física del área susceptible a los procesos geológicos, según las exigencias de las normativas. Estos mapas son: el litológico y estructural (donde se representan las unidades litológicas y las estructuras regionales más importantes); el hidrográfico (con la separación de cuencas); el geomorfológico (separando por su génesis a las formas eólicas, fluviales, glaciarias, y de remoción en masa, y la distinción en formas de acumulación y/o de erosión); y el de procesos geológicos (antiguos y actuales). A partir de los cuales se confeccionó la Carta de Peligrosidad Geológica.

Para la separación de áreas de peligrosidad, se consideró la definición de peligrosidad de Varnes (1984); la cantidad de procesos presentes en una misma área; la recurrencia de alguno de ellos; la distribución de factores condicionantes y desencadenantes; y la probabilidad de que los procesos sean perjudiciales.

Integra a esta cartografía, la confección de un Catálogo de Peligrosidad Geológica de la República Argentina, con la realización de Fichas Inventario para cada uno de los procesos que generaron perjuicio en el área de estudio.

1. INTRODUCCIÓN

La descripción de las áreas de peligrosidad geológica que se presenta en este trabajo, pertenece al Programa

de Cartografía de Peligrosidad Geológica de la República Argentina a escala 1:250.000. Este Programa está incluido en el Proyecto PASMA del Banco Mundial que lleva a cabo la Dirección de Geología Ambiental y Aplicada del SEGEMAR.

Dentro de los principales objetivos de la normativa, se considera la presentación de una carta de fácil lectura y

Recibido: 8 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 30 de Abril de 1999

SEGEMAR – IGRM. Av. Julio A. Roca 651, 8 piso, sector 8. (1322) Capital Federal.

comprensión para distintos profesionales y técnicos; y detectar las zonas de mayor peligrosidad para construcciones y actuaciones humanas, las cuales deberían ser objeto de posteriores estudios más detallados.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada entre los paralelos 24° 00' - 23° 00' de latitud sur y los meridianos 66° 00' - 64° 30' de longitud oeste y constituye la Hoja de I.G.M. 2366 - IV Ciudad de Libertador General San Martín. Comprende los departamentos de Tilcara, Humahuaca, Tumbaya, Dr. Manuel Belgrano, Valle Grande y Ledesma de la provincia de Jujuy y los departamentos de Orán e Iruya de la provincia de Salta.

Dicha área abarca las provincias geológicas de la Puna, Cordillera Oriental y Sierras Subandinas. La Puna es una depresión tectónica que tiene como rasgo más característico su carácter endorreico con las áreas más bajas ocupadas por salares y lagunas someras (Guayatayoc y Salinas Grandes). Las alturas mínimas descienden hasta los 2.900 m s.n.m. y las cumbres más altas alcanzan los 5.043 m s.n.m. en el Co. Rosado. La Cordillera Oriental se caracteriza por cordones montañosos de rumbo general N-NO a S-SE. Las mayores alturas se ubican al norte de las estribaciones del Co. Chañi, de 5.297 m s.n.m. y las partes más bajas descienden hasta los 1.800 m s.n.m. En las Sierras Subandinas las alturas varían desde los 600 m s.n.m. hasta los 3.646 m s.n.m. en el Co. Amarillo.

Según la clasificación de Kopen (*Buitrago y Larran, 1994*) en el área de estudio se diferencian 4 tipos de clima: BWK, BSK, CWb y Cwa. En el centro de la Hoja encontramos el grupo BWK que presenta las características de un clima de desiertos tropicales con escasez de precipitaciones, concentradas en verano y con inviernos muy fríos y secos. Hacia el oeste se distingue el tipo de clima BSK, seco, con escasez de precipitaciones, donde la vegetación es esteparia, con inviernos muy fríos y frecuentes heladas intensas. Hacia el este el clima es de tipo CWb, templado moderado lluvioso, con inviernos secos y prosiguiendo hacia el oriente, encontramos el grupo Cwa que comparte las características del anterior, pero con veranos calurosos.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

El Programa contiene diferentes mapas temáticos a distintas escalas, a partir de los cuales se confeccionó la carta final.

Para el estudio de las características generales del área se confeccionaron esquemas a escala 1:1.000.000, de densidad de población, las características meteorológicas, y las evidencias de sismos. Estos se realizaron con datos recopi-

lados del INDEC, del INPRES y la colaboración del Departamento de Climatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy.

La selección de áreas de Peligrosidad se realizó fundamentalmente a partir de los mapas litológico, geomorfológico, de pendientes y procesos geológicos a escala 1:250.000.

El mapa de unidades litológicas o litológico se realizó a partir del mapa geológico a la misma escala del Plan Nacional de Cartografía Geológica del SEGEMAR. Las unidades se separaron por las características de resistencia de los macizos rocosos y la presencia de discontinuidades litológicas y/o estructurales, las que son independientes de las formaciones geológicas.

La carta geomorfológica se confeccionó con fotointerpretación de fotos aéreas a escala 1:50.000, y relevamiento de campo, al igual que el mapa de Procesos Geológicos (antiguos y activos) que se realizó puntualizando el estudio del tipo, magnitud, y probabilidad de perjuicios.

Debido a la variada gama de acepciones de la definición de Peligrosidad Geológica, es útil aclarar que se ha utilizado el concepto expresado por *Varnes (1984)* que considera la probabilidad de ocurrencia dentro de un período determinado y en un área específica, de un fenómeno potencialmente perjudicial.

4. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS

A partir de un detallado mapeo de los procesos geológicos presentes en el área de génesis fluvial, eólica, glaciaria, sísmica, volcánica y de remoción en masa, y de las características hidrográficas, climáticas, litológicas, estructurales y tectónicas, se subdividieron siete áreas.

La nominación de las áreas se realizó considerando la definición utilizada de Peligrosidad y la adaptación de la leyenda utilizada por *Corominas, J. (1986)* en Cataluña.

Cada una de las áreas del mapa se han coloreado con los códigos convencionales (verde, amarillo y rojo), utilizando para el caso de esta publicación, rastras en blanco y negro.

Área con ocurrencia de por lo menos tres procesos potencialmente perjudiciales, y por lo menos uno de ellos presenta una recurrencia anual

Esta área coincide con gran parte de la Quebrada de Humahuaca, fisiografía con una dinámica geomorfológica muy intensa.

En el sector que comprende el río Grande, su planicie aluvial, terrazas, y laderas marginales ocurren procesos geológicos muy activos como la sedimentación y erosión fluvial, remoción en masa de distintos tipos, e inundación.

Los procesos de remoción en masa, ocurren cada año en la época estival cuando las lluvias son torrenciales. La recurrencia de uno de los procesos es el factor que se utilizó para separarlo de otras áreas donde también existe variaciones de procesos, pero su recurrencia es menor.

La cuenca del río Grande drena una región de aproximadamente 7.250 km², recibe más de sesenta afluentes de gran longitud, siendo el diseño de drenaje más denso en la margen derecha. La sedimentación natural aumenta con la presencia (al sur del área estudiada) de un dique colmatado, que varió el nivel de base local.

En contraposición con este proceso, existe erosión lateral del río Grande sobre sus márgenes en los sectores donde existen terrazas o sobre los espesos abanicos que forman sus afluentes.

Uno de los sectores donde se observa más desarrollado este fenómeno es en el pueblo de Volcán donde se ha calculado una gran pérdida de superficie de terreno (86.400m²).

El río transporta 3.955.800 m³/año, y *Yanes (1987)* ha calculado una pérdida anual de 3.400.000 toneladas anuales y la erosión del río Grande sobre sus márgenes es el 10 % del total.

Los procesos de inundación suceden como consecuencia del aumento del caudal de los ríos por el exceso de las lluvias. Existen áreas bajas con igual o menor cota que la planicie del río y tiene gran facilidad para la invasión de las aguas. Ejemplos históricos se han producido en *Humahuaca (1984: 1985)*, *Colonia San José (1984:1987)*, *Volcán (1945)* y *Maimará (1987)*.

Los procesos de remoción en masa presentes son, según la frecuencia y magnitud, las avalanchas de detrito, los flujos densos y los deslizamientos.

Las avalanchas de detritos se producen en laderas altas, con pendientes elevadas y macizo rocoso altamente meteorizado y/o poco consolidado (laderas de pizarras y filitas entre Purmamarca y Maimará). También se pueden observar en las áreas de bad lands que se observan sobre los potentes depósitos cuaternarios.

Los flujos densos se encuentran en casi la totalidad de las quebradas tributarias al río Grande, dependiendo su magnitud de las áreas de aporte y de la pendiente de la misma. El caso más estudiado es el del torrente de barro del Volcán, pero también han existido debris flow en el Arroyo Tumbaya Grande, en el río Purmamarca, en el Arroyo Huasamayo, Arroyo Incahuasi, entre otros.

Se resalta que en ningún caso se han considerado la presencia de infraestructura, vidas, y/o actividades. En este caso (como en muchos otros) coincide que, en las zonas de gran dinámica geomorfológica se establecen los pueblos, pero aunque no existieran igualmente sucederían los procesos geológicos.

Área con ocurrencia de por lo menos tres procesos potencialmente perjudiciales, y que por lo menos uno de ellos presenta recurrencia de cinco años

Este sector coincide con el valle del río San Francisco, incluyendo los principales afluentes que se encuentran en la Hoja de norte a sur, río San Lorenzo, Ledesma y Candelaria.

Los procesos presentes son erosión laminar o en manto, erosión lateral, inundación, sedimentación fluvial y eólica.

La erosión en manto se observa con gran facilidad en las fotografías aéreas, coincidiendo estas zonas con antiguas descargas de estos ríos sobre las grandes bajadas que ellos mismos han formado, en los sectores donde las pendientes son mayores al 2 %.

La erosión lateral se observa en la margen convexa de los meandros muy encajonados en los depósitos cuaternario de las bajadas, presentes en los afluentes del río San Francisco.

La sedimentación fluvial se encuentra en el río principal el cual presenta una gran carga sólida, estos depósitos tapan los canales de riego y cubren las sendas de transporte de caña y fruta.

Como consecuencia de la erupción de abril de 1993 del Volcán Lascar se ha observado sedimentación de las cenizas sin encontrarse depósitos considerables, por lo que fueron removidos con rapidez, no obstante se produjeron daños sobre el ganado ovino en la Puna.

Las áreas de inundación coinciden con las zonas bajas (en la planicie aluvial) en las cuales divagan los ríos, o con los frecuentes meandros abandonados que se han mapeado en las fotos aéreas de 1968 y que en la imagen satelital TM de 1986 ya están ocupados por las aguas.

Estudios realizados por la Empresa Ledesma S.A., muestran que las crecidas de los ríos que provocan inundación en gran parte de las áreas de su propiedad, coinciden con exceso de precipitaciones con recurrencias de 5, 10 y 100 años. Esta última máxima se produjo en 1980 con grandes pérdidas en los caminos, canales y tierras de cultivos.

Área con ocurrencia de por lo menos dos procesos activos y/o potenciales de pequeña magnitud o activos de gran magnitud localmente sin perjuicio.

Estas zonas están más distribuidas en la totalidad del territorio que ocupa la Hoja. Los procesos que se conjugan en estos casos son los de remoción en masa, gelifluxión, y saltuariamente se mapearon algunos procesos de erosión lateral.

La remoción en masa que se presenta con más frecuencia son las avalanchas de roca, los deslizamientos y

los flujos y glaciares de roca.

Los presentes al oeste de la Quebrada de Humahuaca se encuentran coincidiendo con las áreas modeladas por la acción glaciaria, o en laderas que presentan pendientes empinadas y con macizos rocosos muy alterados, o con intercalación de materiales muy finos que favorecen el deslizamiento. Estas zonas se encuentran en la sierra que se halla inmediatamente al oeste de la Quebrada de Humahuaca, y son una de las fuentes de aporte de materiales a los flujos de Volcán, Tumbaya y Purmamarca.

Las áreas que se encuentran al este, presentan procesos que están más generalizados y coinciden con sectores muy tectonizados, se presentan en litologías muy deleznales, ya sea por la naturaleza de la litología o por la tectonización que han sufrido. Ejemplo de esto se pudo observar en los alrededores de los pueblos de Santa Ana, Valle Colorado y en el Parque Nacional Calilegua, entre otros.

Los procesos glaciares se observan en las laderas de más de 4000 m, son procesos de gelifluxión. Si bien este proceso no produce rápidas modificaciones del terreno, abarcan grandes superficies. Como se ha comentado, las condiciones de alturas en las que se presentan, y en áreas muy alejadas de la actividad humana, por lo que generalmente no se puntualiza en su consideración. En este caso, la traza actual del gasoducto se está realizando por parte de esos lugares, por lo que debería tenerse en cuenta la probabilidad de que la reptación afecte la estructura semirígida de los caños de los ductos.

Área con ocurrencia de un proceso generalizado, con perjuicio leve

Estos sectores son afectados por procesos que abarcan grandes superficies, pero que la magnitud del daño es muy leve. Coinciden en este caso con fenómenos de sedimentación eólica o fluvial, de arenas o cenizas, y de erosión (carcavamiento).

La sedimentación fluvial que se consideró es la de los grandes abanicos y bajadas que descienden desde la Cordillera Oriental hacia la Puna (en dirección este – oeste). La sedimentación eólica de arenas y cenizas volcánicas presenta una dirección oeste – este.

Si bien el perjuicio de este proceso es leve, es de consideración en el momento de realizar algunos emprendimientos (por ejemplo el trazado de un camino debe realizarse con terraplén elevado lo suficiente para que no se cubra con frecuencia, y estabilizarlo en los sectores que atraviesa mantos de arena móviles).

El carcavamiento se produce en los materiales más deleznales (arcillas, limos y arenas poco consolidadas: Unidad litológica Ia, y areniscas, tobos y tufitas: unidad litológica IIa). Al proyectar el trazado de alguna obra de

infraestructura, se deben tener en cuenta la acción de grandes superficies de carcavamiento (considerar la colocación de drenes, estabilizadores, etc.).

Área con ocurrencia de un proceso local y/o de pequeña magnitud

Estas zonas se encuentran muy localizadas en la unidad litológica IIa (areniscas arcillosas, tobos y tufitas) donde se pudieron relevar avalanchas de rocas, que coinciden con laderas desestabilizadas antrópicamente.

Se correlaciona con el *Área potencial de ocurrencia de procesos que constituyan perjuicio*, pero la diferencia radica en que los procesos son activos, debido a la acción de un factor desencadenante.

Estas avalanchas se reactivan con las lluvias torrenciales, impidiendo la circulación por las sendas. Una de ellas pertenece a la Empresa Petrolera Río Colorado, que se encuentra actualmente en período de perforación y tiene graves problemas para ingresar al pozo, desde la Ruta Nacional 36.

Área potencial de ocurrencia de procesos que constituyan perjuicio

Estas zonas, son en las que no se han detectado ni en foto aérea ni en el campo, procesos activos o antiguos, pero los factores condicionantes como litología y pendiente, son muy relevantes, y solo falta que existan los factores desencadenantes (sobre todo de naturaleza antrópica), para que el proceso se constituya en un peligro.

Áreas con iguales características, en zonas donde el hombre ha intervenido en su desequilibrio (sobre todo con desmontes para caminos) se observa que se producen fenómenos de remoción en masa. Un ejemplo de esto se puede citar en el camino que une al pueblo de Tiraxi con el Barrio Chijra (al sur de la Hoja), el cual atraviesa la Unidad litológica que presenta una composición altamente arcillosa, y los pobladores de ese pueblo, en la época de lluvias, quedan totalmente aislados.

Otro ejemplo es el deslizamiento que se encuentra afectando el tramo de la Ruta provincial 52 (Purmamarca – Susques), al oeste del Abra de Lipán.

Área donde no se han detectado procesos activos que constituyan perjuicio

En gran parte estas superficies coinciden con áreas de baja pendiente a planas, o bajas alturas, o de macizos rocosos resistentes, y donde la red de drenaje no es importante.

Los procesos no detectados, no implican su no-existencia. Para esta área fundamentalmente, como para las demás, no hay que dejar de considerar la escala de este trabajo

la cual es muy general y ante cualquier emprendimiento, se aconseja la realización de estudios puntuales.

5. FICHAS INVENTARIO

El Plan de Cartas de peligrosidad geológica incluye la confección de una Base de datos de procesos geológicos históricos y actuales (sobre todo los que hayan provocado perjuicio a infraestructuras), de todo el país. Esta Base consta de Fichas Inventario específicas para cada tipo de proceso y está asociada a un punto del mapa (que a los efectos de esta presentación no se han mapeado por problemas de escala).

Estas Fichas se confeccionaron con datos de campo, antecedentes de bibliografía científica y de notas periodísticas.

Si bien en el mapa se volcaron todos los puntos hasta ahora relevados, a modo de ejemplo solo se presenta una de las Fichas Inventarios correspondiente al Proceso de inundación producido en el departamento de Ledesma (Anexo 1).

6. CONCLUSIONES

Este Plan de cartografía quiere dejar plasmado en una escala muy generalizadas las áreas de nuestro país que

deberían tener tratamiento de detalle a la hora de realizar alguna modificación al terreno natural, ya sea agregando elementos al sustrato (tendidos de líneas, realización de puentes, diques, instalación de nuevos barrios, etc.) o retirando material al desmontar una ladera para el trazado de un camino, socavando para la traza de canales, o la frecuente extracción de áridos de los lechos de los ríos.

Los procesos geológicos altamente perjudiciales, son los que hay que tener en cuenta a la hora de realizar algunas de las modificaciones, estudiando su magnitud, factores condicionantes y desencadenantes, y la factibilidad de mitigar los perjuicios.

7. AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la Dirección de Geología Ambiental y Aplicada del SEGEMAR el financiamiento del presente estudio a través del Proyecto PASMA, a la colaboración del Ing. Buitrago del Departamento de Climatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy, al Lic. Garaventa de la empresa Ledesma S.A., al Dr. González Díaz por la revisión crítica del mapa geomorfológico.

8. BIBLIOGRAFÍA CITADA EN EL TEXTO

BUITRAGO, L. G. Y M. T. LARRAN, 1994.

El clima de la provincia de Jujuy.

Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy. 38pp. Argentina.

COROMINAS, J., 1986.

Memoria de la cartografía de riscos geológicos de les comarques de muntanya de Catalunya.

Conselleria de Política Territorial i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya. España.

SEGEMAR, 1987.

Normativa para la Cartografía Línea Base de Peligrosidad Geológica de la República Argentina a escala 1:250.000.

Proyecto PASMA. 64pp. Argentina.

VARNES, D. J., 1984.

Landslides hazard zonation: a review of principles and practice.

Natural Hazard 3 . UNESCO. 63pp.

YANES, L. A., 1987.

Programa Nacional para la Conservación de la Infraestructura.

Proyecto MOSP – PNUD. Ministerio de Obras y Servicios Públicos. Secretaría de Coordinación de Obras y Servicios Públicos. 43 Tomos. Argentina.

ANEXO 1

TIPO DE PELIGRO: INUNDACIÓN

FECHA DE REGISTRO: 22 de Enero de 1999.

REGISTRO N 001

AUTOR: Roxana Chavez - Maria Alejandra Gonzalez

LOCALIDADES Y ZONAS AFECTADAS: Lib. Gral. San Martín (barrios San Francisco, Los Ceibos, San Lorenzo y Plan Alborada) - Caimancito - Calilegua - Fraile Pintado.

DEPARTAMENTO: Ledesma.

PROVINCIA: Jujuy

N de HOJA 1:250.000: 2366-IV.

FECHA/S DEL EVENTO: Marzo de 1977 - Febrero de 1979 - Marzo de 1980.

DURACIÓN: Sin información

CUENCA HIDROGRÁFICA: San Francisco.

RÍO/ARROYO: R. San Lorenzo, R. Ledesma, R. San Francisco.

CAUSAS: Intensas precipitaciones en pocas horas.

FRECUENCIA: Sin información.

SUPERFICIE AFECTADA (Km²): Sin información.

ALTURA MÁXIMA/NIVEL DE AGUA (m): 1,50 m (03/1980)

MEDIDO EN: Lib. Gral. San Martín

CAUDAL MÁXIMO (m³/s): Sin información.

MEDIDO EN:

PRECIPITACIÓN MÁXIMA: más de 200 mm (03/1980=

MEDIDO EN:

CAUDAL ESPECÍFICO: Sin información.

OBSERVACIONES: Ver comentarios.

DAÑOS MATERIALES: Corte de la ruta Nacional N 34 por 5 km, como consecuencia del desborde del Río Ledesma, afectando además a la localidad de Fraile Pintado. (02/1979).

Pérdidas de viviendas y cultivos en Libertador General San Martín. Sobre el Río Ledesma, 500m al norte del puente, las vías ferroviarias quedaron en el aire y en el mismo sector la ruta Nacional N 34 quedó cortada. El viejo puente sobre el Río San Francisco, a la altura de Caimancito, cedió por la acción de las aguas. (03/1980).

NUMERO DE MUERTOS: 7 muertos y 25 desaparecidos (03/1980)

NÚMERO DE HERIDOS: Sin información.

PÉRDIDAS ECONÓMICAS: Sin información.

EFFECTOS INDIRECTOS: 1500 evacuados en Libertador General San Martín y 250 en Calilegua. (03/1980).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Diarios:

Pregón (Jujuy): 01/03/1977 - 12/03/1980 - 13/03/1980.

Clarín (Buenos Aires): 05/02/1979 - 12/03/1980 - 13/03/1980 - 14/03/1980.

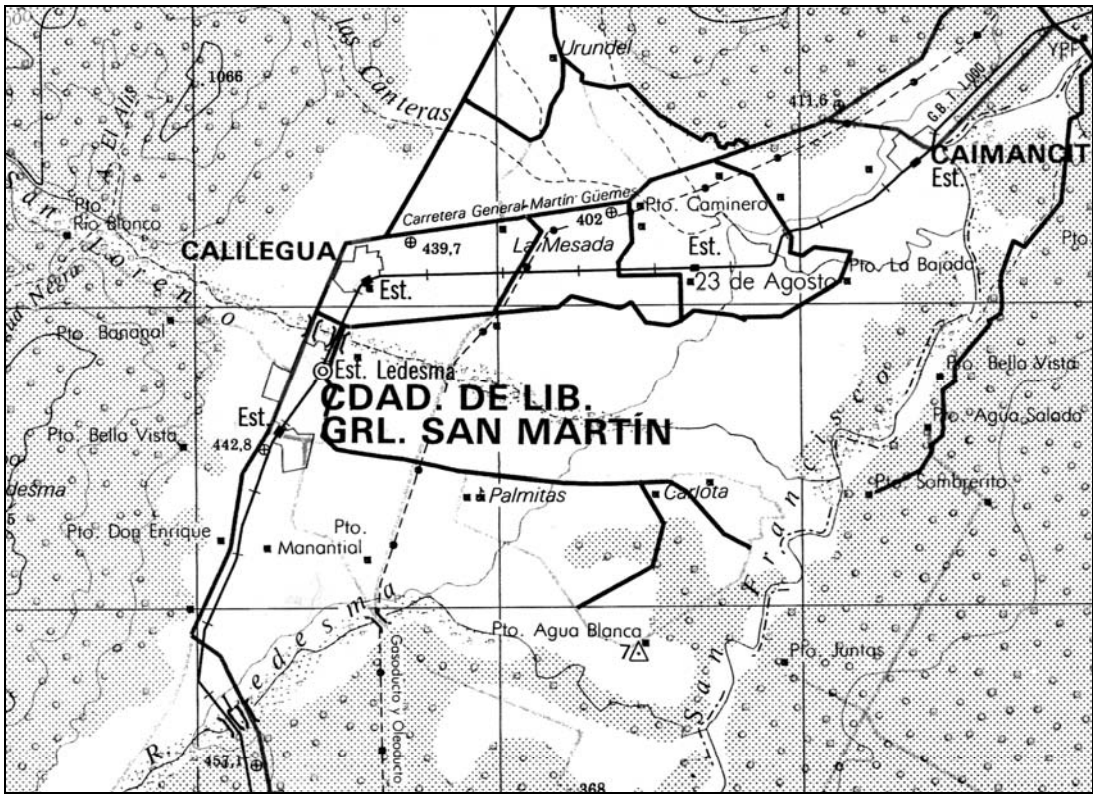
NOTAS/COMENTARIOS

Los cortes en las vías de comunicación en esta zona se agravan por la importancia agrícola de la región. Por estas rutas se transporta la producción azucarera, de pasta de papel, cítricos y bananas, del área de Orán y Calilegua. Algunos de estos productos son no perecederos, y al retrasarse el envío, la comercialización se hace inviable. Se agrega a esto el traslado de las personas a los trabajos en pueblos cercanos y el acceso turístico al parque Nacional Calilegua.

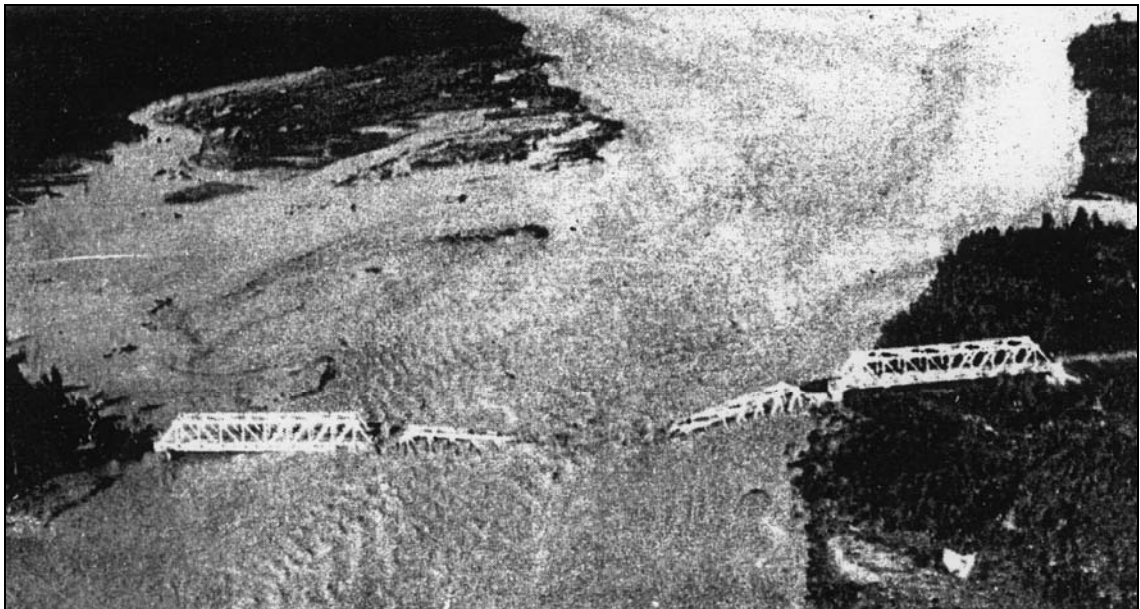
TIPO DE PELIGRO: INUNDACIÓN

REGISTRO N: 001

CROQUIS O ESQUEMA DE UBICACIÓN DE LAS ZONAS AFECTADAS

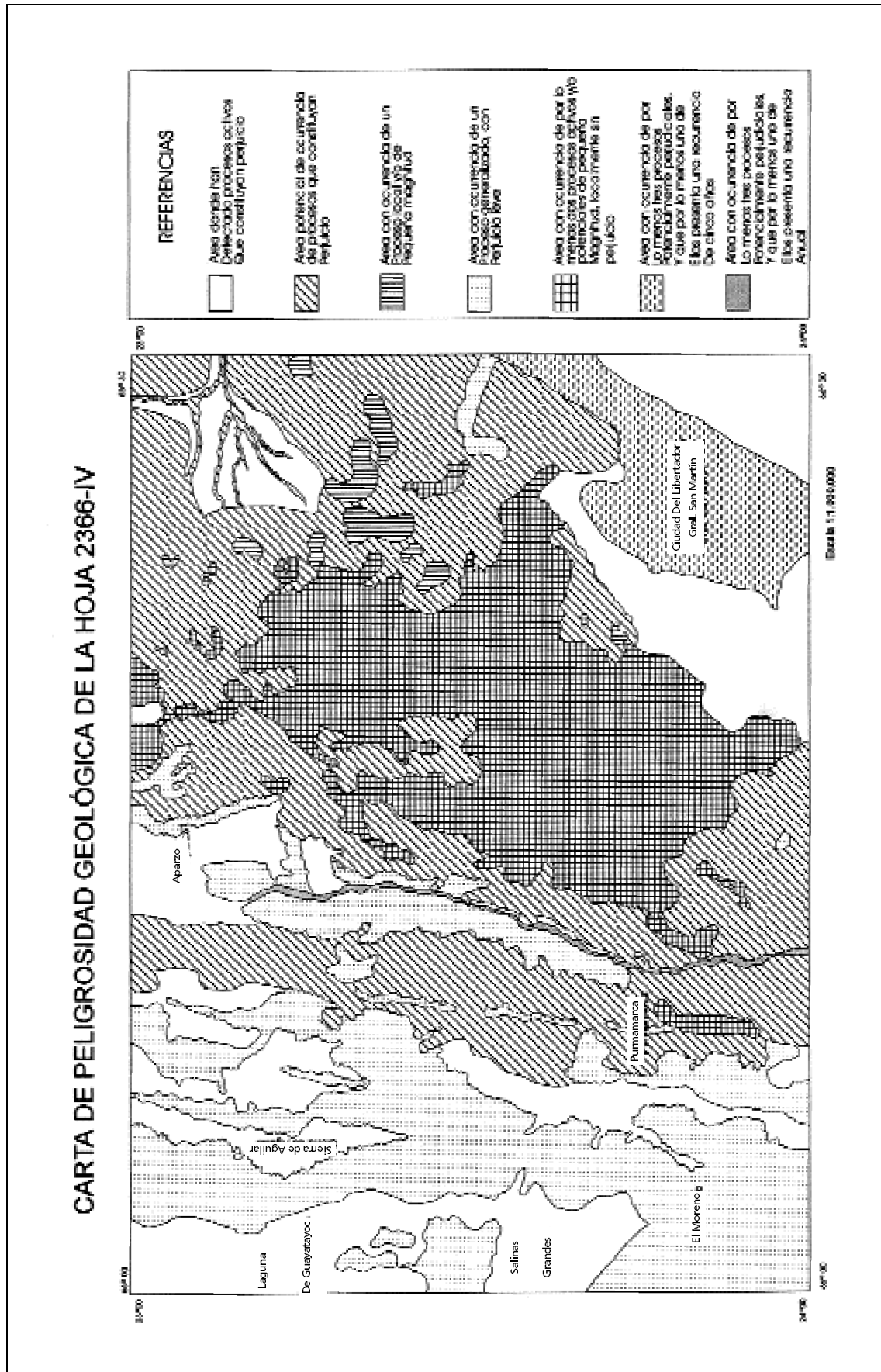


FOTOGRAFIA



El viejo puente sobre el Río San Francisco, a la altura de Caimancito que une la ruta 34 con la rica zona de Palma Sola, El Talar y otras localidades, cedió ayer al embate de las aguas creando una situación de verdadera calamidad para un extenso territorio del valle del San Francisco que se ve obligado a transitar por el puente sobre el río Lavayen o derivar hacia Pichanal por territorio salteño.

Tomada del diario Pregón del 13/03/1980.





Método mineralógico determinativo del quimismo potencial aplicado a sedimentos loésicos

Karlsson, Alicia - Ayala, Rosa - Mansilla, Lilyán

Resumen

La provincia de Córdoba posee una amplia distribución de sedimentos loésicos. Sus rasgos macromorfológicos, muestran aspectos similares, especialmente por la textura franca, la secuencia de colores pardos de oscuros a claros y talud de cerca de 70%, mientras que los estudios microscópicos de sus arenas muestran una mineralogía muy variada. En este trabajo se desarrolla un método determinativo a fin de evaluar el aporte catiónico potencial que las arenas finas que los sedimentos loésicos puedan aportar al medio bajo procesos de alteración. Se evalúan las reservas en m.e./100g de los cationes presentes en la mineralogía mediante los siguientes algoritmos: $K_2O=0.5Li + FA$, $Na_2O=1.4Li+1.6(FA+FCA)$, $CaO=0.7Li+1.4FA+3.5FC$, $MgO=FM$. Siendo lititos (Li), feldespato alcalino (FA), feldespato calcoalcalino (FCA) y minerales ferromagnesianos (FM).

Sobre los datos texturales, mineralógicos y reserva catiónica se aplica el coeficiente de determinación de Dryden: $r^2=\{(xy)-n(MxMy)\}^2\{(x^2)-nMx^2\}\{(y^2)-nMy^2\}^{-1}$

Desde el punto de vista mineral se pueden agrupar las muestras de los perfiles en dos grupos, que denotan ambos una alta similitud mineralógica. Desde el punto de vista de los m.e./gr que pueden aportar al medio estos sedimentos, se observa una alta similitud entre ellos, denotando valores potenciales menores de 36 m.e./gr de potasio y menores a 10 m.e./gr de magnesio indican una fertilidad potencial muy baja para estos elementos. Los valores mayores a 60 m.e./gr de sodio generarían altos niveles de sodicidad.

1. INTRODUCCION

La provincia de Córdoba posee una amplia distribución de sedimentos loésicos. Sus rasgos macromorfológicos, tabla II, muestran aspectos similares, especialmente por la textura franca, la secuencia de colores pardos de oscuros a claros y talud de cerca de 70%, mientras que los estudios microscópicos de sus arenas muestran una mineralogía muy variada, tabla III. En este trabajo se desarrolla un método determinativo a fin de evaluar el aporte catiónico potencial que las arenas finas que los sedimentos loésicos puedan aportar al medio bajo procesos de al-

teración, a fin de poder presuponer los usos y manejos de los suelos desarrollados en ellos.

El aporte catiónico potencial se calcula en m.e./gr (miliequivalente de iones presentes en 100 gr de sedimento) porque pesos iguales de diferentes cationes cambiables liberados no son iguales en términos de reacción química. Quedando reflejada en forma más equilibrada la acción de los cationes liberados en el medio mediante el recurso de los m.e./gr.

Con el fin de dar un amplio panorama de dicho fenómeno se seleccionó una serie de perfiles de sedimentos loésicos dispuestos en la provincia de Córdoba. Dicha selección se discriminó según posiciones geomorfológicas, (Sayago1986), los puntos de muestreo están indicados en la tabla I y Mapa de ubicación.

Recibido: 26 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 17 de Agosto de 1999

Escuela de Geología. Universidad Nacional de Córdoba,
Argentina. Av. Sabattini 1672, Córdoba (5014)



Los sedimentos concernientes a los perfiles 1 y 2 pertenecen a pampas de alturas.

La petrología del área corresponde a rocas metamórficas cuya facie varía desde gneis típico hasta migmatita. Sobre estas rocas los procesos estructurales y erosivos han dado lugar a la formación de mesetas interserranas (pampas), que permitieron la depositación de sedimentos. Este material asociados a las pampas es totalmente diferente del típico de la región, siendo su aspecto similar al loes pampeano. Sobre estos sedimentos se configura un relieve de lomas onduladas, comúnmente llamadas pampas, con susceptibilidad a la erosión hídrica, lo que se pone de manifiesto en la presencia de surcos y cañadas autosubsidentes en el sector de pendientes pronunciadas.

Los sedimentos muestran textura fina y presentan carbonatos de calcio en algún nivel del perfil, por lo general por encima del metro de profundidad. Los suelos desarrollados son argiustoles thapto cálcicos, que presentan una discontinuidad litológica marcada por la fuerte disminución del vidrio y los lititos volcánicos en las partes altas y medias del perfil, lo que indica que la mineralogía típica de los sedimentos loésicos piroclástico se diluye hacia superficie, (Manzur 1988).

Los sedimentos del perfil 3, tabla I, pertenecen a los bolsones asociados a las planicies occidentales de la provincia de Córdoba. Estos sedimentos corresponden a la zona apical del cono aluvial, loma alta y pie de la loma. Forman acumulaciones relacionadas con un régimen torrencial de corrientes superficiales producidas por precipitaciones intensas y cortas. Estas corrientes al perder la capacidad de transporte por disminución del gradiente o por aumento de la infiltración, depositan su carga en el pie del monte.

El material constituyente de todos estos sedimentos proviene de las abruptas escarpas graníticas de las sierras de Orcosuni y Sauce Puncu. Los suelos desarrollados son haplustoles, poniéndose de manifiesto la ciclicidad propia de estos suelos de montaña. La mineralogía promedio de las arenas finas de los sedimentos se encuentra dispuesta en la tabla III, estos datos fueron extractados de (Gallo 1988).

Los sedimentos de los perfiles 4, 5, 6 y 7 se encuentran asociados a la llanura pampeana central cordobesa. En la zona oeste de la pampa se distingue la plataforma basculada (perfil 4), que corresponde a un glasis cuya pendiente máxima hacia el sudeste es de 1% de promedio.

La red de drenaje es organizada estando asociada a antiguos valles fluviales fracturados tectónicamente, generando secuencias de paleosuelos (Karlsson 1988).

En la zona este, pampa plana, la pendiente disminuye a alrededor de 0.05%, observándose sobre impuesto a un drenaje anárquico actual una red palintética (Pasotti 1967), que se muestra en general con buen desarrollo, correspondiendo a un paisaje de lomas planas alargadas (perfil 6 y 7) en un diseño de mallas de cañadas (perfil 5) con lagunas estrelladas.

Los suelos desarrollados en las lomas son haplustoles con material edáfico no uniforme, en las zonas de escurrimiento argiustoles y en las depresiones duracuoles con duripanes silificados bien definidos, (Karlsson et al 1998)

Los estudios estadísticos de este diseño indican que los radios de los pozos de infiltración son de 250m, con una distancia entre los pozos de 200 a 3000 m, en cuanto a los ángulos de las líneas de escurrimiento es muy uniforme, variando de 30° a 45°, fundamentando un origen tectónico del diseño de cañadas para esta zona, (Rolfi 1990). Algunas variaciones observables son su enmascaramiento por el aumento del diámetro de los pozos de infiltración hasta convertirse en lagunas permanentes en el sector asociado a la falla longitudinal de Alejandro - Hernando - Rayo Cortado.

El material que cubre toda esta amplia y tendida llanura son sedimentos loésicos, limosos y de colores pardos claros, constituidos por secuencias téfricas producidas por la actividad explosiva cordillerana, (Karlsson et al 1989), de igual edad que la ándicas (Laya 1970).

Estos sedimentos estudiados poseen en general de 10 a 20% de vidrio volcánico, mientras que los loes presentes en las áreas serranas pueden presentar valores mucho menores.

Los vitroclastos más abundantes son incoloro con índice de refracción de 1.43. Estos se presentan en forma de litofisas, placas compactas y láminas fluidales. La presencia de los fragmentos líticos varían de 10 a 30 % en los sedimentos de llanura, siendo menor su presencia en los sedimentos de las sierras. La textura de los lititos más fre-

cuenta es la granofírica estando su fábrica conformada por cuarzo y feldespato.

La fracción cristalina está conformada por cuarzo en granos con bordes semi redondeados a angulares, su porcentaje es muy variable, de 3 a 30 %. La proporción de plagioclasa es alta en general, llegando a 60%, su mineralogía va de sanidina a oligoclasa-andesina. Los minerales féficos se presentan en mínima proporción, siendo los más comunes la biotita, hornblenda verde común y los opacos. Estos últimos son en su gran mayoría magnetita y hematita.

Al alterarse el vidrio volcánico de muy baja densidad compactan los sedimentos. Los feldespato son proveedores de sodio y calcio por alteración mineral en ambientes alcalinos para los primeros y ácidos los segundos, (Karlsson 1990).

2. MÉTODOS DE ESTUDIOS Y RESULTADOS

Los estudios mineralógicos se realizaron por microscopía polarizada sobre un conteo de 1000 granos aplicada a la fracción de arena fina (100-60 μ), siguiendo el método de Karlsson (1990).

Se evalúan las reservas en m.e./100g de los cationes presentes en la mineralogía mediante los siguientes algoritmos desarrollados por (Karlsson et al 1989).

Las abreviaturas de los algoritmos son Lititos (Li), feldespato alcalino (FA), feldespato calcoalcalino (FCA), minerales ferromagnesianos (FM) y donde los m.e./gr de los óxidos quedan indicados por la notación de los óxidos:

$K_2O=0.5Li + FA$, $Na_2O=1.4Li + 1.6(FA + FCA)$,
 $CaO=0.7Li + 1.4FA + 3.5FC$, $MgO=FM$.

Sobre los datos texturales, mineralógicos y reserva catiónica tabla II, III y IV, se aplica el coeficiente de determinación Dryden, que indica la similitud entre los diferentes materiales, dando valores de $r^2 = 1.00$, para correlaciones en un 100% y por ejemplo de $r^2=0.90$ una correlación de 90% entre los sedimentos comparados.

$$r^2 = \frac{[(xy) - n(MxMy)]^2}{\{(x^2) - nMx^2\} \{(y^2) - nMy^2\}}^{-1}$$

Donde x e y son los pares porcentuales a comparar y n el número de dichos pares.

Para la comparación textural se utilizaron los pares limo y arcilla y para la comparación mineralógica se establecieron cuatro pares: vidrio, mica, hornblenda y opacos.

Una vez establecido los conjuntos similares, entre ellos se aplica el algoritmo de variación porcentual $\%Va = \frac{(Pah)(Pam)^{-1} - 1}{Pam}$, donde Pah es el porcentaje del mineral a en el horizonte a compara y Pam es el porcentaje del mineral a en el material comparado, (Karlsson 1993).

Los resultados de aplicar el coeficiente de correlación de Dryden a los valores texturales no son expuestos debido a que muestran una absoluta correlación, dando

valores de $r^2 = 1.00$ para todas las muestras. Estos mismos valores obtenidos con datos mineralógicos, tabla IV, permiten formar tres grupos. El primer grupo formado por las muestras de los perfiles 1-2-4-5-6, y los perfiles 3 y 7 diferentes entre sí.

Dado que la muestra 4 es la más representativa del primer grupo y se comparan con la 3 y la 7, tabla V.

De los cálculos de los m.e./gr potenciales a partir de la mineralogía y la aplicación subsecuente del coeficiente de determinación, tabla VI y VII, se comprueba una alta similitud de todas las muestras. Sin embargo podemos separarlas en dos grupos formados por el perfil 1-2-3-5 y un segundo formado por 4-6-7. Aplicando las variaciones porcentuales a las muestras de los perfiles 5 y 6 por ser las más representativas de ambos grupos, tabla VIII.

3. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los materiales originales estudiados desde el punto de vista textural muestran una muy alta identidad, presentando todos textura limosa a franco-limosa.

Desde el punto de vista mineral se pueden agrupar las muestras de los perfiles 1-2-4-5-6 que denotan una alta similitud mineralógica, que va desde un 90% a un 80%. Bien diferenciadas de las anteriores se encuentran las muestras de los perfiles 3 y 7, donde la similitud mineralógica no alcanza al 10%.

Al plantear las variaciones porcentuales de los minerales se observa que con respecto a la muestra del perfil 4, representativo del conjunto 1-2-4-5-6, las diferencias con las muestras de los perfiles 3 y 7 radican en que estas últimas portan una menor presencia del par vidrio-opacos en general. La diferencia entre las muestras del perfil 3 y 7 es la menor presencia de minerales ferromagnesianos en esta última.

Desde el punto de vista de los m.e./gr que pueden aportar al medio estos sedimentos, se observa una alta similitud entre ellos, que varía desde 100% a 80% como mínimo. Esto a pesar de las diferencias minerales constatadas, se debe a que estas diferencias se corresponden a bajos volúmenes minerales (tabla II), evaluando que los ferromagnesianos solo representan un 10 al 15% del volumen total en todas las muestras.

Comparamos los resultados de m.e./gr que pueden aportar al medio estos sedimentos con los valores óptimos de m.e./gr en un suelo según (Velazco Molina 1983). A partir de ello podemos indicar que, los valores potenciales menores de 36 m.e./gr para potasio y menores a 10 m.e./gr para magnesio indican una fertilidad potencial muy baja para estos elementos. Los valores de calcio cercano a 200 m.e./gr podrían generar una buena estabilidad para desarrollar estructuras edáficas.

Los valores mayores a 60 m.e./gr de sodio genera altos niveles de sodicidad, con los efectos consecuentes de

toxicidad y tendencia a dispersar los coloides del suelo, limitando las posibilidades del desarrollo de la cubierta vegetal y la consecuente destrucción del paisaje.

Consideramos ahora las diferencias que pueden aportar al medio los dos grupos formados por las muestras de los perfiles 1-2-3-5 y por 4-6-7. Para esto último aplicamos las variaciones porcentuales a las muestras

de los perfiles 5 y 6 por ser las más representativas de ambos grupos.

Observamos que han quedado separados los sedimentos loésicos no antropizados, grupo 1-2-3-5, de los antropizados, grupo 4-6-7. Las diferencias radican, tabla VIII, en que los no antropizados muestran menores valores de potasio, sodio y mayores de calcio y magnesio en general.

4. BIBLIOGRAFIA

GALLO, A., 1988.

Edafogénesis a partir de la mineralogía e hidrogeología de un bolsón intermontano en la zona de Quilino, Dpto. Ischilín, Córdoba.

Tesina de grado, F.C.E.F.y N, 67pp. U.N. de Córdoba.

KARLSSON, A., 1988.

Mineralogía de los limos de los sedimentos edafizados de la provincia de Córdoba.

Actas del Simp. Int. Sobre Holoceno de Am del Sur. (I) 35-38. Paraná.

KARLSSON, A. & PUJOL L., 1989.

Métodos mineralógicos determinativos del comportamiento de nutrientes vegetales en el suelo.

XXII Congr. Bras. De la Ciencia do Solo, (I): 234:354. Recife.

KARLSSON, A. & PATIÑO A., 1989.

The Argentine pyroclastic loess.

PANCRIM 90, Queensland Australia.

KARLSSON, A., 1990.

Comparación de los aspectos geológicos y petrológicos de sedimentos loésicos.

Actas XI Cong. Arg. Volumen 1:430-434. San Juan.

KARLSSON, A., 1993.

Método mineralógico para la tipificación numérica de sedimentos loésicos.

Actas de la IAEG-AIGI Vol. VII.

KARLSSON, A., MANSILLA L. & AYALA R. 1998.

Mineralogía estadística basada en la fracción pesada de arenas de suelo.

Actas II Cong. Uruguayo de Geol. Punta del Este. (I):125-129.

LAYA, H., 1970.

Unidades litoestratigráficas y paleosuelos asociados en los depósitos piroclásticos del NO de la Patagonia.

V Congreso Geológico Argentino 3:231-253.

MANZUR, A., 1988.

Morfología y mineralogía de algunos perfiles desarrollados en las mesetas interserranas de Athos Pampa y Atum pampa, Dpto. Calamuchita.

Tesina de grado, F.C.E.F.y N, 49pp. U.N. de Córdoba

PASOTTI, P., 1967.

Rasgos geomorfológicos generales de la llanura pampeana.

GGAEA. Bol. 8, 20pp. Buenos Aires.

ROLFI, G., 1990.

Estudios estadísticos de las variaciones edáficas presentes entre los paralelos 32°20' y 32°60' S y meridianos 63°00' y 64°00' W

Tesina de grado, F.C.E.F.y N, 87pp. U.N. de Córdoba.

SAYAGO, J.M., 1986.

Morfoclimas y paleoformas en la evolución geomorfológica de la sierra de Ancasti (cuaternario superior) Catamarca.

Asoc. Geol. Arg. Volumen XLI:155-164.

VELASCO MOLINA H., 1983.

Usos y manejo del suelo.

Ed. Lumisa S.A., 200 pp. Mexico

TABLA I: PERFILES ESTUDIADOS

Nº	Región Geomorfológica	Subunidad de Relieve	Localidad	Departamento	Coordenadas Geográficas
1	Sierras Pampeanas	Pampa de Altura	Atum Pampa	Calamuchita	64°41'W-32°08'S
2	de Córdoba		Athos Pampa		64°41'W-32°00'S
3	Bolsón del nordeste	Lomada Loésica	Quilino	Ischilín	64°05'W-30°10'S
4	Plataforma basculada y Pendientes pedemontanas	Fajas fluviales	Capilla de los Remedios	Río Primero	62°12'W-31°25'S
5	Pampa plana	Planos deprimidos	Impira	Río Segundo	62°30'W-31°40'S
6		Interfluvios planos	Pozo del Molle		62°50'W-32°00'S
7	Depresión del A° Tortuga-San Antonio	Interfluvios planos	Noetinger	Unión	62°63'W-32°33'S

TABLA II: DATOS FISICOS Y QUIMICOS DE LOS SEDIMENTOS

Perfil nº	Color	%Limo	%Arcilla	Textura	%Carbonato
1	7.5YR4/4	74.50	8.80	Franco arenolimosa	9.20
2	10YR4/3	67.80	21.80	Franco limosa	14.80
3	10YR5/3	6.44	13.50	Franco arenosa	3.10
4	6YR4/3	38.80	30.30	Franco arcillosa	0.20
5	7.5YR6/2	66.50	24.10	Franco limosa	9.78
6	7.5YR5/4	72.80	12.90	Franco limosa	2.9
7	7.5YR5/4	51.00	19.91	Franco limosa	4.20

TABLA III: PORCENTAJE EN PESO DE LA MINERALOGIA DE LA FRACCION DE 100 A 60 m

Perfil nº	Cuarzo	Vidrio	Lititos	FA	FCA	Mica	Horblenda	Opacos
1	3.30	13.20	6.40	18.07	45.16	5.70	0.88	0.83
2	5.95	8.94	5.05	15.08	49.21	5.02	1.87	1.00
3	4.81	0.95	20.70	10.50	39.56	15.60	2.79	1.44
4	34.28	19.32	43.62	8.05	11.38	0.60	0.45	1.51
5	14.30	33.50	17.80	2.07	28.60	5.20	1.10	1.30
6	15.09	27.16	40.43	2.21	10.68	0.62	0.33	0.37
7	14.76	15.76	32.67	16.42	20.15	0.06	0.16	0.05

TABLA IV: COEFICIENTE DE CORRELACION MINERAL

Muestra nº	1	2	3	4	5	6	7
1	1.00	0.98	0.04	0.82	0.92	0.85	0.07
2		1.00	0.57	0.76	0.85	0.79	0.00
3			1.00	0.18	0.08	0.15	0.59
4				1.00	0.98	0.99	0.26
5					1.00	0.97	0.22
6						1.00	0.29
7							1.00

TABLA V: VARIACIONES PORCENTUALES MINERALES

Perfil n°	Vidrio	Mica	Hornblenda	Opaco
3	-95.00	<100	<100	-4.60
7	-18.42	-50.00	-64.00	-96.68
4	19.32	0.60	0.45	1.51
3	-93.96	<100	<100	<100
7	15.76	0.06	0.16	0.05

TABLA VI: CALCULO DE LOS m.e./gr POTENCIAL

Perfil n°	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
1	21.31	110.24	183.64	5.06
2	17.60	109.93	196.88	6.89
3	20.85	109.07	167.65	18.35
4	29.86	92.15	81.63	1.04
5	10.97	73.99	115.45	6.30
6	22.42	77.22	68.77	0.95
7	32.75	104.25	116.38	0.22

TABLA VII: COEFICIENTE DE DETERMINACION

Muestra n°	1	2	3	4	5	6	7
1	1.00	0.99	0.99	0.76	0.99	0.80	0.90
2		1.00	0.99	0.72	1.00	0.74	0.86
3			1.00	0.82	0.97	0.78	0.89
4				1.00	0.80	0.99	0.96
5					1.00	0.80	0.90
6						1.00	0.96
7							1.00

TABLA VIII: VARIACIONES PORCENTUALES

Perfil n°	K ₂ O	Na ² O	CaO	MgO
5	-51.00	-4.18	79.38	< 100
6	22.42	77.22	68.77	0.95



Evaluación del comportamiento hidráulico del proyecto de la ribera de Vicente López

Kokot, Roberto R. ^{1,2} - Codignotto, Jorge O. ^{1,2} - Richter, Paula ² - Herrera, Claudia ¹

Resumen

El estudio comprende tareas de relevamiento de la actual línea de costa, y predicción de las consecuencias de la ejecución de un proyecto de relleno sobre el medio litoral. Incluye la descripción general del proyecto y la situación actual del medio costero, identificación y valoración preliminar de los posibles impactos sobre la línea de costa, propuestas de planes de mitigación u optimización.

El objetivo particular consiste en la zonificación del área costera determinando la posible necesidad de protección de la misma y vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar.

Los antecedentes del área corresponden al Proyecto de Recuperación Urbana, Ambiental y Ecológica del Área Ribereña de Vicente López, Cadau et al. (1993), que corresponde a una faja de aproximadamente 200 m de ancho ubicada sobre la costa del Río de la Plata, en el Partido de Vicente López, provincia de Buenos Aires.

El área corresponde a la costa del estuario del Río de la Plata. Es un área de acreción originada durante el Holoceno y representada por playas y planicies de marea asentadas sobre una capa de sedimentos consolidados constituidos por depósitos de arcillas, suelos plásticos limo arcillosos y suelos arenosos con intercalaciones de tosca correspondientes al Post Pampeano. Actualmente se encuentra expandida por rellenos, construcciones portuarias y defensas costeras.

Las mayores alturas significativas de ola corresponden a las provenientes del cuadrante SSE con valores próximos a los 2 metros.

Actualmente se están efectuando rellenos en el área costera, parte del mismo migra depositándose en lugares no previstos y aumentando los costos de los trabajos.

La nueva línea de costa a construir, estará expuesta a una batimetría distinta, por lo tanto debe preverse una mayor intensidad de los procesos de transporte y erosión.

Este trabajo es parte de un relevamiento integral llevado a cabo en la costa argentina en el marco del subsidio (UBACyT) TW96.

1. INTRODUCCIÓN

Objetivos

El presente estudio de Geología y Dinámica Litoral es parte del relevamiento llevado a cabo en el área costera de Vicente López (Codignotto y Kokot 1999). Comprende

Recibido: 7 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 4 de Mayo de 1999

1 Dep de Ciencias Geológicas, Fac de Cs Ex y Nat, UBA.

2 CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales.

Angel Gallardo 470 Buenos Aires (1405).

tareas de relevamiento de la actual línea de costa modificada por rellenos, predicción de las consecuencias de la ejecución del Proyecto de Recuperación Urbana, Ambiental y Ecológica del Área Ribereña de Vicente López, *Cadau et al.* (1993), sobre el medio litoral.

El objetivo particular consiste en la zonificación del área costera determinando necesidad y grado de protección, y posible vulnerabilidad.

El área del proyecto corresponde a una faja de aproximadamente 200 m de ancho ubicada sobre la costa del Río de la Plata, en el Partido de Vicente López, provincia de Buenos Aires.

Al norte la costa tiene orientación N-S y limita con el Partido de San Isidro. En las proximidades del Puerto de Olivos toma orientación N/NO-S/SE, hasta su límite sur con la Ciudad de Buenos Aires.

Metodología

Se llevó a cabo el relevamiento batimétrico, análisis de datos climáticos, mareas, parámetros de ola y determinación de las sobreelevaciones de los niveles del Río de la Plata por efecto climático. Asimismo se determinaron los cuadrantes respecto al cual se dan las mayores alturas de ola sobre este tramo de costa, caracterizando las sudestadas y nordestadas.

Para determinar el Clima de Olas en el Río de la Plata se realizó un pronóstico retrospectivo (hindcasting) sobre la base de las estadísticas de viento del Aeroparque de la Ciudad de Buenos Aires, aplicando la técnica recomendada por *CERC* (1984).

Se efectuó el relevamiento batimétrico de la zona aleada a la línea de ribera con sonda ecoica Raytheon, con frecuencias de 50 y 200 Khtz. Periódicamente se efectuó la calibración de la sonda mediante sondajes directos.

2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El área costera de Vicente López puede dividirse en una zona alta, con altitudes por encima de los 20 m respecto al nivel del mar, y una zona baja correspondiente a la costa, con altitudes cercanas a los 5 metros sobre el nivel del mar.

La zona alta es parte de la provincia geomorfológica de la Pampa Ondulada, con un relieve formado principalmente por acción fluvial. Las ondulaciones observadas corresponden a un sistema de ríos y divisorias dentro de un ambiente modificado por acción antrópica.

El drenaje corresponde a una serie de arroyos entubados que responden a las cuencas denominadas Capitán Bermúdez, Borges, Alberdi, Villate, Malaver, Yrigoyen, Al Río, Vicente López y Las Heras. Todas estas culminan

con desembocaduras de los entubamientos sobre la costa del Río de la Plata.

La geología de la región está constituida por una pila de sedimentos, en su mayoría continentales e intercalados por algunos depósitos marinos, que se asientan sobre un relieve fracturado del basamento cristalino que aflora en la isla Martín García y en la costa uruguaya. En la ciudad de Buenos Aires se encuentra entre los 280 a 400 m de profundidad. Este zócalo, de aproximadamente 2100 millones de años de antigüedad, subyace a las formaciones sedimentarias que van sucediéndose en forma casi continua desde el Oligoceno hasta el Pleistoceno y Holoceno. Los afloramientos observables en la zona alta, corresponden a limos y suelos arcillosos preconsolidados por desecación, con lentes de suelos cementados por carbonato de calcio genéticamente vinculados a la acción eólica. El espesor total oscila entre los 25 y los 45m, y corresponden al denominado "Pampeano", (*Yrigoyen, 1993*).

El área baja corresponde a la costa del estuario del Río de la Plata. Es un área de acreción originada durante el Holoceno, y consiste en playas de arena fina y planicies de marea limo arcillosas asentadas sobre una capa de material compacto constituida por toscas. El área se encuentra actualmente expandida artificialmente por rellenos, construcciones portuarias y defensas costeras. Estos terrenos también están constituidos por depósitos de arcillas, suelos plásticos limo arcillosos y suelos arenosos, que corresponden al "Post Pampeano".

La zona costera en ocasiones es inundada por las aguas del estuario, por causa de mareas meteorológicas, localmente denominadas sudestadas. Los depósitos más recientes son aquellos del delta del Paraná, cuyo borde sur sumergido, el prodelta, ya ha alcanzado la zona costera del Partido de Vicente López.

El evento transgresivo como consecuencia del aumento del nivel del mar ocurrido entre los 6.000 y 7.000 años AP, se tradujo en un progresivo retroceso de la línea de costa. Transformó en amplios estuarios las desembocaduras de los ríos y arroyos bonaerenses, generó barrancas bien definidas desde Rosario hasta más allá de La Plata y labró el nivel de la denominada "Terraza Baja", *Codignotto et al.* (1996). Estas barrancas se hallan al oeste de la Avenida del Libertador en casi todo el tramo costero, salvo en el sector ubicado al norte de donde se inicia el Ferrocarril de la Costa.

Posteriormente se produjo la estabilización del nivel del mar, y a continuación una regresión cuyo descenso habría totalizado 3,90 metros durante el Holoceno. Esta fase se caracterizó por una fuerte progradación costera, erosión en el lecho del Río de la Plata y en los ríos y arroyos bonaerenses, y por el emplazamiento de un sistema deltaico cuyo cuerpo emergido limita por el oeste al Río de la Plata interior. Los eventos descriptos constituyen un

ciclo de variación del nivel del mar que aún se halla en proceso evolutivo.

Estos factores determinaron la configuración de la línea de costa, que sumados al desarrollo de las actividades humanas en el área costera durante los últimos 100 años, dio origen a cambios en la evolución natural. Estos cambios fueron en general negativos para los habitantes ubicados en ese sector.

Características de los sedimentos

Los sedimentos modernos de la región presentan una distribución textural sumamente variada. En el Río de la Plata interior, varían desde arenas finas y limos en la plataforma perideltaica hasta limos y arcillas limosas hacia la zona intermedia. Fuera de la zona deltaica predominan los limos arenosos que pasan a limos arcillosos en la zona de los canales.

En la zona interior, por razones dinámicas, se depositan los sedimentos más gruesos aportados por el Río Paraná, compuestos por limos y arenas de diámetros variables entre 0.06 y 0.2 mm. Este material es transportado en general como carga de fondo y en períodos de crecida, como carga en suspensión.

3. BATIMETRÍA

Las profundidades obtenidas están indicadas en metros y referidas al límite inferior de la media de todas las bajamares, que coincide con el "0" del mareógrafo del Riachuelo. En la figura 1 se indica la relación entre profundidad y nivel del río, referidos al "0" del mareógrafo y al "0" del IGM.

En la figura 2 se presentan los resultados obtenidos que fueron cotejados con la Carta Náutica H155A del Servicio de Hidrografía Naval. El Estuario del Río de la Plata en las proximidades de la costa de Vicente López presenta líneas de isoprofundidad que indican una superficie levemente inclinada hacia aguas afuera, desde el valor 0 hasta la profundidad de 1,5 m. Esta superficie corresponde a planicies de marea y playas sumergidas. La profundidad es baja en el ámbito cercano a la costa y aumenta progresivamente hasta llegar a valores de aproximadamente 2 metros a unos 1.500 metros de la misma. Esta superficie muestra varios desniveles, correspondientes a altos y bajos sin orientación definida.

En los sectores donde las obras de relleno han avanzado más (zona sur), las profundidades registradas pasan rápidamente a los valores de 1,0 m a 1,5 m debido a que la pendiente natural fue quebrada por el terraplenado.

Donde la configuración de la costa conforma amplias bahías, las profundidades son mínimas, y se evidencian por la presencia de vegetación (juncos).

Las embarcaciones deportivas generalmente navegan fuera de las proximidades de la línea de ribera, ya que la profundidad es insuficiente para el desarrollo de la actividad.

4. CLIMA

El clima característico de la zona costera del Río de la Plata es templado y se destaca por un prolongado período estival, cambios diarios de temperatura y humedad alta (lluvias todo el año). Los datos meteorológicos fueron obtenidos de estadísticas del S.M.N. (1978) correspondientes a la Estación Aeroparque (S 34° 34', O 58° 25').

El estuario del Río de la Plata recibe la descarga combinada del Río Uruguay y la mayor parte del flujo del Río Paraná en su extremo norte. La cuenca posee una vasta área de aporte, con características de desagüe y precipitación muy variables, teniendo un promedio anual de precipitaciones que varía entre los 200 y los 3.000 mm.

La temperatura del aire sobre el Río de la Plata sigue el patrón de temperaturas de la zona. En verano, las temperaturas máximas son de hasta 40°C y en invierno las mínimas alcanzan los 0°C dentro del Río de la Plata interior. Los episodios de helada y granizo son de muy baja ocurrencia. Se producen cambios pronunciados de la temperatura durante las rotaciones súbitas de viento. Los vientos provenientes del Norte son cálidos y sofocantes en verano, mientras que los vientos del Sur y del Oeste son relativamente frescos.

Los vientos que predominan en la zona provienen de los sectores Norte, Este y Sur, con velocidades medias mensuales del orden de los 20 – 25 km/h. Los vientos del Norte y del Noroeste no son tan significativos, pero producen un arrastre de agua en el Río de la Plata Inferior y Medio, favoreciendo la descarga de los afluentes.

El Río de la Plata está sujeto a la acción de dos fenómenos regionales con fuertes vientos que generan peligros para la navegación: Pamperos (SO) y Sudestadas (SE).

El Pampero generalmente presenta rachas de hasta 130 km/h provenientes de los sectores S a SO, aunque en oportunidades se detectaron ráfagas de 180 y 200 km/h. Cuando se desarrolla un Pampero, soplan vientos del N durante algunos días, la temperatura y la humedad son elevadas y la presión cae lentamente. Siguen vientos del NE fuertes y tempestuosos y las brisas terrestres y marinas regulares se interrumpen. Las condiciones se tornan agobiantes y se forma una acumulación de nubes cúmulus y una extensa Cúmulus Nimbus en dirección SW. Luego de pasar la nube con rachas fuertes del SW y a veces un período de calma, se eleva la presión, desciende la temperatura y avanza un frente frío. El pasaje de la nube generalmente está acompañado de un breve período de

oscurecimiento y lluvia torrencial que disminuye la visibilidad. Se producen entre 10 y 20 eventos por año y son los responsables de las mayores bajantes del estuario.

La Sudestada se caracteriza por vientos de 90 a 130 km/h, provenientes del sector SE, oleaje importante, visibilidad pobre o mala y lluvias regulares. Se desarrolla en general por la existencia de un centro de baja presión que, dirigiéndose al N/NE deja atrás el área del Gran Buenos Aires. Los vientos son generados por la zona posterior del centro de baja presión, que tiene asociada una región de convergencia de aire en la parte superior de la atmósfera, y descenso de aire y divergencia en la superficie. El viento actúa en el sentido longitudinal del estuario, y la acción de la fuerza de Coriolis empuja la onda de crecida hacia la costa argentina, incrementando su altura por apilamiento y reflexión. Ocasionalmente, el viento alcanza una fuerza de temporal con mar agitado, lluvia y poca visibilidad. Estos vientos pueden persistir durante un día o dos, provocando mares gruesos y un apreciable aumento del nivel del estuario. La Sudestada puede provocar las mayores elevaciones del nivel de agua y olas en el área. En general, estos vientos son de corta duración (algunos días) con ráfagas cortas (algunas horas) de mayor intensidad. Se producen entre 5 y 8 Sudestadas cada año.

Una estación adecuada para cuantificar la precipitación en nuestra zona de interés son Aeroparque y el Observatorio Central de Buenos Aires. Las estadísticas entre los años 1971 - 1980 indican una precipitación media anual de 1.062 mm caídos durante 94 días repartidos uniformemente en el año a razón de entre 7 y 9 eventos por mes para la estación Aeroparque. Los valores para el Observatorio Central de Buenos Aires son 1.143 mm (media anual), repartidos del mismo modo que para la estación Aeroparque.

La frecuencia máxima de niebla se produce durante los meses de invierno. En el Río de la Plata Interior se producen entre 7 y 15 episodios de niebla anualmente. La niebla de radiación en noches claras de invierno puede oscurecer las riberas al amanecer, mientras que las partes centrales del río permanecen sin niebla. Estas nieblas de tierra se dispersan hacia la mañana. El aire es claro a lo largo del Río hasta el Paraná.

Las brumas de polvo que se desarrollan durante períodos secos, y las tempestades de lluvia disminuyen considerablemente la visibilidad.

Para determinar las condiciones del viento en el Río de la Plata, a los fines del cálculo de las condiciones de oleaje, se analizaron las estadísticas con la frecuencia de intensidades clasificadas por dirección. En primer lugar se dispuso de la información correspondiente al Aeroparque de la Ciudad de Buenos Aires (estación 332 del Servicio Meteorológico Nacional), para un período de 10 años

(1969–1978). Las mediciones han sido efectuadas con anemógrafo colocado a 15 metros de altura y los datos son el promedio de los últimos 10 minutos de cada hora. Fueron clasificados según una rosa de 16 direcciones, figura 3.

5. HIDRODINÁMICA

Mareas

Los niveles de agua en el estuario del Río de la Plata son el resultado de la acción de la marea astronómica, la marea meteorológica. El efecto de la descarga fluvial que recibe en su cabecera tiene influencia cuando se suma a la marea meteorológica.

La onda de marea astronómica ingresa al Río de la Plata desde el Océano siguiendo en forma aproximada la dirección del eje del estuario y tarda cerca de 12 horas en recorrerlo. Debido a la característica semidiurna del régimen pautado por la componente lunar principal M2, trae como consecuencia, situaciones simultáneas de pleamar y bajamar para distintos lugares (dos pleamares y una bajamar o viceversa). La responsable de la existencia de desigualdades diurnas (desigualdades en las alturas y amplitudes de las dos pleas y dos bajas diarias) en todo el río es la componente diurna O1, ya que sus alturas son comparables a las de la N2, ubicada en segundo lugar dentro de las semidiurnas.

En el curso inferior del Río de la Plata la onda sufre un proceso de adaptación a la configuración del estuario, desde la zona de Punta Piedras – Montevideo, donde se presenta un estrechamiento. A partir de allí y hasta el delta, la onda se regulariza (sus componentes fundamentales, producto de la descomposición armónica, conservan aproximadamente sus diferencias relativas de amplitud y fase).

La topografía del fondo imprime características especiales a la marea en el Río de la Plata. En la zona de los canales de acceso (Río Interior y Medio) la onda, al encontrarse con mayores profundidades, se propaga más rápidamente que en los bancos circundantes. Por otra parte, se evidencia una marcada amplificación en la costa argentina respecto de la uruguayana. En la primera se alcanzan mayores pleamares y amplitudes de marea. Esto se debe a que la onda “siente” el fondo argentino más elevado y al efecto de Coriolis. En el Río de la Plata Interior, las pleamares llegan a 1,5 m y las amplitudes oscilan entre 0,6 y 1 m en estaciones costeras argentinas y uruguayas.

En la figura 4 elaborada a partir de datos de las Tablas de Mareas del SHN (1999) se presentan las alturas y amplitudes correspondientes a la marea astronómica en la estación del Puerto de Buenos Aires (Dársena F, S 34° 34' S; O 58° 23'). Las alturas están referidas al plano de reducción que coincide con el cero del mareógrafo M.O.S.P. (Riachuelo) y que pasa 0,79 m por debajo del nivel medio.

La influencia meteorológica, producida por acción del viento y durante las tormentas, ejerce una perturbación importante en el nivel del río con respecto a las variaciones producidas por la marea astronómica. Los efectos de las acciones meteorológicas son más intensos en la zona interior e intermedia del Río de la Plata. Los vientos pueden reducir o incrementar el nivel medio del río con un efecto casi inmediato.

Según SHN – SOHMA (1989), las perturbaciones extremas alcanzaron valores de 3,58 m y 4,50 metros. Dos fenómenos son responsables de ello, uno lo constituyen las ondas de largo período que penetran en el estuario luego de propagarse a lo largo de la Plataforma Continental Argentina, el otro es la influencia meteorológica local. Este último está determinado fundamentalmente por el viento, cuyo efecto es elevar o deprimir la superficie libre, dependiendo del cuadrante del que sople y del sector considerado del río.

De acuerdo a Balay (1961), fue estudiada la relación entre el viento que sopla sobre el Río de la Plata y la sobreelevación del nivel medio. Esta relación es útil para estimar en primera aproximación las variaciones globales de nivel del tramo superior del Río de la Plata en distintas condiciones, y muestra que los vientos en dirección SSE son los que provocan mayores sobreelevaciones (de más de 1,0 m para vientos mayores de 50 km/h), mientras que los vientos del N provocan las mayores depresiones. Si bien con valores inferiores al metro en general; el rango de direcciones del viento del SW al NE genera depresiones del nivel de agua. Las bajantes más pronunciadas se producen cuando vientos de magnitud considerable soplan desde este sector. Las perturbaciones en un punto dado del río pueden diferir de los indicados por Balay (1961) ya que generalmente las líneas de isonivel se alinean perpendicularmente a la dirección del viento, dando como resultado diferencias de elevaciones o depresiones entre ambas costas.

Se calcularon y corrigieron los niveles del Río de la Plata en función de la Velocidad y Dirección del Viento para distintas profundidades. En la figura 5 se presentan los resultados de sobreelevación o disminución del nivel de agua para la profundidad de 1,5 metros, característica del área de estudio, según contorno del proyecto.

Olas

Para determinar el Clima de Olas en el Río de la Plata, se realizó un pronóstico retrospectivo (hindcasting) sobre la base de las estadísticas de viento del Aeroparque de la Ciudad de Buenos Aires, aplicando la técnica recomendada por CERC (1984).

En una rosa de 16 direcciones, se trazaron los Alcances de Olas (fetches) en 8 de ellas (desde el N al SSE).

Se determinó la profundidad media en cada dirección y se calcularon la altura y período de olas a partir de la estadística de vientos, para las velocidades límite de los intervalos de clase. El alcance máximo corresponde a la dirección ESE, donde no existe un límite físico (costero). Realizando una simplificación, se adoptó en coincidencia con el límite aproximado del Río de la Plata, considerando que las olas generadas mar afuera pierden su energía por rotura dentro del estuario.

A los datos de viento se les aplicaron las siguientes correcciones, de acuerdo con CERC(1984):

a) Corrección por elevación

Debido a que las mediciones de viento fueron realizadas a 15 m de altura, la siguiente ecuación permite reducirlos a 10 m, ajuste necesario para el cálculo del oleaje.

$$U(10) = U(15) \left(\frac{10}{15} \right)^{1,7}$$

b) Duración del período de medición

Se convirtieron los datos (promedio de los últimos 10 minutos de cada hora) en promedios de una hora.

$$U_{3,600} = \frac{U(z=10)}{[1,277 + 0,296 \tanh(0,9 \log_{10}^{45k})]}$$

donde

$$t = 600 \text{ s.}$$

c) Corrección por medición en estación terrestre (Corrección de rugosidad)

Debido a que los registros de vientos provienen de una estación terrestre, se realizaron ajustes a aquellos vientos que soplan desde tierra, representando de este modo, más adecuadamente las condiciones sobre el agua. Las direcciones afectadas comprenden desde el SSE al NW, analizando sólo la dirección SSE.

Si el alcance de ola es menor que 16 km: $U_w = 1,2 U_{3,600}$

Si el alcance de ola es mayor que 16 km:

$$U_w = 1,253 e^{(-0,17U_{3,600})} + 0,899$$

d) Corrección de estabilidad

Cuando el alcance de ola es mayor a 16 km debe corregirse la estabilidad de la capa límite. En este caso, al carecer de la información necesaria, se siguió las recomendaciones de CERC (1984), considerando la capa límite inestable.

e) *Factor de esfuerzo*

Se convirtió la velocidad del viento en factor de esfuerzo, según $U_w = 0,71 (U_A)^{1,23}$

Las características del oleaje fueron calculadas a partir del método de pronóstico de Sverdrup-Munk-Bretschneider para aguas poco profundas. Este método se basa en la hipótesis de que las olas son causadas por un viento que durante el intervalo de cálculo sopla con velocidad y dirección constantes y sobre una zona de generación cuya longitud se denomina alcance de ola (fetch).

Las ecuaciones empleadas por el método son las siguientes

$$H_s = \frac{U_w^2}{g} 0,283 \tanh \left[0,53 \left(\frac{g d}{U_w^2} \right)^{3/4} \right] \tanh \left\{ \frac{0,00565 \left(\frac{g F}{U_w^2} \right)^{1/2}}{\tanh \left[0,53 \left(\frac{g d}{U_w^2} \right)^{3/4} \right]} \right\}$$

$$T_s = \frac{U_w}{g} 7,54 \tanh \left[0,833 \left(\frac{g d}{U_w^2} \right)^{3/8} \right] \tanh \left\{ \frac{0,0379 \left(\frac{g F}{U_w^2} \right)^{1/3}}{\tanh \left[0,833 \left(\frac{g d}{U_w^2} \right)^{3/8} \right]} \right\}$$

$$t = \frac{U_w}{g} 5,37 \times 10^2 \left(\frac{g T_s}{U_w} \right)^{7/3}$$

Las direcciones que se tuvieron en cuenta para el cálculo del oleaje son del N al SSE, ya que las restantes soplan desde tierra respecto del área de análisis.

Las olas provenientes del cuadrante ESE son las que pueden alcanzar mayor altura dado que no están limitadas por el alcance de ola, ni por profundidad. En general, para todas las otras direcciones analizadas, los alcances de ola son cortos y las profundidades medias bajas, lo cual no permite que se desarrolle un oleaje similar al de otras áreas del Río de la Plata.

Debido a su orientación, la costa de Vicente López está protegida de las olas provenientes de la zona externa del Río de la Plata, Kokot (1997a). Comparando los datos con otros lugares de observación se determinó que las mayores alturas de olas se producen en las zonas exteriores del río, debido a la mayor profundidad y área de generación. A partir de las alturas obtenidas se generó una tabla de porcentajes acumulados cada 0,2 m de altura significativa, redefiniendo los porcentajes correspondientes a los intervalos de clase para cada dirección, por interpolación

lineal de las probabilidades acumuladas entre los valores de altura calculados para cada velocidad del viento.

En la figura 6 se presentan los resultados obtenidos de las alturas significativas de ola.

Corrientes

La marea astronómica produce corrientes que se denominan de flujo cuando tienen el mismo sentido que la propagación de la onda de marea y de reflujo cuando tienen sentido inverso.

En líneas generales, los vectores de la corriente de marea se orientan según la dirección del eje del río durante los períodos de mayor velocidad. En algunos lugares se orientan según la dirección de canales existentes. Un rasgo distintivo de lo que acontece localmente, es la existencia de una dirección privilegiada en la que ocurre el flujo y reflujo de aguas en el Río de la Plata. La corriente de mareas es prácticamente reversible, pero está fuertemente afectada por el régimen hidrológico y la meteorología, y no puede deducirse un claro sentido de rotación de la dirección de la corriente.

Flujos transversales al eje de la descarga parecen presentarse en forma clara solamente en una angosta banda centrada en la línea Punta Piedras – Montevideo, donde la onda de marea entrante es afectada por el abrupto angostamiento del estuario. Bajo la influencia del viento, es posible encontrar corrientes generales transversales, ya que se producen diferencias de apilamientos (o apilamientos y depresiones) en una y otra costa que generan corrientes de gradiente de una margen a la otra del río. Las Sudestadas y Pamperos generan eventos de este tipo.

Las corrientes de marea aportan la mayor parte de la energía total de corrientes. Las velocidades mayores se encuentran sobre la margen argentina, alcanzando valores cercanos a los 0,6 m/s. Sobre la costa uruguaya la corriente no supera los 0,4 m/s.

Las corrientes generadas por el viento son generalmente de menor importancia, sin alcanzar los 0,1 m/s aún durante fuertes Sudestadas; por el contrario, un fuerte Pampero aumenta las velocidades pico de bajante en aproximadamente 0,2 m/s. La corriente permanente de descarga fluvial no es de gran significación en la zona exterior del río, pero en la zona de interés (Río de la Plata Interior) las corrientes fluviales se incrementan significativamente a medida que nos acercamos al delta.

6. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

El área de estudio está ubicada en la Zona Interior

del Río de la Plata, llamada Río de la Plata Superior, la cual se extiende desde el límite fluvial hasta la línea que une Colonia con Buenos Aires. Esta zona posee, en parte, características fluviales y está influenciada por el avance del delta del Paraná, representado por bajos fondos, denominados Playa Honda. En la zona interior, la profundidad media es de 2,5 m, incrementándose hacia la zona intermedia. La salinidad en esta zona es de 0,3‰ y constituye un medio de agua dulce.

Los principales afluentes del Río de la Plata son los ríos Paraná y Uruguay que aportan en conjunto un caudal medio de aproximadamente 20.000 m³/s, siendo más importante el aporte del Río Paraná.

Las corrientes que se manifiestan en el Río de la Plata son la resultante de las corrientes asociadas a las ondas de marea tanto astronómica como meteorológica y a la descarga fluvial de los ríos Paraná y Uruguay.

La dinámica actual del estuario no ha variado con respecto a la situación del pasado reciente.

Es posible reconocer una corriente con materiales en suspensión, casi continua con sentido S-SE. Se observa a 700 u 800 m de la costa, y con mayor intensidad en el centro del estuario y en los canales. Transporta sedimentos limo arcillosos aportados principalmente por la cuenca del Paraná que floculan al ponerse en contacto con las aguas salobres. Las concentraciones son variables y presentan valores comprendidos entre 15 y 250 mg/l. En la zona de estudio la concentración de materiales en suspensión es de alrededor de 80 mg/l.

Además de la corriente suspensiva existen otras corrientes, de tipo tractiva, cuyas direcciones responden a la incidencia de olas respecto a la línea de costa. Estas corrientes se denominan corrientes de deriva.

La corriente de deriva con material grueso, discontinua y tractiva con sentido principal hacia el N-NO, se produce en la zona de interfase tierra-agua con materiales provenientes de la erosión de la misma costa. Su origen y dinámica responde a los pulsos de sudestadas, *Herrera (1993)*. El sentido N-NO de la corriente tractiva se evidencia en ríos y canales derivados, y en las áreas de deposición de materiales removidos tanto naturales como artificiales, estos últimos comprenden a los residuos de todo tipo depositados para ganar terreno al río a lo largo de toda la costa bonaerense.

Es importante señalar que el sentido de la corriente tractiva a veces se invierte debido a la incidencia de olas desde el cuadrante nordeste.

Dinámica costera y transporte de sedimentos en el entorno del área de estudio

El área costera considerada fue dividida en tres sectores para su estudio.

El Área Sur, comprendida entre el límite con Capital Federal y el puerto del Centro Naval, consiste en una zona de rellenos realizados con materiales diversos que presenta una zona de baja exposición al oleaje proveniente del sudeste. Corresponde en general a un área de acumulación de sedimentos, en parte por entrampamiento de los mismos debido a baja influencia del oleaje. Esta acumulación origina planicies de marea que se reconocen por el crecimiento de vegetación (juncos en general). La interrupción a la deriva litoral por construcciones portuarias, origina zonas de acreción que se reconocen por acumulaciones de arena, escombros derivados y basura en general. Por tramos, la costa presenta zonas de erosión diferenciadas.

El Área Central, corresponde al tramo comprendido entre el Puerto de Olivos y el Centro Naval. El transporte de sedimentos dentro de los puertos se limita al movimiento de material en suspensión y redistribución de material del fondo por corrientes asociadas a la navegación. El Centro Naval protege el área portuaria con diques construidos con tablestacas de acero que se encuentran en buen estado de conservación. Esta estructura presenta zonas de concentración de la energía de olas sobre los lados expuestos a mayor energía de oleaje con una consecuente tendencia a la erosión.

El área ubicada entre el Centro Naval y Puerto de Olivos constituye un área de acumulación con la presencia de planicies de marea y vegetación asociada. El Puerto de Olivos está cerrado por escolleras revestidas de hormigón que muestra indicios de destrucción en los sectores expuestos al SSE.

El Área Norte, corresponde a la zona ubicada entre la calle Paraná y proximidades del Puerto de Olivos. Inmediatamente al norte del puerto se halla una zona protegida con tablestacas de hormigón que se halla en buen estado de conservación.

Hacia el norte la costa está constituida por rellenos en donde las partículas de escombros se transportan y re-depositan naturalmente por los trenes de olas incidentes sobre la costa. La costa presenta algunas bahías en donde prolifera la vegetación acuática característica de ese ambiente.

En proximidad de Punta Anchorena, desde la calle Paraná hacia el sur existe un área de relleno cerrada con

un Muro de Contención revestido con bloques de cemento ensamblados. Este muro presenta evidencias de haber sido afectado por el oleaje proveniente del SSE como del NO, mostrando algunos daños en los sectores que reciben olas del SSE. Según *Naciones Unidas (1983)*, este tipo de revestimiento no es apto para áreas sometidas a fuerte oleaje.

7. INTERFERENCIAS EN LA DINÁMICA LITORAL

La ribera natural del sector en estudio se encuentra soterrada. Aquella ribera estaba en equilibrio dinámico con el Río de la Plata, pero a partir de la ejecución de rellenos, este equilibrio ha desaparecido.

Descripción General del Proyecto

El proyecto, cuya traza superpuesta al contorno actual de la costa se indica en la figura 2, presenta dos áreas netamente diferenciadas. Un sector central, ubicado entre el Puerto de Olivos y el Centro Naval, caracterizado por la ampliación del área portuaria e incorporación de zonas de amarre. Las nuevas instalaciones son protegidas con estructuras rompeolas.

Hacia el norte y sur, limitando las instalaciones portuarias el proyecto desarrolla zonas a ser usadas como parques y áreas de recreación, caracterizadas por presentar continuidad (respecto al acceso de la población) entre el medio acuático y terrestre.

Rellenos. Efectos Directos e Indirectos

La ejecución de las obras de relleno trae aparejado una nueva relación entre el medio terrestre y el medio acuático. Las variables son múltiples e involucran al medio natural y las correspondientes al sector urbano. A continuación se destacan las principales consecuencias de la ejecución de dichos trabajos.

1. Impacto sobre la dinámica litoral. En la figura 2 se observan los patrones de deriva litoral desarrollados a partir del nuevo contorno, mostrando el sentido de movimiento de los sedimentos a lo largo de la costa. En donde existe más de un sentido de migración de las partículas se efectuó una cuantificación relativa, *Kokot (1995, 1997b)*, indicando mayor o menor deriva litoral.
2. Determinación de posibles zonas de erosión y acumulación costera. En la figura 2 se indican los sectores en donde se prevé la concentración de la erosión y el desarrollo de nuevas áreas de acumulación. Debido a que la ampliación del área costera se logra a expensas del avance sobre el medio acuático, esto trae como

consecuencia la exposición del nuevo contorno a zonas de mayor profundidad y energía de olas. El desarrollo de estas zonas de erosión y de acumulación será parte de la evolución del nuevo contorno costero, pero debe preverse una mayor intensidad en los procesos erosivos y transporte litoral, a tener en cuenta en el diseño de la nueva línea de costa.

3. Posibles influencias sobre la navegación. La obra en general no presenta interferencias para la navegación, debido a que el avance del territorio se hace a expensas de las zonas de menor profundidad, en general no aptas para ello. El método constructivo a emplear en las obras de relleno debe tomar recaudos para que no haya pérdida de sedimentos en el medio acuático, ya que de haber pérdidas, estos sedimentos pueden ser incorporados a las corrientes y depositarse en áreas no deseadas.
4. El área es vulnerable respecto a un posible ascenso del nivel del mar, al igual que toda el área costera correspondiente a la denominada "terrazza baja" de la ciudad de Buenos Aires y San Isidro.

8. CONCLUSIONES

Las mayores alturas significativas de ola corresponden a las provenientes del cuadrante SSE con valores próximos a los 2 metros.

Las mayores sobreelevaciones del nivel de agua para profundidades de 1,5 metros, están relacionadas a vientos del SSE, llegando al valor de 4,1m para vientos de 80 km/h.

Debido a la exposición de un nuevo contorno al medio acuático, cambian los niveles energéticos y se alteran las condiciones del medio. La nueva línea de interfase (agua/tierra) no estará en equilibrio con la batimetría circundante. El desarrollo de nuevas zonas de erosión y de acumulación será parte de la evolución del nuevo contorno costero, pero debe preverse una mayor intensidad en los procesos erosivos y transporte litoral, a tener en cuenta en el diseño de la nueva línea de costa.

Estos cambios también serán evidentes en el frente costero por modificaciones del perfil batimétrico debidos al avance del terraplenado resultando en la modificación de la dinámica de olas.

Al ejecutar una obra de relleno, se avanza sobre el medio acuático, donde las condiciones batimétricas y energéticas cambian a medida que se progresa sobre el mismo, es común que los sedimentos utilizados migren rápidamente con la consecuente erosión (pérdida del material de relleno) y posterior depositación en áreas no deseadas.

9. REFERENCIAS

- BALAY, M., 1961.
El Río de la Plata entre la atmósfera y el mar,
Publicación H621, Servicio de Hidrografía Naval.
- CADAU, F., M. GALVEZ, F. GIMENEZ. Y D. SALAMA, 1993 .
Proyecto de Recuperación Urbana, Ambiental y Ecológica del Área Ribereña de Vicente López.
- CERC, 1984.
Shore Protection Manual. Coastal Engineering Research Centre. U.S. Army Corp of Engineers.
Waterways Experiment Station. 2 vol. Washington, D.C.
- CODIGNOTTO, J.O. Y R.R. KOKOT 1999.
Área Costera Vicente López. Estudio de Geología y Dinámica Litoral.
Informe Técnico. 1-60. FCE y N UBA - Municipalidad de Vicente López.
- CODIGNOTTO, J.O., C.L. HERRERA Y P.A. AIELLO, 1996.
Río de la Plata, Fenómenos Antrópicos, Geodinámicos y Legislación sobre Uso Costero.
Actas Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería. Vol. X, 82-93. Buenos Aires.
- HERRERA, C.L., 1993.
Evolución Holocena en Sectores de la Costa Bonaerense del Río de la Plata.
Trabajo Final de Licenciatura. Fac. Cs.Ex. y Nat. (UBA).
- KOKOT, R.R., 1995.
Determinación y Cuantificación de la Deriva Litoral en la Costa Este de la provincia de Buenos Aires. Método Geomorfológico.
ACTAS Asociación Argentina Geología Aplicada a la Ingeniería: Vol IX, 95-106.
- KOKOT, R.R., 1997a.
Transporte litoral en la costa bonaerense comprendida entre el frente del delta del Paraná y Río Santiago.
Primer Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente. Buenos Aires. Resumen, p 3-4.
- KOKOT, R.R., 1997b.
Littoral drift, Evolution and Management in Punta Médanos, Argentina.
Journal of Coastal Research. 13(1): 192-197.
- NACIONES UNIDAS, 1983.
Tecnologías para el Control de la Erosión Costera.
Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Internacionales. Subdivisión de Economía y Tecnología Oceánicas. Nueva York. 142 pp.
- RICHTER, P., Y J.O. CODIGNOTTO, 1997.
Erosión, transporte y sedimentación en la costa del Río de la Plata. Argentina.
Primer Taller sobre Sedimentología y Medio Ambiente. Buenos Aires. Resumen, p 7-8.
- S.H.N., 1999.
Tablas de marea.
Servicio De Hidrografía Naval. Publicación H610.
- S.M.N, 1978.
Servicio Meteorológico Nacional. Estadística N°36, Estación Aeroparque.
Buenos Aires. Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas.
- SHN – SOHMA, 1989.
Estudio para la evaluación de la contaminación del Río de la Plata.
Comisión Administradora del Río de la Plata.
- YRIGOYEN, M.R., 1993.
Morfología y Geología de la Ciudad de Buenos Aires, Evaluación e Incidencia Geotécnica.
Actas de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería. VII:7-38.

FIGURA 1. RELACIÓN ENTRE PROFUNDIDADES MEDIDAS Y "CEROS" (MAREÓGRAFO DEL RIACHUELO E IGM)

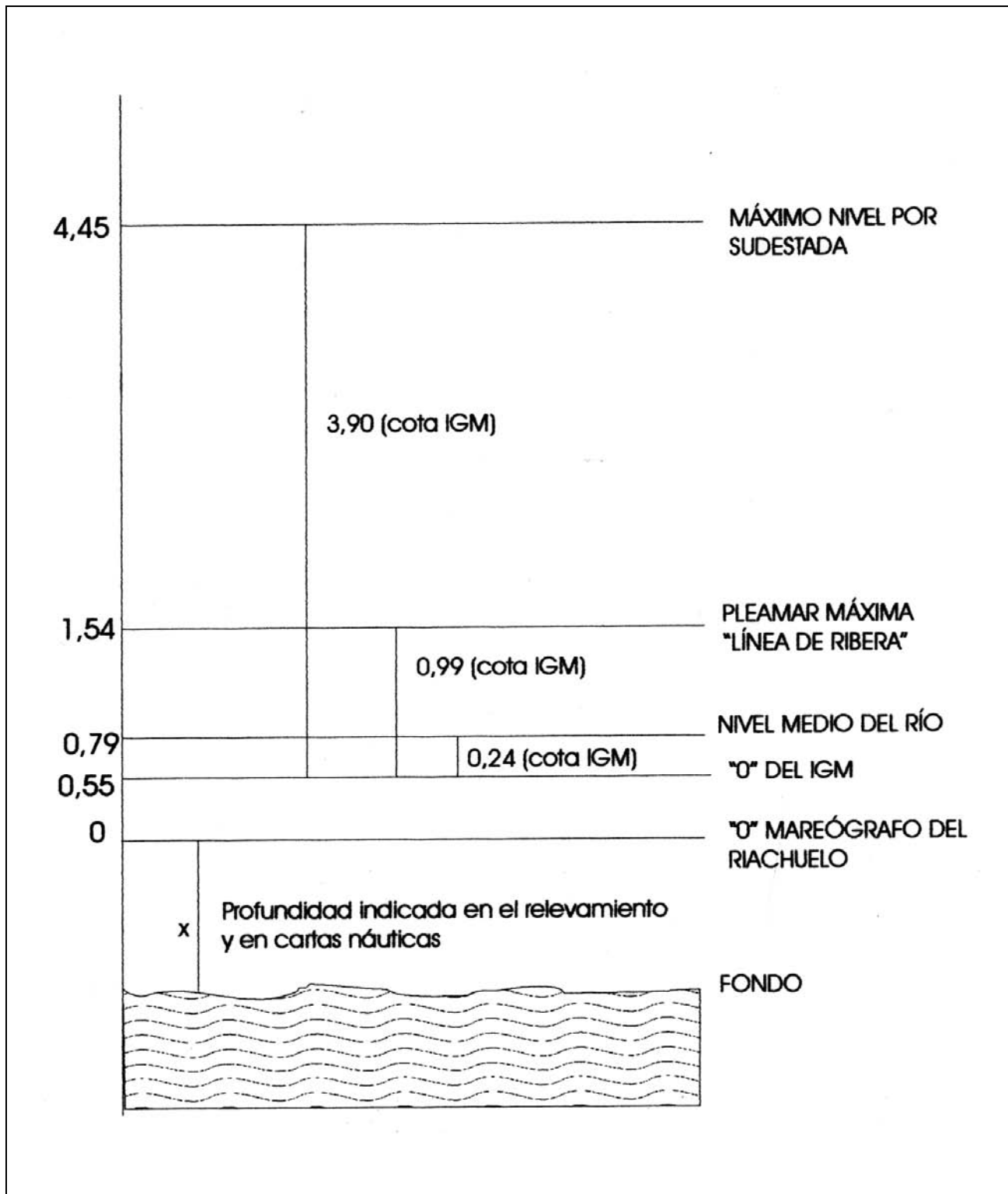


FIGURA 2. BATIMETRÍA. CONTORNO ACTUAL Y DE PROYECTO.

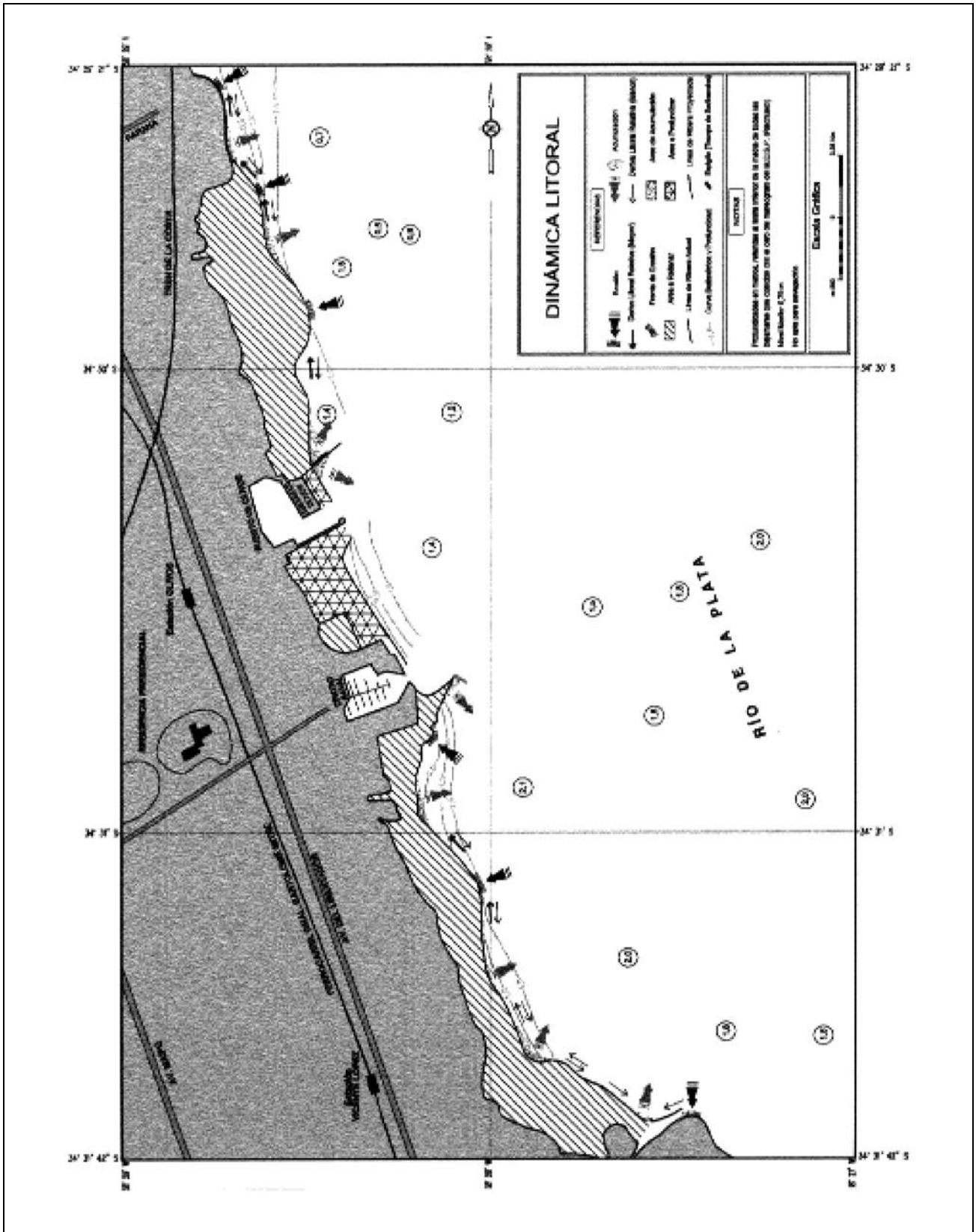


FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE INTENSIDADES DE VIENTO EN EL ÁREA DE VICENTE LÓPEZ

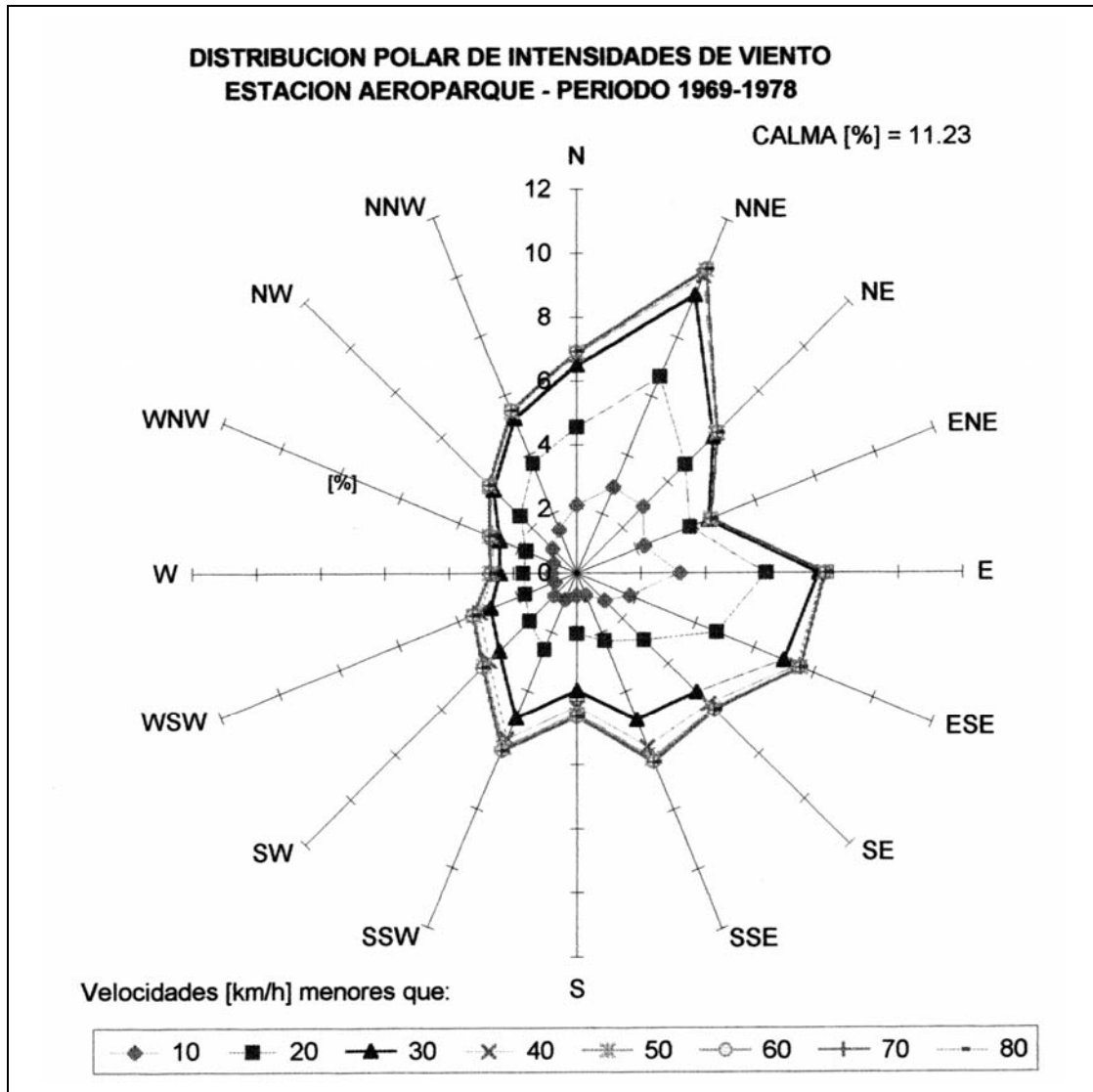


FIGURA 4. ALTURAS Y AMPLITUDES DE MAREA EN EL PUERTO DE BUENOS AIRES. MODIFICADO DE S.H.N. (1999)

Estación	Nivel Medio [m]	Alturas [m] sobre el plano de reducción, correspondientes a la predicción 1999				Amplitud	
		Pleamar		Bajamar			
		Máxima	Media	Más Baja	Media	Máxima	Media
Puerto de Buenos Aires Dársena F	0,79	1,54	1,09	0,21	0,46	1,11	0,63

FIGURA 5. CORRECCIÓN DEL NIVEL DE AGUA DEL ESTUARIO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO PARA UNA PROFUNDIDAD DE 1,50 M

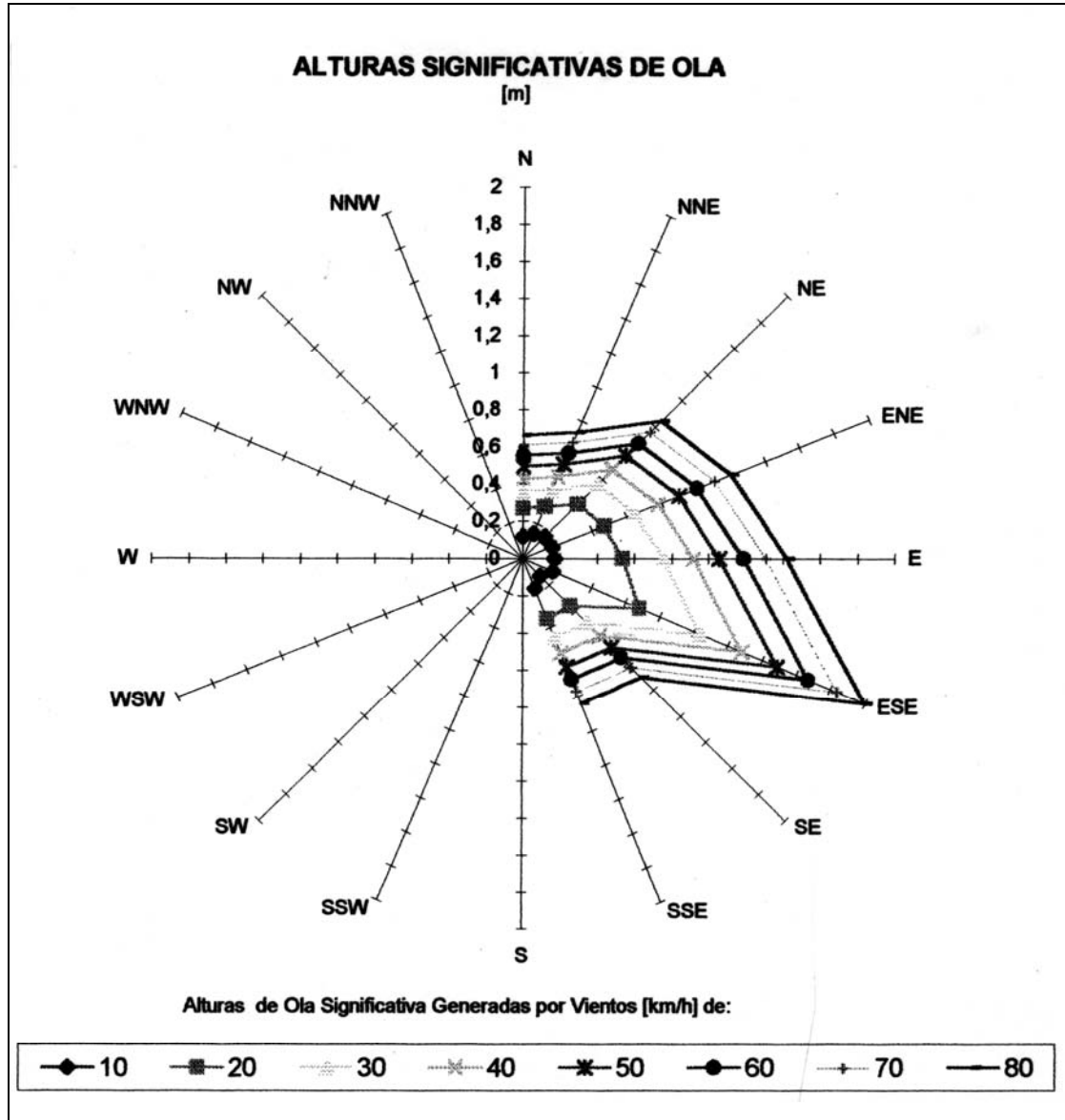
PROFUNDIDAD DE AGUA [m] (STILL WATER DEPTH)
PUNTO DE CALCULO P3

DIRECCION	PARA VELOCIDADES DEL VIENTO MEDIDAS [km/h]									
	10	20	30	40	50	60	70	80		
N	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6		
NNE	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8		
NE	2,6	2,5	2,5	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8		
ENE	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1		
E	2,7	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4		
ESE	2,7	2,8	3,0	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6		
SE	2,8	3,0	3,2	3,3	3,5	3,6	3,7	3,9		
SSE	2,9	3,0	3,3	3,4	3,6	3,7	3,9	4,1		
S	2,8	3,0	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	3,8		
SSW	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5		
SW	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,1	2,1	2,0		
WSW	2,5	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9		
W	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9		
WNW	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	1,9	1,8		
NW	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8		
NNW	2,4	2,4	2,2	2,1	2,1	2,0	1,8	1,7		

Profundidad al LIMB [m] = 1,50
 Nivel medio de la marea al LIMB [m] = 1,09

Nota: la profundidad de agua fue determinada en el sondeaje realizado para este trabajo (referido al LIMB) más el nivel medio de la marea, más la variación media en el Río de la Plata Superior causada por el viento.

FIGURA 6. ALTURAS SIGNIFICATIVAS DE OLA EN LA COSTA DE VICENTE LÓPEZ.





Factores ambientales y de riesgo geológico en el área costera de Puerto Quequén, provincia de Buenos Aires

Kokot, Roberto R. ^{1,2} - Otero, Mariela ¹

Resumen

El sector estudiado corresponde a la faja costera de la provincia de Buenos Aires comprendida entre las proximidades de Las Grutas (S38°36'53", O58°48'55") y la playa Arenas Verdes. Abarca la costa de las ciudades de Necochea y Quequén, separadas por el río Quequén Grande, en cuya desembocadura se encuentra el puerto de ultramar.

Los afloramientos del área costera están constituidos por niveles limo arcillosos y limo arenosos con concreciones calcáreas e intercalaciones de bancos duros constituidos por toscas. La secuencia aflora conformando acantilados de hasta 7 m de altura, en su mayor parte activos y plataformas de abrasión marina. Los depósitos recientes corresponden a sedimentos de playas y dunas costeras.

La acción eólica se caracteriza por la presencia de geoformas de dunas costeras o antedunas, barjanes, crestas barjanoides, dunas parabólicas y hoyos de soplido.

Debido a la introducción de barreras físicas, espigones del puerto, se diferencian dos sectores. La costa de Necochea, ubicada al oeste del puerto, se caracteriza por ser una zona de acreción con desarrollo de extensas playas. La costa de Quequén, localizada al este del puerto, corresponde a una zona de erosión con el desarrollo de acantilados marinos activos y plataformas de abrasión marina.

Se determinó una corriente de deriva litoral principal hacia el Este. El sentido de deriva es el mismo que en el pasado, evidenciado por la presencia del paleocauce del río Quequén Grande, ubicado al oeste de la actual desembocadura.

Se presentan evidencias de erosión marina, originadas a partir de sobreelevaciones del nivel de marea astronómico por efectos meteorológicos.

Se describen los riesgos geológicos de origen natural y los inducidos por acción antrópica, identificando áreas de contaminación potencial por vertido de efluentes sin tratamiento.

En el ámbito del puerto, se identificaron áreas de contaminación por vertido de residuos industriales y un área de posible contaminación térmica.

Respecto al proyecto de prolongación de la Escollera Sur del puerto, se estima que la misma incrementará la erosión en el área de Quequén.

Este trabajo es parte de un relevamiento integral llevado a cabo en la costa argentina y parcialmente financiado con el subsidio (UBACyT) TW96.

Recibido: 7 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 21 de Mayo de 1999

1. Dep. de Ciencias Geológicas, F.C.E. y N. - UBA.
2. CONICET - Museo Argentino de Ciencias Naturales.
Angel Gallardo 470. Buenos Aires (1405)

1. INTRODUCCION

El área estudiada se ubica en el sector sur de la provincia de Buenos Aires y comprende la costa de Necochea y Quequén, donde se halla el Puerto de Quequén, en el cual operan más de 300 barcos al año con calados de hasta 12 metros, a partir de la construcción del canal de acceso en el año 1992.

La zona investigada corresponde a una faja de 10 km de largo y 3 km de ancho que se extiende a ambos lados del río Quequén Grande, figura 1.

La región se encuentra bajo las condiciones de clima templado con influencia oceánica. Los máximos registros de precipitación corresponden a los meses de enero y marzo con un valor medio anual de 830 mm, *S.M.N.*, (1986). El área es afectada por tormentas caracterizadas por fuertes vientos prevalecientes del SE, en tanto que las mayores velocidades medias del viento se registran desde la dirección SO.

El trabajo consistió en el reconocimiento general del área; recopilación de datos, fotointerpretación del área sobre la base de fotogramas Escala 1:10.000 del Servicio de Hidrografía Naval. Identificación específica de áreas de acreción y erosión marina, detección de áreas de riesgo geológico y reconocimiento de zonas modificadas por acción antrópica.

2. HIDRODINÁMICA

Mareas

Se obtuvieron valores de mareas, respecto al nivel de referencia, coincidente con el cero portuario utilizado para la confección de relevamientos batimétricos y fijación de profundidades. En la figura 2, de acuerdo a *SHN* (1999) y a la carta náutica H-253 del Servicio de Hidrografía Naval, se presentan los resultados y se clasifican como micro-mareas.

En el río Quequén Grande, la marea se hace sentir hasta cinco kilómetros aguas arriba de la desembocadura del mismo.

Comunicación verbal de agentes de la Administración de Puertos y Municipalidad de Necochea indicaron que en el año 1997 los niveles de marea extraordinaria alcanzaron los tres metros por encima del nivel habitual.

Perillo y Piccolo (1997) analizaron las oscilaciones superpuestas sobre la onda de marea astronómica, dando oscilaciones prácticamente continuas y presentando amplitudes de hasta 1,5 metros.

Corrientes

La corriente costera principal tiene sentido Oeste-Es-

te, como resultado de la acción de los vientos dominantes del Sur y Sudoeste y de la mayor intensidad de la corriente de mareas de creciente respecto a la de bajante.

La intensidad de las corrientes varía según su proximidad a la costa. A pocos kilómetros de la misma varía de 0.5 a 1 nudo, llegando en el último período de bajante a 2 nudos en la desembocadura del río Quequén. Dentro del puerto se observó en bajante una corriente de 1 nudo *S.H.N.* (1962).

Olas

Las alturas de las olas en el sector exterior del canal de acceso al puerto alcanzan valores de 0.5; 1.0 y 1.5 m durante el 42, 26 y 14% del tiempo respectivamente. *S.H.N.* (1962).

En *APB* (1998) para determinar las olas de diseño para la extensión de la escollera a construir, debido a que las profundidades serán mayores se consideran olas con períodos de 12 s y del tipo rompiente, con una altura máxima de 7,2 m en el extremo de la misma.

Pousa et al. (1995) determinaron que las olas de Quequén presentan características apropiadas para ser utilizadas como fuente de energía eléctrica alternativa a los recursos energéticos fósiles.

3. GEOLOGÍA

El área en estudio pertenece a la provincia geológica denominada Llanura Interserrana Bonaerense (*Rolleri* 1975). Afloran rocas marinas y continentales de edad terciaria, que se hallan cubiertas por sedimentos del Cuaternario. El conjunto se apoya en rocas del basamento cristalino del Paleozoico. Los sedimentos superficiales y las relaciones estratigráficas de esta provincia geológica fueron estudiadas por *Fidalgo et al.* (1975).

En el área afloran los genéricamente denominados "Sedimentos Pampeanos", asignados al Plioceno como "Hermosense", "Chapadmalense", o al Pleistoceno como "Ensenadense" y "Bonaerense".

Las unidades restantes corresponden al Pleistoceno-Reciente, denominadas "Lujanense" y "Platense", relacionadas con procesos fluviales.

Culminando la secuencia se encuentran sedimentos eólicos, llamados Médano Invasor o Formación Lobería (*Tapia* 1935). En las cercanías de la costa atlántica se hallan sedimentos marinos correspondientes al "Querandinese" y al "Platense", así como también sedimentos eólicos denominados "Médanos Costeros".

Los "Sedimentos Pampeanos" (Pleistoceno) integran el perfil de los acantilados marinos y la plataforma de abrasión marina que se extiende a lo largo de todo el sector en

estudio. Tales sedimentos están constituidos por una fracción limo más abundante que las fracciones arena y arcilla.

Frenguelli (1931), reconoció el "Pampeano" (Pleistoceno) en distintos puntos de la margen atlántica comprendida entre los 57° 30' y 62° 20' de longitud oeste y 38° a 39° de latitud sur. Dichos afloramientos se ubican a la altura del faro de Claromecó, Monte Hermoso, Miramar, Chapadmalal, Mar de Plata y en el cauce del río Quequén Grande entre otros lugares.

En Claromecó y al este del sector estudiado se encuentran acantilados de 7 a 8 metros sobre el nivel de la playa, los cuales se componen en su parte inferior de limos conglomerádicos pardos, areniscas que alternan con capas de tosca calcárea, y escasos "Rodados Tehuelches". Estas gravas, petrográficamente similares a los que cubren las terrazas cuaternarias marinas y fluviales de Patagonia, se hallan distribuidos irregularmente a lo largo de las playas actuales de la costa sur de la provincia de Buenos Aires. (*Frenguelli 1931*).

Como resultado de las perforaciones llevadas a cabo en el área del Puerto Quequén (*Mendiguren, 1986*) para estudiar la estabilidad del muelle y de la obra de construcción del tablestacado, se encontraron entre los 5 y 8 metros primeros metros niveles areno-limosos de color gris verdoso y castaño grisáceo, y de baja o nula plasticidad. Por debajo de este nivel y hasta los 13 metros de profundidad, se reconocen limos con cementación calcárea de color castaño y alta consistencia.

De acuerdo a *Dirección General de Puerto Quequén (1935)*, en la figura 3 se muestra un perfil transversal efectuado en la desembocadura del río Quequén Grande y margen derecha, donde se observa la relación entre la actual topografía y los niveles de tosca. El perfil de los sondeos permite reconocer una curva en forma de valle que correspondería al paleocauce del río Quequén Grande. Para la reconstrucción se utilizaron los valores de las perforaciones realizadas en el sector de la playa Oeste en noviembre de 1935, llevadas a cabo cada 50m y a profundidades variables en función de la presencia de tosca.

El Holoceno corresponde a los sedimentos "Post-Pampeanos" (*Frenguelli 1931*), y está representado por el banco de loess que conforma los acantilados y los depósitos de arena de los médanos. Se lo reconoce tanto en el sector ubicado al oeste del puerto como en el sector localizado al este del mismo.

Sobre la margen izquierda del río Quequén Grande, *Fasano et al. (1987)* indicaron la presencia de depósitos de conchillas que adjudican al máximo transgresivo postglacial de 7.000 años de edad

Los perfiles aflorantes de los acantilados se caracterizan por estar integrados principalmente por bancos de

tosca con intercalaciones de carbonato de calcio de disposición horizontal.

Cubriendo la secuencia anteriormente descrita se reconocen depósitos de dunas que corresponden a los siguientes grupos: Dunas Inactivas, Dunas Semifijas y Dunas Activas (*Frenguelli, 1931*). Estos depósitos de arena poseen gran importancia debido a la distribución areal que presentan, ya que se extienden a lo largo de casi toda la zona de estudio como una franja de ancho variable que presenta mayor desarrollo en el sector de Costa Bonita, Quequén. En general son depósitos de arena fina a muy fina, homogéneos y de poco a nulo grado de consolidación, excepto los que desarrollan un suelo superficial que les otorga cierta coherencia.

Los depósitos de playa se extienden a lo largo de toda la costa en estudio y las arenas son de grano fino a medio.

4. GEOMORFOLOGÍA

El área de estudio fue modelada por procesos de acción marina, fluvial, eólica y de remoción en masa. La acción antrópica ha modificado considerablemente el paisaje, generando la desestabilización del mismo. Como ejemplo puede considerarse la degradación y pérdida de médanos y playas por un manejo inadecuado y falta de control, lo cual se debe en parte a las actividades extractivas de arena. El sector ubicado al oeste del río Quequén se caracteriza por presentar un área de acreción marina bien desarrollada. Al este de la desembocadura la zona es de erosión marina.

El proceso fluvial actúa principalmente modelando geoformas de erosión. La red de drenaje presenta diseño dendrítico y está integrada principalmente por el río Quequén Grande y numerosos afluentes. El río Quequén Grande es un curso de régimen permanente y hábito en parte meandriforme que se desplaza en dirección S-SE y desemboca en el Océano Atlántico. En la desembocadura, el cauce fue profundizado artificialmente en 8,00 m por debajo del nivel natural para favorecer la entrada de barcos al puerto.

En las proximidades del balneario ubicado al este del puerto, la erosión fluvial se evidencia a través de profundas cárcavas sobre el acantilado.

La remoción en masa se desarrolla principalmente en el frente de los acantilados marinos a través de los fenómenos de caída y reptaje.

Durante el período de pleamar, las olas inciden en la base del acantilado marino originando cavernas y el retroceso del mismo. Asociado a este fenómeno erosivo se encuentran los depósitos de caída, los cuales se disponen al pie del acantilado.

Los procesos naturales de remoción en masa se hallan intensificados por la acción antrópica.

Las geoformas de erosión marina corresponden a acantilados marinos activos y plataformas de abrasión marina. Los acantilados se extienden a lo largo de casi toda la costa Este, alcanzando mayor desarrollo en el sector correspondiente a Bahía de los Vientos, ubicada a tres kilómetros del puerto. El frente acantilado tiene una disposición subvertical y una altura máxima de 7 metros. El carácter friable de los bancos limo arcillosos favorece el desarrollo de cavernas en la base del acantilado, las cuales evidencian el control litológico sobre el retroceso del mismo, Fotografía 1.

Al oeste del río Quequén Grande, los acantilados se desarrollan principalmente en el sector correspondiente a Las Grutas, fuera del área de estudio y en el área del Camping Americano

Los acantilados marinos inactivos, se reconocen localmente y se extienden en forma discontinua a lo largo de la costa. Se presentan parcialmente expuestos ya que en general están cubiertos por las dunas costeras. Presentan pendientes más tendidas y menor altura que los acantilados activos.

En la playa contigua al oeste del espigón norte del puerto, los acantilados inactivos alcanzan una altura mínima, por lo cual se los menciona como microacantilados inactivos.

Las plataformas de abrasión marina se desarrollan en forma continua a lo largo del sector ubicado al Este del Puerto Quequén. Inmediatamente al este del Puerto Quequén se presentan como continuación del acantilado activo, quedando totalmente cubierta con la alta marea. También se ubican por debajo y hacia la playa sumergida quedando descubiertas sólo cuando baja la marea.

Las plataformas se disponen horizontales a subhorizontales. La superficie es irregular y en la misma se desarrollan canalículos de disposición perpendicular a la base del frente acantilado. Producto de la erosión marina se observan pequeños hoyos y marmitas.

Al oeste del río Quequén Grande, estas planicies tienen una distribución restringida al sector de Las Grutas.

Las formas de acumulación marina se desarrollan principalmente en el sector ubicado al oeste del río Quequén Grande y corresponden a playas constituidas por arena fina y mediana. El ancho de las mismas es variable, dependiendo en gran medida de las construcciones que se realizan sobre la playa, (balnearios y muelles), que en parte la cubren y también favorecen los procesos erosivos. Las pendientes tienen valores aproximados a 3° y son más tendidas que las ubicadas al Este de puerto Quequén.

Con respecto a la pendiente, son más tendidas que las estudiadas en el sector Este, con un valor aproximado de 3°.

El límite de la playa posterior, en la playa inmediata al espigón Oeste del puerto, está representado principalmente por médanos costeros vegetados, los cuales en ciertos sectores dejan al descubierto los acantilados marinos. Hacia el Oeste los médanos han sido eliminados para la construcción del complejo turístico balneario, el cual actúa como límite continental. Otro ejemplo lo constituye la construcción del Camping Americano, sector que anteriormente se correspondía con una amplia zona de médanos. Localmente se observan sectores con erosión intensa, como por ejemplo el área correspondiente a Las Grutas y al Camping Americano, donde la erosión se está intensificando desde hace cuatro años y fue magnificada con la marea extraordinaria del año 1997.

En general existe una relación entre la pendiente de playa y el tamaño de arena con respecto a la protección natural o artificial del área considerada y también cambios en la pendiente respecto a una playa en erosión o acreción. A medida que la playa está más expuesta a la energía de las olas, la pendiente y tamaño disminuyen, teniendo en cuenta que deben compararse por un lado las áreas con presencia de una plataforma de abrasión marina y por otro las que no la poseen.

En relación con la distribución de las partículas de arena, se observó que las de mayor tamaño se hallan en el punto de máxima turbulencia y sobre las bermas de verano. Esto responde a que las olas toman el material clástico, lo seleccionan y redistribuyen de manera que el material más fino es el último en depositarse en los sitios de menor energía.

El sector ubicado inmediatamente al este de la escollera norte, muestra una playa de gran extensión, fotografía 2. La pendiente medida es menor a un grado. Sobre la misma se observan clastos de tamaño bloque de 15 a 30 cm, litológicamente corresponden a toscas, producto de la erosión del acantilado, bloques de protección del puerto y antiguas voladuras para el dragado del canal de acceso al puerto.

Hacia el Este, se encuentran playas muy reducidas arealmente y de mayor pendiente respecto a las descritas anteriormente. Es la zona que corresponde al desarrollo de extensos acantilados y cavernas, la erosión es marcadamente superior a la acumulación. Se midió una pendiente de playa de 8° aproximadamente.

El tamaño de la arena se ha ido incrementando hacia este sector pasando de mediano a grueso. También se observan clastos de 40 cm según máxima elongación, producto de la erosión de la plataforma de abrasión marina.

Al este de la zona de erosión activa representada por acantilados marinos y plataformas de abrasión marina, en la zona de Costa Bonita ubicada a 10 km del puerto, comienzan a desarrollarse playas más extensas.

La acción del viento ha modelado casi exclusivamente geoformas de acumulación, dando al paisaje un relieve moderado. Las mayores alturas relativas alcanzadas varían de 15 a 20 metros. En menor escala, se reconocen formas de erosión eólica.

Las geoformas de acumulación se encuentran distribuidas regularmente a lo largo de todo este sector, conformando una franja de aproximadamente 3 km de ancho. Están representadas por dunas fijas o inactivas y dunas vivas o activas.

Se reconocieron geoformas que constituyen un cordón de dunas de disposición paralela a la línea de costa, constituyendo la faja de antedunas. Sus crestas poseen orientación según una dirección principal O-E. En general, actúan como límite continental de la playa posterior. En su mayoría se encuentran vegetadas.

En el sector de Costa Bonita se reconocen barjanas y crestas barjanoides. Estas dunas, poseen una orientación principal de sus crestas NO-SE, como resultado de una de las direcciones de los vientos dominantes y una orientación secundaria NE-SO. Las alturas alcanzadas por estas dunas oscilan entre 5m y 10m aproximadamente. En parte, las geoformas están fijas por presencia de vegetación.

En el área comprendida entre Bahía de los Vientos y Costa Bonita se identificaron dunas parabólicas con una orientación de crestas según su máxima elongación NO-SE, que corresponde a un viento predominante desde el NO.

Las formas de erosión eólica tienen un desarrollo areal menor que las formas de acumulación y están representadas por cuencas de deflación. Se originan en sectores que inicialmente fueron modificadas por acción antrópica a través de la implantación de vegetación, posterior desarrollo parcial y consecuente erosión diferencial.

5. DINÁMICA COSTERA

Los procesos dinámicos relacionados con las corrientes litorales, mareas y olas inciden a lo largo de toda la costa, dando como resultado fenómenos de erosión y acreción con sus geoformas asociadas.

En el sector de la costa estudiada se determinó la existencia de una dirección principal de deriva litoral con sentido oeste-este, figura 4, dando como resultado un área de acumulación ubicada al oeste de la escollera sur y un área de erosión al este de la escollera norte. La deriva litoral principal coincide con el sentido de los vientos dominantes.

Se reconocieron celdas locales de circulación con sentido contrario a la deriva litoral principal, originando un área de acumulación inmediatamente al este de la escollera norte.

Otra modificación hidrodinámica influenciada por distintas variables como ser el ángulo de incidencia de olas en relación con la configuración de la orilla e interrupción de la línea de costa por barreras físicas, se relaciona con el fenómeno de difracción de olas. Esta difracción evidenciada en las escolleras del puerto, modifica el ángulo de incidencia de las olas y genera variación en la circulación. Así, el espigón actúa como una barrera física interceptando el tren de olas, y generando acumulación en la boca del puerto.

El paleocauce del río Quequén Grande representa otra evidencia del sentido general hacia el Este de la deriva litoral. El mismo se ubica 300 metros al oeste del actual cauce y desembocadura del río. Actualmente se encuentra cubierto por sedimentos. En la figura 3 se representa un perfil comparativo entre el paleocauce y el actual cauce del río Quequén Grande. Se tomó como fuente de datos la carta náutica H-253 y los valores de las perforaciones realizadas en noviembre y diciembre de 1935 en el sector de la defensa y playa oeste, *Dirección General de Puerto Quequén (1935)*.

A partir de las sobreelevaciones registradas durante el año 1997 (*comunicación verbal, Municipalidad de Necocha*) se evidenciaron áreas de erosión localizada en zonas registradas como de acumulación. Estos ascensos del nivel de marea astronómico, por efectos meteorológicos, se manifiestan por erosión de los niveles de playa en todo el área costera, fotografía 1. En el área del Camping Americano se manifiesta a través de la exposición a la acción directa de olas de los acantilados cubiertos por dunas, que hasta el evento mencionado se estimaban inactivos.

6. FACTORES DE RIESGO GEOLÓGICO

El área costera estudiada se encuentra afectada por procesos naturales, en parte magnificados por acción antrópica. A continuación se describen los riesgos geológicos asociados, en función del modelo propuesto por *Kokot et al. (1997)* y *Codignotto y Del Valle (1995)*, adaptado en función de los factores imperantes en el área de estudio.

Erosión Marina

La erosión afecta tanto a las zonas de playa como a los acantilados y construcciones sobre la línea de costa.

La respuesta de los acantilados a la acción erosiva del océano, asociado a un hipotético ascenso del nivel del mar, depende de variados factores. Estos, incluyen condiciones climáticas locales, frecuencia e intensidad de tormentas en el área, exposición de un sector del contorno costero a la acción del oleaje, altura y pendiente del acantilado, condiciones hidrológicas y litológicas.

Los procesos erosivos actuales se concentran prin-

principalmente al Este del puerto Quequén. Los mismos se evidencian por sus geoformas consecuentes, tales como los acantilados marinos activos y plataformas de abrasión marina, figura 4.

La erosión natural está intensificada e inducida por las escolleras del Puerto de Quequén que constituyen una barrera a la arena que migra por deriva litoral. La destrucción de la zona Este por erosión inducida puede definirse como polución, desde el punto de vista de *GESAMP* (1982).

En Costa Bonita, evidencia de esta erosión es la ausencia de playa, presencia de acantilados activos y destrucción del muelle de pesca. Asimismo, la ruta de vinculación con Quequén se encuentra en parte destruida por erosión marina.

El sector oeste (Necochea), donde se construyó el Camping Americano, puede considerarse un área con riesgo de origen natural, intensificado por acción antrópica. Dicha construcción muestra dos entradas desde el camping hacia la playa, donde se perforó la tosca del acantilado. Para efectuar las obras se eliminaron las dunas, concentrándose la erosión, como lo muestra la destrucción de la escalera de acceso por olas de tormenta.

Sumado a estos factores se encuentran la marea extraordinaria e intensas tormentas, que elevaron el nivel medio del mar en aproximadamente 3 metros en el año 1997. A partir de allí, se observó una marcada erosión de la zona, desaparición de ante dunas y los niveles de playa bajaron en algunos sectores más de 1 m (fotografía 1)

En el puerto de Quequén, el morro ubicado en el extremo de la escollera sur se halla comprometido, debido a que los temporales degradaron el talud y provocaron la caída de bloques de hormigón. Esto lleva asociado un peligro para la navegación y operaciones portuarias.

Acrición

A escala local se identificó el problema de sedimentación de arena en el canal de acceso al puerto, la cual responde a procesos naturales de acrición a partir de la acción antrópica. Esto es, construcción de las escolleras del puerto que inducen la acumulación y falta de dragado para compensar la sedimentación. Esto afecta directamente a las embarcaciones que operan en el puerto.

Serman et al. (1995), realizaron estudios en la zona donde demostraron que el canal de acceso a Puerto Quequén se halla permanentemente amenazado por el ingreso de arena proveniente de la deriva litoral de dirección Oeste-Este.

Los problemas surgidos respecto a la inestabilidad de la escollera ha limitado las operaciones de dragado, suspendiéndose el mantenimiento de un área preventiva necesaria para evitar el desplazamiento de arena hacia el canal

de acceso al puerto.

Según *APB* (1998), el estudio de preinversión estableció como alternativa la prolongación de la escollera a 400 m de longitud con un giro de alineación de 15° hacia el sudeste.

La ejecución de las obras mencionadas traerá aparejado, al aumentarse la profundidad de interrupción de la deriva litoral, un incremento de la erosión en la costa de Quequén. Para evitar esto, podría fortificarse la actual escollera, sin extenderla, e instalar una draga semipermanente con descarga del material dragado al Este de la escollera norte. Además de evitar el embancamiento del canal, se lograría la recuperación de una zona turística.

Vulnerabilidad

Debido al efecto de calentamiento de la Tierra, producto del cual se estima un acelerado aumento del nivel del mar entre 30 y 100cm para el año 2100, con la consecuentemente inundación de las tierras litorales bajas y densamente pobladas que quedarán inundadas por la modificación de la línea de costa (*Gilbert y Vellinga, 1991*).

Los valores de ascenso del nivel del mar del Puerto Quequén, *Dennis et al.* (1995) representan datos tomados entre 1918 y 1982. Los análisis de regresión indican una tendencia al aumento de 0,8 mm/año, mientras que los mismos datos analizados por *Lanfredi et al* (1988) indican una tendencia al ascenso de 1,6 mm/año. Estas diferencias son debidas a los procedimientos de filtro de los datos. De todos modos las tendencias mundiales muestran una tendencia estimada de ascenso de 1,8 mm/año (*Douglas 1991*).

Se identificó como zonas vulnerables al ascenso del nivel del mar, el área costera correspondiente a la zona de balnearios del centro de Necochea y la margen derecha del río Quequén Grande próxima al puerto.

Inundaciones

Las inundaciones por olas de tormenta, se refiere a eventos de olas mayores a las medias generalmente relacionadas con la elevación del nivel medio del mar por mareas meteorológicas. El área en general es afectada pero los sectores potencialmente afectados corresponden al sector ubicado al oeste del puerto (Necochea)

El riesgo de inundaciones por acción fluvial se asocia principalmente a factores meteorológicos. El río Quequén Grande, presenta épocas de crecida coincidentes con tormentas extraordinarias, produciéndose así la inundabilidad de sus márgenes. En mayo de 1980, se produjo una inundación de efectos desastrosos. La misma se originó a partir de tormentas extraordinarias y continuas que afectaron la cuenca durante un período de 15 días aproximadamente.

Entre los desastres causados se registra la destrucción del puente Ignacio Ezcurra, que unía Necochea con Quequén en la zona portuaria, a través del río Quequén. El río sufrió una gran creciente arrasando con el puente y la villa ubicada sobre la margen derecha, donde actualmente se encuentra el Camping Río Quequén. El nivel de las aguas sobrepasó en 1m la playa de estacionamiento de la estación de micros de Necochea.

Polución - Contaminación

Es importante establecer la diferencia entre polución y contaminación. *GESAMP(1982)* define polución como la introducción por el hombre, directa o indirectamente de sustancias o energía en el ambiente marino, resultando sus efectos en el deterioro o muerte de los recursos vivientes, peligros para la salud humana, impedimento de las actividades marinas y del uso del agua marina y reducción de zonas de esparcimiento. Contaminación se define como la introducción de sustancias en el ambiente marino que alteran la concentración y distribución de substancias en el océano.

Los problemas ambientales resultantes de la disposición de residuos en el mar son:

- Acumulación en las cadenas alimenticias.
- Efectos tóxicos.
- Ingestión y acumulación de organismos patógenos.
- Enriquecimiento orgánico y eutrofia localizada.

Según *Kennish (1994)* Los contaminantes principales son:

- Carga orgánica. Residuos oxígeno- demandantes.
- Enriquecimiento progresivo. Adición de nutrientes orgánicos.
- Agentes patógenos.
- Polución por petróleo.
- Metales pesados.
- Hidrocarburos policíclicos aromáticos
- Hidrocarburos clorinados (pesticidas organoclorados)
- Desechos radioactivos.
- Carga térmica.

Hídrica subterránea por intrusión de la cuña salina.

Los acuíferos costeros (Necochea- Quequén), sufren una creciente salinización y endurecimiento ocasionado por la intrusión de la cuña salina de agua de mar (*P.A. y U.N.M.D.P 1997*).

La salinización natural, se encuentra potenciada por la acción antrópica a través de la sobreexplotación de los

acuíferos y sobrebombeo de los pozos. Esta situación se ve agravada en los períodos estivales coincidentes con los de mayor demanda de agua, donde se registran problemas de insuficiencia en el sistema de abastecimiento, debido al incremento de la población turística y actividades de recreación.

Esta alteración en los recursos hídricos subterráneos produce un impacto negativo y con alto porcentaje de irreversibilidad debido a los costos y a la elevada cantidad de energía que involucra la recuperación de un acuífero salinizado.

Costera

El ingreso de contaminantes al mar se registra principalmente en la zona de Punta Carballido (Quequén) (S 38°33'45", O 58°39'06"), donde se encuentra el desagüe cloacal. El volcado de efluentes se realiza en forma directa al mar y sin tratamiento previo.

Con el incremento de la población en temporada turística se agudiza el problema de la contaminación por efluentes, como consecuencia de la saturación del sistema cloacal.

Los contaminantes volcados al mar están sujetos a la corriente de deriva litoral, la cual los distribuye según el sentido de la misma.

La población turística carece de información respecto a la ubicación del desagüe. Considerar el mar como receptáculo autodepurador trae aparejado un alto riesgo sobre el ecosistema, puesto que los contaminantes más nocivos tienden a concentrarse y no a diluirse a lo largo de las cadenas alimentarias, quedando sujetos a la distribución sobre el área costera por acción de las corrientes litorales.

Además, el constante vertido al mar de materia orgánica por medio de desagües cloacales, favorece la presencia de sustratos orgánicos y minerales óptimos para la supervivencia de bacterias patógenas, (*Michaud, 1981*).

Hídrica: superficial y subterránea

El riesgo por contaminación de aguas superficiales en el río Quequén Grande, se relaciona con la presencia de minerales pesados derivados de las industrias ubicadas en el área del puerto, *P.A. y U.N.M.D.P, (1997)*. En el mismo estudio y según la Municipalidad de Necochea, los análisis realizados en el año 1995 indican que el río Quequén no presenta índices de contaminación bacteriológica y que el riesgo de salinización de sus aguas está controlado por su basamento calcáreo, de baja permeabilidad.

En relación con la contaminación hídrica subterránea, la misma se origina principalmente por efecto de sus-

tancias orgánicas e inorgánicas presentes en efluentes industriales y agroquímicos. Un ejemplo es el incremento de nitratos en el agua, cuyo valor se registró por encima del límite permisible para aguas potables (45 ppm), como consecuencia del uso intensivo de agroquímicos.

Se debe considerar también que la contaminación del recurso hídrico es de alto riesgo, ya que con la misma se afecta directamente una fuente de agua potable y produce un impacto negativo sobre la salud y sobre las actividades relacionadas con la recreación y el turismo.

Térmica

La localización de grandes usinas en un estuario puede causar un ancho rango de impactos a las comunidades acuáticas, tales como la actividad enzimática, reproducción, respiración y fotosíntesis, contribuyendo frecuentemente a su muerte, *Kennish (1994)*. Una planta que opera con combustibles fósiles, lo hace con una eficiencia del 40%, lo que significa que aproximadamente 60% del calor generado debe volver al medio.

En el recinto portuario del sector de Necochea se ubica la Central Termoeléctrica ESEBA, la cual tiene la salida de agua de la usina al río Quequén Grande. No se poseen datos acerca de efectos adversos producidos en el área, que presenta una constante presencia de pescadores en relación con gran cantidad de peces en las proximidades de la desembocadura del conducto.

Atmosférica y acústica

Se registran localmente en la zona del puerto y sus alrededores. Ambas están asociadas a la actividad portuaria e industrial. La actividad industrial y la circulación intensiva y concentrada de transporte pesado, potencian la contaminación acústica. (*Muscar Bensayag 1997*).

En relación con la contaminación atmosférica, se evidencia principalmente como producto de emanaciones de los establecimientos industriales como silos y secadoras de cereales.

Explotación de arena de playas y médanos

Es importante destacar la importancia que poseen los médanos como fuente del recurso agua en áreas costeras. Los mismos, poseen alta permeabilidad y reciben una importante recarga a través de las precipitaciones, la cual retienen, transformándose así en unidades hidrogeológicas acuíferas.

Actualmente no existen estudios para la preservación y fijación de este recurso no renovable que sufre una continua degradación y pérdida por causas naturales como son los fuertes vientos en relación con la fijación parcial de du-

nas que genera áreas de erosión diferencial y la intervención humana en el desmonte de médanos para ocupación edilicia.

Respecto a la arena de playa, existen actividades extractivas de la misma por explotación de canteras, con el aparejado perjuicio al recurso turístico e inducción de erosión.

7. DISCUSIÓN

La reconstrucción del paleocauce del río Quequén Grande aporta información tanto en el aspecto geomorfológico, confirmando el sentido de la deriva litoral, como en el sentido del manejo costero del área.

Respecto al manejo costero, la existencia del paleocauce sirve como herramienta de crítica respecto a la ubicación del puerto. Para la obra de construcción del puerto hubo que perforar y quitar niveles de tosca hasta alcanzar una profundidad óptima para el acceso de las embarcaciones. Para ello se llegó a una profundidad de 12 metros desde los 6 y 7 metros que era la del cauce natural, donde afloraban los bancos de tosca. Dicho emprendimiento llevó asociada una gran inversión económica (comunicación verbal, Administración de Puerto Quequén) que hubiera podido evitarse, considerando la ubicación del paleocauce del río Quequén, donde la profundidad natural de la tosca se alcanza a los 20 metros aproximadamente.

En la figura 3 se detalla un perfil comparativo donde se muestra la ubicación del nivel de tosca en la zona del paleocauce y el sector del canal de acceso al puerto, natural y profundizado.

8. CONCLUSIONES

El sector de estudio se divide en dos áreas definidas como de acumulación y de erosión. La primera corresponde a la costa de Necochea y la segunda a la costa de Quequén. Estas responden a los factores hidrodinámicos actuantes a lo largo de toda la costa y a los inducidos por acción antrópica a partir de la construcción de las escolleras del puerto. La disminución de las áreas recreativas a partir de ello, puede considerarse un caso de polución.

Los niveles de marea extraordinaria ocurridos en 1997 reactivaron la erosión marina en las zonas caracterizadas como de acumulación.

Se reconoció una corriente de deriva litoral principal con sentido oeste este y celdas de circulación localizada en dirección opuesta. La presencia del paleocauce del Río Quequén Grande ubicado al oeste de la actual desembocadura, es evidencia de una corriente de deriva con sentido oeste-este.

La margen derecha del río Quequén es susceptible al riesgo de inundación por las crecientes del mismo y vulnerable al ascenso del nivel mar.

La costa de Quequén presenta mayor riesgo de contaminación y polución que la de Necochea debido a la

ubicación de la desembocadura de desagües cloacales sin tratamiento en relación con la deriva litoral.

La prolongación de la escollera incrementará la zona de erosión en el área de Quequén, debido a un mayor efecto de barrera respecto de la deriva litoral.

10. BIBLIOGRAFIA CITADA EN EL TEXTO

APB (1998).

Proyecto de prolongación de la Escollera Sur del Puerto de Quequén.

Pliego de Licitación – Sección 1: Memoria Descriptiva. Administración Portuaria Bonaerense.

CODIGNOTTO, J.O. Y M.C. DEL VALLE, 1995.

Evaluación Cualitativa de los Factores de Riesgo Geológico en Rada Tilly, Chubut.

Actas de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería. Volumen IX: 64-77.

DENNIS, K.C., E.J. SCHNACK, F.H. MOUZO, AND C.R. ORONA, 1995.

Sea- Level Rise and Argentina: Potential Impacts and Consequences.

Journal of Coastal Research, SI N° 14, 205-223. Florida.

DIRECCIÓN GENERAL DE PUERTO QUEQUÉN, 1935.

Cotas de tosca en la Defensa y Playa Oeste.

Dirección General de Navegación y Puertos. Inspección General Puerto Quequén.

DOUGLAS, B.C., 1991.

Global sea level rise.

Journal of Geophysical Research, 96(C4), 6981-6992.

FASANO, J. L., ISLA, F.I., MOOK, W.G. Y VAN DE PLASSCHE, O., 1987.

Máximo Transgresivo Postglacial de 7.000 años en Quequén, Provincia de Buenos Aires.

Revista de la Asociación Geológica Argentina, 42(3-4): 475- 477.

FIDALGO F., DE FRANCESCO F. Y PASCUAL R., 1975.

Geología superficial de la llanura bonaerense.

Cuarto Congreso Geológico Argentino. Relatorio, 103-138. Bahía Blanca.

FRENGUELLI, J., 1931.

Observaciones geológicas en la región costanera sur de la Provincia de Buenos Aires.

Escuela Normal Superior José María Torres. 145 pp. Paraná.

GESAMP (IMCO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP JOINT GROUP OF EXPERTS ON SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE POLLUTION), 1982.

Scientific Criteria for the Selection of Waste Disposal Sites at Sea.

Reports and Studies N°16. London: Inter-Governmental maritime Consultative Organization.

GILBERT, J. Y VELLINGA, P., 1991.

Coastal Zone Management. Climate Change.

The IPCC Respose Strategies Working Group Reports. Cap. 5, 143-144.

KENNISH, M.J., 1994.

Pollution in estuaries and Coastal Marine Waters.

Journal of Coastal Research Special Issue N°12, Coastal Hazards, pp.27-49.

KOKOT, R.R., 1995.

Determinación y Cuantificación de la Deriva Litoral en la Costa Este de la provincia de Buenos Aires. Método Geomorfológico.

ACTAS Asociación Argentina Geología Aplicada a la Ingeniería: Vol IX, 95-106.

KOKOT, R.R., 1997.

Littoral drift, Evolution and Management in Punta Médanos, Argentina.

Journal of Coastal Research. 13(1): 192-197.

- KOKOT, R.R., M.C. DEL VALLE Y J.O. CODIGNOTTO, 1997.
Aspectos Ambientales y Riesgo Geológico Costero en Zonas Urbanas del Golfo San Jorge.
Actas Asociación Argentina Geología Aplicada a la Ingeniería Vol X, 169-186.
- MENDIGUREN, E., 1986.
Estudio de Suelos. Muelle de cabotaje- Puerto Quequén- Lado Necochea.
Informe N° 86.083- 2° parte. Administración General de Puertos.
- MICHAUD, J. L., 1981.
Ordenación de las Zonas Litorales.
Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1981.
- MUSCAR BENASAYAG, E. F., 1997.
Contribución al Análisis de la Contaminación Acústica Urbana: Implicación Derivada de la Actividad Industrial.
Seminario Internacional, La Gestión del Territorio: Problemas Ambientales y Urbanos. Resúmenes. pp. 110-111.
- PERILLO, G.M.E. Y M.C. PICCOLO, 1997.
Perturbaciones en la Onda de Marea en Puerto Quequén.
X Coloquio Argentino de Oceanografía, p.13.
- POUSA, J. L., W.C. DRAGANI, C.A. MAZIO, Y N.W. LANFREDI, 1995.
La Energía Oceánica en el Atlántico Sudoccidental.
Posibilidades e Impacto Ambiental. Thalassas (11): 59-72.
- P.A. Y U.N.M.D.P., 1997.
Habitar Necochea-Quequén- Diagnóstico y Propuestas para un Desarrollo Sustentable.
Programa Arraigo y Universidad Nacional de Mar del Plata. Presidencia de la Nación-Comisión De Tierras Fiscales Nacionales.
- ROLLERI E., 1975.
Provincias geológicas bonaerenses.
Cuarto Congreso Geológico Argentino. Relatorio. Bahía Blanca 1975. p. 29-53.
- SERMAN, D., CARDINI, J. Y RUZ, I., 1995.
Aplicación de modernas técnicas de diseño a la remodelación de la escollera Sur del puerto de Quequén.
Actas de la Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería. Vol. 9, 107-141.
- S.H.N., (1962).
Derrotero Argentino Parte II, 6° Edición. Armada Argentina.
Servicio de Hidrografía Naval. Publicación H202, 435pp.
- S.H.N., 1999.
Tablas de marea.
Servicio de Hidrografía Naval. Publicación H610.
- S.M.N., 1986.
Estadísticas Meteorológicas 1971-1980.
Servicio Meteorológico Nacional, Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Buenos Aires. Primera Edición (p. 25-25 a).
- TAPIA A., 1935.
Causas geológicas y consecuencias políticas de los cambios del caudal del Pilcomayo en Formosa.
GAEA, An. Soc. Arg. Est. Geogr., IV, 2 Buenos Aires, 254pp.

FIGURA 1. MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO. (NECOCHEA Y PUERTO QUEQUÉN)

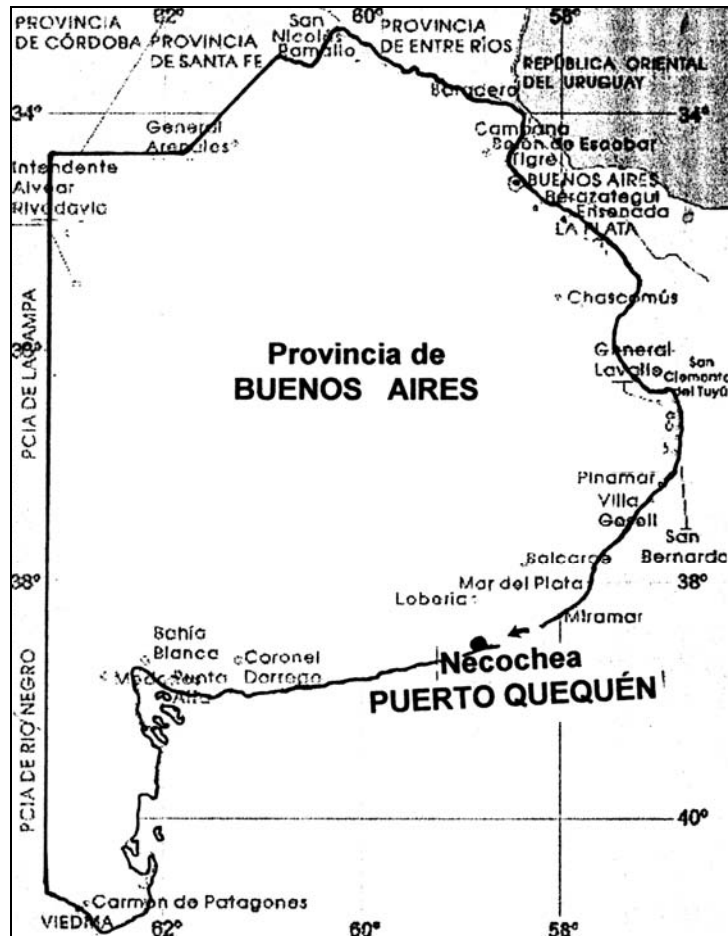
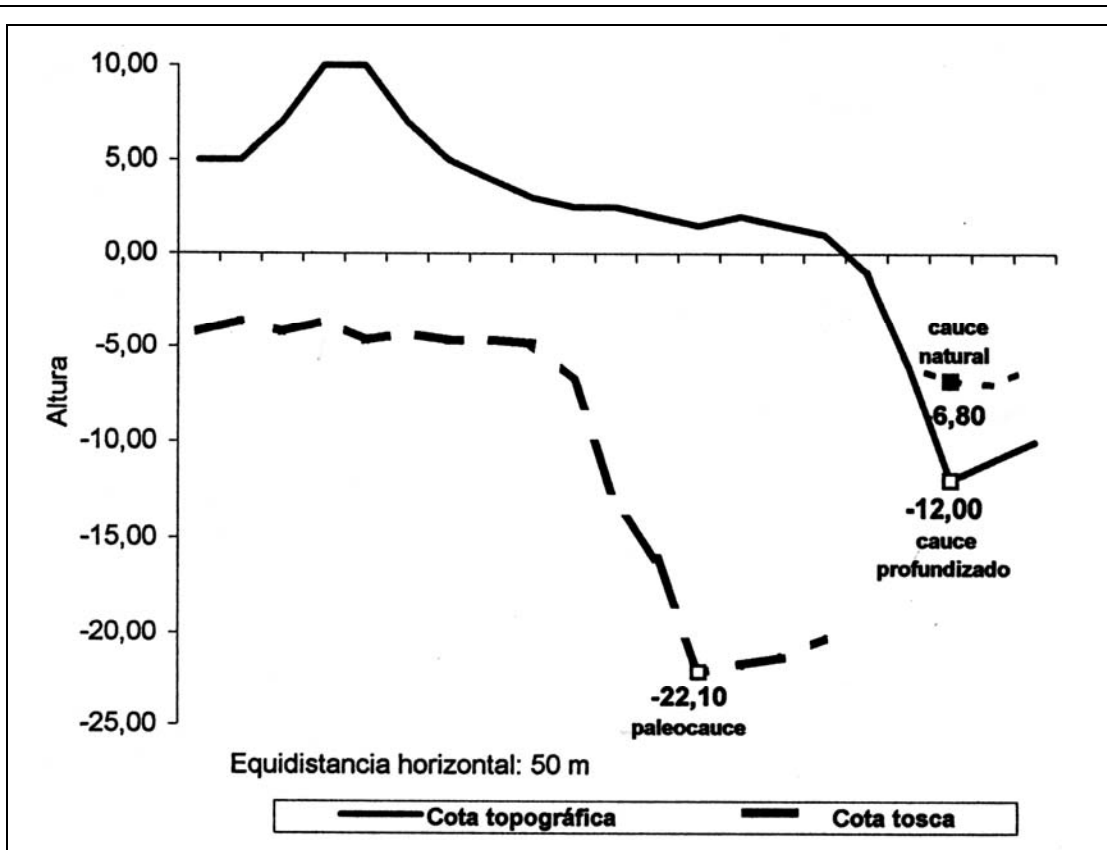


FIGURA 2. MAREAS DE PUERTO QUEQUÉN

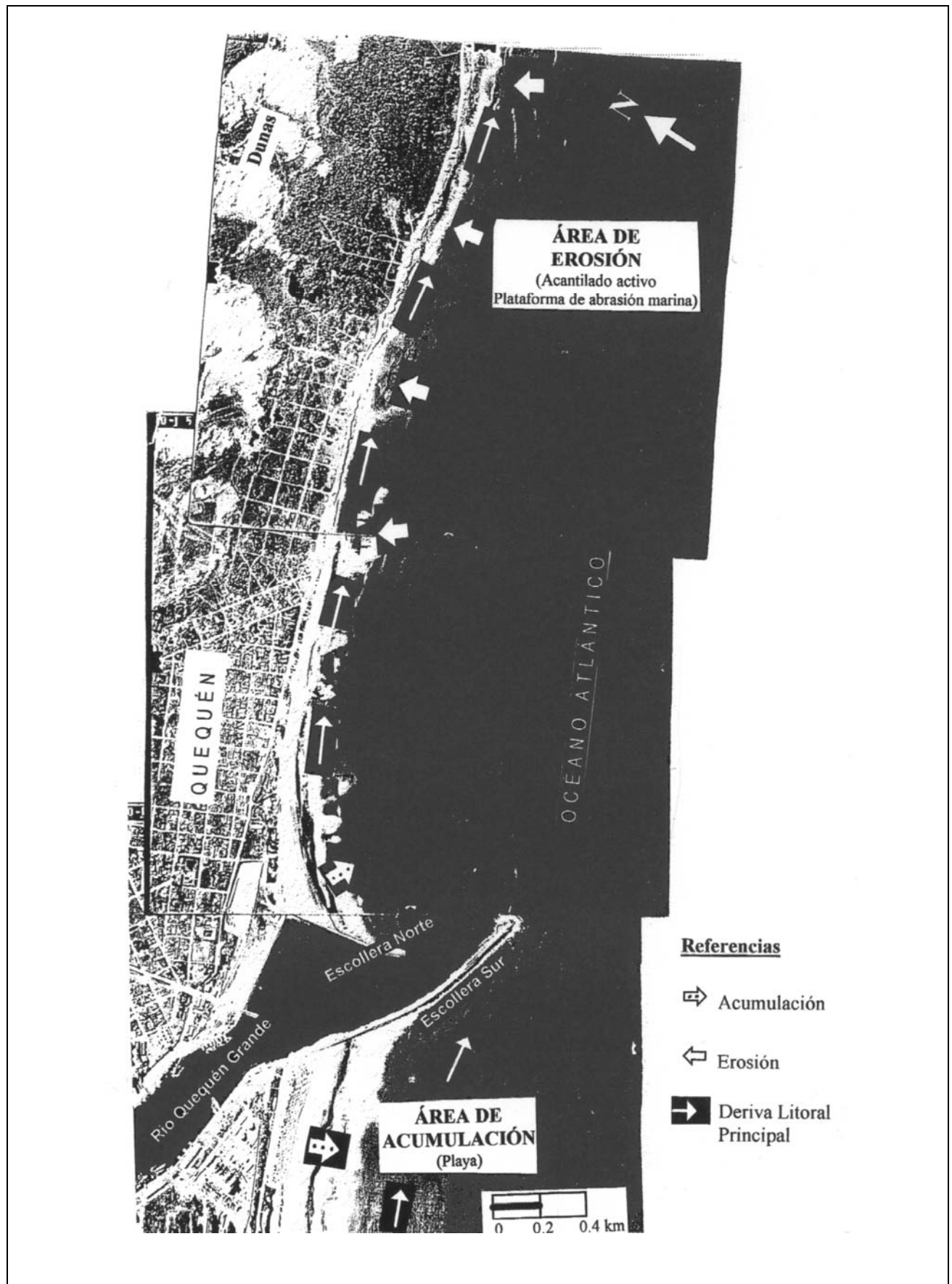
Nivel Medio [m]	Alturas [m] sobre el plano de reducción		Amplitud Máxima
	Pleamar máxima	Bajamar mínima	
0,98	2,01	0,14	1,77

FIGURA 3: PERFIL COMPARATIVO ENTRE RELIEVE ACTUAL Y PALEOCAUCE DEL RÍO QUEQUÉN GRANDE



	Equidistancia horizontal c/50m	Cota topográfica	Cota nivel tosca
Datos al oeste de la escollera sur	800	5,00	-4,20
	750	5,00	-3,59
	700	7,00	-4,20
	650	10,00	-3,62
	600	10,00	-4,64
	550	7,00	-4,30
	500	5,00	-4,65
	450	4,00	-4,63
	400	3,00	-4,82
	350	2,50	-6,82
	300	2,50	-13,22
	250	2,00	-16,05
	200	1,50	-22,10
	150	2,00	-21,67
	100	1,50	-21,27
	50	1,00	-20,25
Datos al este de la escollera sur	50	-1,00	
	100	-6,00	
	150	-12,00	
	200	-11,00	
	250	-10,00	

FIGURA 4. FOTOGRAMAS DEL SHN, INDICANDO ÁREAS DE EROSIÓN, DE ACUMULACIÓN Y SENTIDO PREDOMINANTE DE LA DERIVA LITORAL



FOTOGRAFÍA 1. ACANTILADO ACTIVO Y PEQUEÑAS CAVERNAS ASOCIADAS. RESTOS DE EMBARCACIÓN Y EVIDENCIAS DEL NIVEL DE PLAYA EROSIONADA, SOBRE EL ACANTILADO



FOTOGRAFÍA 2. PLAYA DE NECOCHEA DESARROLLADA INMEDIATAMENTE AL OESTE DE PUERTO QUEQUÉN





Influencia de las obras de infraestructura en la calidad del aire de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina

Marcos, Angel ¹ - Caló, Jorge ¹ - Fernández, Elba ¹ - Aldacour, Héctor ¹ - Varela, Pedro ²

Resumen

Se están realizando mediciones de concentración de partículas sedimentables del polvo atmosférico, como uno de los parámetros que pueden definir la calidad del aire en la ciudad de Bahía Blanca. Se basan en la norma ASTM 1739-70 y los muestreadores han sido colocados cubriendo distintos sectores de la ciudad; en la periferia, en el centro y en la zona portuaria de Ingeniero White.

Los resultados alcanzados hasta el momento han permitido relacionar la ejecución de obras de infraestructura y actividades afines, a la variación de concentración de partículas sedimentables. Generalmente se produce un aumento en la cantidad de partículas en peso cuando las obras se están ejecutando, debido a los movimientos de tierra y a la falta de medidas de mitigación para evitar la formación de la pluma de polvo.

La diferencia existente entre dos muestreadores, que a pesar de estar sometidos a las mismas condiciones climáticas, reflejan las características medioambientales en las que están insertos. Ello se debe, fundamentalmente, a que uno se encuentra en un sector de la ciudad desprovisto de asfalto, con vegetación escasa o incipiente y además muy próximo a una cantera de tierra de relleno que es explotada esporádicamente y ocasionalmente en forma muy intensa. Por el contrario, el otro se encuentra en un sector densamente forestado, muy parquizado y totalmente pavimentado.

Los factores climáticos son tenidos en cuenta debido a la influencia que ejercen, fundamentalmente el viento como agente de transporte y la humedad y la lluvia como agentes minimizadores de polvo en suspensión.

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos sedimentarios eólicos de la región inciden en la calidad del aire en la zona urbana generando polvo atmosférico. Una de las formas de evaluar esta calidad del aire es midiendo la concentración en peso de partículas sedimentables por caída libre que componen el mencionado polvo. El conocimiento de la cantidad y del tipo de partículas presentes puede ser un indicativo del estado

de contaminación atmosférica. Los factores que inciden en la generación del polvo atmosférico en la zona, además de los climáticos, son la agricultura de zonas aledañas principalmente en épocas de sembradíos, la actividad industrial fuertemente desarrollada en la ciudad, la construcción de obras civiles y de infraestructura, el desarrollo de la ciudad hacia la zona periférica con escasa vegetación y donde se transita por calles de tierra, etc.

El estudio de la concentración de partículas sedimentables de polvo atmosférico durante un período de doce meses entre 1997 y 1998, ha permitido evidenciar la influencia de algunas obras de infraestructura realizadas y en ejecución, así también como la expansión de la urbani-

Recibido: 10 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 20 de Julio de 1999

1. Departamento de Geología - Universidad Nacional del Sur.
San Juan 670, (8000) Bahía Blanca.

2. C.E.R.Z.O.S. - C.O.N.I.C.E.T. San Juan 670, (8000) Bahía Blanca.

zación, en los valores medidos.

La ciudad de Bahía Blanca se encuentra situada en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, entre los 38° 44' S y 62° 10' O, en los niveles más bajos de la planicie bonaerense que se extiende desde el sistema de la Ventana hasta la costa atlántica. (figura 1). La ciudad con una altura promedio de 20 m s.n.m., se asienta sobre un cono aluvial y una antigua llanura de marea emergida y está coronada hacia el N y NE por una terraza que alcanza una altura de 70 m s.n.m. A unos cinco km hacia el sur, se halla el estuario de Bahía Blanca, donde se asienta el puerto de Ingeniero White, el polo petroquímico y la zona industrial.

La región de estudio se encuentra ubicada en una zona meteorológica de transición sinóptica, vale decir, entre el sector occidental del anticiclón semipermanente del Atlántico Sur que domina hasta el centro del país con aporte de masas de aire tropical y húmedas del NO procedentes del sur de Brasil, y las masas de aire polar que periódicamente llegan a la Patagonia con pasajes de frentes fríos de trayectoria SO - NE.

La clasificación climática de Köppen (1948) define un clima templado de transición, entre el templado semihúmedo y seco con lluvias todo el año, y veranos muy calurosos de la Pampa húmeda; y el semiárido estepario con veranos secos e inviernos fríos del N de la Patagonia. Algo ventoso todo el año (figura 2).

Analizando la rosa de los vientos se observa que los predominantes para la región son del N y NNO. Ello se explica por la presencia del anticiclón semipermanente del Atlántico Sur que genera un régimen de viento con trayectorias continentales. Un aumento relativo de la frecuencia de la relación E-SE indica la influencia de la brisa de mar en la zona costera. Estacionalmente se aprecia un incremento de los vientos del sector N y NNO en la época invernal, debido a la mayor influencia del anticiclón del Atlántico, disminuyendo esta influencia en verano.

Para el período comprendido entre los años 1981-1990 el Servicio Meteorológico Nacional (1992) ha dado a conocer las siguientes estadísticas. La intensidad promedio del viento es de 22,5 km/h, con un valor máximo medio de 27,1 km/h y un valor mínimo medio de 20,3 km/h. El régimen pluviométrico es de 613,6 mm anuales promedio, siendo la estación más lluviosa el otoño con 62 mm de media y la menos lluviosa el invierno con 29 mm de media. La primavera y el verano promedian 57 mm cada una. La temperatura media anual es de 15,1°C, oscilando entre 28°C en enero y 8°C en julio. La máxima media es de 15,8°C y la mínima media de 14,4°C.

Los rasgos generales de la geomorfología están representados por tres áreas bien diferenciadas. Una región baja que se extiende entre la curva de 0 m y la de 20 m constituida por un área litoral correspondiente a una anti-

gua llanura de marea con playas, ahora emergida. Otra más elevada o peniplanicie que se extiende hacia el NE a partir de la curva de 60 m. Por último una tercera más empinada comprendida entre las dos mencionadas, constituyendo un faldeo entre los 20 y 60 m.

La peniplanicie pedemontana cuya elevación supera escasamente los 100 m s.n.m. en la parte norte y este desciende suavemente hacia el oeste y sur hasta alturas no mayores a los 60 m s.n.m. Está conformada por sedimentos de tipo loessoides constituidos fundamentalmente por arenas muy finas a arenas limo-arcillosas cementadas por carbonato de calcio, presentes en toda el área formando depósitos de calcreta llamados localmente "tosca". Regionalmente el paisaje está labrado sobre estos sedimentos. Desde la zona más alta hasta la cota de los 10 m, afloran o están cubiertos por sedimentos eólicos o depósitos de cono aluvial (Caló et al. 1997).

Desde el litoral hasta la curva de nivel actual de 10 a 12 m s.n.m. se encuentran depósitos de arenas muy finas a limo arcillosos con abundante materia orgánica. Estos sedimentos representan a una marisma tidal mareal, que se ha depositado en la zona costera intertidal del estuario mesomacrotidal, que pasa a salitrales en la zona supratidal.

Entre las cotas de 10 y 70-80 m se desarrollan conos aluviales y un complejo coluvio-aluvio. En el oeste de la zona los conos aluviales originados por acción fluvial son de gran extensión y su coalescencia hace que topográficamente se presenten como llanuras aluviales, que pueden estar algo enmascaradas por el manto eólico. Los depósitos son arenas pardo grisáceas a gris verdosas con gravas en las que predominan los clastos cuarcíticos provenientes de las Sierras Australes y otros de "tosca".

El complejo coluvio-aluvio se encuentra en la zona este del área. El coluvio se encuentra representado principalmente entre las cotas de 35 y 70/80 m. El aluvio parte del canal de descarga o escurrimiento del avenamiento dendrítico, y se desarrolla entre los 20 y 35 m pasando al nivel de base, que en algunos casos es el cauce del arroyo Napostá Grande y en otros se pierde en la llanura aluvial o en el llano de marea. Los depósitos del complejo aluvio-coluvio son arenas finas pardo claras con abundante matriz arcillosa. Hacia la base están sueltas y abundan clastos de "tosca" angulosos a subangulosos de tamaño variado identificables con la "tosca" del pedemonte. Hacia arriba aumenta la granometría hasta arenas medianas y aparece carbonato como cemento hasta formar un verdadero banco de "tosca". Los canales distributarios se encuentran rellenos naturalmente por estos sedimentos aluvio-coluviales y limos y arenas eólicas sin consolidar.

Cubriendo la mayor parte de la zona de estudio y la región se encuentran un manto eólico constituido por se-

dimentos de tipo limos arenosos a arenas muy finas limosas, con cantidades subordinadas de arcilla. Sobre él se desarrolla el suelo actual. (Caló *et al* 1997)

La cubierta vegetal de la ciudad es en general escasa, existiendo espacios verdes densamente forestados que cubre solamente el 4% del área de estudio. Puede decirse que la ciudad no cumple con la ley provincial n° 8219, art. 13, relativa a los espacios libres y la cantidad de habitantes, en la cual se considera como mínimo 3.5 m²/habitantes para la plaza pública ya que la cantidad de plazas son insuficientes y además su distribución está desequilibrada. En tanto que los parques si cumplen con dicha ley que exige 6.5 m²/habitantes, aunque mayoritariamente se hallan concentrados en el sector N de la ciudad (Brón - dolo *et al.*, 1994). Existe interés por incrementar el arbolado urbano debido a la necesidad de atenuar la violencia de los vientos y mitigar los rigores térmicos del verano. Como resultado de ello se han desterrado las podas masivas y materializado forestaciones y reforestaciones de envergadura. En los últimos años se han plantado más de 14.000 árboles, de los cuales cuatro mil fueron instalados en Ingeniero White mediante un plan conjunto entre las empresas del Polo Petroquímico y de la Municipalidad de Bahía Blanca.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreador utilizado responde a la norma ASTM 1739-70. Es un cilindro de plástico abierto en la parte superior de paredes verticales y fondo plano al que se le coloca agua en su interior. El diámetro es de 17 cm con una profundidad de 30 cm y está montado en un soporte de hierro que cuenta con un aro para evitar que los pájaros se paren en los bordes. Se colocaron a una altura de aproximadamente 5 m sobre el piso y libre de interferencias que perturben la depositación de la partículas (figura 3). Cada diez días en verano y quince en invierno, se controla el nivel del agua de los muestreadores y si es necesario se los recarga. Mensualmente se recogen las muestras. Durante los controles y los recambios se realizan observaciones de campo en las zonas de posible influencia. En el laboratorio se pasa la muestra por el tamiz de malla 18 (1 mm) y luego por un papel de filtrado rápido. Se seca a estufa y se pesa en balanza analítica.

Los lugares de muestreo cubren la zona de la peniplanicie (Barrio Parque Patagonia), el límite entre esta y el complejo coluvio-aluvio (Villa Cerrito), el sector urbano céntrico con dos muestreadores (uno en la calle Pueyrredón, y el otro hacia el N de la misma en la calle Mitre), y la zona de la llanura de marea con un muestreador ubicado en la localidad portuaria de Ingeniero White.

Los datos climatológicos obtenidos son de la estación meteorológica WSDelta "T", perteneciente al

CERZOS, del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

3. RESULTADOS

Los datos de concentración de partículas sedimentables del polvo atmosférico, que aquí se analizan, corresponden al período comprendido entre abril de 1997 y abril de 1998. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto diferentes tendencias según la ubicación de los muestreadores. (figura 4).

El muestreador del Barrio Parque Patagonia (P en la figura 1) se ubica en la peniplanicie hacia el sector NE, a 7 km del centro urbano, en una cota de aproximadamente 55 m. El valor medio anual de concentración de partículas sedimentables es de 14 mg/m²/mes, con un valor máximo de 39 mg/m²/mes registrado en el mes de enero y uno mínimo de 2 mg/m²/mes en el mes de junio. Se han observado dos períodos de aumento de concentración en los meses de mayo y agosto, y un aumento gradual a partir del mes de octubre para alcanzar el máximo en el mes de enero.

El muestreador de Villa Cerrito (C en la figura 1) se encuentra localizado en el límite de la peniplanicie con el complejo coluvio-aluvio en una cota de 50 m hacia el E, a 5 km del centro urbano. El valor promedio anual de concentración de partículas sedimentables es de 64 mg/m²/mes, con un valor máximo de 180 mg/m²/mes en el mes de abril de 1997 y uno mínimo de 7 mg/m²/mes en el mes de junio. Esta estación ha registrado concentraciones elevadas que alcanzan valores de 180, 170, 110 y 89 mg/m²/mes en abril, febrero, setiembre y diciembre.

El muestreador colocado en la calle Mitre (M en la figura 1), se encuentra a diez cuadras de la plaza central hacia el N, en una cota de 25 m. El promedio anual de concentración de partículas sedimentables es de 20 mg/m²/mes con valores extremos entre 57 mg/m²/mes en el mes de diciembre y 4 mg/m²/mes en el mes de junio. En este muestreador el pico de máxima concentración se registró en el mes de diciembre.

El muestreador de la calle Pueyrredón (Y en la figura 1), se encuentra a 12 cuadras de la plaza central hacia el S, sobre la cota de 15 m. El máximo valor de concentración de partículas sedimentables medido corresponde al mes de enero con 50 mg/m²/mes, y el mínimo en el mes de junio con 4 mg/m²/mes. El promedio anual es de 20 mg/m²/mes.

El muestreador colocado en Ingeniero White (W en la figura 1), se encuentra en el borde N de dicha localidad a aproximadamente 10 cuadras del estuario sobre el que se ubica el puerto homónimo y a 10 km del centro urbano de Bahía Blanca, en la cota de 4 m. Las

concentraciones registran valores, con un promedio anual de 35 mg/m²/mes con un máximo de 81 mg/m²/mes para el mes de enero y un mínimo de 3 mg/m²/mes para el mes de junio.

De los registros de la estación meteorológica utilizada (figura 5) se puede establecer que la velocidad media del viento se ha mantenido relativamente constante principalmente en el período comprendido entre mayo y noviembre, con velocidad promedio mensual de 10 km/h y con un moderado incremento en los meses restantes, alcanzando una velocidad promedio de 15 km/h aproximadamente. La velocidad máxima media registra mínimos para los meses de mayo y febrero de 15 km/h con un promedio de 20 km/h, siendo notorio el pico de velocidad máxima media alcanzado en el mes de noviembre con 30 km/h. En cuanto a las horas de calma, la mayor cantidad se registró en el mes de mayo con 20 horas y los mínimos sin horas de calma entre setiembre y diciembre.

Para las precipitaciones se observa que los meses más lluviosos corresponden a enero y febrero con casi 130 mm cada uno, registro que para el primero se produjo en los últimos días del mes, mientras que en el segundo se distribuyeron a lo largo de todo el mes. Otro período con lluvias importantes es junio y julio con 111 y 86 mm, y un tercero en setiembre y octubre con un promedio mensual de 80 mm. Las mínimas precipitaciones se registraron en el mes de agosto con 8 mm.

La temperatura media varía entre 10°C en el período invernal y 22°C en el período estival. La curva de radiación solar acompaña a la de la temperatura con valores mínimos próximos a las 200 cal/cm² en junio y julio, y un máximo en el mes de enero con 800 cal/cm².

4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Del análisis mensual de los datos correspondientes a las distintas áreas en general se observa que las mayores y las menores concentraciones de polvo atmosférico se han registrado en los sectores este y noreste de la ciudad, respectivamente. En los muestreadores del sector céntrico las concentraciones se encuentran en niveles intermedios a los anteriores y próximos uno de otro. Finalmente en la zona portuaria se observaron valores un tanto más elevados que los del centro y ocasionalmente coincidiendo con ellos.

Del análisis y evaluación de los resultados obtenidos se observa que se mantiene una estrecha relación entre los datos meteorológicos y los valores de concentración de partículas sedimentables. Las mayores concentraciones se dan en el período estival (enero) y las menores en invierno (junio). Existen tres picos de mayores concentraciones, en los meses de mayo, agosto y enero, siendo en este último caso el período de máximas acumulaciones de partículas, coincidiendo con un ligero aumento en la velocidad

media del viento. En el mes de agosto, el pico de concentración coincide con un aumento en la velocidad media y en la máxima media de los vientos, observándose a su vez diez horas de calma. Esto indica que la velocidad del viento es un factor a considerar para la evaluación de la concentración de partículas, a pesar de que el promedio mensual del mismo mantiene valores aproximadamente constantes.

Otro factor a considerar son las precipitaciones que presentan en general un comportamiento inverso con los valores de concentración de partículas sedimentables. Los tres picos de aumento de concentración son coincidentes con bajos registros de lluvias. Sin embargo, en el mes de enero cuando se registran las mayores concentraciones de partículas se registró a su vez el mayor milimetraje de precipitaciones esto es debido a que las mismas se concentraron en cuatro días y en el resto del mes las condiciones fueron de elevada radiación solar, temperatura y condiciones ventosas.

Considerando que la humedad relativa media no pone en evidencia una relación con la cantidad de partículas sedimentadas y que las temperaturas medias y la radiación solar tienen un comportamiento de acuerdo a las distintas estaciones, puede estimarse que los factores que influyen directamente sobre cantidad de partículas sedimentadas son las precipitaciones y el viento (Varela, 1988, Caló et al., 1998).

Los valores calculados para los distintos muestreadores en promedio anual son los siguientes; para el muestreador del barrio Parque Patagonia, 13,55 mg/m²/mes, constituyendo la concentración de partículas sedimentables más baja. Le siguen el muestreador de calle Pueyrredón con 17,35 mg/m²/mes y el de calle Mitre con 20,38 mg/m²/mes. El de Ingeniero White presenta valores de 32,20 mg/m²/mes y finalmente el del Villa Cerrito, presenta los valores más elevados con un promedio anual de 63,85 mg/m²/mes, y en el que se registraron los valores máximos alcanzando los 180, 170 y 111 mg/m²/mes. Esto hace que se tenga una gran desviación estándar que sin duda lleva a pensar que la tendencia de acumulación de partículas sedimentables es distinta a la de los restantes muestreadores.

El valores máximos medios para el mes de enero es de 78,6 ($n^{-1} = 54.4$) mg/m²/mes, y el mínimo medio para el mes de junio es de 4,2 ($n^{-1} = 1.7$) mg/m²/mes. El promedio general en la ciudad de Bahía Blanca es de 29,47 mg/m²/mes con una desviación estándar de 34,03. Si consideramos que el muestreador de Villa Cerrito tiene un promedio que alcanza la suma del promedio general más un desvío, podríamos desestimarlo y calcular un valor promedio parcial para la ciudad que sería de 20,87 mg/m²/mes con un desvío de 16,91.

Estacionalmente, las mayores concentraciones se dan en el verano con un promedio general de 41,2 mg/m²/mes,

y las menores se dan en el invierno con 22,7 mg/m²/mes. Los valores para otoño y primavera son 27,8 y 32,7 mg/m²/mes respectivamente.

Estos resultados de concentración, están relacionados con los datos climatológicos tal como se consideró anteriormente, sin embargo por medio de observaciones de campo se ha podido establecer que en algunos casos las variaciones dependerían de otros factores medioambientales.

Es así que considerando los muestreadores ubicados en la zona de peniplanicie, y el límite con el coluvio-aluvio presentan comportamientos opuestos entre ellos. En el área de Villa Cerrito, donde se registraron las mayores concentraciones, la vegetación es incipiente o escasa y las calles son de tierra. Además se encuentra en explotación intensiva una cantera de tierra calcárea de relleno. En contraposición, la zona del barrio Patagonia, donde las concentraciones registradas fueron las más bajas, está densamente forestada, parqueizada y las calles están pavimentadas en su mayoría. La diferencia observada en el comportamiento entre ambos muestreadores se debería a la superficie expuesta a la erosión, por las causas mencionadas.

Los máximos valores establecidos para el muestreador de villa Cerrito, corresponderían a períodos de máxima extracción del material de la cantera mencionada que fue utilizado para rellenar terrenos destinados a la construcción de dos grandes centros comerciales, durante los meses de abril, mayo y setiembre de 1997.

Un valor de concentración del muestreador del barrio parque Patagonia en el mes de abril de 1998 que supera los valores registrados en el centro de la ciudad contrariamente a la media que siempre está por debajo de ellos, podría estar influenciado por el relleno de una zona baja aleadaña que en su momento se originó por sobreexplotación de suelos para la fabricación de ladrillos. Este sector fue inundado por inconvenientes en la planta de suministro de agua a la ciudad de Bahía Blanca y debió ser rellenado durante el mes de noviembre de 1997.

En el área urbana, también se ha puesto de manifiesto una ligera diferencia entre los muestreadores, considerando que el de la calle Mitre se encuentra ubicado hacia la zona norte, que es la dirección predominante de los vientos y donde la edificación es baja, y el de la calle Pueyrredón hacia el sur, protegido de los vientos dominantes del norte, por una barrera de edificios en altura. Es por ello que en general, en el primero las concentraciones medias son algo superiores.

Un hecho a destacar es la influencia de la realización de obras de infraestructura (desagües pluviales, obras sanitarias y repavimentación) en la cuadra de la calle Mitre donde se ubica el muestreador, quedando ello reflejado en un relativo aumento en la cantidad de partículas sedimentadas (si bien ella queda comprendida en el ran-

go del valor medio más un desvío), durante el mes de diciembre, fecha en la que se realizaron las tareas y en la que se separa de la concentración obtenida en el otro muestreador del centro urbano. En el mes siguiente, una vez finalizadas las obras, la concentración descendió aproximándose nuevamente a los valores del de la calle Pueyrredón. Se estima que la influencia de este tipo de trabajo no superaría los 100 m de radio, considerando que en los meses anteriores se realizaron tareas similares a 200 metros del muestreador sin que en él se hayan registrado picos de mayor concentración. La empresa constructora no tomó las medidas de mitigación necesarias, como ser el riego del material removido y acopiado, para evitar la generación de una pluma de polvo y la consiguiente molestia a la población, fundamentalmente el mes de diciembre en que los vientos fueron fuertes.

En la zona portuaria de Ingeniero White la acumulación de partículas sedimentables es variable. Sus valores son superiores a los del centro de la ciudad en los meses de mayor concentración, y se aproximan en los meses de baja concentración. Si bien se han observado algunas variaciones, no se ha podido establecer ninguna relación con alguna obra en particular de infraestructura o ingenieril. La zona del puerto presenta variaciones locales de clima considerando su proximidad al mar que pueden influir en la concentración de partículas y además la actividad Industrial es muy intensa y dispersa. El tipo de suelo, principalmente limo arcilloso, la vegetación que en este sector es escasa y de tipo halófito, pueden ser algunas de las causas de estas variaciones.

5. CONCLUSIONES

Se ha observado que existe una relación entre la concentración de partículas sedimentables y la ubicación geográfica de los muestreadores. Las máximas y las mínimas concentraciones se registraron en la zona de la peniplanicie y en el límite con la zona de coluvio-aluvio. En el centro urbano se registraron valores intermedios y en la zona portuaria valores superiores o próximos a los anteriores.

La concentración de polvo atmosférico esta relacionada a los factores climáticos. Aumenta cuando se incrementa la intensidad del viento y disminuye cuando las precipitaciones son mayores. Estacionalmente se registraron las máximas concentraciones en verano y las mínimas en invierno.

La realización de obras de infraestructura, actividades afines y la forestación influyen en la concentración de partículas sedimentables.

En el muestreador de la calle Mitre se observó un aumento en la cantidad de polvo atmosférico durante la realización de las obras de desagües pluviales, cloacas y repavimentación de la misma.

La diferencia existente entre el muestreador de Villa Cerrito y el del barrio Parque Patagonia, a pesar de estar sometidos a las mismas condiciones climáticas, se debe fundamentalmente a que el primero se encuentra en un sector de la ciudad desprovisto de asfalto, escasa vegetación o incipiente y además muy próximo a una cantera de tierra de relleno que es explotada esporádicamente y ocasionalmente en forma muy intensa. Por el contrario el otro se encuentra en un sector densamente forestado, muy parquizado y totalmente pavimentado.

La calidad del aire relacionada con la concentración de polvo atmosférico puede ser mejorada con la realización de obras de infraestructura cuidadosamente planeadas, forestación y regadío en los barrios con calles de tierra. Se deben realizar explotaciones programadas en las canteras próximas a la ciudad a efectos de evitar la contaminación por polvo atmosférico. Durante la ejecución de las obras, se deben tomar los recaudos necesarios para el acopio del material suelto a fin de evitar que sea una fuente generadora de polvo atmosférico.

6. TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

ASTM, 1970.

ASTM D 1739-70, p.521-526

BRONDOLO, M.; M. CAMPOS; S. ZINGER; O. DEL POZO; M. LORDA, 1994

Geografía de Bahía Blanca.

Ediciones Encstando, Bahía Blanca. 197 pp.

CALO, J.; E. FERNANDEZ; A. MARCOS; H. ALDACOUR, 1997

Los sedimentos recientes y su relación con la geología ambiental urbana de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina.

Memoria del I Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Soc. Venezolana de Geólogos. Tomo I – 137-143. Venezuela.

CALO, J.; A. MARCOS; E. FERNANDEZ; H. ALDACOUR; P. VARELA, 1998.

Distribución de partículas sedimentables en el área urbana de Bahía Blanca y su incidencia en el medio ambiente.

Actas II Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. p31-42. San Salvador de Jujuy, Argentina.

KÖPPEN, H. 1948.

Climatología, con un estudio de los climas de la tierra.

Ed. Fondo de la Cultura Económico de Mexico. pp 478.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (SMN), 1992.

Estadísticas climatológicas 1981-1990.

Serie B, N° 37, Buenos Aires. Argentina.

VARELA, P., 1988.

“Las partículas sedimentables y los parámetros meteorológicos en Bahía Blanca”.

Revista Geofísica, N.28, México.

FIGURA 1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y LOCALIZACIÓN DE LOS MUESTREADORES. P: BARRIO PATAGONIA, C: VILLA CERRITO, M: CALLE MITRE, Y: CALLE PUEYRREDÓN Y W: INGENIERO WHITE

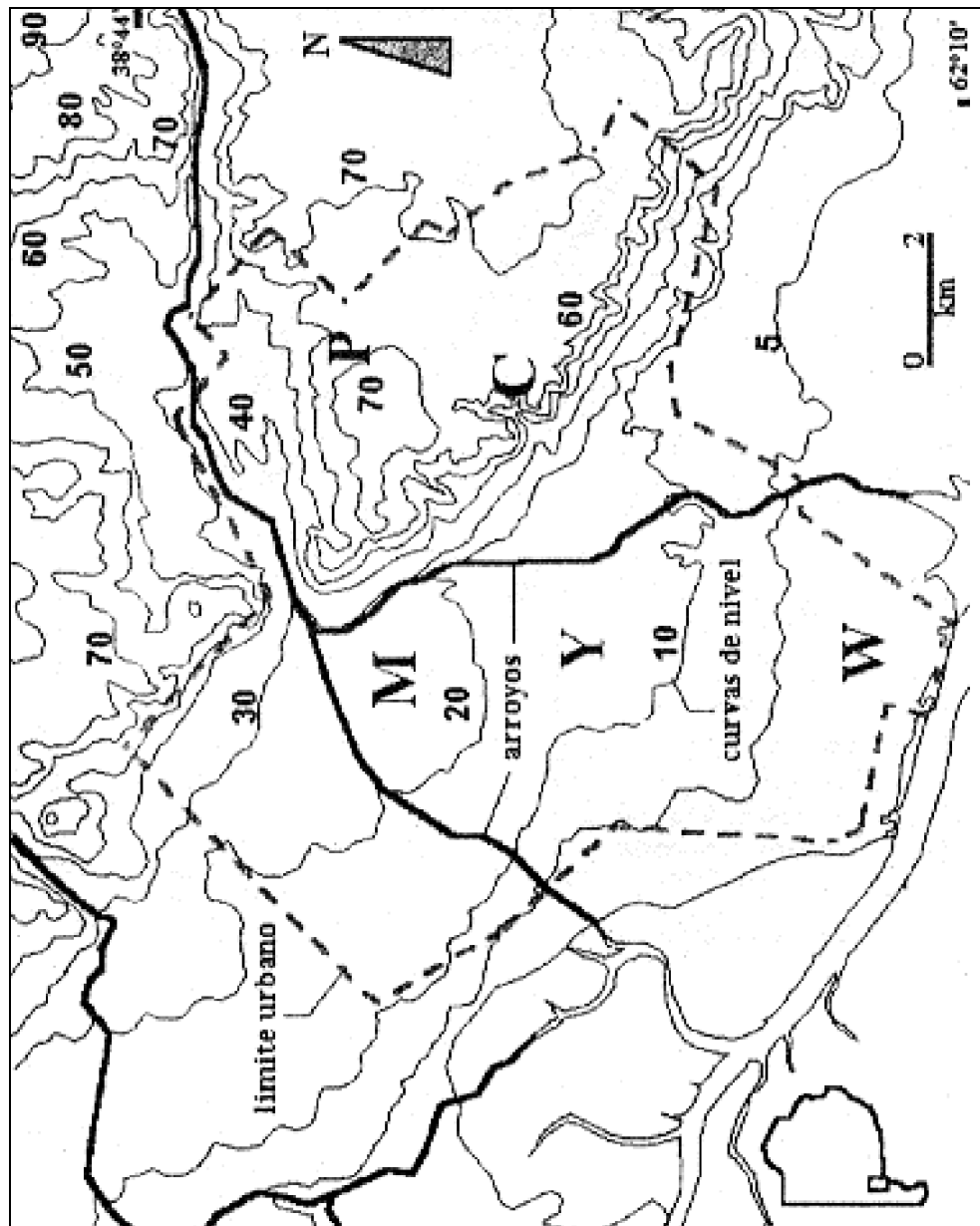


FIGURA 2: DIAGRAMA DE KÖPPEN PARA ESTABLECER LOS LÍMITES ENTRE LOS CLIMAS SECOS Y TEMPLADOS LLUVIOSOS

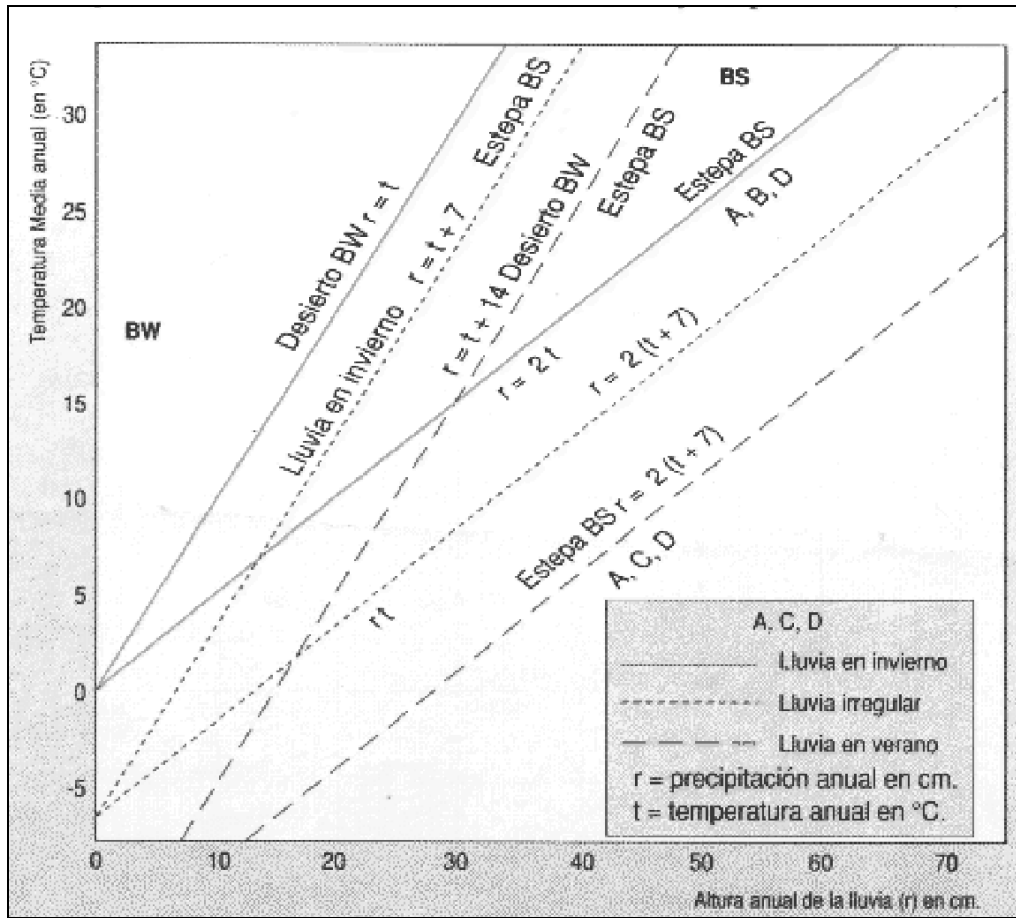


FIGURA 3: MUESTREADOR UTILIZADO PARA LA RECOLECCIÓN DEL POLVO ATMOSFÉRICO. ASTM D 1739-70

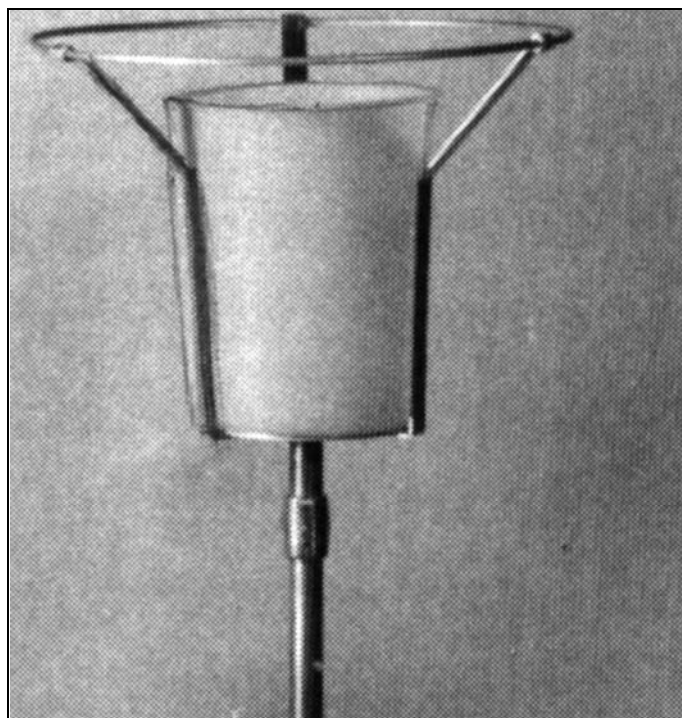


FIGURA 4: CONCENTRACIONES DE POLVO ATMOSFÉRICO EN PESO OBTENIDOS DURANTE EL PERÍODO COMPRENDIDO ENTRE ABRIL DE 1997 Y ABRIL DE 1998

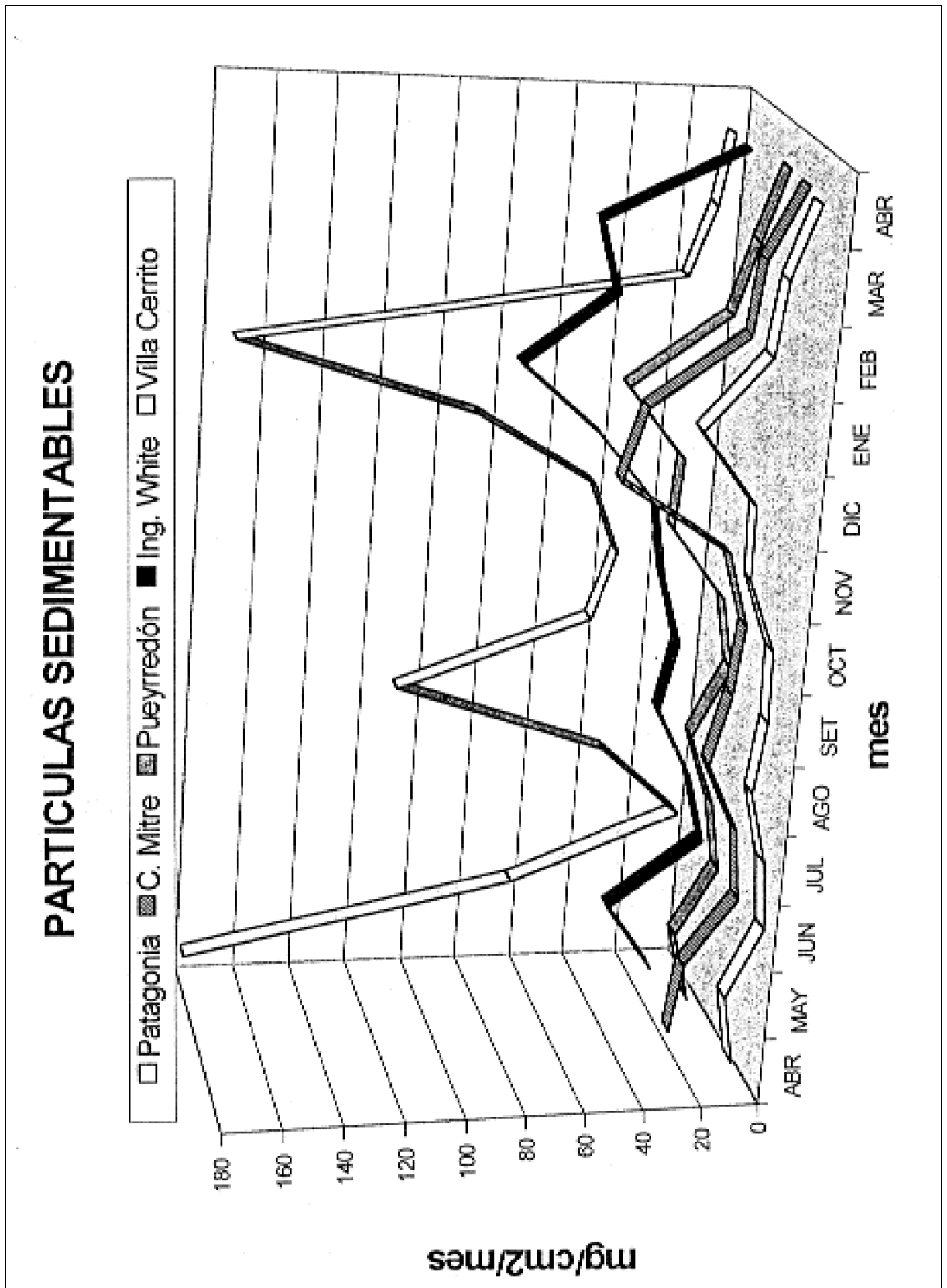
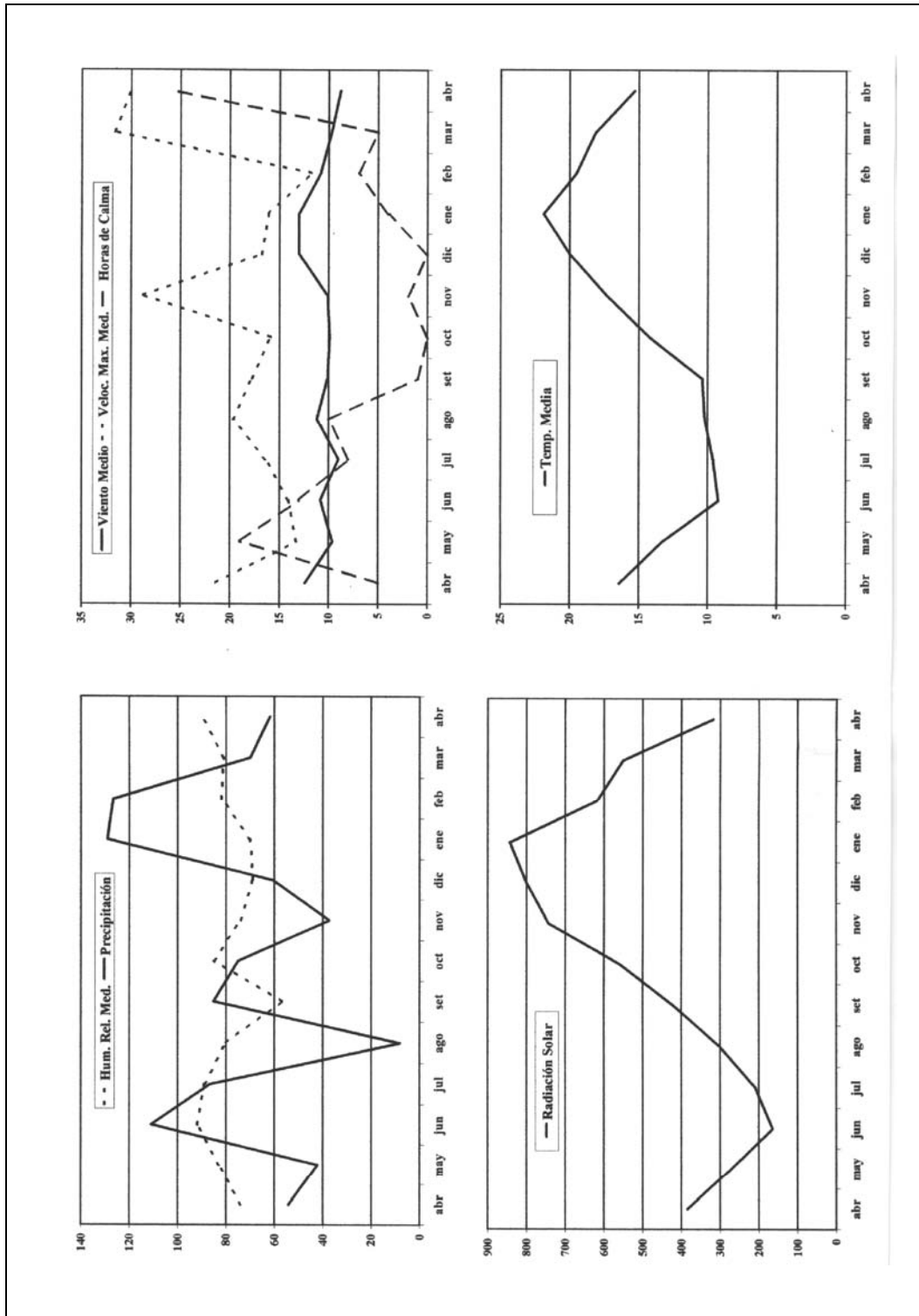


FIGURA 5: REGISTROS CLIMATOLÓGICOS OBTENIDOS POR LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA WDELTA "T", PERTENECIENTE AL CERZOS, DEL CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS





Ceolita cristalizada a partir de un gel en un hormigón deteriorado por la reacción álcali-sílice

Marfil, S. A.^{1,2} - Maiza, P. J.^{1,3}

Resumen

Se estudió un hormigón deteriorado por la reacción álcali-sílice. Observado con estereomicroscopio presenta claras evidencias de reacción. Es abundante el microfisuramiento de la pasta. En las cavidades formadas por aire entrampado se observa ettringita y prácticamente en todo el hormigón es muy abundante el desarrollo de un material blanco, masivo, en algunos sectores transparente (en especial en el contacto entre el agregado y la pasta). Estos materiales se separaron para ser analizados por DRX y SEM-EDAX

Con microscopio electrónico de barrido la muestra presenta un borde transparente que gradúa a blanco y masivo en el centro. Analizada la secuencia con EDAX, permitió identificar en el producto transparente las reflexiones de Si, O, Ca y Al y en la zona blanca y masiva las correspondientes a Si, O, Ca, Na y K.

El gel cálcico cristaliza en una estructura de ceolita con la incorporación de Na y K. Esta transformación provoca un incremento de volumen que trae como consecuencia la expansión del hormigón. La estructura ceolítica fue confirmada por difracción de rayos X y adjudicada a la especie ceolita K-I, mencionada en la ficha ICDD 18-988.

1. INTRODUCCIÓN

Es muy amplia la bibliografía mundial sobre la reacción álcali-sílice (RAS). Se acepta que se produce entre la sílice de los agregados reactivos y los álcalis provenientes principalmente del cemento, bajo determinadas condiciones de humedad y temperatura. Las especies consideradas potencialmente reactivas, son: vidrio volcánico, variedades de sílice pobremente cristalizada (tridimita, cristobalita, ópalo), cuarzo microcristalino y policristalino, desarrollado bajo condiciones de metamorfismo dinámico. La sílice liberada reacciona con los álcalis para formar en primer lugar un gel, que rellena los poros y espacios

vacíos, el que luego cristaliza a minerales del grupo de las ceolitas, lo que provoca un aumento de volumen causando el fisuramiento del hormigón (Marfil, 1990).

En trabajos previos (Maiza *et al.*, 1992; Marfil *et al.*, 1993) se identificó una ceolita del grupo de la clinoptilolita como el principal producto de la RAS. En general es muy difícil su determinación por la escasa proporción en que se encuentra. Generalmente se la observa en secciones delgadas de hormigón endurecido y se determina su composición química por EDAX. Su separación es extremadamente dificultosa debido al pequeño tamaño de los cristales, las impurezas asociadas, la similitud estructural con otros minerales muy abundantes en el agregado (feldespatos) por lo que los métodos analíticos convencionales no permiten determinarlos.

También es frecuente encontrar ettringita ($\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}\cdot 26\text{H}_2\text{O}$) asociada. Este mineral se

Recibido: 8 Abril de 1999 ■ Aceptado: 17 de Julio de 1999

1. Profesor Dpto. de Geología. Universidad Nacional del Sur. San Juan 670. 8000 Bahía Blanca.
2. Investigador Adjunto CIC.
3. Investigador Independiente CONICET.

forma durante el fraguado del hormigón por reacción del aluminato tricálcico del cemento con el yeso que se adiciona, para disminuir la velocidad de hidratación. Esta se conoce como ettringita primaria. (Metha 1986). Al reducirse la concentración de sulfato, se vuelve inestable y se convierte en monosulfoaluminato de calcio. (Uchikawa 1994). Por lo expuesto es razonable esperar la presencia de monosulfoaluminato de calcio, en hormigones endurecidos, asociado con portlandita y silicato de calcio y no ettringita, debido a que la adición de yeso es controlada especialmente para evitar su exceso. Causas externas tales como, hidratación, carbonatación, ataque por sulfatos, etc. modifican las condiciones de equilibrio, favoreciendo el desarrollo de ettringita secundaria, responsable de las reacciones deletéreas que producen expansión (Metha 1983).

Es muy frecuente encontrar la asociación ettringita - ceolita en una amplia gama de agregados y en distintos cementos, aún con contenidos de elementos alcalinos bajos, cercanos a 0,6 % de Na_2O equivalente. Se ha determinado su presencia tanto en rocas volcánicas ácidas y básicas como en graníticas, desde granitos hasta dioritas siendo muy frecuente en metamorfitas especialmente cataclásticas.

En este trabajo se comunican los resultados del estudio de un hormigón deteriorado por la RAS con desarrollo de abundante ceolita y ettringita secundaria. El material obtenido permitió establecer las características mineralógicas de la ceolita hallada, su composición, propiedades ópticas y estructura y relacionarla con ceolitas naturales conocidas.

2. MÉTODOS

Se utilizó un sistema microscópico Olympus, con procesador de imágenes integrado con un estereomicroscopio Olympus trinocular SZ-PT; microscopio petrográfico Olympus trinocular B2-UMA, con una cámara de video Sony 151 A incorporada, monitor de alta resolución y procesador de imágenes Image Pro Plus versión 3.1. Se usó un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM 35 CP equipado con una sonda EDAX, DX 4, de ventana ultradelgada, con un rango de análisis elemental desde $Z = 5$ (B) hasta $Z = 92$ (U) y un difractor de rayos X Rigaku, D-max III-C, con radiación de Cu K y monocromador, con 35 Kv y 15 mA, computarizado.

3. RESULTADOS

Observado con estereomicroscopio el hormigón presentó claras evidencias de reacción tanto superficiales como en el interior. El microfisuramiento de la pasta es intenso. En las cavidades formadas por aire entrampado se observó un mineral cristalino, acicular, dispuesto en ramilletes o rosetas, muy blando, identificado como ettringita. Además

en todo el hormigón es muy abundante el desarrollo de un material blanco, duro, masivo, de fractura concooidal, en algunos sectores transparente (en especial en el contacto entre el agregado y la pasta). Estos materiales se separaron para ser analizados por DRX y SEM-EDAX.

Microscopía Electrónica de Barrido

Se observó el producto de reacción con microscopio electrónico de barrido. El material fibroso se muestra en la figura N° 1a. Analizado con EDAX se identificó S, Ca, Al y O adjudicados a ettringita (Figura N° 1b).

El material blanco masivo fue observado en un perfil desde el sector transparente y amorfo del borde, (figura N° 2a) al blanco - masivo y cristalino, del centro (figura N° 3a) y se analizó la secuencia con EDAX. Se identificó Si, O, Ca y Al en el producto transparente y Si, O, Ca, Na y K en el blanco masivo. (Figuras N° 2b y 3b respectivamente).

El material del borde tiene aspecto de gel y composición Si, O, Al y Ca, luego pasa a un material blanco y masivo de composición Si, O, Al, K, Na y Ca. El gel cálcico cristaliza luego a estructura de ceolita incorporando Na y K con el consecuente incremento de volumen.

Difractometría de Rayos X

Los materiales analizados por EDAX fueron extraídos de las muestras con la máxima pureza, determinada su estructura, composición y evaluado el grado de cristalinidad mediante difracción de rayos X. El difractograma del material masivo del borde, de fractura concoide, muestra baja cristalinidad, predominando los amorfos. Se destaca la presencia de cuarzo y feldespato del agregado que contamina la muestra.

En el espectro correspondiente al material blanco, masivo, cristalino de la figura 3a, se destacan claramente las reflexiones más importantes que permiten compararlo con el de la ceolita mencionada en el ICDD 18-988. Presenta un excelente desarrollo de su estructura y proporcionalmente es un componente abundante de la muestra. (Figura N° 4).

Características Microscópicas

El estudio del hormigón sobre secciones delgadas permitió identificar abundante ceolita. Se trata de un mineral tabular, de muy bajo índice de refracción, 1.50-1.52, de bajo color de interferencia, birrefringencia 0.006 aproximadamente y extinción recta. Se desarrolla en el interior de cavidades formadas por aire entrampado, en los contactos agregado - pasta y en especial en el interior de microfisuras. En la figura N° 5, se muestra la ceolita (z), desarrollada en una fractura, a partir de agregados reactivos generando abundantes microfisuras.

4. CONCLUSIONES

1. Los productos de la RAS, especialmente los silicatos de elementos alcalinos y cálcicos en su etapa inicial, constituyen un material geliforme y por lo tanto sin estructura cristalina, que ocupa el mayor espacio disponible, especialmente del aire accidental, microfisuramiento del fraguado, bordes reactivos del agregado etc.
2. Cuando este gel pierde el agua, da lugar a la formación de un material amorfo, duro, de fractura conoidal, translúcido, cuya composición química es semejante al material cristalino que se desarrolla a expensas del gel. La única diferencia puede presentarse en pequeñas variaciones de las relaciones Na^+ , K^+ y Ca^{++} .
3. A medida que cristalizan dan lugar a estructuras cuya composición y dimensiones permiten determinarlas como ceolitas.
4. La cristalización desarrolla tensiones que llegan a afectar la estructura del hormigón.
5. Debido a la elevada capacidad de intercambio catióni-

co de estos minerales, especialmente cuando se intercambia Na^+ y K^+ por Ca^{++} se produce un importante aumento de volumen de la celda unidad provocando el fracturamiento del mortero, especialmente en la interfase agregado - mortero.

6. Si el proceso de cristalización se ha desarrollado suficientemente, es posible reconocer a las ceolitas, tanto por sus propiedades ópticas como por su morfología y composición mediante las técnicas específicas.
7. Si el material se halla en estado amorfo, podrá determinarse la composición por EDAX y sólo se reconocen por su extremadamente bajo índice de refracción al microscopio de polarización.
8. Difractometría de rayos X será un método contundente para su determinación, si el material tiene desarrollo cristalino y es abundante.

5. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Sur, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Bs. As. y al CONICET por el apoyo brindado.

6. LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

MAIZA P. J.; S. A. MARFIL AND O. R. BATIC., 1992.

Identification of zeolites in concretes affected by ASR. Effect of different aggregates. *The Ninth International Conference on Alkali-Aggregate reaction in concrete. London. Volume 2: 630-637.*

MARFIL S. A., 1990.

La reacción álcali-agregado. Investigación de la reactividad potencial de los agregados con los álcalis del cemento, utilizados en Bahía Blanca y su zona de influencia. *Tesis Doctoral. Biblioteca Central de la Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.*

MARFIL S. A. Y P. J. MAIZA, 1993.

Zeolite crystallization in portland cement concrete due to alkali-aggregate reaction. *Cement and Concrete Research. Volume 23. N° 6: 1283-1288. USA.*

METHA, P. K., 1983.

Mechanism of sulfate attack on portland cement concrete – Another look. *Cement and concrete Research. 13, pp. 401-406.*

METHA, P. K., 1986.

Concrete: Structure, properties and materials. *Prentice-Hall, inc., New Jersey.*

UCHIKAWA, H. PROC. P. K. METHA, 1994.

Symposium on Durability of concrete; *K. H. Khayat and P. C. Aaićin Editors, Nice (France), 61.*

FIGURA 1

1a: SEM DE ETTRINGITA (e) (x 540). 1b: EDAX DEL MATERIAL OBSERVADO EN EL SECTOR (A) DE LA FIGURA 1a.

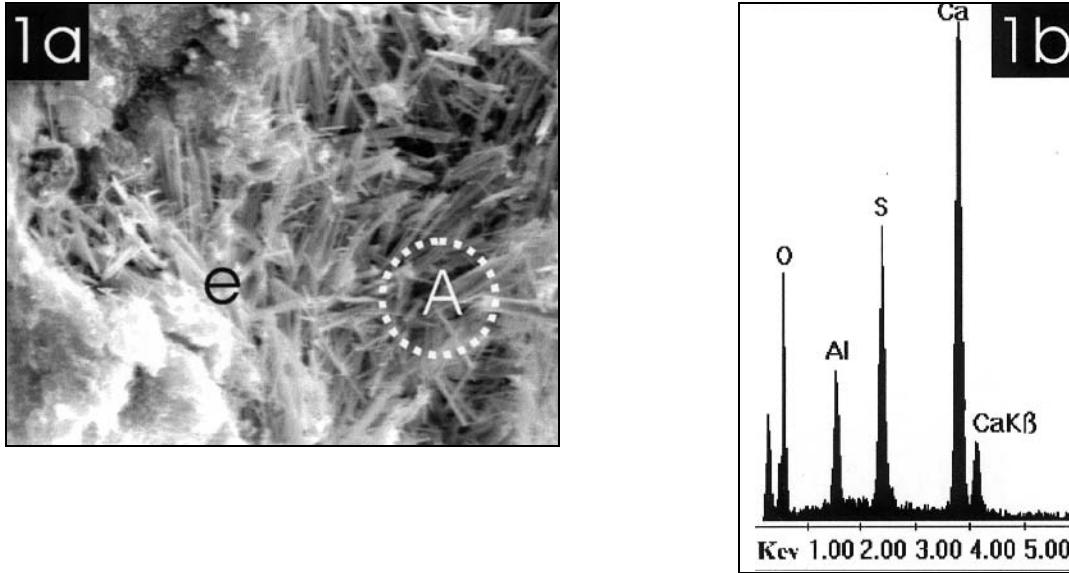


FIGURA 2

2a: SEM DEL GEL TRANSPARENTE (x 780). 2b: EDAX DEL MATERIAL OBSERVADO EN EL SECTOR (B) DE LA FIGURA 2a.

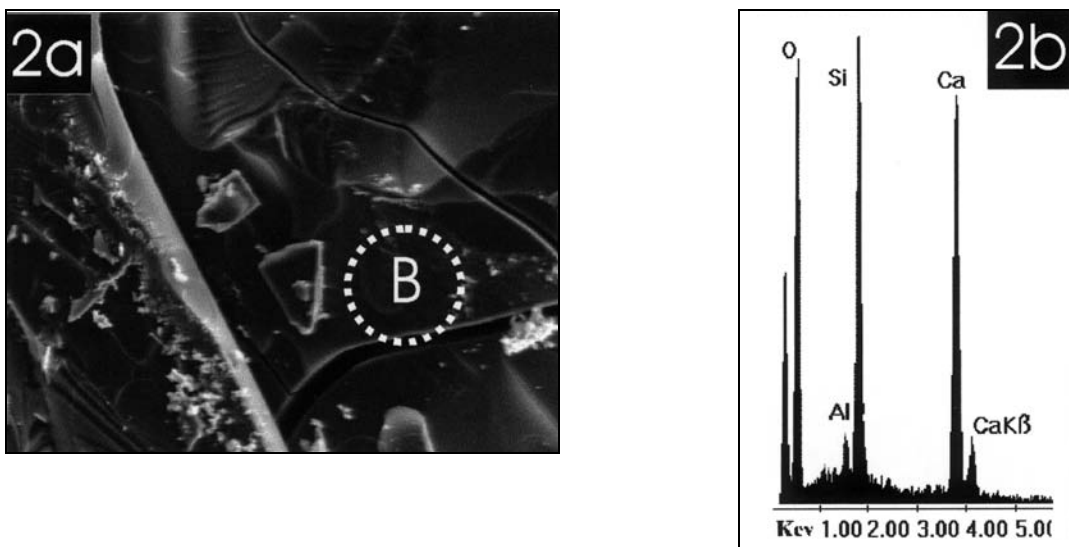


FIGURA 3

3a: SEM DEL PRODUCTO DE REACCIÓN BLANCO MASIVO, ADJUDICADO A CEOLITA (x 1000). 3b: EDAX DEL MATERIAL OBSERVADO EN EL SECTOR (C) DE LA FIGURA 3a.

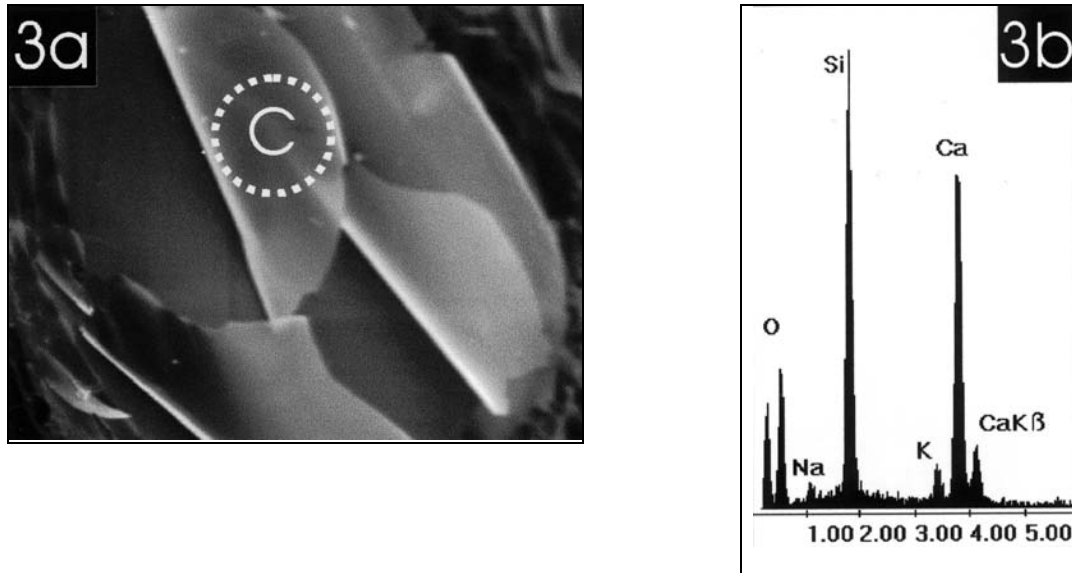


FIGURA 4: DIFRACTOGRAMA DE LA CEOLITA (Z) DEL MATERIAL BLANCO MASIVO DE LA FIGURA 3a.

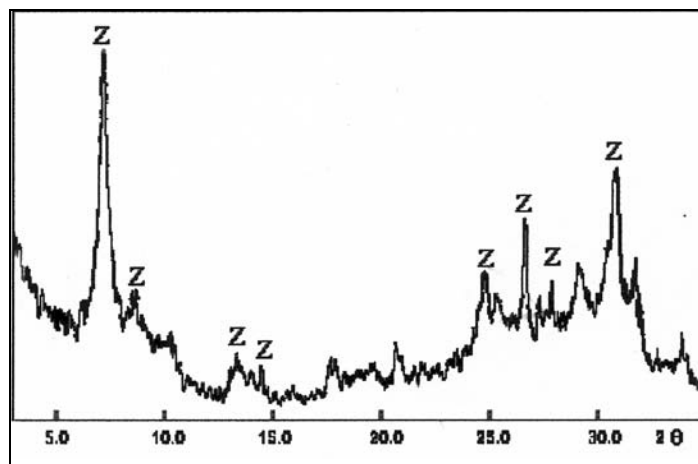


FIGURA 5: CEOLITA (Z) DESARROLLADA EN EL INTERIOR DE MICROFISURAS. (x 30)





Control múltiple del fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales, Provincias de Córdoba, San Luis y Santiago del Estero

Massabie, Armando - Mutti, Diana - Nestiero, Osvaldo - Sanguinetti, Alicia

1. INTRODUCCIÓN

Las Sierras Pampeanas Orientales forman parte de la Provincia Geológica Sierras Pampeanas, la cual se halla localizada al este de la Cordillera de los Andes en la porción central de Argentina. Las Sierras Pampeanas quedan incluidas en una superficie rectangular de, aproximadamente, 32600 km² cuyos lados más largos se orientan en dirección N-NO. Dentro del sector los cordones principales, de rumbo norte y con desviaciones menores hacia el este y oeste, definen los lineamientos morfoestructurales regionales. La geología se integra por un basamento ígneo-metamórfico de edad precámbrica a paleozoica, cubierto en los valles longitudinales y cuencas periféricas por depósitos sedimentarios espesos y con menor participación de vulcanitas de edades entre paleozoica superior y cuaternaria.

Las Sierras Pampeanas Orientales tienen una longitud de 500 km en dirección norte, un ancho máximo de 130 km y alcanzan alturas cercanas a los 3000 metros. Se registra aquí una sismicidad de intraplaca de importancia (Massabie, 1987), pese a que estas montañas se ubican a unos 700 km al este de la zona de subducción de la placa de Nazca en el margen occidental de América del Sur, hecho que se vincula a la geometría subhorizontal de la placa subductada en este sector andino entre los 28° y los 35° de latitud sur (Barazangi & Isacks, 1976; Jordan et al., 1983).

Los estudios estructurales y tectónicos en desarrollo desde algo más de una década en la comarca de Sierras Pampeanas Orientales (Massabie, 1987; Massabie & Szlafsztein, 1991; Kraemer et al., 1993; Costa & Vita-Finzi, 1996; Massabie & Limarino, 1996, entre otros) han puesto en evidencia la existencia de varios lugares con buenas exposiciones de fallamiento neotectónico relacionables con las etapas neógenas finales (Pleistoceno - Holoceno) de la Orogenia Andina.

Sobre la base de los sitios mapeados con fallamiento neotectónico y la actividad sísmica compilada, correspondiente al presente siglo, se ha confeccionado un mapa de actividad neotectónica para las Sierras Pampeanas Orientales. Otros conocimientos empleados son el cuadro tectónico regional y los criterios cinemáticos, obtenidos en las zonas de falla que proporcionan evidencias de su actividad precenozoica y cenozoica. Un criterio también de valor para la correlación entre las distintas localidades, en términos de control múltiple, es el cortejo de estructuras y litologías asociadas al fallamiento neotectónico que se han reconocido en forma sistemática en las primeras etapas de los trabajos (Massabie & Szlafsztein, 1991).

2. ANTECEDENTES

Schlagintweit (1954) dio a conocer la primera falla neotectónica y llamó la atención acerca de la sobreimpresión por falla de basamento a sedimentos fluviales cuaternarios (Pampeano) a lo largo del borde noreste del lago del Dique Los Molinos en Potrero de Garay. Sin embargo, no contó este relevamiento y la información sobre movimientos modernos (Castellanos, 1958) con una recepción adecuada en la comunidad geológica. Pero algunos años

Recibido: 16 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 4 de Mayo de 1999

Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Universitaria, Pabellón II, Intendente Güiraldes y Costanera Norte, (1428) Nuñez, Buenos Aires, Argentina

después nuevas pruebas de contactos por fallas entre Cuaternario y basamento (*Lencinas & Timonieri, 1968; Massabie, 1976*) comenzaron a impulsar el reconocimiento de la existencia de fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales.

Amos et al. (1981) dio a conocer un primer listado de fallas activas en Argentina, en el cual incluyó dos localidades correspondientes a las Sierras Pampeanas Orientales. En la actualidad existen evidencias suficientes, basadas en control múltiple de datos, sobre fallas con actividad datable en 10.000 años antes del presente y aún más moderna, por estudios detallados de la evolución del drenaje cuaternario con apoyo en la morfoestructura, estratigrafía y dataciones C14/C12 (*Massabie & Limarino, 1996; Costa & Vita-Finzi, 1996*).

3. OBJETIVO

La finalidad de este trabajo es dar a conocer el mapeo efectuado de zonación de fallamiento neotectónico para las Sierras Pampeanas Orientales, el cual apunta a contribuir como conocimiento de base para la región en términos de riesgo geológico dado su desarrollo actual y el planeamiento de futuros emprendimientos.

De hecho la zonación de fallamiento neotectónico (Figura 2) se superpone con la ubicación de presas de propósitos múltiples (control de crecidas, provisión de agua, riego, hidroelectricidad, aprovechamiento turístico) las que en su mayoría fueron construidas hace varias décadas sin contar con esta información. En esta comarca se ubican también la Central Nuclear Embalse y los principales asentamientos urbanos. Sólo las presas El Cajón y Cuesta Blanca, esta última no finalizada, fueron materializadas adoptando las reglamentaciones provinciales sobre riesgo sísmico establecidas en la década del '70 en la provincia de Córdoba.

4. CUADRO TECTÓNICO PRE-CUATERNARIO

La evolución tectónica de las Sierras Pampeanas Orientales abarca desde el Precámbrico - Paleozoico inferior hasta el Cenozoico.

La mayoría de las fallas regionales actualmente aflorantes formaron, en las primeras etapas de actividad, anchas fajas miloníticas, hoy expuestas a la observación directa en superficie. Esas mismas zonas de cizalla fueron reactivadas en escenarios tectónicos cambiantes como fallas normales, inversas y transcurrentes.

La estructura cenozoica está definida por montañas de bloque, constituidas por basamento ígneo - metamórfico, limitadas en sus escarpas occidentales por fallas inversas de alto ángulo de rumbo general norte. Participan también fallas oblicuas de rumbo noroeste y, en menor proporción, noreste (*Massabie, 1976*). La compartimentación

regional se completa con fracturas verticales transversales de rumbo oeste, sin mayor expresión morfoestructural en el paisaje.

En distintas escalas de análisis la estructura local de los distintos cordones montañosos se halla con frecuencia interrumpida y rotada por fallas oblicuas noroeste (Figura 1). Algunas de ellas constituyen lineamientos principales que fueron activos en tiempos pre - cenozoicos pero que ejercieron control sobre la reactivación debida a la Orogenia Andina.

5. ZONACIÓN DEL FALLAMIENTO NEOTECTÓNICO

La zonación (Figura 2) del fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales se apoya en la compilación de un mapa estructural a escala 1:500.000 a partir de imágenes satelitales Landsat, cartas topográficas, relevamientos morfoestructurales semiregionales y estudios estructurales en localidades críticas con fallamiento neotectónico verificado (*Massabie et al., 1998 en prensa*). En el mapa se han colocado los epicentros de sismos diferenciados conforme sean de baja profundidad (< 50 km), profundos (> 50 km) o de profundidad desconocida, según fue tomado de las bases de datos de entidades públicas, principalmente el INPRES, referencias bibliográficas e históricas e informaciones periodísticas correspondientes a este siglo.

El diseño de zonación obtenido responde a un control por la información concurrente derivada del mapeo regional del fallamiento cenozoico, los lineamientos principales pre - cenozoicos, la información estructural de campo y perfiles característicos, distribución de epicentros de sismos y la litología, la estratigrafía y la cronología de las unidades aflorantes que se hallan yuxtapuestas por fallamiento cuaternario. Las principales zonas mapeadas acompañan el diseño de las fallas principales reactivadas en el Cenozoico tardío durante la tectónica andina. Por este motivo las zonas de fallamiento neotectónico con rumbos norte y noroeste son las más características (Figura 2).

La distribución y el diseño de la zonación sobre toda el área considerada no son homogéneos. Existe un definido límite estructural a lo largo del lineamiento oblicuo Deán Funes (*Massabie, 1987*) que separa, hacia el norte, el macizo correspondiente de la Sierra norte de Córdoba y sur de Santiago del Estero caracterizable por fallas principales en general de baja expresión morfoestructural con rumbos predominantemente noreste, sin localidades conocidas de fallamiento neotectónico y también prácticamente carente de datos sobre la localización de epicentros de sismos (figuras 1 y 2).

Otro límite es reconocido en el sector austral de las Sierras Pampeanas Orientales y coincide con el lineamiento noroeste Río Cuarto (*Massabie, 1987*). A partir de este

límite hacia el sur la morfoestructura de la serranía se halla controlada por fracturas principales noroeste, como la mencionada y el lineamiento Sampacho (*Massabie, 1987*), y un giro a una dirección noreste de las fallas de rumbo norte del cordón serrano central o Sierra de Comechingones en la porción alledaña septentrional (Figura 1).

Entre los lineamientos Deán Funes y Río Cuarto se define el bloque principal en cuanto a la zonación de la actividad neotectónica en las Sierras Pampeanas Orientales. Este tramo incluye la mayor parte de las localidades con fallamiento cuaternario, conocidas por relevamientos estructurales, y una elevada proporción de los epicentros de sismos recopilados ubicados sobre la comarca de serranías con basamento aflorante y sus planicies aluviales pedemontanas (figuras 1 y 2).

La zonación del fallamiento neotectónico bosqueja- do sigue, en síntesis, las principales fallas de rumbo norte y noroeste. Cabe destacar que la continuidad de las fallas principales de rumbo norte es interrumpida por fallas de rumbo noroeste o nordeste y que estas intersecciones coinciden con los sitios conocidos y relevados de segmentos de fallas con actividad cuaternaria.

En estos lugares la mayoría de las fallas con actividad neotectónica son de disposición oblicua NO - NE (localidades 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, figura 1) con una cinemática demostrativa de desplazamientos de inclinación inversa y de rumbo. Sólo en dos ubicaciones (localidades 2 y 9) las fallas son longitudinales, de dirección norte, con desplazamiento de inclinación inversa, pero en Cosquín, (localidad 2), el tramo de la falla principal del pié occidental de la Sierra Chica se encuentra compartimentado por fallas oblicuas transversales y en Los Molinos, (localidad 9), las estrías en sus espejos de fricción del plano principal de falla tienen un hundimiento (rake) de $86^\circ - 71^\circ$ S lo cual sugiere la participación de desplazamientos de rumbo (*Costa & Vita - Finzi, 1996*).

En la región no abundan dataciones precisas del fallamiento neotectónico, sin embargo, la estratigrafía y geomorfología asociadas a dicho fallamiento permitieron asumir, en trabajos iniciales (*Schlagintweit, 1954; Massabie, 1976; Massabie, 1987; Massabie & Szlafsztein, 1991*), edades tardío pleistocenas. Información adicional más reciente de localidades como Los Hornillos (localidad 7) (*Massabie, 1996*) y Los Molinos (localidad 9) (*Costa & Vita - Finzi, 1996*), ubicadas sobre el borde occidental de las Sierras Pampeanas Orientales (Figura 1), revela fallamiento neotectónico más moderno.

En la falla Los Molinos se postula para la actividad neotectónica un límite inferior de edad de 1300 años, sobre la base de dataciones radimétricas C14/C12 (*Costa & Vita - Finzi, 1996*). De este modo, teniendo en cuenta además los datos sísmicos que muestran un registro im-

portante de sismicidad de intraplaca con abundantes epicentros de baja profundidad (< 50 km) y de ubicaciones próximas a las fallas cenozoicas principales, se considera a estas fracturas como fallas activas en los términos dados por *Cluff & Bolt (1969)* y *Bonilla (1970)*.

Ha sido también de valor en este aspecto identificar, en coincidencia con las localidades de fallas neotectónicas relevadas, la presencia de rocas de falla (*Sibson, 1977*) formadas bajo un régimen elástico - friccional el cual fue asociado con sismicidad en el fallamiento neotectónico de las Sierras Pampeanas Orientales (*Massabie & Szlafsztein, 1991*). Más recientemente este fallamiento ha sido relacionado, de un modo amplio, con la zonación sismogénica postulada por *Rocca et al. (1996)* basado, a su vez, en el zonamiento sísmico de intraplaca de *Jobns - ton & Nava (1990)*.

6. CONCLUSIONES

El estudio desarrollado se ha centrado en el mapeo del marco tectónico regional y la localización del fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales, teniendo en cuenta la destacada sismicidad de la región y la existencia de varios afloramientos que preservan fallas con actividad cuaternaria tardía demostrada.

El criterio básico aplicado para el análisis del fallamiento neotectónico en la región se apoya en el control múltiple de datos geológicos y geofísicos, concurrentes y evaluados en estudios estructurales, en el campo y en gabinete.

Los datos considerados para las Sierras Pampeanas Orientales son:

- La distribución de los epicentros de sismos de baja profundidad registrados en el presente siglo en la región, junto con los de profundidad mayor a 50 km y los de profundidad desconocida.
- La caracterización del fallamiento cenozoico regional en términos de geología estructural.
- El estudio de las localidades con fallamiento neotectónico en trabajos de campo y relevamiento de perfiles.
- El mapeo de los lineamientos tectónicos mayores.

Las Sierras Pampeanas Orientales han sido divididas en tres sectores morfoestructurales mayores: A, norte, B, centro y C, sur, en términos de zonación del fallamiento neotectónico y riesgo sismotectónico.

El sector A, carece de evidencias directas sobre fallamiento neotectónico y muestra un muy bajo registro de sismicidad en el siglo XX.

La porción centro, B, es la más extensa y posee el

soprote más completo de datos concurrentes para la zonificación de fallamiento neotectónico y de mapeo temático de riesgo sismotectónico.

El sector C, tiene un desarrollo superficial más limitado, pero incluye el terremoto destructivo de Sampacho y otros cuyos epicentros se hallan cerca de la ciudad de Río Cuarto. Hay aquí un fuerte control estructural del extremo austral de las sierras por lineamientos oblicuos de dirección noroeste.

Todas las presas, la única central nuclear y los principales asentamientos poblacionales, junto con las localidades turísticas más visitadas, tienen su ubicación en los sectores B y C individualizados como aquellos mejor sopor-

tados para establecer la zonación de fallamiento neotectónico y el consecuente mapeo de riesgo sismotectónico.

7. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el aporte económico brindado por la Universidad de Buenos Aires por medio de los subsidios Ex 217 y TW 20 "Fallamiento en terrenos de basamento" y el apoyo logístico facilitado por el Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Al Lic. Msc. Mario Araujo y a las autoridades del IMPRES por la información suministrada sobre sismicidad y al Dr. Horacio Rimoldi por sus comentarios acerca del trabajo.

8. REFERENCIAS CITADAS EN EL TEXTO

- AMOS, A., CALIGARI, R. & SICHES, C., 1981.
Las fallas activas en la República Argentina.
VIII Congreso Geológico Argentino, Actas II:235-242.
- BARAZANGI, M. & ISACKS, B., 1976.
Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America.
Geology, 4:686-692.
- BONILLA, M., 1970.
Surface faulting and related effects.
In Wiegel, R. (ed.), Earthquakes Engineering, Prentice Hall.
- CASTELLANOS, A., 1958.
Algunos fenómenos tectónicos y de captura en la geomorfología del Valle de los Reartes.
Boletín Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, GAEA, 38-39:1-14, Buenos Aires.
- COSTA, C. & VITA - FINZI, C., 1996.
Late Holocene faulting in the southeast Sierras Pampeanas of Argentina.
Geology, 24(12):1127-1130.
- CLUFF, L. & BOLT, B., 1964.
Risks from earthquakes in modern urban environment with special emphasis on the San Francisco Bay area.
In Dankey et al., (eds.), Urban Environmental Geology in the San Francisco Bay Region, Association of Engineering Geology, Sacramento, Section Special Publication:25-64, San Francisco, California.
- JOHNSTON, A. & NAVA, S., 1990.
Seismic hazard assessment in the central United States.
Geological Society of American Reviews in Engineering Geology, 8:45-58.
- JORDAN, T., ISACKS, B., ALLMENDINGER, R., BREWER, J., RAMOS, V. & ANDO, C., 1983.
Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate.
Geological Society of America Bulletin, 94:341-361.
- KRAEMER, P., TAUBER, C., SCHMIDT, C. & RAME, G., 1993.
Análisis cinemático de la Falla Nono. Evidencias de actividad neotectónica: Valle de San Alberto, provincia de Córdoba.
XII Congreso Geológico Argentino, Actas 3:277-281.
- LENCINAS, A. & TIMONIERI, A., 1968.
Algunas características estructurales del Valle de Punilla Córdoba.
III Jornadas Geológicas Argentinas, Actas I:195-208.

- MASSABIE, A., 1976.
Estructura tectónica cenozoica entre Charbonier y Cosquín, provincia de Córdoba.
VI Congreso Geológico Argentino, Actas I:109-123.
- MASSABIE, A., 1987.
Neotectónica y sismicidad de la región de las Sierras Pampeanas Orientales, Sierras de Córdoba, Argentina.
X Congreso Geológico Argentino, Actas I:271-274.
- MASSABIE, A., 1996.
Fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales. Implicancias aplicadas a diferentes escalas.
Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Actas X:187-198.
- MASSABIE, A. Y LIMARINO, C., 1996.
Facies de endicamiento en el Río Pintos y su relación con la evolución neotectónica de la Sierra de San Marcos, provincia de Córdoba.
VI Reunión Argentina de Sedimentología, Actas:237-242.
- MASSABIE, A., CEGARRA, M., IDOYAGA, M., MUTTI, D., NESTIERO, O. & SANGUINETTI, A., 1998.
Neotectonic faulting zoning in the eastern Sierras Pampeanas, central Argentina.
VIIIth Congress of the International Association of Engineering Geology and the Environment. The Canadian Geotechnical Society, Vancouver, British Columbia, Canada. En prensa.
- MASSABIE, A. Y SZLAFSZTEIN, C., 1991.
Condiciones geomecánicas y edad del fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales, Córdoba, Argentina.
Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Actas 6:154-168.
- ROCCA, R., QUINTANA CRESPO, E., GOIO, M. & ABRIL, E., 1996.
Fundamentos para la microzonificación sísmica de la ciudad de Córdoba.
Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería, Actas X:237-255.
- SCHLAGINTWEIT, 1954.
Una interesante dislocación en Potrero de Garay (Valle de Calamuchita) y observaciones sobre las sierras Chica y Grande de Córdoba.
Revista Asociación Geológica Argentina, 9(3):135-154.
- SIBSON, R., 1977.
Fault rocks and fault mechanisms.
Journal of the Geological Society of London, 133:191-213.

FIGURA 1. FALLAS CENOZOICAS PRINCIPALES Y LOCALIDADES CON ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA

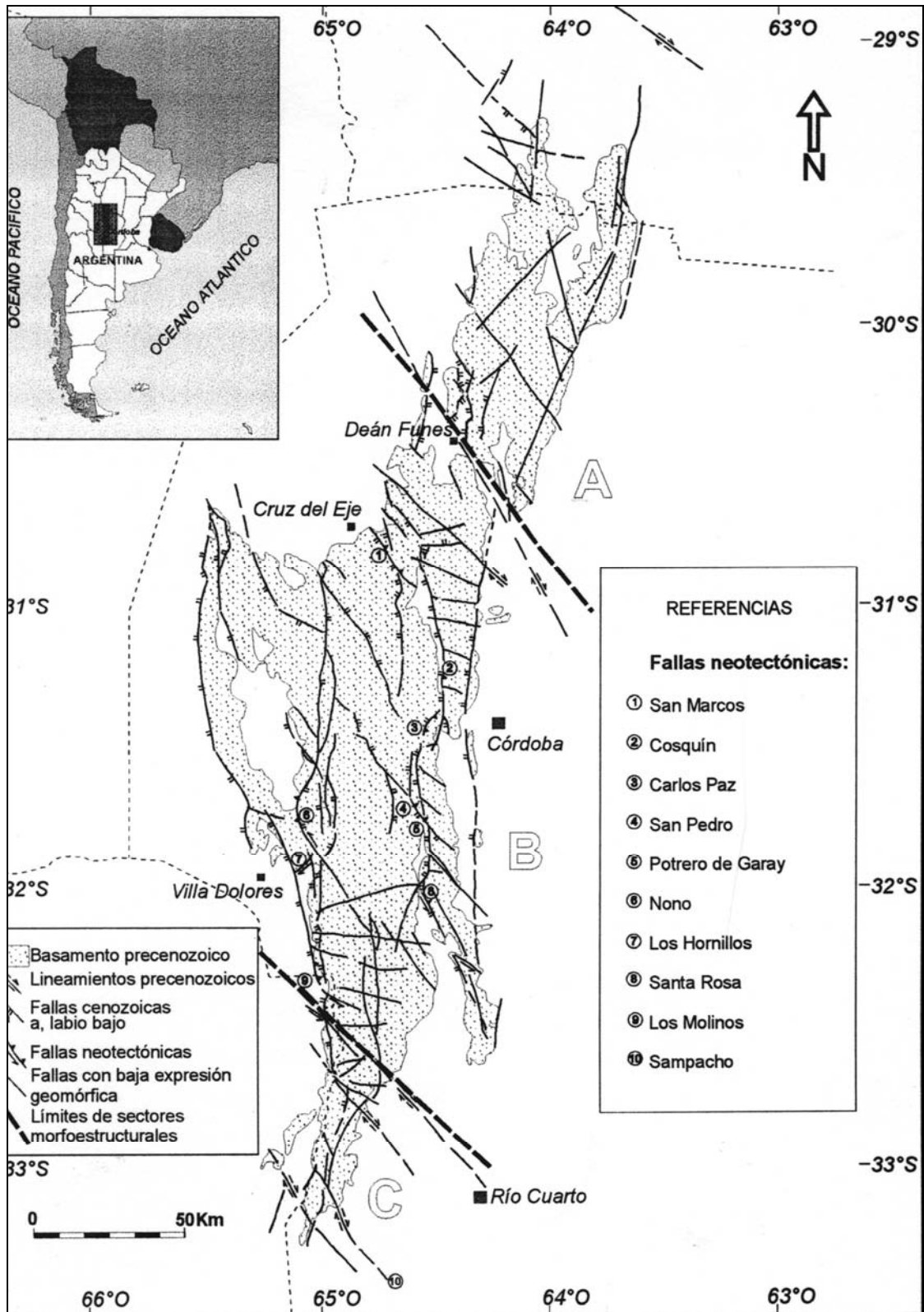
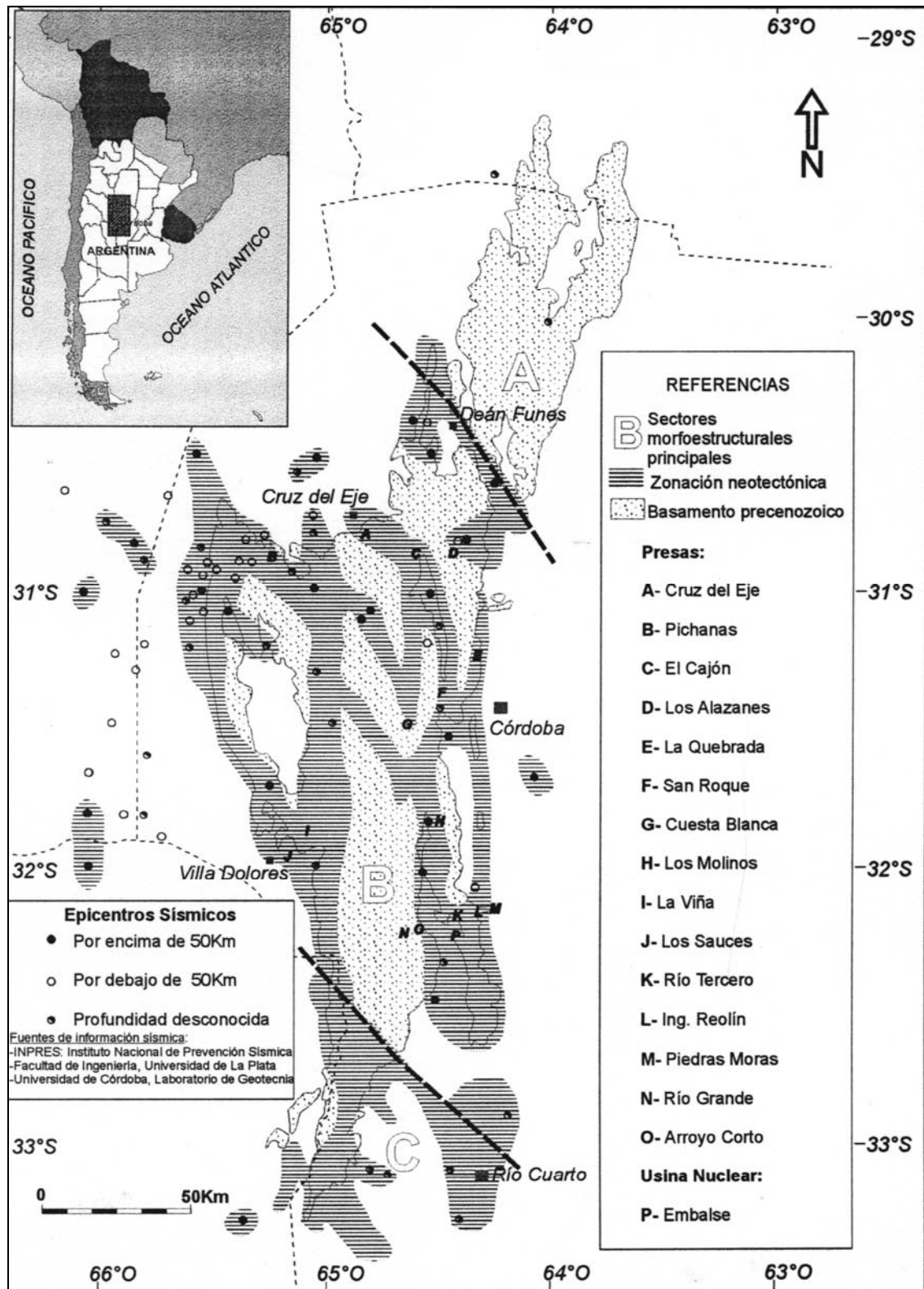


FIGURA 2. EPICENTROS SÍSMICOS, PRINCIPALES OBRAS HIDRÁULICAS E HIDROELÉCTRICAS Y ZONACIÓN POR FALLAMIENTO NEOTECTÓNICO





Evaluación geoambiental preliminar de riesgo costero en Playa Magagna, Chubut

Monti, Alejandro J. A.

Resumen

El sector costero reconocido localmente como Playa Magagna abarca las playas Bonita, El Faro y El Cangrejal. El objetivo del trabajo consistió en una evaluación cualitativa y zonificación del riesgo geoambiental que presenta ese tramo costero, en función de sus características geológicas, los rasgos geomorfológicos, la recurrencia de los procesos naturales peligrosos y la vulnerabilidad del ambiente. Los fenómenos geomórficos más destacados se relacionan con la acción de la gravedad y la erosión marina que sumados a la ocurrencia de eventos pluviales de baja frecuencia pero de significativa intensidad, favorecen el carcamamiento del terreno y los fenómenos de remoción en masa en las laderas.

En tiempos recientes, la lenta pero progresiva ocupación del área, ha expuesto a las personas y sus obras a la acción de riesgos geológicos relacionados con deslizamientos recurrentes en las laderas y retroceso de la línea de costa actual por erosión marina activa. Sobre la base de las características geológicas y geomorfológicas relevadas y ante previsiones que indican una creciente y acelerada urbanización del sector, se proponen medidas preventivas y correctivas de riesgos actuales y potenciales.

1. INTRODUCCIÓN

El área analizada se ubica en el sector costero norte de la provincia del Chubut. Ocupa una franja litoral de aproximadamente 15 km (figura 1), extendida entre el extremo meridional de la bahía Engaño, contiguo a la desembocadura del río Chubut y los alrededores de la playa Santa Isabel. La configuración costera, en general, se presenta rectilínea a suavemente ondulante con un rumbo aproximado norte-sur a noreste-sudoeste. Allí se ubican las playas Bonita, El Faro y El Cangrejal, integrando la franja costera que regionalmente se reconoce como Playa Magagna.

La evolución geológica del paisaje actual en dicho sector, es el resultado de la acción combinada de la diná-

mica marina, mediante la acción de olas, corrientes costeras y mareas, y del escurrimiento superficial generado a partir de las infrecuentes, pero muy intensas lluvias. Ambos procesos favorecen fenómenos de remoción en masa y de erosión hídrica, provocando un continuo cambio de la configuración del relieve costero y un marcado retroceso de la línea de costa actual (figura 2). El marco ambiental se completa, con la variable antrópica, la cual se manifiesta en una creciente urbanización de la costa y consecuentemente en la posible exposición del hombre y sus obras a distintos riesgos naturales, tanto actuales como potenciales.

El objetivo del trabajo consistió en realizar una evaluación cualitativa de los principales riesgos geológicos del área y una zonificación preliminar de la costa, en función de las características geológicas, los procesos y rasgos geomorfológicos predominantes, la recurrencia de los fenómenos naturales peligrosos y el grado de vulnerabilidad

Recibido: 30 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 20 de Mayo de 1999

Universidad Nacional de la Patagonia S.J. Bosco. Blvd. Brown s/n. (9120) Puerto Madryn, Chubut.

de los asentamientos humanos.

El presente trabajo constituye parte de las tareas de investigación desarrolladas por el autor durante la vigencia de la beca posdoctoral del CONICET 1997-1998. Asimismo, el trabajo fue realizado en el marco del subsidio CONICET-PIP N° 1019/98, resolución N° 2851.

2. METODOLOGÍA

Se realizaron estudios geológicos y geomorfológicos del sustrato con el fin de identificar los riesgos actuales y potenciales que afectan el sector. Luego, sobre la base de la distribución espacial y temporal de las unidades geológicas superficiales y los procesos geomorfológicos se efectuó la zonificación de riesgos de la costa. La cartografía incluida en el presente trabajo, se realizó mediante la interpretación de aerofotogramas a escala 1:5.000, facilitados por la Dirección de Catastro de la provincia del Chubut. El diseño final de los planos y la información geológica representada en los mismos, se complementó con los respectivos controles y mediciones directas de campo.

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL ÁREA

De acuerdo con el índice de aridez climático (UNESCO, 1977) el clima de este ambiente fue definido como árido superior con precipitaciones medias anuales entre 100 y 200 mm y temperaturas entre 10 y 13°C (Elissalde et al., 1995). En el área costera los suelos dominantes son Argixeroles típicos bien drenados y sin salinidad ni alcalinidad. Como subordinados se hallan los Haploxeroles cálcicos bien drenados y sin sodicidad ni salinidad (Elissalde et al., 1995).

Los registros de vientos más cercanos corresponden a la estación Trelew para el período 1971/1980, publicados por el Servicio Meteorológico Nacional en el año 1986. Los valores de frecuencia de vientos en promedio anual, indican un predominio del oeste con vientos sudoeste y norte subordinados. La velocidad promedio anual del viento oeste es 28 km/h y la de los vientos sudoeste y norte, 30 km/h y 28 km/h respectivamente. Los vientos menos frecuentes provienen de direcciones sur y este con velocidades promedio de 28 km/h y 19 km/h respectivamente.

La costa estudiada está sujeta a mareas medias con un régimen semidiurno. La amplitud de la marea alcanza aproximadamente los 3,50 metros para mareas medias de sizigias y los 2,30 metros para mareas medias de cuadratura.

4. UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES

En la zona se han identificado cinco unidades geológicas superficiales de variado desarrollo areal. Su distribución espacial y extensión se muestran en el mapa correspondiente (figura 3).

Afloramientos: son afloramientos rocosos de edad terciaria correspondientes a la Formación Gaiman (Haller y Mendía, 1980). Asoman en los tramos inferior y medio de los acantilados, tanto activos como inactivos, y en las plataformas de abrasión de olas activas desarrolladas frente a los acantilados. Están constituidos por tobas y tobas arenosas, areniscas, limolitas y arcillitas con notoria fracturación y consistencia media a friable.

Depósitos coluviales y aluviales recientes: depósitos inconsolidados de gravas de composición volcánica y arenas con limo y arcilla subordinada que cubren el tope de las mesetas y las laderas de los acantilados inactivos. Los mayores espesores se acumulan al pie de las barrancas y sobre los depósitos litorales contiguos a la misma.

Depósitos litorales: presentan su mayor desarrollo en el sector costero aledaño al curso del río Chubut y se continúan en una faja de acreción a lo largo de la costa extendida hacia el sur de la desembocadura del mismo. Esta faja se encuentra limitada hacia el continente por el desarrollo de afloramientos y subafloramientos rocosos, parcialmente cubiertos por coluvio y aluvio, y hacia el mar por la línea de ribera actual. La unidad está integrada por gravas gruesas a medianas de composición volcánica, arenas y en menor proporción limos y abundantes conchillas de moluscos. La cohesión de la unidad es baja.

Depósitos eólicos: son acumulaciones de sedimentos tamaño arena media a fina, los cuales se localizan en el tope de los acantilados y/o cubren parcialmente los depósitos de rodados litorales. El distinto grado de movilidad de estos depósitos está en directa relación con el grado de cobertura vegetal que se desarrolla sobre los mismos.

Rodados de meseta: coronan el paisaje mesetiforme que se extiende desde la costa hacia el poniente. Corresponde a la F. Tehuelche o Rodados Patagónicos (Fidalgo y Riggi, 1970) y se disponen sobre los afloramientos rocosos del Terciario descriptos con anterioridad. Pueden alcanzar hasta 6 m de espesor y están constituidos por gravas areno-limosas, las que en ocasiones presentan un recubrimiento de cemento carbonático. Los diámetros varían entre 3 y 5 cm y su composición corresponde a rocas volcánicas. La presencia de matriz arenosa y cemento intersticial aumentan la cohesión natural del depósito, generando hacia el tope de la secuencia un notorio entoscamiento del sedimento.

5. PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

La disposición espacial de los rasgos de relieve, producto de los principales procesos geomórficos, se han representado en el plano geomorfológico de la figura 4. Las características más relevantes de los distintos procesos se describen a continuación.

Proceso marino-litoral

El proceso marino-litoral se manifiesta en la zona mediante la conformación y modificación de rasgos de erosión como acantilados activos e inactivos y plataformas de abrasión de olas, y de geoformas de acreción como cordones litorales elevados y angostas playas actuales. La máxima acreción marina-litoral se manifiesta en el desarrollo de acumulaciones cordoniformes de rodados, elevadas respecto del nivel del mar actual. Morfológicamente constituyen planicies con alternancia de crestas y senos a la manera de una terraza marina de acumulación en el sentido de *Feruglio (1950)*.

En el tramo costero que se extiende entre las playas Bonita y El Cangrejal, y luego frente a playa Santa Isabel, los cordones están adosados a la base de los acantilados inactivos y sobrepuestos a las plataformas de abrasión de olas activas. Los rasgos cordoniformes se hallan elevados entre 4 y 5 metros sobre el nivel del mar actual. El ancho de la acumulación varía desde valores máximos de 130 m en la playa Bonita y 240 m en la playa El Cangrejal norte hasta valores mínimos de 20 m en el tramo más angosto de la playa El Cangrejal sur. Los distintos espesores son evidencia de procesos de erosión marina diferencial en los distintos sectores de la costa. Es notorio sobre el frente litoral de los depósitos de cordones, la conformación de acantilados activos que no superan los 5 metros de altura.

El frente acantilado coincide con los afloramientos de la Formación Gaiman y los Rodados Patagónicos. Los acantilados inactivos corresponden a las barrancas aisladas de la erosión marina actual, debido a la acreción de rasgos cordoniformes hacia el frente marítimo. Se elevan hasta cotas promedio de entre 20 y 30 metros, y en general poseen pendientes menos abruptas y más vegetadas que los acantilados activos. Éstos últimos presentan alturas mayores a los 40 metros y coinciden con tramos que carecen de rasgos cordoniformes, de modo tal que la erosión afecta en el presente a las sedimentitas terciarias de la base de las barrancas.

El perfil de la mayoría de los acantilados activos más altos, muestra un quiebre de su pendiente, con una zona de inclinación considerablemente menor (zona de biselado) hacia el tope y por debajo una pendiente más abrupta con taludes entre 30° y 60°. Son acantilados compuestos del tipo definido por *Trenbaile (1987)*, en los cuales la evolución de sus pendientes responde a la acción combinada de los factores marinos y subaéreos. La zona de biselado representa una situación de equilibrio donde el material meteorizado, se ha estabilizado según su ángulo de reposo (*Moon & Healy, 1994*). Ello implica que cualquier acción de un agente de erosión puede provocar la remoción de material inconsolidado. En el caso de estu-

dio, la zona de biselado coincide, en gran parte, con el espesor de los Rodados Patagónicos y los depósitos coluviales y aluviales superpuestos a los mismos.

Asociadas con los acantilados activos se desarrollan plataformas de abrasión activas labradas sobre las sedimentitas de la Formación Gaiman. Están sometidas intermitentemente a condiciones subaéreas y subaéreas, de acuerdo con la variación diaria de las mareas. En bajamar normal quedan al descubierto sectores rocosos de entre 60 y 300 metros. Asimismo, estas plataformas suelen aparecer cubiertas por playas transitorias de arena o en su mayor extensión por los cordones litorales elevados.

Proceso de erosión hídrica en ambientes áridos y remoción en masa

En la zona de estudio, los procesos de remoción en masa al igual que los de erosión hídrica, están vinculados espacialmente con el desarrollo de acantilados activos e inactivos, y temporalmente con la ocurrencia de fenómenos climáticos extraordinarios como lluvias y olas de tormentas.

El proceso de erosión hídrica en ambientes áridos involucra el desprendimiento y transporte de partículas del suelo tanto por acción directa de las gotas de lluvia como por escurrimiento superficial (*Morgan, 1986*). Los rasgos morfológicos resultantes son cárcavas y surcos que se labran sobre el sustrato geológico del tope y niveles medios de los acantilados. Dichos sectores se destacan por su relativamente escasa vegetación, notoria compactación del suelo, baja consolidación de los depósitos y pendientes que colaboran en la concentración de la escorrentía. Estas características son mencionadas en el informe *FAO (1980)* como condicionantes de fenómenos de degradación de suelos. Vale decir que la degradación de suelos y la inestabilidad de las laderas en la costa analizada, se produce por acción del escurrimiento superficial de los excedentes pluviales (material aluvial) junto con la acción de la gravedad (material coluvial).

El trabajo erosivo moviliza un importante volumen de material a favor de la pendiente, generando la acumulación de sedimentos el pie de la barranca como conos aluviales y/o de deyección. La coalescencia de los mismos sumado al aporte de material por gravedad desde las laderas inestables, genera una continua y angosta faja de acreción aluvio-coluvial, sobrepuesta a las secciones más continentales de los cordones litorales elevados (figura 4).

Asimismo, la identificación de geoformas recientes desprovistas de vegetación y con una baja consolidación del depósito, dispuestas sobre antiguos conos parcialmente vegetados, ha permitido determinar una reiteración temporal del fenómeno de acumulación aluvio-coluvial en la base de los acantilados inactivos.

Asociados tanto espacial como temporalmente, con los procesos de erosión hídrica se producen fenómenos de remoción en masa. Los mismos están condicionados por el tipo de roca o depósito, por las discontinuidades físicas que afectan a la columna de sedimentos aflorantes (fracturas, contactos entre estratos, etc.) y por la inclinación de las pendientes mayor a 45° en promedio. Los fenómenos más comunes en esta costa corresponden a derrumbes de rocas y caídas de detritos, de acuerdo con la terminología definida por *Varnes (1978)*.

Los sectores inferiores y medios de los acantilados activos labrados sobre rocas del Terciario notoriamente fracturadas, poseen pendientes casi verticales afectadas por descalce y caída de bloques hacia la parte posterior de la playa actual. En los niveles superiores con menor inclinación en cambio, se reconocen caídas de detritos hacia secciones medias, donde conforman mantos inestables o se encauzan con el aluvio hacia la base de las barrancas.

6. EFECTOS DEL CLIMA SOBRE LOS PROCESOS GEOLÓGICOS

La identificación de los procesos geomorfológicos que caracterizan la costa de Playa Magagna, ha permitido comprobar una relación directa entre los procesos naturales y el clima. Las componentes climáticas más destacadas del área son el viento y las precipitaciones extraordinarias, constituyendo un factor dominante en la evolución de procesos naturales como la erosión.

Las precipitaciones que afectan a la región no son frecuentes pero en cambio si son muy intensas. Si bien la región noreste del Chubut, soporta una precipitación promedio anual de 200 mm, en los últimos 10 años se han registrado anualmente, como mínimo, un evento pluvial extraordinario. A modo de ejemplo se mencionan eventos pluviales ocurridos en la región en abril de 1998, octubre de 1996 y mayo de 1992 con una precipitación total de 239 mm en seis días, 34 mm en un día y 130 mm en dos días respectivamente (Las mediciones corresponden a registros de Puerto Madryn, facilitados por el Área de física ambiental-Centro Nacional Patagónico).

Resulta claro, que los mencionados eventos tienen un impacto directo sobre las características físicas del medio, provocando un desajuste en su condición de "equilibrio" ambiental.

En la zona, la periodicidad de las precipitaciones extraordinarias ha tenido una incidencia directa en la evolución del relieve por erosión hídrica, al actuar como disparador o acelerador de fenómenos erosivos. Ello ha generado una recurrencia de los procesos geológicos, la cual se evidencia, por ejemplo, por conos recientes superpuestos a rasgos más antiguos.

El viento, es el agente responsable del oleaje sobre la costa y por ende tiene una influencia directa en la dinámica marina litoral actual que modela la zona. El frente costero analizado tiene una orientación aproximada sudeste-noroeste con un azimut que varía entre los 180° y los 250°. Por lo tanto, recibe principalmente el oleaje generado por vientos de los cuadrantes noreste, este y sudeste. Estos vientos, si bien no son los más importantes, presentan la mayor intensidad en primavera-verano, generando el oleaje con mayor potencial energético y por ende la acción de las corrientes costeras más activas. Ello lleva a inferir que los procesos erosivos y el transporte de materiales son más importantes en esa época.

7. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS GEOLÓGICOS

Si bien los términos "peligrosidad" y "riesgo", expresan la probabilidad de que una zona de la superficie terrestre se vea afectada por una fase extraordinaria potencialmente peligrosa de un proceso determinado; el término "riesgo" se utiliza en el presente trabajo en el sentido dado por *Cendrero (1982)* y se refiere a la posibilidad que la acción de un proceso natural produzca daños para las personas y sus bienes. Por lo tanto, el riesgo no depende sólo del proceso en si (como la peligrosidad), sino también del grado y tipo de ocupación de la superficie terrestre por parte de las comunidades humanas.

La identificación de riesgos se realizó sobre la base de las características geológicas y geomorfológicas y la relación espacial de éstas respecto de la ocupación territorial actual del sector. Los principales riesgos naturales que afectan la costa, se vinculan fundamentalmente con los fenómenos de remoción en masa, con el carcavamiento intenso en el tope de las laderas y con la erosión marina activa.

En la zona se identificaron 95 cárcavas mayores, separadas por distancias que varían entre 20 y 100 metros. La mayoría de las cárcavas tienen sus nacientes en los niveles de meseta y presentan profundidades entre 5 y más de 10 metros. Cerca del 50% de la superficie de las laderas que enmarcan por el poniente a las playas Bonita, El Faro y El Cangrejal están afectadas por cárcavas y cañadones.

Sobre la base de comparar los datos expuestos con los estados de degradación prefijados en la matriz teórica de indicadores visuales de *Eiden (1995)*, se determinó que la degradación de suelos en la mayor parte de las laderas de la costa analizada es grave, mientras que sólo en escasos tramos se podría considerar media y en ningún caso leve.

Asimismo, es notorio, como cada sector con carcavamiento grave y medio genera un gran aporte de material aluvio-coluvial al medio costero, favoreciendo fenómenos de remoción pendiente abajo. Vale decir, que los sectores

con carcavamiento y remoción en masa están afectados por riesgos geológicos vinculados no sólo con la degradación del suelo e inestabilidad de las laderas, lo que genera eliminación del sustrato geológico; sino también con el peligro de sepultamiento al que están expuestos los tramos inferiores de las barrancas.

Por otra parte, las evidencias más notorias de la erosión marina activa lo constituyen las extensas plataformas de abrasión, el escaso espesor y desarrollo areal de las playas actuales, los perfiles de erosión marcadamente abruptos y en algunos casos levemente cóncavos en la base de los acantilados, la ausencia total o parcial de cordones litorales en ciertos tramos costeros (Figura 4) y las caídas de bloques que afectan la base de los acantilados activos. Así, los rasgos de erosión indican un notorio retroceso de la costa, como consecuencia de la destrucción del sustrato geológico. Por ende, los sectores con erosión marina activa constituyen áreas de riesgos para el emplazamiento de cualquier emprendimiento u obra civil actual o futura.

8. ZONIFICACIÓN GEOAMBIENTAL PRELIMINAR

Sobre la base de los riesgos geológicos identificados se realizó la zonificación preliminar de la costa, estableciéndose zonas de riesgo, actuales y potenciales. Las zonas con riesgo de remoción en masa se delinearon según los postulados de *Varnes (1984)*. Para el establecimiento de las zonas de riesgo potencial se estimó cualitativamente la susceptibilidad del ambiente a la ocurrencia y/o intensificación de los procesos geológicos de riesgo. La distribución de las zonas de riesgo se ha representado en el plano de la figura 5 y a continuación se exponen los criterios geológicos generales en los que se basó su delimitación.

Zona de erosión marina activa (A): coincide con el desarrollo de los acantilados activos y de las plataformas de abrasión labradas sobre rocas del Terciario, y con los acantilados de menor porte conformados sobre el frente de las terrazas marinas de acumulación.

Zona de erosión marina potencial (B): corresponde a los tramos más angostos de la terraza marina de acumulación. En las playas El Cangrejal (sector sur), El Faro y Bonita (sector norte), no superan los 25 metros de ancho, evidenciando un retroceso costero por erosión marina de mayor magnitud que el resto de la costa.

Zona de remoción en masa activa (C): su delimitación se ha basado en la existencia de caídas de detritos y de bloques recientes en los acantilados activos, la distribución espacial de conos aluvio-coluviales, recientes y antiguos y caídas de detritos en los tramos medios e inferiores de los acantilados inactivos aledaños a los conos.

Zona de remoción en masa potencial (D): si bien posee similares características topográficas que las zonas con re-

moción en masa activa, éstas no presentan formas cónicas conservadas sobre la terraza de acumulación aluvio-coluvial. Por ende, su distribución espacial está delimitada por los acantilados inactivos con ocasionales caídas de detritos y por la dimensión que presente la terraza aluvio-coluvial antigua en los distintos tramos de la costa.

Zona con erosión hídrica activa (H): están delimitadas por la presencia de cárcavas como geoforma distintiva, labradas en el tope de los acantilados o sobre los niveles de meseta. Para facilitar su representación y debido a que estas cárcavas evolucionan por erosión retrocedente hacia el poniente, se consideró como el área de actividad más probable una franja aproximada de 20 a 30 metros bordeando las cárcavas mayores.

Zona con erosión hídrica potencial (F): corresponde a los sectores aledaños a las zonas con carcavamiento activo sobre los niveles de rodados, los que se consideran serían afectados de manera más inmediata por un incremento del fenómeno de erosión retrocedente.

Zona sin proceso geológico de riesgo (G): son zonas que no presentan evidencias de procesos geológicos activos, en la actualidad o en tiempos relativamente próximos, que puedan generar riesgo para el hombre y sus bienes. Coinciden principalmente con los tramos intermedios de las terrazas marinas de acumulación, los que están desprovistos de riesgos vinculados con remoción en masa, erosión hídrica o erosión marina.

9. OCUPACIÓN TERRITORIAL Y EXPOSICIÓN AL RIESGO

De acuerdo con *Ayala Carcedo (1992)* la "Exposición al riesgo" se define como el conjunto global de población y bienes o servicios potencialmente expuestos a la acción de un peligro. Por lo tanto, con el fin de establecer el grado de exposición de las construcciones del área de estudio, se representó sobre las zonas de riesgo de la figura 5, el patrón de ocupación territorial actual desarrollado en los distintos sectores costeros relevados. Del análisis realizado surgen las siguientes consideraciones:

- 1) Sobre el 100% de las superficies construídas, mas del 80% se ubican en sectores aledaños al pie de las laderas inestables, sobre las terrazas aluvio-coluvial y/o los conos recientes y antiguos; ocupando zonas de riesgo de remoción en masa y erosión hídrica actual y potencial.
- 2) La playa El Cangrejal ocupa 2250 metros de costa, de los cuales el 48% de su extensión está afectada por remoción en masa y erosión hídrica. El 100% de las zonas muestran una ó dos construcciones permanentes.

- 3) La playa El Faro se extiende por 1000 metros de costa y muestra casi el 35% del total afectado por fenómenos de remoción en masa y erosión hídrica. El 80% de las zonas registran más de dos construcciones permanentes.
- 4) La playa Bonita abarca 1200 metros de costa y posee casi el 45% de su territorio afectado por remoción en masa y erosión hídrica. El 100% de las zonas posee más de dos o tres construcciones.
- 5) Más del 90% de la costa está afectada por procesos de erosión marina activa. Sin embargo, no se registran construcciones sobre terrenos con riesgo actual y muy pocas sobre sustrato con riesgo de erosión marina potencial. Un caso especial lo constituye la playa El Faro, la que al ser muy angosta, indujo a la ocupación urbana de terrenos considerados como de erosión marina potencial.
- 6) Curiosamente, las zonas sin proceso geológico de riesgo (G), no han sido ocupadas densamente con construcciones importantes, salvo en Playa Unión localizada en la margen norte del río Chubut.
- 7) El diseño de caminos que permite el acceso a las playas desde los niveles altos de la meseta ha aprovechado cañadones y cárcavas mayores. Asimismo, es notorio como los caminos de comunicación entre las playas (particularmente entre playas El Faro y El Cangrejal) cruzan transversalmente zonas con riesgo de cárcavamiento activo y potencial. Todo ello puede haber favorecido por desmonte, compactación de terreno y aumento de la escorrentía superficial, el fenómeno de erosión retrocedente que actualmente se desarrolla en el tope de los acantilados inactivos.

Sobre la base de los resultados obtenidos surge que las construcciones antrópicas, salvo el diseño de caminos en ciertos tramos, no habría inducido fenómenos geológicos de riesgo por modificación de las condiciones originales del paisaje costero. En cambio, si resulta muy notorio como el patrón de ocupación territorial actual ha expuesto de manera pasiva al hombre y sus bienes a la dinámica de los procesos geológicos actuantes y por ende, a los riesgos naturales relacionados con los mismos.

Es muy posible que la ocupación de las zonas aledañas a las laderas, pueda deberse a una sobredimensión de los efectos de la erosión marina en condiciones de tormenta lo cual hizo que se ocuparán preferentemente los tramos más alejados del mar. Sin embargo, ese patrón puede también haberse visto motivado por la necesidad de repararse de los vientos del oeste que resultan los predominantes y más intensos en la región, desatendiendo el efecto de las lluvias sobre los procesos geológicos de las laderas del poniente. Por lo tanto, lo mencionado indicaría un patrón de

ocupación erróneo, controlado indirectamente por fenómenos climáticos, desvinculados de su potencial efecto sobre los materiales geológicos del sustrato.

El establecimiento de construcciones sobre los conos antiguos vegetados y/o sobre formas más modernas, ha sometido a dichas obras a riesgos de sepultamiento por material aluvio-coluvial. En eventos climáticos relativamente recientes se ha podido comprobar un sepultamiento casi total de algunas casas en la playa El Cangrejal y Bonita. De igual modo el emplazamiento de las construcciones en la playa El Faro sobre zonas con riesgos de erosión marina potencial, permiten prever, ante una intensificación del fenómeno, la destrucción casi total de las mismas por erosión del sustrato. Ambos ejemplos, demuestran de manera cualitativa al menos, la alta vulnerabilidad que presenta en ciertos tramos de la costa, el patrón de ocupación urbana frente al accionar de los procesos geológicos activos.

El concepto de "vulnerabilidad" aquí utilizado se ajusta al de *Varnes (1984)* que lo define como el grado de pérdida de los elementos de riesgo (poblaciones, construcciones, etc.) por la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada.

10. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El uso del área costera estudiada ha estado generalmente vinculada con actividades recreativas y turísticas de fin de semana. Sin embargo, en los últimos tiempos se han registrado un aumento de viviendas con carácter permanente. La reciente instalación de nuevos servicios y el mejoramiento de los caminos ha facilitado el acceso y fomentado el uso del área, lo cual hace prever una ocupación que ira en aumento en los próximos años y muy posiblemente un crecimiento urbano descontrolado. Con el fin de evitar esto se hace muy necesario el establecimiento de medidas de mitigación y prevención de los riesgos actuales y potenciales, a partir de una cuantificación y seguimiento de los procesos naturales que dominan la evolución geológica en el área y someten a riesgos a los asentamientos presentes y futuros.

En función de la distribución y dimensiones de las zonas de riesgo y de la ubicación de las áreas construidas, representadas en el plano de la figura 5, se visualiza claramente las limitaciones geotécnicas de uso que muestra Playa Magagna y la necesidad de replantear el patrón de ocupación urbana actual, mediante una planificación y ordenamiento óptimo de usos del suelo, compatible con el atractivo y el impacto que presenta cada zona de riesgo. Dicho ordenamiento debería basarse en cartografía analítica que integre planos temáticos descriptivos como los presentados en este trabajo (figuras 3 y 4), o implementado los principios de la cartografía sintética de *Cendrero (1989)* mediante la definición de unidades integradas o

morfodinámicas del paisaje.

De cualquier modo, un uso óptimo del territorio, tendiente a mitigar o prevenir la exposición al riesgo geológico que actualmente se registra en el área, debería fomentar el uso de las zonas geoambientales más estables y desalentar el establecimiento de actividades con carácter permanente en zonas con riesgos geológicos activos.

Con el fin de evaluar cambios en los procesos superficiales terrestres, recientemente se ha incorporado al análisis ambiental el concepto de "geoindicador". Los geoindicadores se definen como "las medidas de magnitudes, frecuencias, tasas y tendencias de procesos geológicos y geomorfológicos que tienen lugar en periodos de menos de cien años, sobre o cerca de la superficie terrestre y que están sujetos a variaciones significativas para la comprensión de cambios ambientales rápidos" (Berger, 1996; citado en Cendrero, 1997).

A partir de las características geológicas y geomorfológicas de la costa estudiada, es factible proponer como geoindicadores con validez predictiva a la tasa de retroceso de acantilados activos y a la frecuencia y magnitud de los fenómenos de remoción en masa y erosión hídrica en las laderas del poniente. Un programa de seguimiento de estos geoindicadores, permitiría cuantificar la dinámica y recurrencia temporal de los procesos naturales. Asimismo, se tendría una medida de la magnitud de los impactos sobre la urbanización, con el fin de ajustar o incluso redimensionar la zonificación preliminar de riesgos aquí propuesta; principalmente en relación con la delimitación de las zonas de riesgo potencial.

11. CONCLUSIONES

1) Los principales riesgos geológicos costeros en el

área se vinculan con la degradación de suelos que se manifiesta mediante el cárcavamiento intenso en el tope de los acantilados inactivos, los fenómenos de remoción en masa que afectan las laderas y los procesos de erosión marina activa sobre el frente de la terraza marina actualmente elevada y sobre la base de los acantilados activos.

2) Existe una relación directa entre la dinámica de los procesos geológicos y los eventos climáticos que ocurren en el área. La periodicidad de fenómenos climáticos ha generado una recurrencia del proceso natural, evidenciada por geoformas modernas superpuestas a rasgos más antiguos.

3) El tramo de costa relevado presenta gran parte de su extensión afectada por algún proceso geológico de riesgo tanto actual como potencial, lo cual en principio indicaría limitaciones de aptitud para una urbanización indiscriminada del sustrato.

4) Las modificaciones antrópicas, en general, no han inducido fenómenos geológicos de riesgo. Sin embargo, el diseño actual de ocupación territorial en la franja costera presenta una notoria vulnerabilidad, exponiendo de manera pasiva al hombre y sus bienes a los distintos riesgos geológicos identificados.

5) De la zonificación de riesgo costero propuesta, surge claramente la necesidad de replantear el patrón de ocupación urbana en Playa Magagna y planificar un ordenamiento de usos con base geológico-geomorfológica.

6) Se proponen a la tasa de retroceso de acantilados activos y la frecuencia y magnitud de los fenómenos de remoción en masa y erosión hídrica en las laderas del poniente, como geoindicadores de degradación ambiental con validez predictiva.

12. BIBLIOGRAFÍA

AYALA CARCEDO, F.J., 1992.

Conceptos y Problemas en mapas geotécnicos de movimientos de ladera.

III Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Actas: 805-825. La coruña, España.

BERGER, A.R., 1996.

The geoinicator concept and its application: an introduction.

In. Berger, A.R. and Iams, W.J. (Eds). Geoinicators; assesing rapid environmental change in earth systems: 1-14 Rotterdam. Balkema.

CENDRERO, A., 1982.

Técnicas e Instrumentos de análisis para la evaluación, planificación y gestión del medio ambiente.

Serie Política y Planificación ambiental N°6. CIFCA. Madrid.

CENDRERO, A., 1989.

Mapping and evaluation of coastal areas for planning.

Ocean and Shoreline Managment, 12 (5-6).427-462.

- CENDRERO, A., 1997.
Riesgos naturales e impacto ambiental.
En Fundación Universidad-Empresa (Ed): La interpretación de la problemática ambiental, enfoques básicos II. 23-84. Madrid.
- EIDEN, G., 1995.
Aspectos metodológicos de la percepción de fenómenos geocológicos de la desertificación mediante métodos de teledetección: 56-64. "Lucha contra la desertificación en la Patagonia a través de un Sistema de Monitoreo Ecológico". En: Evaluación del estado actual de la desertificación en áreas representativas de la Patagonia. *Informe Final de la Fase I. Río Gallegos, Trelew, Puerto Madryn, Bariloche.*
- ELISSALDE, N.O., PAPPALARDO, J.E. Y MÜHLEMAN, M.S., 1995.
Evaluación del estado actual de la desertificación en la transecta Chubut.
En: Evaluación del estado actual de la desertificación en áreas representativas de la Patagonia. Informe Final de la fase I (INTA-GTZ). Río Gallegos, Trelew, Puerto Madryn, Bariloche.
- FAO, 1980.
Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos.
1-80. Roma
- FERUGLIO, E., 1950.
Descripción geológica de la Patagonia.
Yacimientos petrolíferos fiscales. Tomo III: 74-196, Buenos Aires.
- FIDALGO, E. & J.C. RIGGI, 1970.
Consideraciones geomórficas y sedimentológicas sobre los Rodados Patagónicos.
Revista de la Asociación Geológica Argentina, 25(4): 430-443.
- HALLER, M.J. & MENDÍA, J., 1980.
Las sedimentitas del ciclo Patagónico en el litoral atlántico nordpatagónico.
Coloquio R. Wichman. Asociación Geológica Argentina (28/11/80). En Mendía J. y Bayarsky, A., 1981. Estratigrafía del Terciario en el valle inferior del río Chubut. Octavo Congreso Geológico Argentino, actas III: 593-606. San Luis.
- MOON, V.G. & HEALY, T., 1994.
Mechanisms of coastal cliff retreat and hazard zone deliniation in soft Flysh deposits.
Journal of Coastal Research, 10 (3): 663-680.
- MORGAN, R.P.C., 1986.
Soil Erosion and Conservation.
Davidson D. A. edit. 298 pp. New York
- TRENHAILE, A.S., 1987.
The geomorphology of rock coasts.
Oxford University Press, 384 pp. Oxford.
- UNESCO, 1977.
Mapa de la distribución mundial de las zonas áridas.
MAB. Notas Técnicas 7. París.
- VARNES, D.J., 1978.
Slope movement types and processes.
En: R.L. Shuster y R.J. Krizek. (Ed). Landslides: Analysis and control. Special Report 176: 11-33. Washington.
- VARNES, D.J., 1984.
Landslides hazard zonation, a review of principles and practice.
Special papers. UNESCO. 63pp. Paris.

FIGURA 1

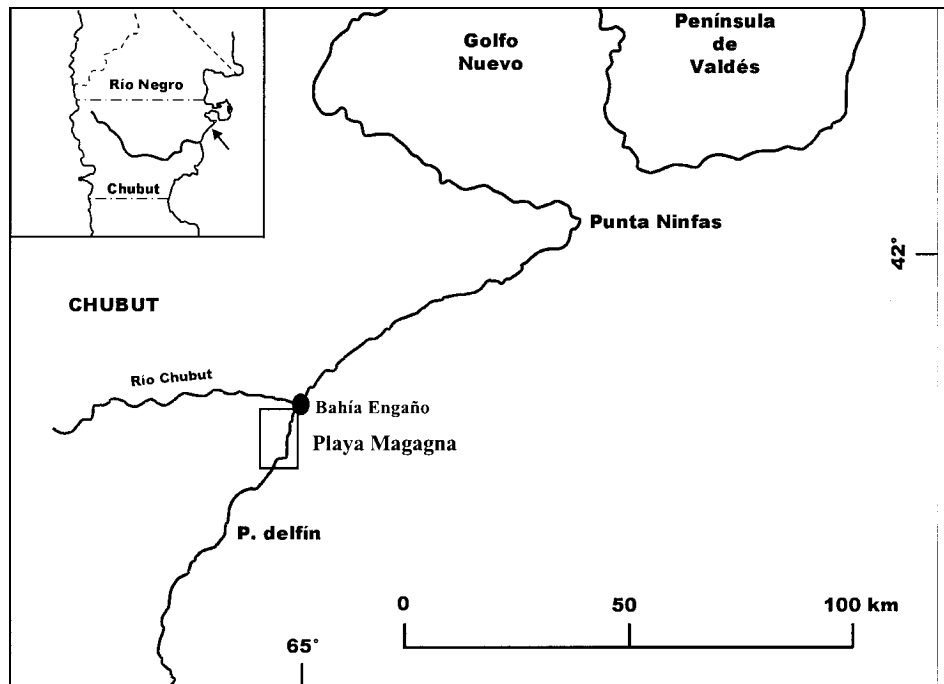


FIGURA 2

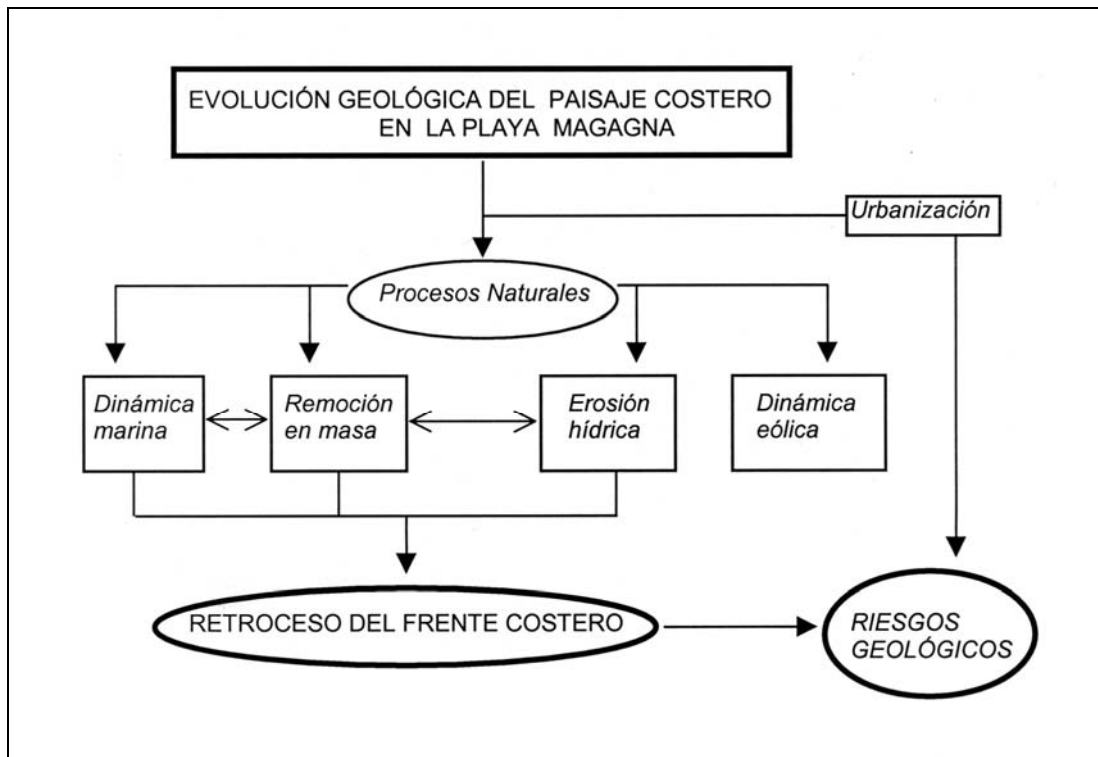


FIGURA 3: PLANO DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES DE PLAYA MAGAGNA, CHUBUT

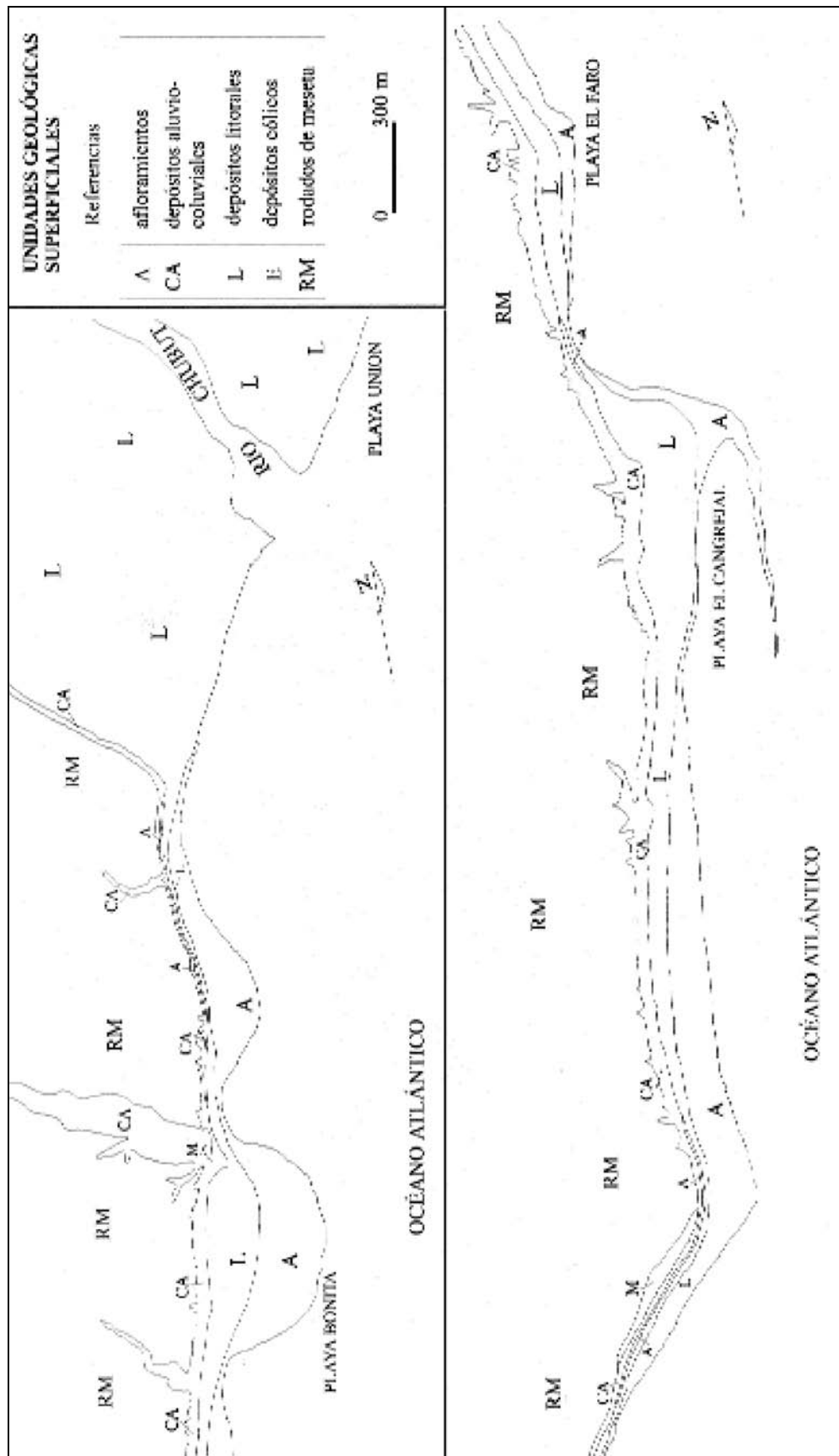


FIGURA 4: PLANO GEOMORFOLÓGICO DE PLAYA MAGAGNA, CHUBUT

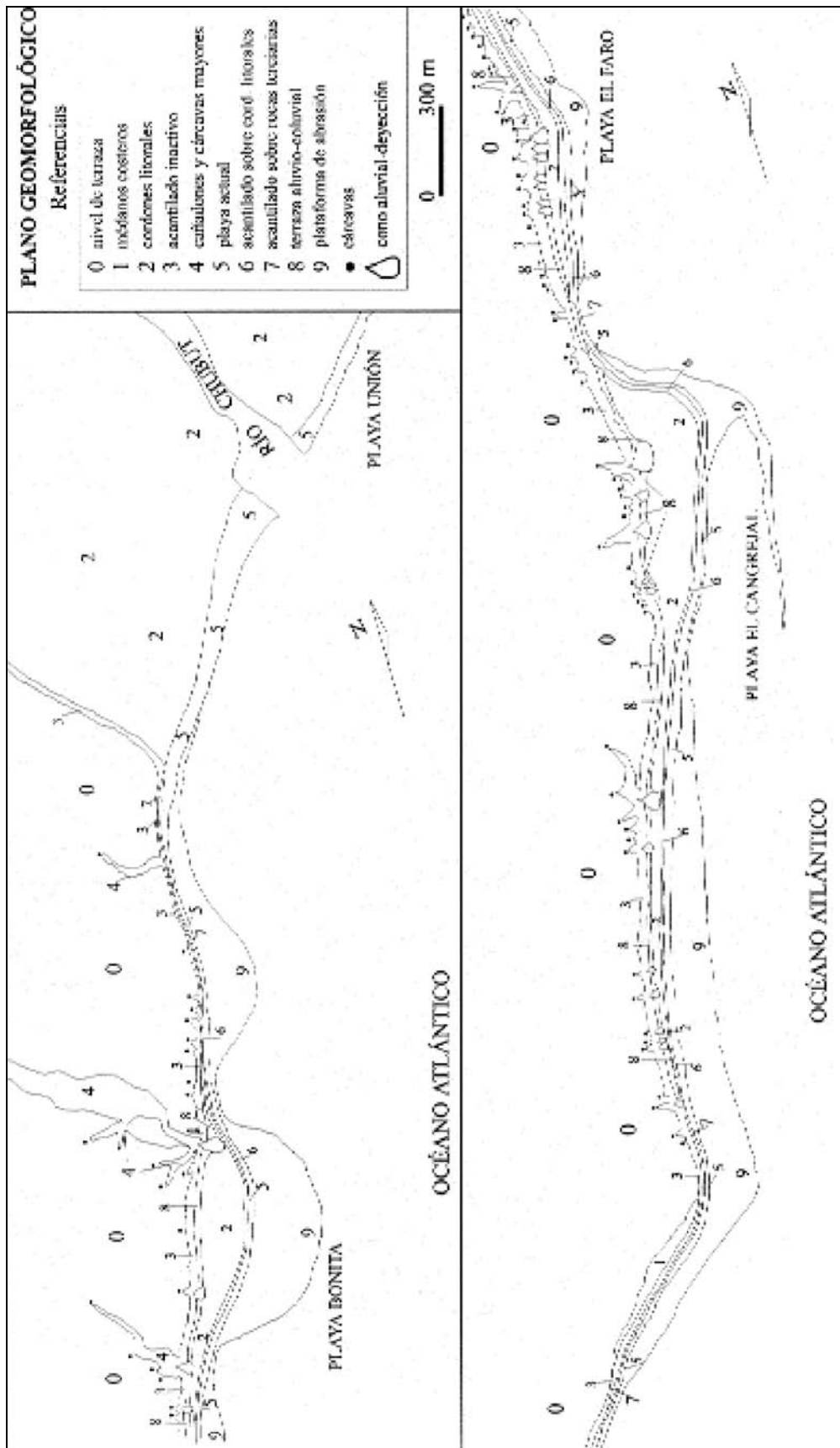
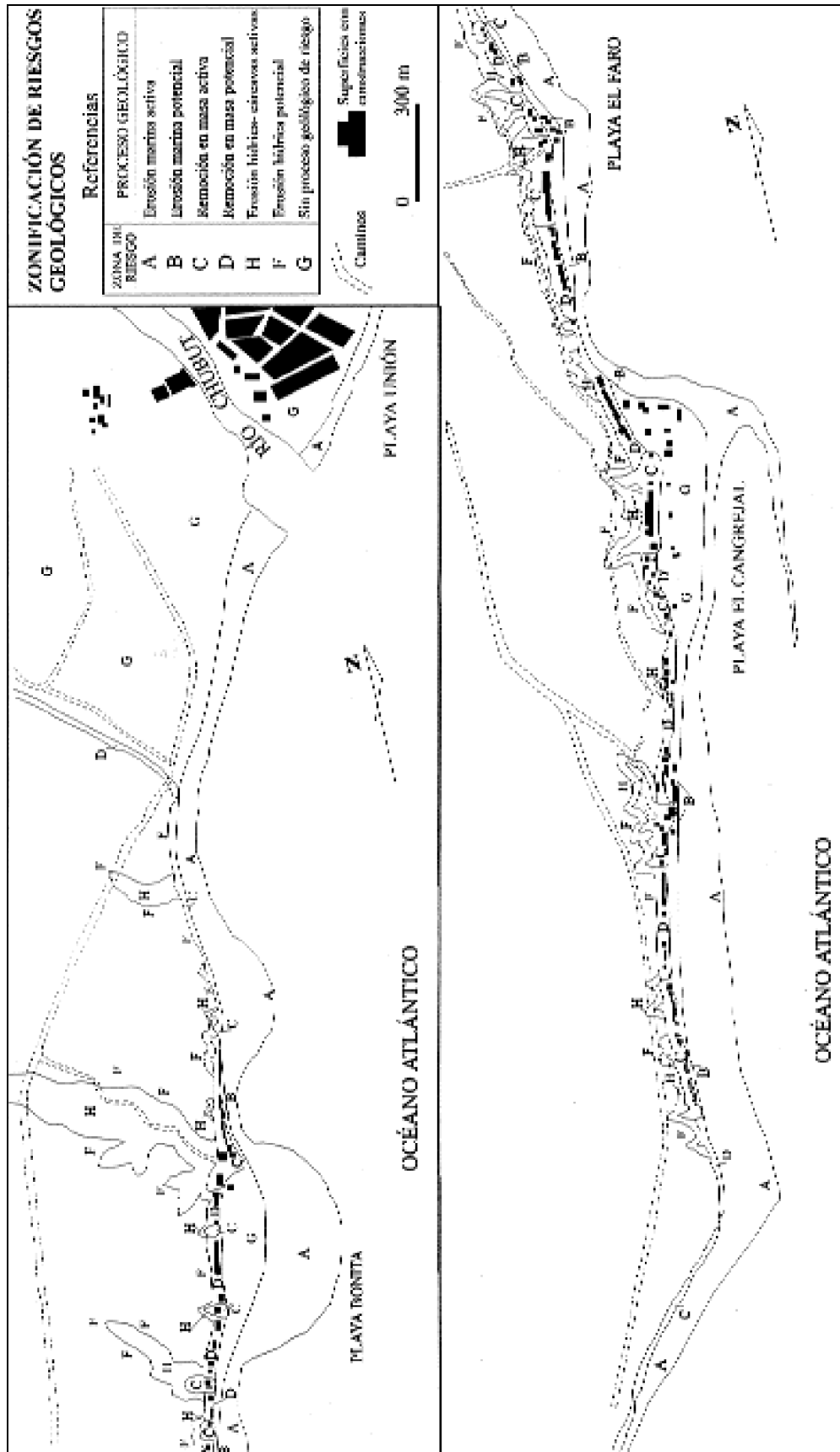


FIGURA 5: ZONIFICACION DE RIESGOS GEOLÓGICOS COSTEROS EN PLAYA MAGAGNA, CHUBUT





Zonificación de Córdoba mediante análisis estadístico de perfiles geotécnicos

Rocca, Ricardo J. - Quintana Crespo, Enrique

Resumen

La ciudad de Córdoba, ubicada en el centro de Argentina, cuenta con 1.300.000 habitantes y ocupa una extensión de 576 km². Esta emplazada en un valle creado por un pequeño curso de agua, el río Suquía.

Para elaborar un mapa geotécnico de la misma se creó una Base de Datos georeferenciada con la información proveniente de los estudios del terreno para las fundaciones de construcciones.

Se emplearon criterios geomorfológicos para definir cinco zonas con características geotécnicas similares y se desarrolló un modelo de interpretación geológico-geotécnico.

Para verificar la homogeneidad de los perfiles dentro de las zonas se emplearon métodos de análisis estadísticos.

Los perfiles estratigráficos fueron transformados en una serie de estados en función de las litologías encontradas a lo largo de las perforaciones.

La secuencia de datos fue analizada para definir las tendencias planoaltimétricas por medio de análisis de la distribución espacial de las distintas capas de suelos. En función de ello se identificaron grupos homogéneos a través de comparación cuantitativa de similitud.

De esta manera ha sido posible generar perfiles representativos por medio de matrices de transición de frecuencias obtenidas por combinación de los datos de los sondeos.

Se comentan las limitaciones y ventajas del procedimiento empleado.

1. INTRODUCCIÓN

El modelo geotécnico del subsuelo de la Ciudad de Córdoba, desarrollado y aplicado en los últimos años por el grupo de investigación del Área Geotecnia de la Universidad Nacional de Córdoba (Rocca R. et al., 1990, 1995) es permanentemente actualizado a fin de lograr, a través de su retroalimentación, un mejor conocimiento de las condiciones geológicas y geotécnicas imperantes en el sector.

El área de estudio, ubicada entre los 31°20' y 31°30' de latitud sur y 64° a 64° 15' de longitud Oeste, corresponde al entorno urbano de Córdoba, ciudad que actualmente posee más de 1.300.000 habitantes. Su extensión es de 576 km².

La ciudad fundada en 1573, comenzó siendo un caserío ubicado en las inmediaciones del Río Suquía. Posteriormente su desarrollo se produjo en toda la planicie aluvial, para luego avanzar hacia el sur, en lo que fuera la "Nueva Córdoba" ubicada en los "Altos del Sur". Paralelamente el crecimiento se fue dando hacia el Oeste, abarcando parte de las lomadas occidentales, proceso que se ha

Recibido: 9 de Abril de 1999 ■ Aceptado: 6 de Julio de 1999

Fac.Cs.Ex.F.y N. Depto de C.Civiles, Área Geotecnia. Universidad Nacional de Córdoba

visto muy acelerado actualmente con la construcción de barrios privados en dicho sector.

2. DEFINICIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS (U.G.)

A fin de poder interpretar los perfiles de más de 900 estudios de suelos que se encuentran recopilados en Bases de Datos en el Área Geotecnia de la UNC, se definieron Unidades de Mapeo Geotécnico, correspondiendo de acuerdo al esquema de *UNESCO/IAEG (1976)* el uso de Complejos Litológicos, en función de las principales escalas de trabajo utilizadas (Cartas IGM 1:50.000, restituciones aerofotogramétricas en 1:20.000), etc.

El análisis se inició mediante el mapeo areal de “unidades geomorfológicas”, definidas como elementos del paisaje formados por un proceso geológico único o una combinación de procesos asociados que lleva a formas superficiales características (relieve, morfología de pendientes, patrones de drenaje), un perfil litológico del subsuelo definido y propiedades geotécnicas con valores limitados a un rango típico y recurrente.

El área se encuentra localizada en una zona de transición entre dos grandes Provincias Geomorfológicas; sierras de Córdoba y llanura Pampeana y es surcada por el río Suquía y el Arroyo La Cañada.

El contacto con las sierras de Córdoba, ocurre con su cordón más oriental denominado sierras Chicas, constituido por un sector montañoso conformado por rocas de basamento cristalino metamórfico – plutónico, y un sector de colinas modelado sobre areniscas y conglomerados rojizos eocretácicos (*Gordillo C. y Lencinas A., 1979*).

La llanura Pampeana a su vez, está limitada por un sector de pedemonte adyacente a las sierras, un valle longitudinal denominado “depresión periférica” y un bloque positivo: la “plataforma basculada”, según el esquema de *Capitanelli (1979)*.

Dentro de estas regiones mayores pueden identificarse las siguientes unidades geomorfológicas (figura 1):

U.G.I. Fajas fluviales.

1.1. Faja fluvial del Río Suquía.

Comprende la zona de ubicación del cauce actual del río Suquía. En el entorno urbano se encuentra casi totalmente canalizado y regulado por el Dique San Roque y sus márgenes naturales han sido reconstruidos y protegidos con obras de ingeniería (gaviones, muros, etc.). En las áreas no canalizadas, se distingue un lecho ordinario y otro de crecidas, con un diseño de drenaje anastomosado, con pequeños islotes y lagunas. Presenta una gran planicie aluvial donde se encuentra edificado el centro histórico de la ciudad.

El relieve es plano, con pendientes inferiores al 0,5%. En el subsuelo se mezclan sedimentos aluviales muy gruesos (bloques y cantos rodados) con capas de limos y arcillas.

1.2. Faja fluvial del Arroyo La Cañada.

Corresponde a un estrecho cauce que circula en sentido SO a NE, encontrándose canalizado en el sector céntrico de la ciudad, donde se junta con el río Suquía. El cauce muy sinuoso, se encuentra excavado en gran parte de su recorrido en un potente manto de tosca.

U.G.II. Terrazas fluviales intermedias del Suquía

Abarca dos niveles de terrazas, con bordes externos poco marcados, muy deteriorados por la urbanización y de los que quedan sólo algunos relictos. Se trata de planos, con pendientes inferiores al 0,5 % compuestos por sedimentos fluviales con tapada loésica.

U.G.III. Terrazas superiores del río Suquía.

Comprende dos niveles antiguos de terrazas, definidos por superficies inclinadas con pendientes entre 0,5 y 1 % modelados por una tapada loésica importante y con bordes externos abruptos.

U.G.IV. Planicie loésica superior.

IV.1. Planicie eólica.

Comprende la gran planicie ondulada no afectada por la dinámica fluvial del río Suquía y A° La Cañada, tal como se encuentran en el presente. Presenta una transición accidentada hacia los niveles inferiores de terraza. Está conformada fundamentalmente por una secuencia de sedimentos loésicos que alternan con sedimentos fluviales, arenosos y arcillosos como consecuencia de la tectónica local y la alternancia climática propia del Cuaternario. Las pendientes medias oscilan entre 1 y 3 %.

IV.2. Bordes de erosión.

El sector más problemático desde el punto de vista geotécnico lo constituye la franja de transición entre la planicie loésica superior y las terrazas fluviales o las fajas fluviales. Es una zona accidentada, irregular, con pendientes locales de hasta el 25 %. Son barrancas o quebradas formadas gracias a la característica de los sedimentos loésicos de conformar taludes verticales, los cuales son erosionados permanente en su base, produciéndose un retroceso y un posterior relleno con el material suprayacente. Este a su vez se mezcla con los sedimentos fluviales. El resultado es una zona de gran heterogeneidad litológica a la cual ha contribuido el relleno de las mismas por razones urbanísticas.

U.G.V. Lomas occidentales.

Son lomadas bajas conformadas por un ambiente aluvial pedemontano de las sierras occidentales. Presentan una litología predominante de conglomerados y brechas color rojo violáceo, con intercalaciones de areniscas rojas, siendo todo el conjunto muy calcáreo. Los conglomerados están compuestos por gneis esquistoso, anfibolitas y calizas cristalinas, provenientes de la sierra Chica.

3. DEFINICIÓN DE COMPLEJOS LITOLÓGICOS

Complejo Litológico 6 (CL 6)

Corresponde al basamento plutónico - metamórfico de probable edad eopaleozoica (*Gordillo y Lencinas op. cit.*). Las rocas metamórficas son gneises y esquistos tonalíticos-biotíticos que alternan con cuarcitas, anfibolitas y mármoles. Con esquistosidad paralela a la estratificación. Presentan una tectónica homoclinal con buzamiento regional de mediano a alto ángulo (40° a 80°) hacia el Este. Las rocas intrusivas son mayoritariamente graníticas, correspondiendo a intrusiones postmetamórficas, de contactos netos y discordantes. De acuerdo a la bibliografía se presentan varios ciclos intrusivos:

- un ciclo antiguo (Cámbrico inferior - Ordovícico, de 450 a 520 m.a.) representado por los granitos y granodioritas del Cordón Oriental de Córdoba.
- un ciclo intermedio (Devónico, de 350 a 380 m.a.) representado por dioritas y tonalitas y
- un ciclo joven (Carbónico superior, de 300 a 330 m.a.) representado por granitos, aptitas y pegmatitas.

También se encuentran presentes en la Quebrada del Río Suquía y falda oriental del sector norte de la Sierra Chica, filones capa de rocas gábricas y dioríticas.

Todas estas rocas que afloran en las Sierras de Córdoba, se encuentran en el subsuelo profundo de la Ciudad de Córdoba, a profundidades que oscilan entre 200 m. y más de 600 m., afectadas por una tectónica de bloques que produce hundimientos y levantamientos diferenciales muy importantes y que fuera analizada en estudios anteriores (*Rocca et.al., 1996*).

Complejo Litológico 5 A y B (CL 5A y 5B)

Son lomadas suaves conformadas por sedimentos de origen continental bien marcado, de color rojizo característico, comprendiendo a areniscas y conglomerados de edad Cretácica (*Gordillo y Lencinas op.cit.*) que se apoyan discordantemente sobre el basamento cristalino y a su vez son cubiertos en discordancia erosiva por depósitos modernos. Estos sedimentos afloran intermitentemente a lo largo del pié de la sierra extendiéndose longitudinalmente en sentido Norte – Sur. Los depósitos de tipo conglo-

merádico se ubican al Oeste de las areniscas, las que a su vez se hacen limosas, finamente laminadas hacia el Este.

Son depósitos adosados a un bloque de basamento basculado al ESE y que se hunde bajo las cubiertas Cenozoicas de la llanura oriental, habiéndose tocado estos sedimentos en la Ciudad de Córdoba a una profundidad aproximada a los 200 a 600 mts, con espesores que van entre 10 y más de 70 mts.

El análisis petrográfico muestra rocas características de las sierras Chicas (gneis, anfibolitas y calizas), predominando el cuarzo, feldespatos calcosódicos y potásicos, biotita y cementantes cálcicos. Dentro de los minerales arcillosos predominan las montmorillonitas.

Corresponden a la Formación Saldán, definida por *Santa Cruz (1972)*, para todo el sector incluyendo las localidades de Saldán, Villa Allende, Lomas de La Carolina, etc.

Complejo Litológico 4 (CL 4)

Se trata de estratos arcillosos, con un contenido variable de arena gruesa a fina, color pardo rojizo muy intenso. Según los estudios realizados sobre perforaciones profundas por *Frenguelli (1918)* estos sedimentos se originan por la erosión de los conglomerados y areniscas occidentales, siendo arrastrados por el río Suquía, para formar espesos depósitos que alcanzan en el subsuelo de la Ciudad de Córdoba, un espesor máximo de 140 mts. *Frenguelli (1957)* considera a estos sedimentos como la base común - de edad Pliocénica - para todo los sedimentos cuaternarios aluviales y loésicos.

Santa Cruz (1972) define en estos sedimentos al miembro inferior de su Formación Río Primero y correspondiendo a mecanismos de transporte y deposición en un ambiente de baja energía mecánica, como ser amplias llanuras aluviales surcadas por cauces secundarios divagantes.

La asociación de minerales arcillosos determinada por el mismo autor es de 66% de illita, 30% de montmorillonita y 10% de caolinita.

El clima del Plioceno se mantiene cálido y seco, con condiciones de aridez reinantes, en toda la zona de estudio, hasta el comienzo del Cuaternario, como lo prueban los sedimentos de este Complejo Litológico, con un carácter definidamente continental y colores rojos muy marcados.

Ingresando en el Cuaternario se observan capas alternadas de loess y materiales aluviales, acorde a los ciclos climáticos que dominaron el Pleistoceno y Holoceno de Córdoba. Los Complejos Litológicos correspondientes a materiales de tipo limoso y origen eólico se identifican como CL2 (A, B, C) y los correspondientes a materiales de tipo aluvial como CL3 (A, B, C). Las variantes menores dentro de estos grupos han sido identificadas con

una tercera letra como es el caso del CL3A1 (sedimentos limosos dentro de un complejo litológico aluvional grueso) y del 2Ax (horizontes de tosca dentro de los materiales loessicos).

Complejo Litológico 3C (CL 3C)

Está caracterizado por una capa de más de 20 metros de espesor de arenas, gravas y cantos rodados, en zona de influencia del río Suquía. Corresponde al miembro superior de la Formación Río Primero (*Santa Cruz, 1972*), cuya deposición es considerada como anterior o probablemente sincrónica a la sedimentación del loess.

Complejo Litológico 2C (CL 2C)

Loess rojo pardusco, arcilloso, de hasta 55 mts. de espesor en perforaciones, que pasa gradualmente a las arenas supra e infrayacentes.

Estos sedimentos loésicos depositados bajo un régimen climático seco y árido, no conservaron su carácter originario, es decir su condición friable, de baja cohesión, pulverulento, sino que han sido modificados como consecuencia de una tapada importante, procesos de carbonatación, etc., transformándose en loess secundarios.

Frenquelli (1918,1957) define al Piso Bonaerense como la unidad de tiempo de deposición de estos materiales. Parcialmente conforma la Formación General Paz de *Santa Cruz (op.cit)*.

Complejo Litológico 3B (CL 3B)

Comprende potentes depósitos de arena rosada a grisácea y cantos rodados en las terrazas del río Suquía. El espesor total de estos sedimentos en las terrazas del río Suquía ha sido fijado en más de 30 mts. Estos materiales se depositaron en condiciones de humedad elevada, donde se calcula que los ríos transportaron caudales mucho mayor que los actuales incrementando también su área de influencia.

Corresponde al Piso Lujanense de *Frenquelli (1918, 1957)*.

Complejo Litológico 2 B (CL 2B)

Formado por un loess pardo, a veces arenoso, fino, homogéneo, con contenidos importantes de cenizas volcánicas provenientes del volcanismo andino, desde donde las trasladaron vientos constantes del S y SO. Con espesores variables en el orden de los 15 mts. Depositado bajo condiciones de aridez generalizada en el sector. Esta también incluido en la Formación General Paz de *Santa Cruz (op.cit)*.

Complejo Litológico 3 A (CL 3A)

Corresponde a un pulso climático húmedo y comprende gruesos aluviones de arenas rosadas en las terrazas

del Río Suquía.

En la zona de llanura no afectada por paleocauces fluviales se observan limos loessoides compactos, con partes arenosas pardo grisáceas o material loessoides pardo rojizo, como consecuencia de procesos palustres, lacustres o edafogenéticos, habiéndose reservado para estos materiales la denominación de complejo litológico 3a limoso (CL 3A1).

Complejo Litológico 2A (CL 2A)

Esta integrado por auténtico loess primario, de origen eólico, que por su acumulación más reciente, conserva sus características originales. Se trata de un sedimento pelítico (más del 50 % de las partículas se encuentran entre 5 y 50 micras), de textura friable pulverulenta, poco cohesivo, homogéneo, de color pardo amarillento. La estructura presenta una red de canalículos dejados por pequeñas raíces de plantas herbáceas, que da una elevada permeabilidad vertical al sedimento. Ubicado directamente debajo del suelo orgánico actual, de 1 a 3 mts. de espesor, con carbonatos, grano muy fino y color pardo muy claro. Se corresponde con el piso Cordobense (*Döering, 1907*), que habría sido depositado en una fase árida del clima holoceno.

Complejo Litológico 1 (CL 1)

Comprende el suelo vegetal (0,40 a 0,50 m de espesor), en las zonas de estabilidad edáfica. En la zona del valle del río Suquía corresponde a limos arenosos oscuros que cubren la planicie aluvial.

4. DETERMINACIÓN DE PERFILES TIPOS

A fin de determinar la distribución areal de los perfiles tipos, se empleó un método cuantitativo orientado a descubrir tendencias planoaltimétricas por medio de un análisis de la distribución espacial de las capas de suelos, y la identificación de grupos a través de comparación cuantitativa de similitud.

El método se basa en la transformación de las descripciones estratigráficas cualitativas de los perfiles de perforaciones en sistemas numéricos y su posterior procesamiento.

Para reducir interpretaciones subjetivas de los perfiles, se emplea un modelo basado en matrices de frecuencia de transiciones y análisis de conglomerados.

Posteriormente, se generan sintéticamente perfiles de las zonas mediante la reconstrucción de matrices de frecuencia de transiciones medias, obtenidas combinando datos estratigráficos de los sondeos incluidos en cada conglomerado.

Finalmente, se mapea la distribución areal de los perfiles tipos.

4.1. Matrices de frecuencia de transición

Las litologías encontradas en los perfiles de los sondeos fueron clasificadas en nueve clases en base a los complejos litológicos, desde CL 1 hasta CL 3C.

Los perfiles examinados fueron extraídos de perforaciones realizadas hasta 20 y 30 metros, de manera que la densidad de la información geotécnica pueda ser considerada homogénea para cada profundidad considerada. Los casos analizados fueron 162 y 58 respectivamente.

Los tipos de suelos a lo largo de los sondeos se tomaron a intervalos iguales de 0.5 m.

En el análisis cuantitativo de la información estratigráfica es necesario transformar las descripciones cualitativas de los suelos en formas numéricas. Esto se realiza mediante la consideración de los perfiles de suelos como una sucesión de estados mutuamente excluyentes.

Los perfiles estratigráficos son representados por una sucesión de observaciones del paso de un complejo litológico a otro (*Davis, 1986*).

La Matriz de Frecuencia de Transición provee una gran variedad de información acerca de la estratigrafía de la perforación de la cual deriva.

Cada elemento de la matriz ($a_{i,j}$) representa el número de veces que el elemento perteneciente a la clase i precede al elemento perteneciente a la clase j . Por lo tanto, la suma de los elementos pertenecientes a la fila i de la matriz representa el número total de la clase i a cualquier otra clase, incluida ella misma. Mientras que la suma de los elementos de la columna j de la matriz representa el número total de transiciones de la clase j desde cualquier otra clase, incluida ella misma.

Definiendo como R al vector conteniendo la suma de los elementos filas y C al vector conteniendo la suma de los elementos columna, si cada elemento de R es igual al correspondiente elemento de C , entonces la clase de suelo al principio de la perforación es la misma que la clase al fin de la perforación. De otra manera, la matriz contiene información acerca de la primera y la última clase del perfil.

La suma de las transiciones de todas las clases n_t , suma de los elementos de la matriz completa, provee información de la longitud total l_t de la perforación. Esto significa que:

$$n_t = \sum_i \sum_j a_{i,j}$$

$$l_t = (n_t + 1) \times e \quad \text{siendo } e: \text{ espesor de análisis (0.5 m)}$$

De igual manera se puede sacar los espesores de cada clase de suelo. No obstante ello, la matriz no contiene ninguna información sobre el espesor individual de un CL aislado si éste está distribuido en una alternancia con otros CL.

Los elementos de la diagonal ($a_{i,i}$) representan el número de transiciones de un suelo de clase i en si mismo. Entonces restando el elemento de la diagonal de n_i se obtiene el número de transiciones desde la clase i a cualquier otra clase, excluyéndose a si misma.

Los valores de los elementos $a_{i,j}$ y $a_{j,i}$ proveen mayor información sobre la posición relativa de este estrato.

Para cada perforación, se construyó una Matriz de Frecuencia de Transición de 9×9 , tal como se desprende de los 9 CL considerados.

A modo de ejemplo tomando el perfil de la serie 200 (figura 5) la Matriz de Frecuencia de Transición tiene la forma presentada en la Tabla I.

4.2. Análisis de conglomerados

4.2.1. Generalidades

El análisis de conglomerados (cluster analysis) es un conjunto de técnicas estadísticas multivariantes cuyo principal propósito es dividir los objetos en estudio en grupos discretos, denominados conglomerados.

El principal interés del análisis es comparar perfiles para testear la homogeneidad de los depósitos por medio de la identificación de grupos similares dentro de ellos (*Crespellani et al, 1991*).

Como el análisis geotécnico muestra que la variabilidad espacial de las propiedades mecánicas está ligado a los tipos litológicos, la atención se focusa en la naturaleza de las transiciones de una clase de suelos a otra.

Esto se representa por medio de la Matriz de Frecuencia de Transición de cada perforación, la que se vectoriza colocando cada una de sus filas a continuación de la precedente.

De esta manera se ensambla la Matriz de Datos donde cada fila resultante representa un sondeo, mientras que cada columna va por un elemento de la Matriz de Frecuencia de Transición, ya vectorizada. Para los perfiles de 20 metros de longitud, la Matriz de Datos fue de 162×81 , mientras que para los de 30 metros de longitud, de 58×81 .

Los métodos jerárquicos aglomerativos (agglomerative hierarchical methods) agrupan a los objetos en conglomerados en un orden de manera tal que las relaciones entre los diferentes grupos sea manifiesta. El algoritmo de análisis lee la Matriz de Datos y procede de la siguiente manera:

- Calcula la medida de similitud (o de distancia) entre cada par de objetos, en este caso perfiles y la coloca en una Matriz de Distancias o Similitud. Existen numerosos tipos de similitud o medidas de distancia que pueden ser empleadas.

Esta matriz es cuadrada y tiene una dimensión da-

da por el número de filas de la Matriz de Datos. Así para 20 metros la dimensión fue 162 x 162 y para 30 metros, de 58 x 58.

- b) Busca en la matriz los casos con mayor similitud (menor distancia) y los agrupa en un conglomerado.
- c) El conglomerado formado por estos dos objetos o perfiles pasa a ser considerado uno solo. La Matriz de Similitud (o Distancia) se recalcula de manera que los otros objetos se comparan con el nuevo grupo.
- d) La matriz modificada es reanalizada (como en el paso b) para encontrar los conglomerados que ahora tienen mayor similitud (o menor distancia). Los pasos b y c se repiten hasta que todos los objetos son combinados en un solo conglomerado.

El agrupamiento se presenta en forma de dendrograma, una figura similar a un árbol. En los métodos aglomerativos se comienza con todos los objetos (que serían las ramas) y sucesivamente se van combinando hasta tener un solo grupo (el tronco). Las figuras 2 y 3 presentan los dendrogramas correspondientes al análisis de perfiles de 20 y 30 metros de longitud.

La escala de similitud se puede leer en el eje de las abscisas. El dendrograma en si tiene como objetivo mostrar la jerarquía de los conglomerados y el nivel de similitud. La ubicación de los conglomerados dentro del dendrograma no tiene importancia.

4.2.2. Tipos de algoritmos y mediciones de similitud /distancia

Existen numerosos algoritmos aglomerativos basados en la mayor o menor vecindad de los objetos, sus promedios, mínimas variancias, etc.

Se encuentran codificados en paquetes estadísticos generales tal como el STATGRAPH, SPSS, etc. u otros específicos como el CLUSTAN, MVSP, etc. Actualmente no existen límites de procesamiento de datos con estos tipos de programas.

Las similitudes (o distancias) se miden entre cada par de filas de la Matriz de Datos. Existe una veintena de fórmulas para medirlas basadas en consideraciones geométricas o de similitud.

Asimismo, se pueden determinar medidas binarias (presencia o ausencia) de una variable simple. Esto se hace considerando solamente la existencia de ceros o no-ceros en la Matriz de Datos. Cualquier número no-cero es considerada como 1 en la Matriz de Datos, según el siguiente criterio.

		MUESTRA j	
		Presencia	Ausencia
MUESTRA i	Presencia	a	B
	Ausencia	c	D

El coeficiente de comparación simple (simple matching coefficient) es uno de los más sencillos y se determina mediante la fórmula:

$$SMC = \frac{(a + d)}{(a + b + c + d)}$$

Esta medida de similitud fue la que mejor resultado obtuvo en los análisis que se ejecutaron y por lo tanto es la que se adoptó.

4.2.3. Número óptimo de conglomerados

No existe una manera heurística de determinar cual de los métodos y de las distancias es el más apropiado o correcto. La misma Matriz de Datos puede generar diferentes dendrogramas según el método que se considere. Y para el mismo método, distintas distancias dan resultados diferentes.

La matriz cofenética es la de aparente correlación contenida dentro del dendrograma. Se determina teniendo en cuenta la distancia que un método determinado asigna a cada conglomerado dentro del dendrograma. Si se la determina para cada algoritmo y luego se calcula el coeficiente de correlación con la matriz de distancia correspondiente, aquella matriz cofenética que tenga la mayor correlación corresponde al algoritmo que está más próximo a la realidad.

La determinación de la matriz cofenética es extremadamente laboriosa. Por ejemplo para la matriz de 20 metros con 162 perfiles, corresponde obtener 26244 números.

Por esa razón se empleó el siguiente criterio basado en comparación de resultados.

Un dendrograma se puede cortar verticalmente a distintos valores del eje de las abscisas o escala de similitud, produciendo consecuentemente distintos números de conglomerados.

- a) Para cada método que se procesó, una vez obtenido el dendrograma, se delimitó el número de conglomerados, del orden de 7 a 9 y se analizó la información de cada uno de ellos.
- b) En cada conglomerado se verificó que la Matriz de Frecuencia de Transiciones asociada al mismo, generara un único perfil. Caso contrario se la subdividió hasta que cumpla con ese requisito.
- c) Como se observó la existencia de perfiles con secuencias idénticas ubicados en distintos conglomerados, se decidió agrupar en series a los perfiles similares en secuencia, completos o parciales.
- d) Teniendo en cuenta a las series se las identificó en el dendrograma y se calculó el número de conglomerados necesarios para que se separaran correctamente las series.

Esta tarea se realizó con los distintos métodos y en base a ello se consideró que el más eficiente es el que requiere menor número de conglomerados para separar a las distintos series.

4.3. Reconstrucción de perfiles tipos

A partir de los conglomerados se puede desandar el procedimiento seguido y generar el perfil tipo representativo de los perfiles involucrados en las series.

Cada perfil tipo se reconstruye de la Matriz de Frecuencia de Transición media, obtenida promediando elemento por elemento de las matrices de frecuencia de transición de cada sondeo perteneciente al conglomerado.

En general, las matrices no contienen información sobre los espesores relativos de los estratos individuales. En el caso de que se produzcan repeticiones de estratos, el correspondiente espesor dentro del perfil sintético se puede asignar de acuerdo a la distribución de frecuencias de los espesores de todos los sondeos dentro de su grupo.

Cuando no existen repeticiones, como en los casos analizados, los espesores están exactamente representados por las filas de la Matriz de Frecuencia de Transición.

4.3.1. Determinación de Perfiles Tipos de 20 y de 30 metros

La selección de perfiles de la ciudad de Córdoba se realizó tomando los mismos de la Base de Datos existentes. En total se emplearon 58 perfiles de 30 metros de longitud, y 162 perfiles de 20 metros, diseminados por la ciudad.

Con los perfiles de 30 metros se ensamblaron las 58 matrices de frecuencia de transición de 9×9 CL y se generó la Matriz de Datos para el análisis de conglomerados de 58×81 . Con los de 20 metros las matrices fueron 162 que se agruparon en una Matriz de Datos de 162×81 .

Se efectuaron numerosas pruebas con los métodos y distancias.

Finalmente se decidió emplear el UPGMA, acrónimo que corresponde al método no balanceado de unión promedio de pares. Como distancia se empleó el coeficiente de comparación simple, cuya fórmula se expresó previamente.

La principal razón de esta elección fue que al ser un método binario, la estructura de ceros y no-ceros de la Matriz de Datos permite separar los perfiles que son similares en cuanto a la posición de los no-ceros. Por ello, los conglomerados que se forman tienden a descartar como medida de diferencia a los espesores de las capas de CL, al asignar a cualquier número el 1.

Consecuentemente, los perfiles de los conglomerados generados por reconstitución son únicos.

Las figuras 2 y 3 muestran los dendrogramas correspondiente a los análisis de perfiles de 20 y 30 metros de longitud.

A partir de ellas se dividió las Matrices de Datos en

tantas submatrices como conglomerados existían en el corte vertical efectuado sobre los dendrogramas en el extremo de la escala de similitud.

Cada submatriz de $n \times 81$ se promedió columna por columna hasta obtener una matriz promedio de 1×81 . Esa matriz no es otra cosa que la Matriz de Frecuencia de Transición media del conglomerado con sus filas colocadas una a continuación de otra.

A partir de la Matriz de Frecuencia de Transición media, se generaron los perfiles correspondientes y se agruparon en 8 series, para perforaciones de 30 metros y de 9 series, para las de 20 metros.

Finalmente se asignó a cada una de las perforaciones, el número de serie correspondiente. Las figuras 4 y 5 muestran los resultados obtenidos.

4.4. Zonificación en base al mapeo de perfiles

Los análisis de los casos de 20 y 30 metros se realizaron en forma independiente generando resultados que indican zonificaciones que tienen en cuenta esas profundidades.

A medida que se considera mayor profundidad, el número de capas de suelo aumenta y por consiguiente aparecen más subzonas, diferenciadas con relación a profundidades más superficiales.

En base a ello, se consideró que el análisis se debería realizar desde mayores profundidades hacia la superficie.

De este modo la ciudad de Córdoba se puede zonificar a distintos niveles:

1• Nivel profundo.

Intervienen en su definición perfiles de 30 metros que se separan en series denominadas X00. No se consideraron profundidades mayores teniendo en cuenta las características de las fundaciones de la ciudad.

2• Nivel intermedio.

Intervienen perfiles de 20 metros que se separan en series X0.

3• Nivel superficial.

Reservado para perfiles de 10 metros que se separan en series de tipo X.

En este trabajo se presentan los resultados de los niveles profundo e intermedio.

En los niveles intermedio y superficial, se tienen en cuenta en el análisis los perfiles correspondientes a profundidades mayores, tomando únicamente hasta la pro-

fundidad de análisis.

Estos niveles se pueden superponer generando una zonificación común cuyos elementos más complejos tienen una denominación de tres cifras que indica los componentes en profundidad.

Este sistema de clasificación de zonas permite realizar modificaciones parciales en función de la profundidad del nuevo perfil que se incorpore.

4.4.1. Delimitación de los contornos de las zonas

Para delimitar las zonas de cada uno de los niveles se emplea kriging, método geostadístico no sesgado que permite determinar las características de un punto teniendo en cuenta la variaciones con la distancia de las propiedades.

No obstante ello, existe un cierto grado de arbitrariedad en el procedimiento de mapeo. Lo que se calcula por kriging es el número asignado a cada serie. Así una determinada perforación pertenece a una serie que tiene un perfil tipo con un número.

Cuando se realiza la delimitación automática de las zonas, el kriging calcula cada punto del mapa asignando un número que está en relación a los seis perfiles más próximos. Posteriormente se generan automáticamente los límites.

La asignación de los números a las series ha sido realizada observando los CL presentes en cada una de ella y no existen grandes diferencias entre una serie y la siguiente.

Sin embargo la delimitación de las zonas se produce por interpolación y se agregan los números intermedios entre las series que se delimitan. Así entre la serie 200 y la 600 se añade la 300, 400 y 500.

Por ello es muy importante realizar un ajuste manual para sustraer los datos inexistentes. Esto se corrige gráficamente, suprimiendo las series de interpolación.

Asimismo, se puede corregir la ubicación de zonas generadas en función del conocimiento geomorfológico general.

4.4.2. Combinación de Perfiles de diferente longitud

La combinación de los mapas que se obtienen puede realizarse manualmente o por medio de un sistema de información geográfica, en donde cada mapa es una capa.

La forma de ejecución manual consiste en tomar el mapa de 20 metros de profundidad y ubicar la zona de interés. A partir de su localización, simplemente se lee a que zona pertenece y se busca el perfil tipo de la serie. Si se requiere conocer mayor profundidad, se realiza lo mismo en el mapa de 30 metros.

El sistema de denominación adoptado permite distinguir fehacientemente que perfil y profundidad se está referenciando.

4.4.3. Propiedades de los perfiles

Las propiedades geotécnicas de los perfiles están en función de la presencia y espesor de las distintas capas intervinientes.

La metodología que se emplea para determinar los perfiles tipos consistió en el promedio por elementos de la Matriz de Frecuencia de Transiciones para determinar los espesores y la adopción de los promedios de las propiedades geotécnicas indicadas en la Tabla II.

5. CONCLUSIONES

La zonificación geotécnica de la ciudad de Córdoba ha sido realizada sobre la base de consideraciones geomorfológicas y estratigráficas de numerosas perforaciones ejecutadas para obras de ingeniería.

Estos perfiles se han incorporado a una Base de Datos georeferenciada. Actualmente contiene alrededor de 1000 puntos.

El nivel de interpretación estratigráfica alcanzado es el de los Complejos Litológicos, requiriéndose mayor información para definir Tipos Litológicos y Geotécnicos.

Se han utilizado técnicas estadísticas multivariantes para determinar los perfiles medios característicos de cada zona de la ciudad.

El análisis ha sido realizado comparando perfiles de 20 y 30 metros, los que han sido cuantificados mediante Matrices de Frecuencia de Transición de los Complejos Litológicos.

Estas matrices han sido clasificadas mediante análisis de conglomerados. Este procedimiento que es relativamente laborioso ha sido probado hasta alcanzar resultados relativamente satisfactorios según la experiencia empírica que se dispone.

Como resultado, los perfiles promedios han sido clasificados en series y mapeados mediante kriging. El mapeo automático ha sido corregido gráficamente en función de las características geomorfológicas globales.

Se considera que el sistema que se ha podido implementar constituye un aporte valioso en el sentido de la preservación de información difícil de obtener y de fácil dispersión.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado con el apoyo del Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Córdoba (CONICOR) y de la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (SECYTUNC).

7. BIBLIOGRAFÍA

- CAPITANELLI, R.G. GEOMORFOLOGÍA. EN VAZQUEZ J.B., R.A. MIATELLO Y M.E.ROQUE, 1979.
Geografía Física de Córdoba: 213-296.
Ed. Bold. Buenos Aires.
- CRESPELLANI T. , A.GHINELLI , C. MADIAI AND G.VANNUCCHI, 1991
Seismic microzonation criteria for a development area near Florence, Italy.
Proc. 4th Intl.Conf.Seismic Zonation. Stanford Vol 3: 19-26.
- DAVIS, J.C. ,1986.
Statistics and Data Analysis in Geology.
2nd Ed. Wiley. pp 648. N.Y. U.S.A.
- DOERING, A., 1907.
La formation pampeenne de Cordoba.
Rev.Museo de La Plata. Tomo XIV: 172190.
- FRENGUELLI, J., 1918.
Notas preliminares sobre la constitución geológica del subsuelo en la cuenca de Córdoba.
Bol. Ac. Nac. Ciencias. XXIII, 2nda entrega: 203-220.
- FRENGUELLI, J., 1957.
Neozoico. en Geografía de la República Argentina.
GAEA. Tomo II, 3 parte: 1115. Buenos Aires.
- GORDILLO C. Y A. LENCINAS, 1979.
Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis,
en Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias. Cordoba. Tomo I: 577-650.
- ROCCA R.J., E. QUINTANA CRESPO Y V. RINALDI, 1990.
Modelación geotécnica del subsuelo de la ciudad de Córdoba.
As. Arg. Geol. Apl. Ing. Actas V:121-130.
- ROCCA R.J., E. QUINTANA CRESPO, M.G. GOIO Y E.G. ABRIL, 1995.
Carta geotécnica de la ciudad de Córdoba.
As.Arg.Geol.Apl.Ing. Pub.Esp. 3: 322-340.
- ROCCA R.J., E. QUINTANA CRESPO, M.G. GOIO Y E.G. ABRIL, 1996.
Fundamentos empleados en la microzonificación sísmica de la ciudad de Córdoba.
As.Arg.Geol.Apl.Ing. Actas X: 237-255.
- SANTA CRUZ, J., 1972.
Geología al Este de la Sierra Chica (Córdoba) y Valle del Río Primero.
Bol. Asoc. Geol. Córdoba. Tomo 1, 34: 102-110.
- UNESCO/IAEG, 1976.
Engineering Geological Maps.
A guide to their preparation. The Unesco Press, pp 79. Paris. France.

TABLA 1. MATRIZ DE FRECUENCIA DE TRANSICION DE LA SERIE 200

	CL1	CL2A	CL2Ax	CL3Al	CL3A	CL2B	CL3B	CL2C	CL3C
CL1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CL2A	0	16.2	0	1.0	0	0	0	0	0
CL2Ax	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CL3Al	0	0	0	10.6	1.0	0	0	0	0
CL3A	0	0	0	0	10.8	1.0	0	0	0
CL2B	0	0	0	0	0	18.4	0	0	0
CL3B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CL2C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CL3C	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLA II: PROPIEDADES GEOTÉCNICAS MEDIAS

CL	CLASIF UNIFIC.	W _l %	PI %	arena %	Limo + arcilla %	Peso Unitario Seco KN/m ³	SPT N/ft	Cohesión kPa	Fricción (°)	Presión Fluencia Kpa
1	CL / ML SM- OL	24	4	22	78	13.0	9			45
2A	ML / CL	24	5	6	94	13.2	10	17	11	55
2Ax	ML / CL	24	5	8	92	13.6	20	31	20	158
3A	ML / SM	24	3	91	9	15.0	37	10	28	175
2B	CL/ML	26	6	17	83	13.6	31	18	20	370
3B	SM/ SP	-	-	93	7	15.0	56	130	21	470
2C	CL/ML	31	8	13	87	13.5	22			375
3C	SM/SP	-	-	95	5		72			

FIGURA 1: ZONAS GEOMORFOLÓGICAS

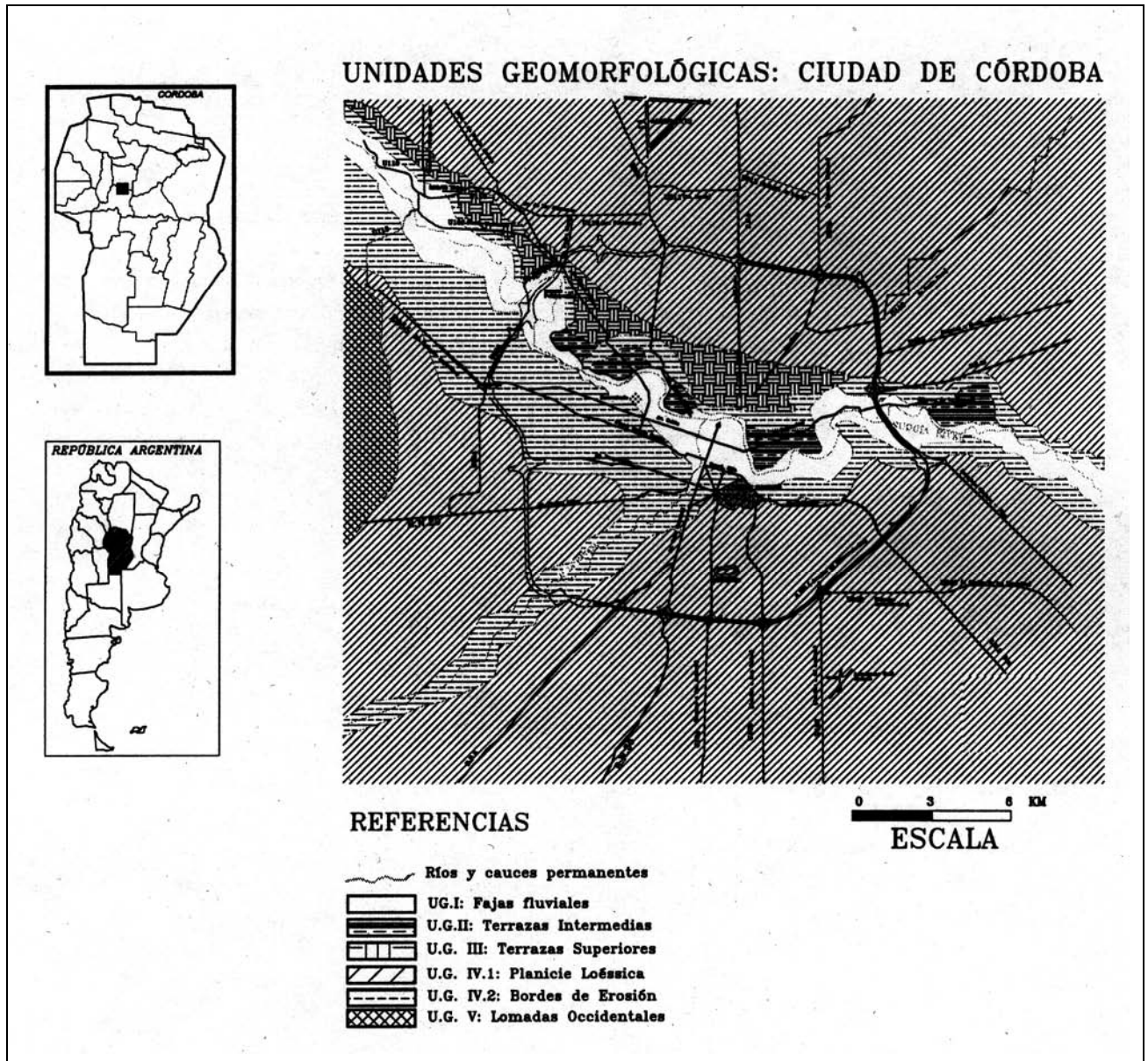


FIGURA 2: DENDROGRAMA DE PERFILES DE 20 METROS DE LONGITUD

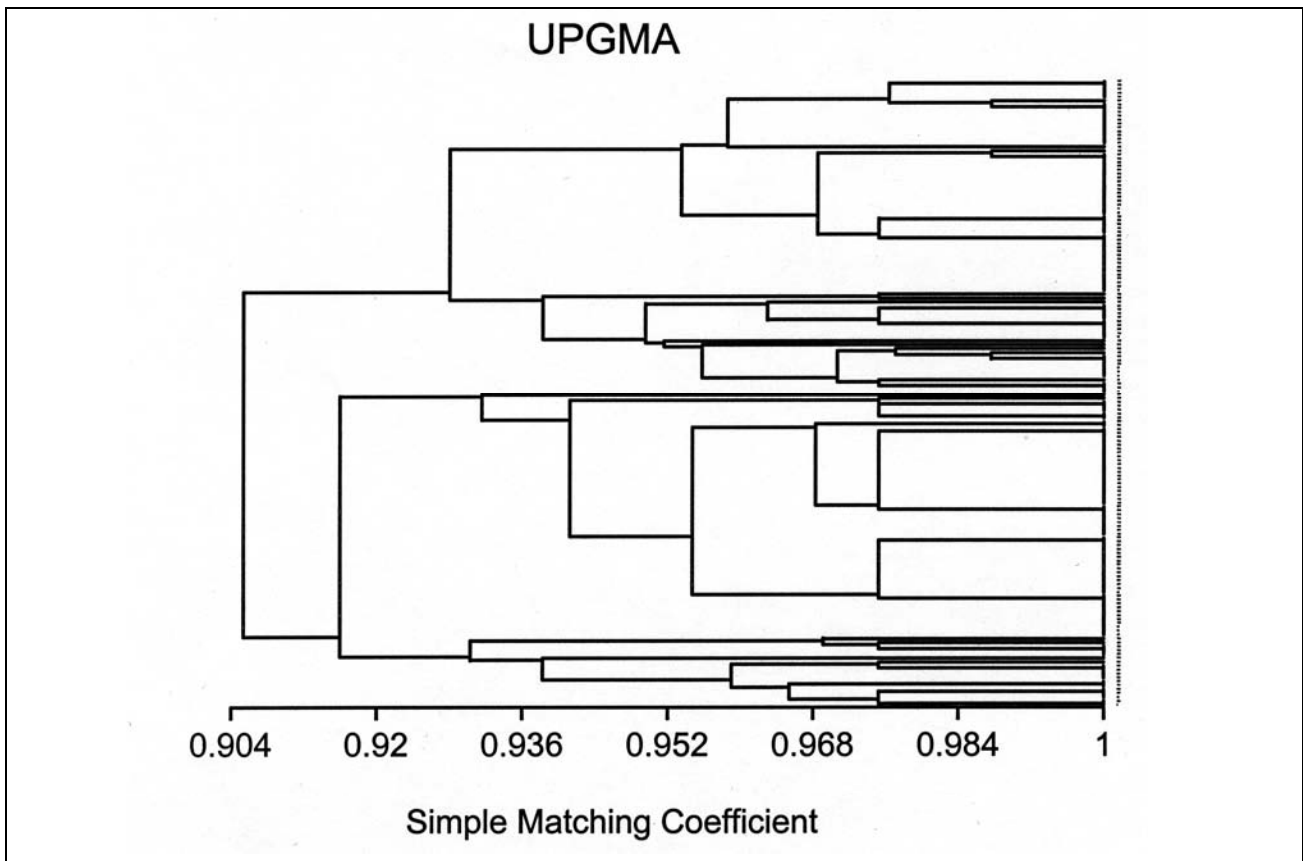


FIGURA 3: DENDROGRAMA DE PERFILES DE 30 METROS DE LONGITUD

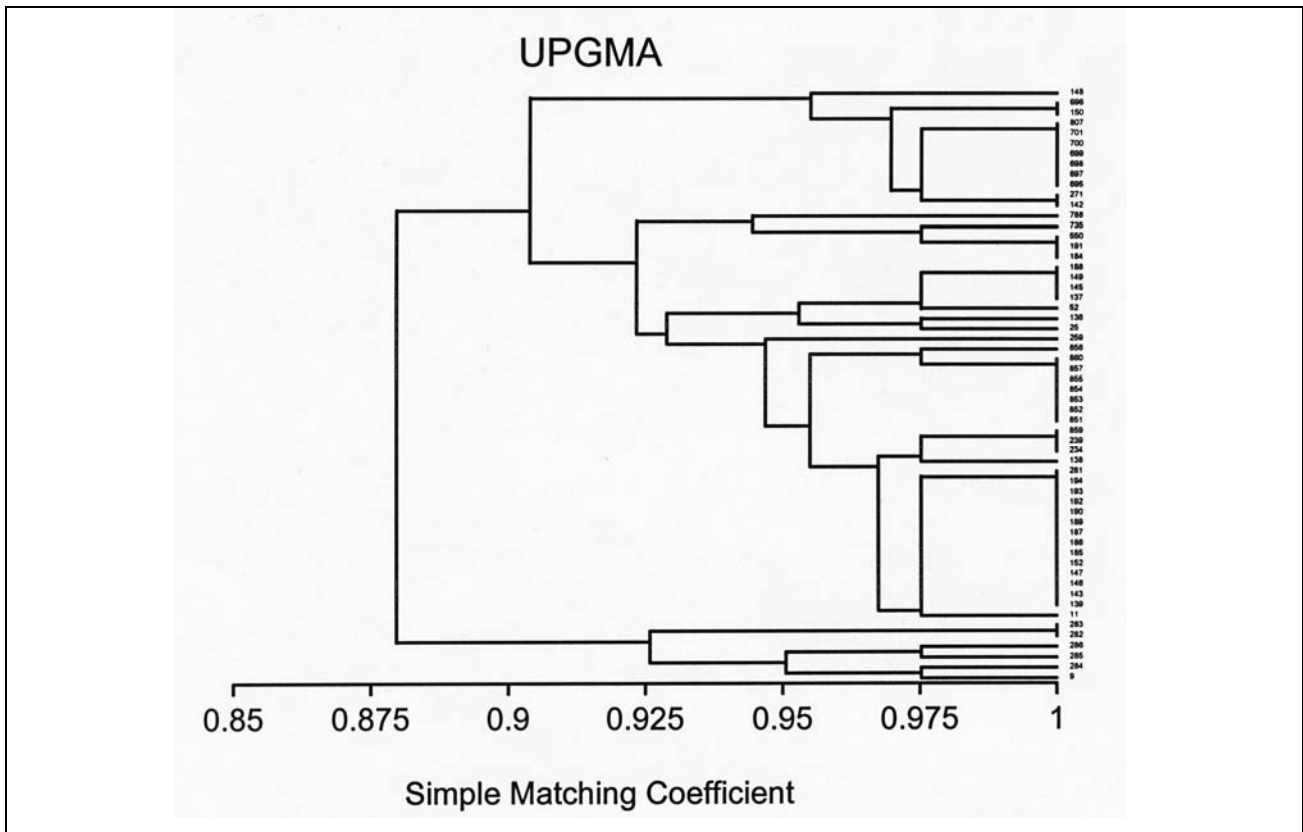


FIGURA 4: ZONIFICACIÓN EN BASE A PERFILES DE 20 m. DE LONGITUD

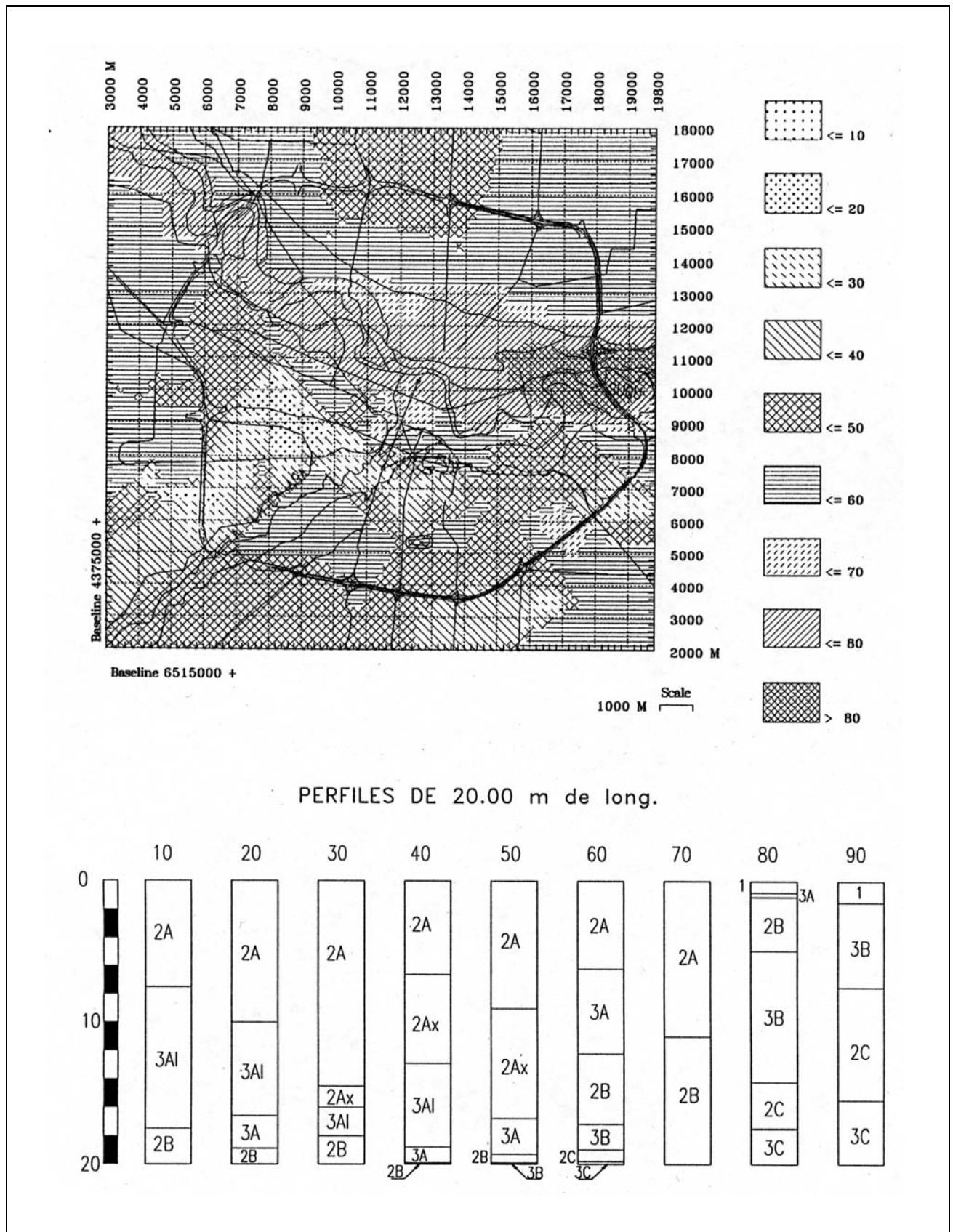
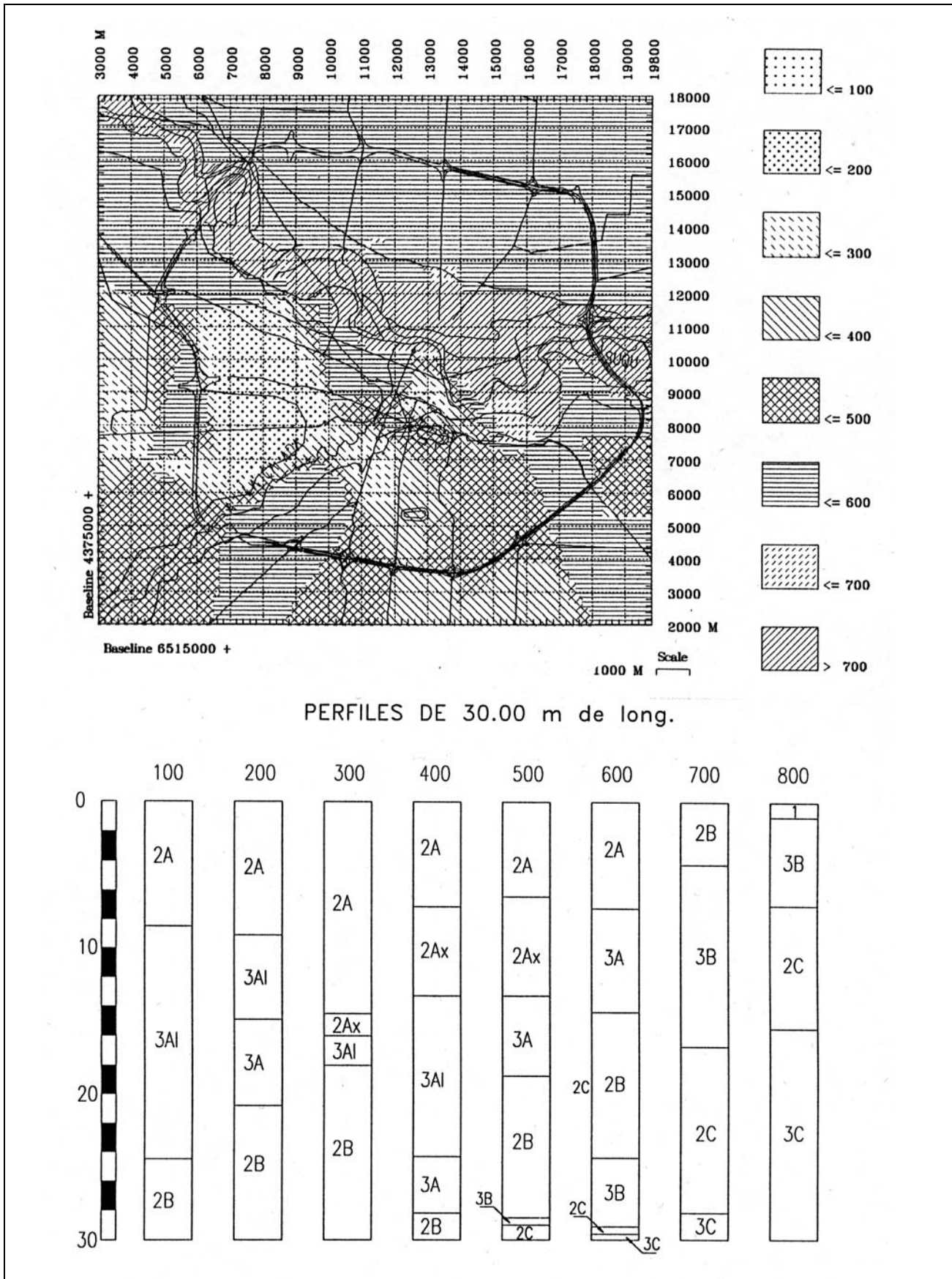


FIGURA 5: ZONIFICACIÓN EN BASE A PERFILES DE 30 m. DE LONGITUD



LISTADO DE EVENTOS

- *November 8-11, 1999, Matsuyama, Shikoku, Japan. International Symposium on slope stability engineering - ing : geotechnical and geoenvironmental aspects.*

General secretary of IS-SHIKOKU'99, Prof. Takuo Yarnagami, Department of Civil Engineering, The University of Tokushima, 2-1 Minami-josanjima-cho, Tokushima 770, Japan. e-mail : takuo@ce.tokushima-u.ac.jp

- *November 8-12, 1999, Bangkok, Thailand. Civil and Environmental Engineering Conference - new Frontiers and Challenges. 80th celebration of AIT. (IAEG co-sponsorship).*

Information Prof. A.S. Balasubramanian. e-mail : bala@ait.ac.th

- *1999, Norway. Twenty fifth International Tunneling Association Annual Meeting, to be held in conjunction with the World Tunnel Congress '99.*

M.Claude Berenguier, ITA/AITES Secrétariat, 109, avenue Salvador-Allende, F-69500 Bron, France.

- *June 26-30, 2000, Cardiff, UK. Eight International Symposium on Landslides. (Co-sponsored by IAEG and ISSMGE).*

Corresp. : The Secretary British Geotechnical Society, the Institution of Civil Engineers, 1 Great George Street, London SW1 P 3AA, UK.

- *August 6-17, 2000, Rio de Janeiro, Brazil. XXI International Geological Congress, including several Symposium Co-sponsored by the IAEG.*

Address : 31 IGC. Av. Pasteur 404 - Casa Brazil 2000 - Urca, Rio de Janeiro - RS - Brazil CEP 22.290.240. e-mail 3 1 igc @ 31 igc.org - <http://www.3 1 igc>

- *October 10-12, 2000, Hannover, Germany. Engineering Geology and Environmental Planning, an International Workshop organized by the IAEG NG and the BGR. Sponsored by the IAEG.*

November 19-24, 2000, Melbourne, Australia. GeoEng 2000, International Conference sponsored jointly by ISSMGE, IAEG and ISRM.

- *Corresp. : ICMS Pty Ltd, 84 Queensbridge Street Southbank 3006 Vicotia, Australia. E-mail: GeoEng2000@icms.Com.au Website <http://civil-wuw.eng.monash.edu.au/discipln/mgg/Geo2000.htm>*

July-August, 2001, Ekaterinburg, Russia. International Symposium on engineering Geology and Environment; first announcement. (IAEG spons event).

- *August 6-10, 2001, Helsinki, Finiand, "Aggregate 2001 - Environment and Economy", an International Conference "Aggregate 2001". Sponsored by the IAEG.*

Tampere University of Technology, Laboratory of Engineering Geology, P.O. Box 600, FIN-33101 Tampere, Finland. e-mail : kuulavai@ cc.tut.fi or pekka.ihalainen@luyv.fi

- *August 24-27, 2001, Beijing. "First International Conference on sustainable Development in Karst Regions". (Co-sponsors : IAH, IAEG, IUG, AGI)*

Information : Prof. Yuan Daoxian. e-mail: dxyuan@osmanthus.gxnu.edu.cn

- *VII Simposio de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente y Cuarta Reunión sobre Preparación y uso de Mapas Temáticos*

Bahía Blanca, octubre del 2001, asagai@infovia.com.ar

- *2002, Durban, S. Africa. 9th IAEG Congress.*
-

- *2003, Belgrade, Yugoslavia. 31st Congress of the IAH*
-

INDICE

Trabajo	Autor/es	Pág
Editorial		
Instrucciones para autores		
Construcción de mapas geológico-ingenieriles a partir de conocimientos previos compilados en un sistema de información geográfica	<i>Caló, Jorge - Fernández, Elba Marcos, Angel - Aldacour, Héctor</i>	1
Método propuesto para la ejecución de rellenos en el área costera de Vicente López, Buenos Aires	<i>Codignotto, Jorge O. - Kokot, Roberto R. Herrera, Claudia - Richter, Paula</i>	11
Geología aplicada a la ingeniería y al ambiente en el proyecto aliviador de aguas pluviales Cildañez, Ciudad de Buenos Aires	<i>Di Salvo, Carlos A.</i>	17
Modelo preliminar para la evaluación medioambiental de la traza de una tubería usando datos preexistentes y su análisis mediante un sistema de información geográfica	<i>Fernández, Elba - Caló, Jorge Marcos, Angel - Aldacour, Héctor</i>	33
Tosqueras de Luján: estudios de base para su recuperación autosustentable	<i>Gamba, María Teresa Gómez, Carlos E. - Fasoli, Héctor J.</i>	43
Carta de peligrosidad geológica de la hoja de ciudad del Libertador General San Martín, escala 1:250.000. Jujuy – Salta	<i>Gonzalez, María A. - Chavez, Roxana</i>	59
Método mineralógico determinativo del quimismo potencial aplicado a sedimentos loésicos	<i>Karlsson, Alicia - Ayala, Rosa Mansilla, Lilyán</i>	67
Evaluación del comportamiento hidráulico del proyecto de la ribera de Vicente López	<i>Kokot, Roberto R. - Codignotto, Jorge O. Richter, Paula - Herrera, Claudia</i>	73
Factores ambientales y de riesgo geológico en el área costera de Puerto Quequén, provincia de Buenos Aires	<i>Kokot, Roberto R. - Otero, Mariela</i>	87
Influencia de las obras de infraestructura en la calidad del aire de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina	<i>Marcos, Angel - Caló, Jorge Fernández, Elba - Aldacour, Héctor Varela, Pedro</i>	101
Ceolita cristalizada a partir de un gel en un hormigón deteriorado por la reacción álcali-sílice	<i>Marfil, S. A. - Maiza, P. J.</i>	111
Control múltiple del fallamiento neotectónico en las Sierras Pampeanas Orientales, Provincias de Córdoba, San Luis y Santiago del Estero	<i>Massabie, Armando - Mutti, Diana Nestiero, Osvaldo - Sanguinetti, Alicia</i>	117
Evaluación geoambiental preliminar de riesgo costero en Playa Magagna, Chubut	<i>Monti, Alejandro J. A.</i>	125
Zonificación de Córdoba mediante análisis estadístico de perfiles geotécnicos	<i>Rocca, Ricardo J. Quintana Crespo, Enrique</i>	137

A los fines de la impresión del presente volumen se ha recibido
apoyo económico de las siguientes empresas y asociados:

ING. JOSÉ F. SPEZIALE

LIC. JORGE WEXLER

CIMARG S.A.

MINERA TEA SACIF

INSTITUTO DE MATERIALES Y SUELOS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

Copyright 1999 by Editorial ASAGAI
Maipú 645 - 1^{er} piso - 1006 Buenos Aires
Printed in Argentina

*Producción Gráfica y Editorial
Callero y Asociados
(0351) 4245924
e-mail: lcallero@agora.com.ar
Córdoba.*

Se terminó de imprimir en Octubre de 1999
en sistemas de impresión directa
de Callero y Asociados
Córdoba - Argentina