

SERIE
CONTRIBUCIONES
TÉCNICAS

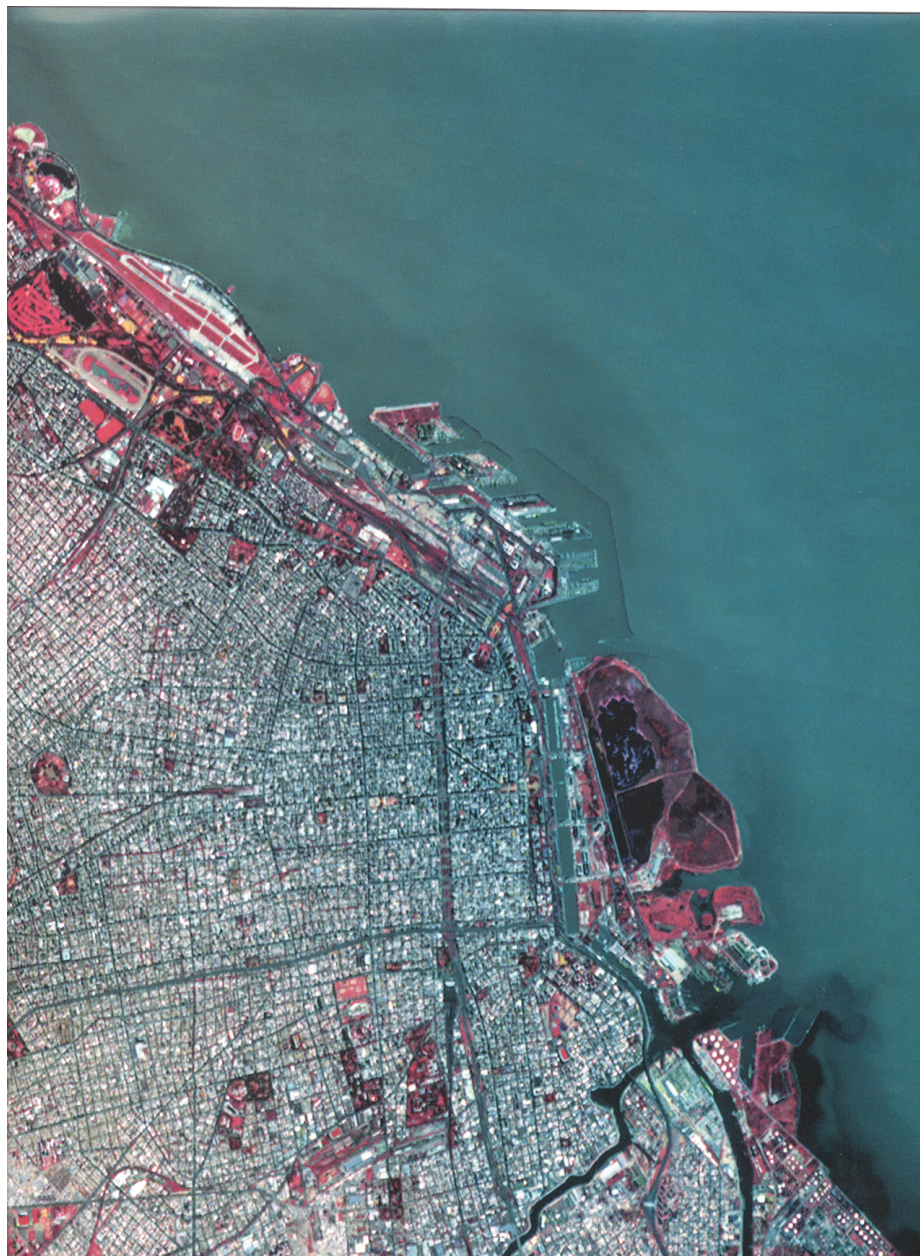
Ordenamiento
Territorial

4

*Geología urbana del área metropolitana
bonaerense (AMBA), Argentina y su
influencia en la problemática ambiental*

*DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA
AMBIENTAL Y APLICADA*

Fernando X. Pereyra



**Geología urbana del área metropolitana
bonaerense (AMBA), Argentina y su
influencia en la problemática ambiental**

Dr. FERNANDO X. PEREYRA

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y APLICADA

Buenos Aires, 2004

AUTORIDADES

**Presidente del Servicio Geológico Minero Argentino
a/c Ing. JORGE MAYORAL**

**Secretario Ejecutivo del Servicio Geológico Minero Argentino
Lic. PEDRO ALCÁNTARA**

**Director del Instituto de Geología y Recursos Minerales
Lic. ROBERTO PAGE**

**Director de Geología Ambiental y Aplicada
Lic. OMAR LAPIDO**

**INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES
SEGEMAR**

Av. Julio A. Roca 651 – 10° piso
1322 Buenos Aires
República Argentina

Es propiedad del Instituto de Geología y Recursos Minerales
Prohibida su reproducción

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| ABSTRACT Y RESUMEN | 1 |
| 1-INTRODUCCIÓN | 2 |
| INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS | 3 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 6 |
| DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO | 6 |
| CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA REGIÓN | 7 |
| 2-CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO | 9 |
| GEOLOGÍA | 10 |
| INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES | 10 |
| ESTRATIGRAFÍA | 11 |
| CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES AFLORANTES | 23 |
| GEOMORFOLOGÍA Y GEODINÁMICA | 25 |
| CARACTERIZACIÓN GEOMÓRFICA REGIONAL DE LA REGIÓN PAMPEANA | 25 |
| UNIDADES GEOMÓRFICAS RECONOCIDAS EN EL AMBA | 30 |
| SUELOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA BONAERENSE | 41 |
| 3-GEOLOGÍA AMBIENTAL | 49 |
| INTRODUCCIÓN | 50 |
| INUNDACIONES EN EL AMBA | 52 |
| ASCENSOS REGIONALES DE LA CAPA FREÁTICA | 58 |
| DISPOSICIÓN DE RESIDUOS DOMICILIARIOS | 61 |
| EXPANSIVIDAD DE SUELOS Y EXTRACCIÓN MINERA DE SUELOS | 65 |
| 4-CONSIDERACIONES FINALES | 67 |
| 5-BIBLIOGRAFÍA | 70 |
| ANEXO FOTOGRÁFICO | |
| ANEXO CARTOGRÁFICO | |

ABSTRACT

Main environmental problems existing in Buenos Aires Metropolitan area (AMBA) are studied here. The AMBA is located in Llanura Pampeana in 32°S y 66°W. Since its foundation in 1580, this city has experienced a sustainable population grow, to reach present 13000000 inhabitants. Main geoenvironmental problems that pose a threat to Buenos Aires population are: floodings, water contamination (surficial and subterraneous water), soil degradation (contamination, physical and chemical degradation and agricultural land loss), domiciliary and industrial waste disposal and sanitary landfills, arids mining derived problems, expansive soils and atmospheric contamination. This paper focuses on the geological and geomorphological aspects, which have controlled their occurrence. Thematic mapping of main physical environment features appears as desperately needed tool for solving these problems.

RESUMEN

Se estudian los principales problemas ambientales existentes en el Área Metropolitana Bonaerense (AMBA). El AMBA se localiza en la Llanura Pampeana en 32°S y 66°W. Desde su fundación en 1580 la ciudad ha experimentado un sostenido crecimiento poblacional hasta alcanzar los casi 13000000 millones de habitantes que tiene en la actualidad. Los principales problemas ambientales que afectan a la población del AMBA son: inundaciones ascensos regionales del nivel freático, disposición de residuos domiciliarios e industriales en rellenos sanitarios, minería de áridos, presencia de suelos expansivos y contaminación de suelos, agua y aires. Esta contribución analiza los aspectos geológicos y geomorfológicos que controlan su ocurrencia. El carteo temático aparece como una de las principales herramientas básicas para a la solución de estos problemas.



Introducción

INTRODUCCIÓN y OBJETIVOS

El presente informe, Contribución Técnica N ° del SEGEMAR, realizado en el ámbito de la Dirección de Geología Ambiental y Aplicada, dirigida por el Lic. Omar Lapido, fue expuesto como Presentación Invitada en el Simposio de Geología Urbana y Geología Ambiental realizado como parte del XV Congreso Geológico Argentino de El Calafate, prov. de Santa Cruz en abril del 2002. Fruto de un convenio realizado entre la Secretaría de Planeamiento Urbano del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y la FCEyN de la Universidad de Buenos Aires, se confeccionaron una serie de mapas temáticos del Área Metropolitana Bonaerense y de la Ciudad de Buenos Aires que incluyen los mapas geológicos, geotécnicos, geomorfológicos, de suelos y de susceptibilidad al anegamiento a escalas 1:25000 para la CBA y 1:100000 para el AMBA (que se adjuntan en el Anexo Cartográfico). Asimismo, se ha realizado un informe tendiente a la caracterización del medio físico en el cual se localiza el Área Metropolitana Bonaerense. Este material ha sido utilizado en la confección del Documento Final del Plan Urbano Ambiental, como un material de referencia (SPU-GCBA, 2001). Dicho informe constituye la base de la presente contribución, si bien la parte correspondiente a los problemas ambientales es un avance de otras investigaciones en realización por parte del autor. La presente contribución ha contado con la lectura crítica de los Doctores E. González Díaz, José Ferrer y Horacio Rimoldi, quienes han realizado valiosas sugerencias que han permitido mejorarla sustancialmente.

La localización de asentamientos humanos, su estructura interna y funcionamiento está fuertemente influenciado por los factores ambientales y, particularmente por la configuración del terreno. En los países en desarrollo un manejo poco efectivo de las tierras en zonas urbanas resulta en una generalizada degradación de suelos, agua y paisaje y en la ocupación de áreas riesgosas, pérdida de espacios verdes y de tierras agrícolas. En el Área Metropolitana Bonaerense (AMBA) viven más de 13 millones de personas. Más de un tercio de la población y casi el 50% de participación en la generación del PBI de Argentina se encuentran concentradas en menos de 6000 Km². El AMBA está ubicada en la Llanura Pampeana a los 32°S y 66°W. La región en la cual se encuentra localizada la ciudad de Buenos Aires, en líneas generales, presenta condiciones adecuadas para el establecimiento de una gran ciudad. Posee un relieve suave, buena provisión de agua subterránea y superficial, suelos de excelente calidad agropecuaria, ausencia de grandes potenciales peligros naturales y provisión de materiales aptos para la construcción. No obstante, el gran crecimiento experimentado por el AMBA y las propias características socio-económicas del mismo han resultado en la existencia de grandes problemas geoambientales, algunos de difícil solución. Así, el crecimiento desordenado y sostenido de la ciudad en el último siglo, ha tenido lugar sin el establecimiento de pautas mínimas de ordenamiento territorial que tuvieran en cuenta las características del medio físico,

un ejemplo de esta falta de previsión es la ocupación de zonas anegables (planicies de inundación, cubetas y bajos) y la mala elección de sitios para la disposición de residuos con su consecuente contaminación de las aguas.

En las últimas décadas, ante la existencia de una creciente presión propia de la actividad humana, y paralelamente, un mayor grado de conocimiento de las causas y efectos de los diferentes riesgos geológicos, estos han comenzado a tener mayor influencia en la determinación de políticas y prioridades para inversiones o emprendimientos económicos en general y en la fijación de pautas de ocupación del territorio, constituyendo un elemento que debe ser tenido en cuenta necesariamente al realizarse propuestas de ordenamiento territorial. En consecuencia, es necesario un mayor grado de conocimiento acerca de los fenómenos naturales y la relación existente entre los mismos y la actividad antrópica; a los efectos de que su accionar sea armónico. Asimismo, la universalmente reconocida interdisciplinariedad del abordaje de la Problemática Medioambiental, requiere el desarrollo de un lenguaje común a todos sus integrantes y un conocimiento de los aportes realizados desde otras aproximaciones a esta acción común. En el caso de las aplicaciones a zonas urbanas y particular a grandes aglomeraciones poblacionales como el caso del AMBA, esta aplicación ha sido aún más tardía. Los riesgos naturales se derivan de las posibles interacciones entre los sistemas geomorfológicos funcionales y las actividades humanas. Estas interacciones poseen en primer lugar una componente espacial en el cual el uso y ocupación del territorio por un lado, y la actividad geomorfológica por el otro, aparecen plasmadas en mapas (cartografía temática). En consecuencia la cartografía temática aparece como una de las herramientas fundamentales en la predicción y prevención de los riesgos geológicos. Los mapas de peligrosidad-riesgo son medidas no estructurales de mitigación porque son medios que permiten determinar los potenciales sectores en riesgo de un territorio para planificar su uso. Esta, en muchos casos ha sido una actividad soslayada o directamente dejada de lado, en muchas de los planes y acciones ejecutadas hasta el presente en nuestro país y por lo tanto se plantea como uno de los principales objetivos de la presente contribución.

Desde el momento de su segunda fundación, en 1580, hasta el presente, la región del Conurbano Bonaerense ha experimentado un sostenido pero dispar crecimiento. El AMBA se encuentra constituido por la Ciudad de Buenos Aires, el denominado Gran Buenos Aires (subdividido en dos Coronas o Cinturones concéntricos, la 1° y la 2°), el Gran La Plata y la Tercera Corona, esta última constituye el anillo exterior, conformando una semicircunferencia con un radio aproximado de 80 Km. En 1991 el Gran Buenos Aires (GBA) presentaba una población de 11.323.565 habitantes, según los datos del censo de 1990, de los cuales, en la ahora autónoma Ciudad de Buenos Aires, se encontraban 2.955.002 habitantes. Hacia el sudeste, sin solución de continuidad, se encuentran los partidos integrantes del Gran La Plata,

con una población de 665.103 habitantes (tabla 1 a y 1 b). Actualmente (1999), todo el AMBA supera los 13.000.000 de habitantes.

| Jurisdicción | 1869 | 1895 | 1914 | 1947 | 1960 | 1970 | 1980 | 1991 |
|------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| Ciudad de Buenos Aires | 187126 | 663854 | 1575814 | 2981043 | 2966634 | 2972453 | 2922829 | 2955002 |
| Gran Buenos Aires | 51134 | 149324 | 499263 | 1802693 | 3908943 | 5573619 | 7129447 | 8268563 |
| AMBA* | 242215 | 813178 | 2075077 | 4783736 | 6875577 | 8546072 | 10052276 | 11323565 |

Tabla 1 a: crecimiento poblacional en el AMBA
* excluyendo gran La Plata

| Jurisdicción | 1869-95 | 1895-1914 | 1914-47 | 1947-60 | 1960-70 | 1970-80 | 1980-91 |
|------------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Ciudad de Buenos Aires | 4.99 | 4.65 | 1.95 | -0.04 | 0.02 | -0.17 | 0.10 |
| Gran Buenos Aires | 4.21 | 6.56 | 3.97 | 6.13 | 3.61 | 2.49 | 1.54 |
| AMBA* | 4.77 | 5.19 | 2.49 | 2.83 | 2.20 | 1.64 | 1.14 |

Tabla 1 b: tasa de crecimiento poblacional anual en el AMBA
* excluyendo Gran La Plata

La Ciudad de Buenos Aires posee una superficie de 20.000 ha y el GBA, 388.000 ha. La densidad de población ha aumentado desde 1869 desde valores medios comprendidos entre 21 y 200 hab./ha, hasta valores de más de 400 hab./ha, en importantes sectores de la ciudad de Buenos Aires y un valor medio, para el GBA de 29 hab./ha. Recientemente, según datos del censo del 2001, aún no publicados, la población de la CBA se ha reducido en 200000 habitantes, si bien a nivel AMBA se constata un crecimiento de toda la región a un ritmo considerablemente inferior al anterior.

Los objetivos generales propuestos son:

- Caracterizar desde el punto de vista ambiental aspectos físicos de la Ciudad de Buenos Aires.
- Generar información geológica, geomorfológica, geodinámica y geoquímica actualizada, mediante el uso de métodos y técnicas probadas de última generación.
- Suministrar información cartográfica temática que permita visualizar de forma rápida y eficaz la síntesis de la información geológico-ambiental del medio urbano. Elaborar un

informe sobre los aspectos físicos que pueda considerarse como un estudio base para el desarrollo de programas y/o pautas de ordenamiento territorial y ocupación del espacio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de las tareas planteadas se han utilizado diferentes técnicas y procedimientos. Se ha analizado la profusa, si bien a veces dispersa y contradictoria, información bibliográfica existente (tanto publicada como inédita) disponible en diferentes organismos públicos y privados. La misma fue analizada y ponderada, sistematizándose los diferentes aportes en un esquema consistente y representativo. En segundo lugar se analizaron decenas de perforaciones y datos de excavaciones, principalmente las perforaciones del ex Servicio Geológico Nacional (actualmente SEGEMAR) y datos inéditos facilitados gentilmente por el Dr. H. Rimoldi de la citada repartición.

Los mapas se confeccionaron utilizando las metodologías habituales, que incluyen la fotointerpretación de fotos aéreas a diferentes escalas, provenientes de distintos organismos, como el Instituto Geográfico Militar, el Servicio de Hidrografía Naval y el M.O.P. de la provincia de Buenos Aires. Asimismo se utilizaron imágenes satelitarias, TM.-LANDSAT y SPOT, de distintos años, procesadas según las técnicas habituales. La base topográfica utilizada ha sido la publicada por el I.G.M., a escalas 1:50000, 1:100000 y 1:250000, así como mapas de la Dirección de Catastro de la provincia de Buenos Aires y mapas suministrados por la Secretaría de Planeamiento Urbano del G.C.B.A. a diferentes escalas. Finalmente se realizaron numerosos controles y observaciones de campo en distintos sectores de la Ciudad de Buenos Aires y Área Metropolitana considerados básicos para la investigación.

DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio ha sido delimitada desde el punto de vista geológico-ambiental en mapas a escala adecuada, a partir de sus accidentes naturales (cursos de aguas, divisorias de cuencas hidrológicas e hidrogeológicas, geomorfológicas, etc.) cuya dinámica y grado de antropización tienen influencia directa en los procesos geodinámicos que se desarrollan en la Ciudad de Buenos Aires. Es por ello que se ha ampliado el área de estudio fuera de los límites políticos de la ciudad a un área próxima algo mayor, denominada Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

Los principales cursos fluviales que atraviesan la Ciudad de Buenos Aires tienen sus nacientes fuera del territorio de la misma. El manejo de las cuencas, surgido a partir del conocimiento del medio físico y su dinámica, necesariamente debe comprender los límites naturales de los sistemas considerados y, por lo tanto, trascender los límites políticos-jurisdiccionales.

Consecuentemente, la zona considerada abarca la denominada Segunda Corona del Gran Buenos Aires y en algunos sectores trasciende hacia la Tercera Corona. Los límites aproximados son los Partidos de Escobar, Gral. Rodríguez, Marcos Paz y Berisso. En la figura 1, Mapa de Ubicación se encuentra representada la zona abarcada por el presente estudio.

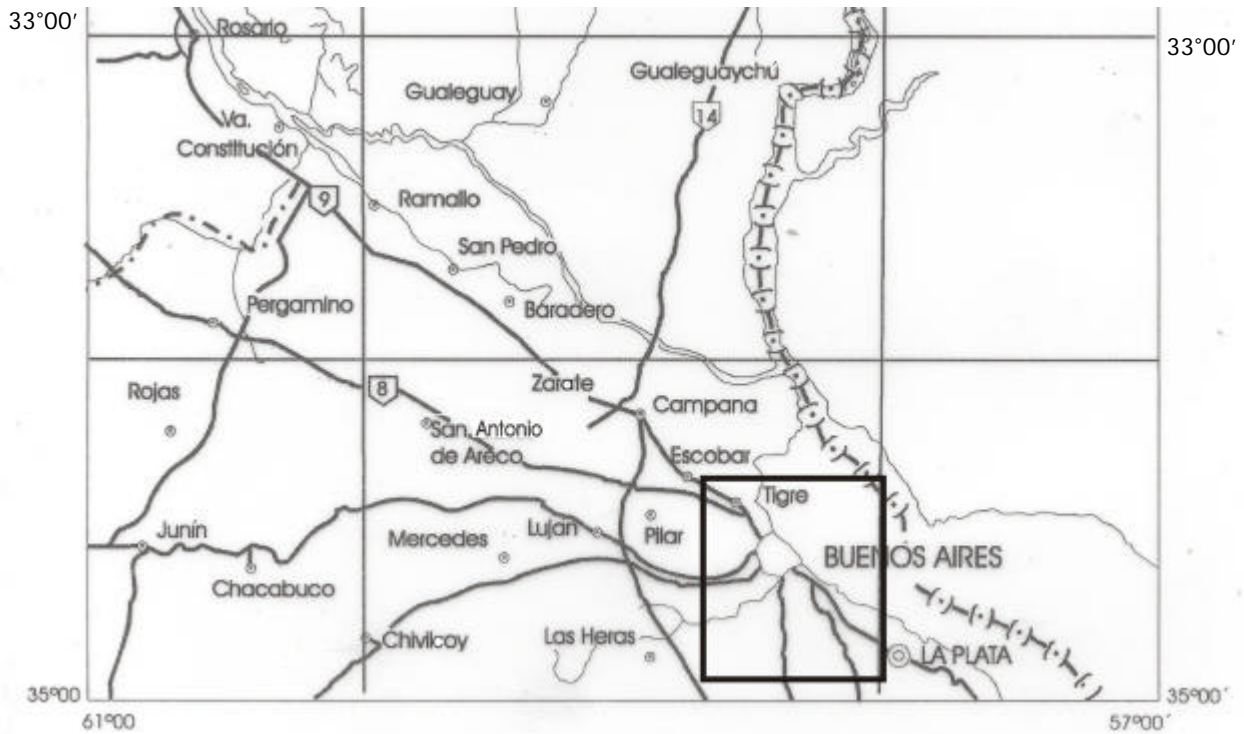


Figura 1. Mapa de ubicación del Área Metropolitana Bonaerense

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LA REGIÓN

El clima de la región es del tipo subhúmedo-húmedo, tipo Cfa (utilizando la Clasificación modificada de Koeppen, 1995) Mesotermal sin estación seca, con una media pluviométrica de alrededor de 1.200mm y una temperatura media anual de 15°C. En la cuenca del río Matanza-Riachuelo la media anual, considerando tres estaciones de medición, es de 1.009mm, con una máxima diaria puntual de 149mm, de 157mm para 48 horas y 218 mm para 72 horas. Es razonable extrapolar estos valores a la cuenca del río Reconquista y, en general, a todas las cuencas del Área Metropolitana Buenos Aires (AMBA). Los meses con mayores precipitaciones son febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Las precipitaciones no son de tipo estacional. Las tormentas son predominantemente de tipo ciclónicas y ocurren, sobre todo, durante los meses de marzo, abril, mayo y agosto, septiembre, octubre. Las de tipo convectivo en cambio, son de menor duración y ocurren en verano.

Valores pluviométricos especialmente altos, a partir de lluvias de gran intensidad, son los principales motivos de inundaciones, como por ejemplo, en 1992 cuando llovió más de 42mm en una hora y en febrero de 1998, más de 73mm en dos horas. Se registraron inundaciones de importancia el 26/1/85 con 192mm en el día; el 31/5/85 con 184mm; el 25/3/88 con 102mm, etc. Recientemente, durante el mes de enero del 2001, se produjeron precipitaciones especialmente altas, con la particularidad de presentar una dispar distribución y grandes variaciones intraregionales. Así, por ejemplo, el 25 de enero, en el observatorio de Villa Ortuzar del Servicio Meteorológico Nacional se detectaron precipitaciones de 84 mm en una hora y Aeroparque se midieron 102 mm mientras que en sectores del oeste del AMBA, los valores no alcanzaron los 30 mm. Recientemente, el "efecto del Niño" (ENSO) ha resultado en un incremento de las precipitaciones medias anuales y en la frecuencia de tormentas, tornando el clima más subtropical. De esta forma, por ejemplo el mes de mayo del 2000, con 342 mm fue el mes de mayo más lluvioso del siglo, al igual que el mes de enero del 2001 y así con otros períodos.

El excedente hídrico es del orden de los 200mm anuales. En la cuenca del Matanza-Riachuelo tuvieron lugar en numerosas ocasiones, lluvias que superaron los 100mm en un día. Todas ellas provocaron anegamientos. Si bien lo incompleto de los datos de precipitaciones impide calcular debidamente las probabilidades de que ocurran lluvias de más de 100mm en la región, de los datos existentes surge que es bastante probable. Se citan valores de la cuenca del Matanza-Riachuelo, porque siendo este el río crítico en materia de inundaciones, es también el más estudiado. Se considera una aproximación correcta extrapolar los valores al AMBA.

El Río de la Plata experimenta ascensos importantes como consecuencia de los fuertes vientos procedentes del sudeste (sudestadas). El ascenso del Río actúa como tapón hidráulico, e impide el desagüe de los cursos tributarios, los cuales se desbordan, si a su vez están creciendo, lo que ocurre en general cuando sopla el sudeste, que trae temporales de intensas lluvias. El Río de la Plata puede crecer hasta 4m respecto de su nivel de referencia (cero del Riachuelo) como por ejemplo 4.44m el 15/4/40; 4.06 en 1989; 3.90m el 6/2/93; 3.39m el 10/12/93, etc. Estas crecientes del Río de la Plata producen anegamientos en su planicie aluvial, como por ejemplo en la zona de la Boca y Barracas (en la ciudad de Buenos Aires) y en los partidos de Lomas de Zamora, Lanús y Avellaneda (en la Provincia de Buenos Aires) donde se producen inundaciones a partir de ascensos de 2.70m por encima del cero de referencia.



Caracterización del medio físico

GEOLOGÍA

Introducción y antecedentes

Las características del sustrato geológico influyen en una serie de aspectos entre los que se cuentan la capacidad de infiltración, la capacidad de soporte de fundaciones, la aptitud frente a diversos usos potenciales y otros relacionados con el aprovechamiento geotécnico del espacio urbano. La zona abarcada en el presente estudio, desde el punto de vista geológico, se encuentra comprendida dentro de la provincia geológica de la Llanura Chaco-Pampeana. Caracteriza a esta provincia geológica, la más extensa de nuestro país ya que abarca más de un cuarto de la superficie total de Argentina, la casi total ausencia de afloramientos rocosos más antiguos que el Neógeno (menos de 20 millones de años). Limita hacia el sur con la Provincia Geológica de la Cuenca del Salado y, hacia el noreste, ya en Uruguay con el ambiente de basamento antiguo. Por otro lado, y debido a sus características geomorfológicas, la presencia de afloramientos de sedimentos cuaternarios se restringe a los sectores aledaños a los cursos fluviales actuales. Sin embargo, esta generalizada característica enmascara una compleja y variada geología esencialmente de edad cuaternaria. Los lineamientos geológicos regionales han sido obtenidos de diferentes autores, en particular, Gentili y Rimoldi (1979), Russo y otros (1979), Chebli y otros (1989), De Francesco y otros (1999) y Ramos (1999).

La geología de la Región Pampeana fue la primera que se estudió en nuestro país. Ya en la primera mitad del siglo XIX, diversos naturalistas de origen europeo, de paso por nuestro país, realizaron las primeras descripciones geológicas, estratigráficas y paleontológicas. Estos estudios, algunos de los cuales aún poseen actualidad, fueron sentando las bases fundamentales de la geología de la región. Dentro de esta primera aproximación al conocimiento de la geología de la Llanura Chaco-Pampeana, destacan los trabajos de Darwin (1846), D'Orbigny (1847), Moussy (1860), Doering (1882) entre otros.

A partir de la década del '80, comienza a trabajar en la región el primer naturalista argentino, Florentino Ameghino. Sus trabajos, teniendo en cuenta el grado de avance de las ciencias geológicas en esa época, poseen un nivel y una profundidad que no dejan de asombrar. Ameghino (1898) sienta las bases fundamentales de la geología de la Región Pampeana, realizando un esquema estratigráfico para la región, que en sus lineamientos principales aún mantiene toda su vigencia. Con posterioridad a Ameghino, diversos investigadores profundizan y mejoran el esquema por él planteado, fundamentalmente durante la primera mitad del siglo XX. Entre otros merecen citarse Frenguelli (1950, 1955 y 1957), quien abordó problemas estratigráficos, paleontológicos y geomorfológicos y Rusconi (1938) que estudió la geología del subsuelo de la zona de la ciudad de Buenos Aires y alrededores. Tapia (1937) estudió la

estratigrafía de vastos sectores de la Llanura Chaco-Pampeana, relacionándolos con aspectos paleoclimáticos.

En la segunda mitad del siglo XX, con modernas metodologías y nuevos métodos de dataciones, numerosos autores abordaron el estudio de la geología de la región considerada. Nombrar a todos aquellos que hicieron aportes significativos al conocimiento de la evolución geológica de la región escapa a los alcances de este trabajo. Sin embargo, sólo para nombrar algunos, se señala a Teruggi (1957) y González Bonorino (1965) por sus estudios acerca de las características del loess pampeano; Pascual y colaboradores, así como Tonni y colaboradores (1999) por sus estudios faunísticos y paleoambientales y por el establecimiento de las edades mamífero para la región. Fidalgo y otros (1973 a y b, 1975, entre otros) y Cortelezzi y Lerman (1971) y Cortelezzi y otros (1999) avanzaron en la caracterización y datación de las distintas unidades cuaternarias. Finalmente, Nabel y otros (1993) junto a otros autores, incorporaron los estudios de magnetoestratigrafía, lo que permitió avanzar considerablemente en la asignación temporal de las diferentes unidades descritas y el estudio de las relaciones existentes entre la sedimentación loésica y las variaciones climáticas en Sudamérica.

Estratigrafía

En el ámbito del Área Metropolitana Bonaerense, incluyendo específicamente a la ciudad de Buenos Aires, han sido reconocidas diferentes unidades estratigráficas. Algunas de ellas solo se encuentran en subsuelo, mientras que otras afloran en superficie. Dentro de las primeras, indicadas de más antiguas a más nuevas (y por ende de más profundas a menos profundas) se encuentran: 1) Basamento Cristalino, 2) Formación Olivos, 3) Formación Paraná y 4) Formación Puelche o "Arenas puelches". Dentro de las segundas: 1) Formación Ensenada ("ensenadense"), 2) Formación Buenos Aires ("bonaerense"), 3) Formación Luján ("lujanense"), 4) Formación Querandí ("querandinense"), 5) Formación La Plata ("platense"), 6) Formación La Postera ("platense" eólico), 7) Depósitos fluviales recientes (incluyendo al "platense" fluvial), 8) Depósitos palustres y 9) Depósitos de deltáicos. La distribución de estas unidades se puede observar en el mapa anexo (Mapa geológico del AMBA a escala 1:100.000 y de la CBA a escala 1:25000) y en las figuras 2, 3 y 4 que muestran la distribución espacial de las diferentes unidades geológicas reconocidas, aflorantes y subaflorantes y las características principales en la Tabla 2.

En subsuelo, las unidades reconocidas para la región incluyen el Basamento Cristalino, que se encuentra a alrededor de 250-350 metros de profundidad y a unidades estratigráficas de edades terciarias. El Basamento Cristalino, de edad precámbrica, aflora en la isla Martín García, a escasos kilómetros de la zona considerada, y se va hundiendo hacia el sur, hacia el

eje de la Cuenca del Salado, en la cual puede encontrarse, limitada por fallas normales, a más de 6000 m de profundidad en el eje de la misma. Perforaciones realizadas por el Servicio Geológico Nacional, en Palermo y en el Zoológico, encontraron a rocas graníticas de basamento a alrededor de 280 m por debajo de la boca de pozo. Hacia el sur del Gran Buenos Aires se va profundizando, a medida que se pasa a la Cuenca del Salado, ubicada inmediatamente al sur, coincidiendo aproximadamente con el desarrollo del río homónimo.

| Unidades estratigráficas | Descripción | Textura | Litología |
|---|--|-------------|-----------------------------------|
| Depósitos deltáicos actual | Depósitos de planicie interdistributaria deltáica, albardones y point bars | CL-OL-ML-OH | Limos, arenas y arcillas |
| Depósitos fluviales recientes | Depósitos fluviales | ML-CL-OL-OH | Arenas y limos |
| Fm. La Plata, "Platense marino" o Fm. Las Escobas | Depósitos de cordones litorales marinos de la Ingresión holocena | CL-ML-GW-GS | Arenas |
| Fm. Querandí, "Querandinense" o Fm. Las Escobas | Depósitos de planicie de marea y albufera de la ingresión holocena | OL-OH-CH | Arcillas y limos |
| Fm. La Postrera o "Platense eólico" | Depósitos eólicos indiferenciados* del Holoceno inferior | ML-SM | Arenas y limos |
| Fm. Luján o "Lujanense" | Depósitos fluviales del Pleistoceno superior-Holoceno inferior | ML-CL-OL-CH | Limos |
| Fm. Buenos Aires o "Bonaerense" | Depósitos loésicos del Pleistoceno superior | ML- MH-SM | Limos |
| "Ingresión Belgranense" | Depósitos marinos antiguos del Pleistoceno superior | CL-ML-GW-GS | Arenas |
| Fm. Ensenada o "Ensenadense" | Depósitos loésicos del Pleistoceno inferior | ML- MH-SM | Limos |
| Fm. Puelche o "Arenas Puelches" | Depósitos fluviales pliocenos | SP | Arenas |
| Fm. Paraná | Depósitos marinos pliocenos | CH | Arcillas, limos y lentes de arena |

Tabla 2: Unidades Aflorantes y sub aflorantes en la región del AMBA y sus principales características

Las extensas lavas jurásicas-cretácicas, conocidas como Fm. Serra Geral, no aparecen en el subsuelo de la zona norte de la provincia de Buenos Aires. En Gualeguay y Gualeguaychú se encuentran a alrededor de 400 m de profundidad y, hacia el sur, en la Cuenca del Salado, se hallan progresivamente a mayores profundidades, también hacia el eje de la citada cuenca. Estas variaciones en la distribución de las unidades en profundidad tienen su correlato en las

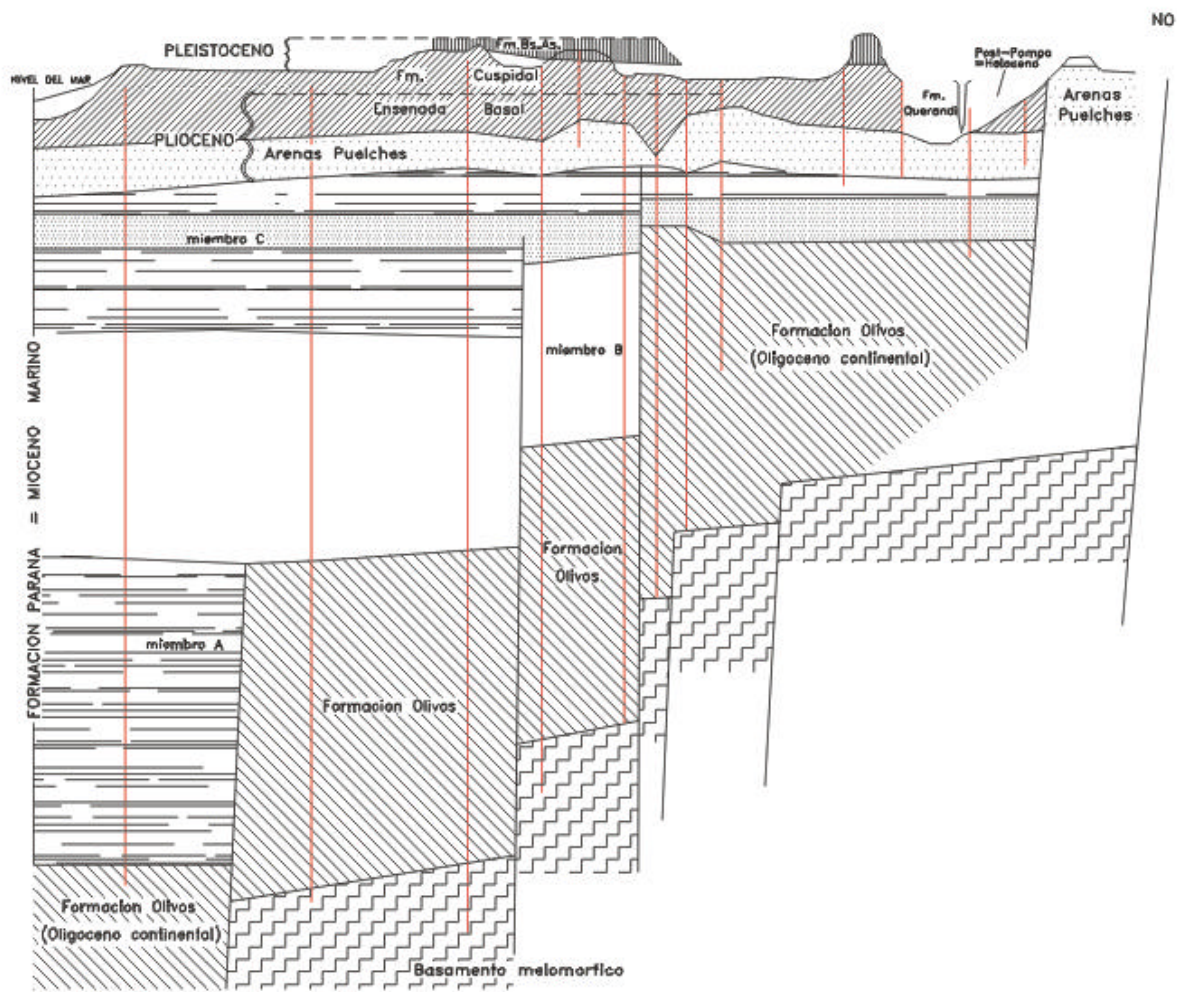
características geomorfológicas, como se verá más adelante, y en la distribución de las unidades neógenas. En provincia de Buenos Aires, las lavas aparecen en perforaciones desde San Nicolás hacia el norte.

Por encima del Basamento Cristalino y tras un gran hiatus, durante el cual probablemente se haya comportado como una unidad positiva, en la región tuvo lugar la depositación de secuencias principalmente continentales (eólicas loessicas y fluviales) y marinas (en diferentes facies) representadas por las formaciones Olivos y Paraná respectivamente. Ambas unidades, en el norte de la provincia de Buenos Aires aparecen solo en perforaciones. Sin embargo, en la provincia de Entre Ríos, desde Victoria hacia el norte aflora la segunda. En Uruguay, afloran las secuencias continentales de la Fm. Fray Bentos, correlacionable, al menos parcialmente, con la Fm. Olivos. Si bien sería posible explicar parcialmente estas diferencias en la aparición de las unidades por la existencia de un paleorelieve, es sugerente la relación con las estructuras del basamento y con rasgos geomórficos, por lo que también podría responder a reactivaciones de las estructuras preexistentes en tiempos recientes, aún en el Terciario superior.

En el subsuelo de la Ciudad de Buenos Aires la Formación Olivos alcanza 200 m de espesor, tal como puede apreciarse en perforaciones realizadas en Palermo y en Recoleta. Son limos y arenas de coloraciones rojizas, de ambiente continental y de edad oligocena-miocena. Conforman el denominado “rojo” por los perforistas, contrastando claramente con el “verde”, como se conoce a la Formación Paraná. Esta última, que la sobreyace, presenta un límite ligeramente concordante con la Fm. Olivos, hallándose parcialmente interdigitada en los términos superiores.

El techo de la Fm. Paraná se encuentra entre -40 y -80 m de profundidad. Recientemente (Marengo, com. Pers.), se han identificado intercalaciones marinas dentro de la Formación Olivos, que recibieron el nombre de Formación Laguna Paiva. Estas areniscas y argilitas terciarias a veces pueden ser confundidas con la Formación Paraná, pero son más antiguas. La Formación Paraná posee un espesor variable, que también va aumentando hacia la Cuenca del Salado. Son arenas y arcillas grises-azuladas, verdosas, algo plásticas y compactas que contienen agua salada. En el subsuelo del AMBA su espesor oscila entre 30 y 50 metros, superando los 400 m en la Cuenca del Salado.

Tras la gran ingesión del Mioceno medio a superior representada por el denominado “mar paranaense”, tuvo lugar durante el Plioceno superior en la región, la depositación alternada de sedimentos eólicos (loésicos) y fluviales (esencialmente arenas), en la zona continental y diferentes depósitos marinos en la zona litoral, debido a las ingresiones marinas que afectaron la región. En primer lugar se consideran los depósitos continentales para después describir los depósitos marinos y litorales.



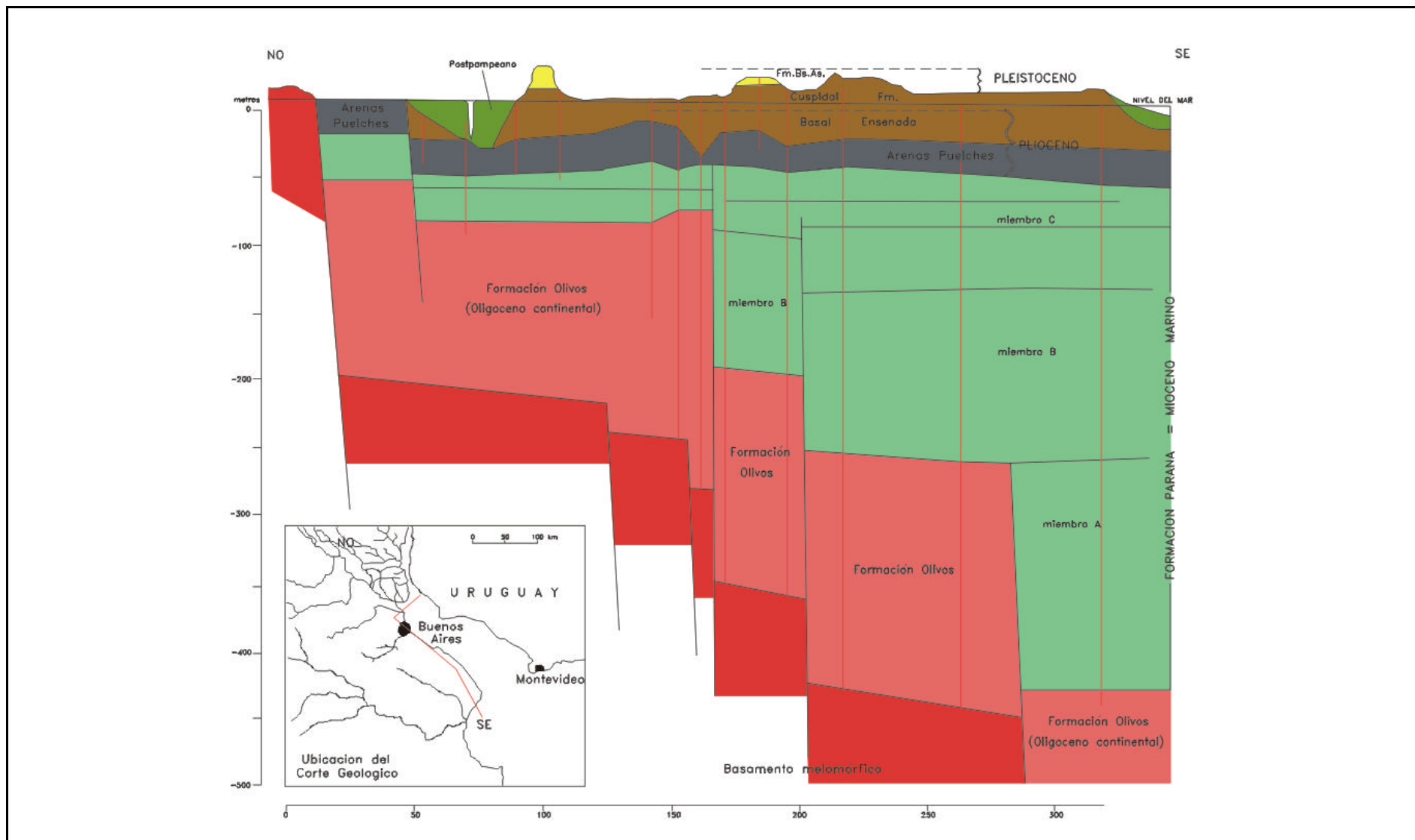


Figura 2

Los sedimentos loésicos se interdigitan con los depósitos fluviales según la paleomorfología dada por el antiguo río Paraná durante la regresión del mar paranaense y su posterior evolución hacia un sistema netamente fluvial. Los sedimentos eólicos han recibido diferentes denominaciones y fueron objeto de dispares consideraciones estratigráficas, como por ejemplo “pre-Ensenadense” o fueron incluidos dentro del “ensenadense” como un miembro mixto, denominado “infraensenadense”. Estas litologías no afloran en la zona pero han sido reconocidas durante la construcción del Puerto de Buenos Aires entre -4 y -11 m de profundidad.

Las arenas fluviales, con intercalaciones de arenas gravilosas y conglomerádicas son conocidas como “Arenas Puelches” y han merecido numerosos estudios geológicos ya que constituyen el acuífero principal del AMBA (más del 40% de área se aprovisiona del mismo). El espesor de la Fm. Puelches oscila entre 15 m y 40 m y la componen esencialmente arenas cuarzosas y aparecen, en el AMBA, generalmente por debajo de -20 m a -30 m de profundidad. En la Mesopotamia afloran generalmente al pie de las barrancas de los ríos Paraná y Uruguay, recibiendo las denominaciones de formaciones Ituzaingó y Salto Chico respectivamente, pese a que ambas muestran diferencias litológicas apreciables. Por ejemplo, en la Fm. Salto Chico son más frecuentes los niveles de arenas conglomerádicas con rodados de calcedonia y ópalo. Tienen una porosidad que oscila entre el 20 y 31% y escaso cemento. Conformando la base de las secuencias aflorantes en la región se encuentran los depósitos loésicos de la Fm. Ensenada (“ensenadense”). Esta unidad presenta numerosas intercalaciones fluviales y lacustres, lo que le confiere marcada heterogeneidad. Su espesor oscila entre 7 y 40 m, siendo lo más común 20-25 m como se observa en la zona considerada en el presente estudio. Su techo se encuentra generalmente a cota 7-9 msnm. Los sedimentos son limo-arenosos finos, con colores típicos 7.5YR7/4 (Munsell Color Chart). Muestra un aspecto compacto y presenta numerosos rasgos pedológicos, como horizontes argílicos, nátricos, cálcicos y petrocálcicos en diferentes sectores de la misma. El “ensenadense” posee hacia el techo dos paleosuelos que fueron denominados Geosol Hisisa y Geosol El Tala (más viejo y más nuevo respectivamente) por Nabel y otros (1993). Según estos autores el primero indicaría el pasaje de una polaridad reversa a una normal (límite Bruhnes-Matuyama) y el segundo correspondería al límite formacional Ensenada-Buenos Aires. La Fm. Ensenada posee básicamente una polaridad reversa y por lo tanto sería más antiguo que 0,78 Ma, salvo su parte superior (generalmente menos de 2 m) que presentaría polaridad normal. Su base estaría cerca del Cron de polaridad normal anterior a Matuyama (Gauss), localizado en el Plioceno superior, cerca del límite con el Pleistoceno, abarcando, consecuentemente, aproximadamente 2 Ma.

Desde el punto de vista de la fauna, toda la unidad posee fauna extinta correspondiente a la edad mamífero “ensenadense” (Tonni y otros, 1999), biozona de *Tolypeutes pampeus*.

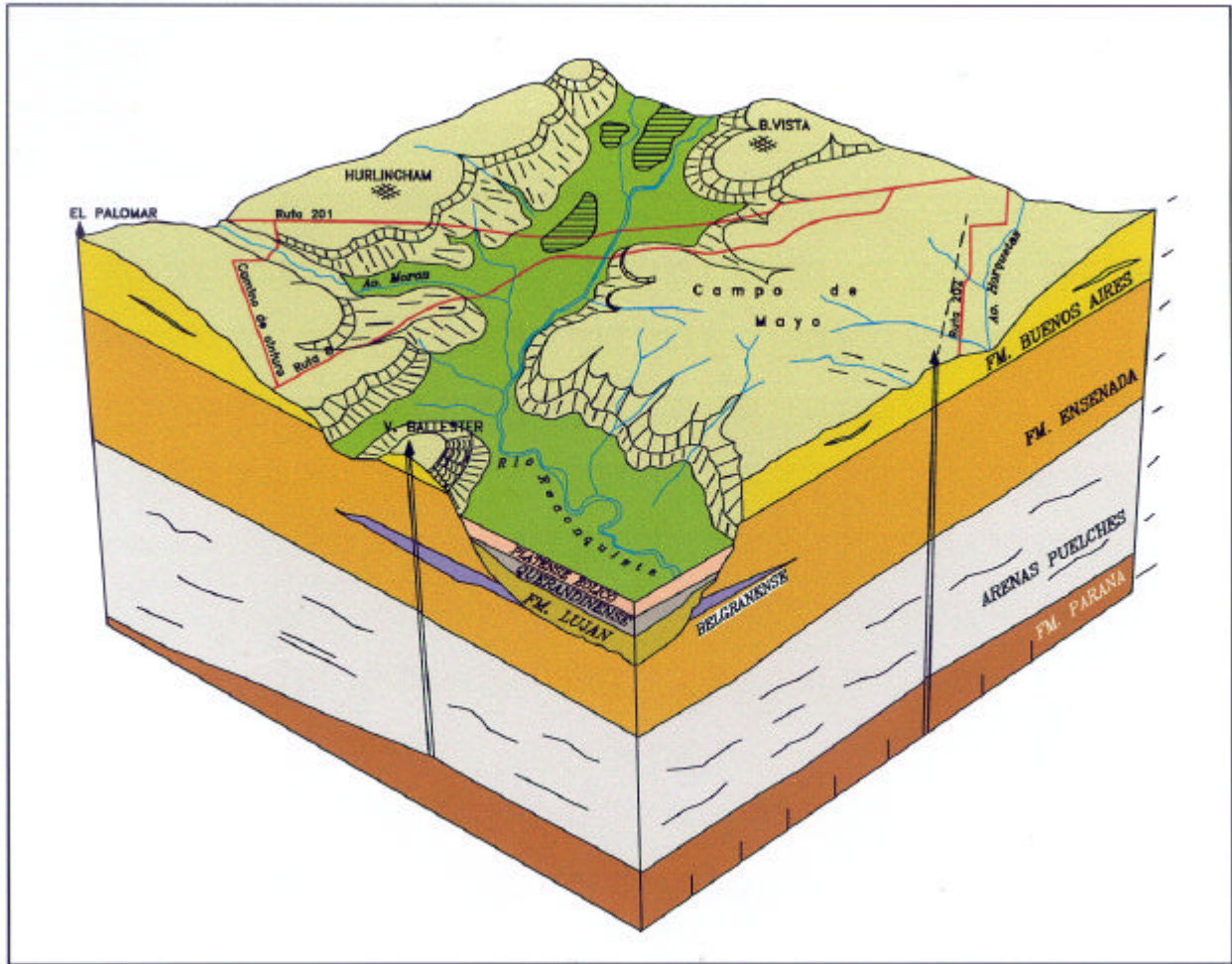


Figura 3

Desde el punto de vista mineralógico, los limos loessoides muestran predominio de materiales de origen volcánico (vitroclastos, piroclastos y fragmentos líticos de rocas volcánicas, pumíceas y de fenocristales de plagioclasa), con subordinada participación de cuarzo y feldespatos y otros materiales de procedencia “brasileña”. González Bonorino (1965) señala que la parte inferior de los “sedimentos pampeanos” poseen comparativamente mayores proporciones de materiales no-volcánicos, coincidiendo con la mayor participación de facies fluvio-lacustres hacia la base del “ensenadense”. Tal situación se constata también, en la mayor participación de arcillas smectíticas en la parte inferior y predominio amplio de las illitas en la parte superior. La Fm. Ensenada presenta hacia la parte superior una mayor participación de vidrio volcánico, indicativa de un período de mayor actividad volcánica en Cordillera.

En algunos sectores la Fm. Ensenada tiene en su techo un potente calcrete (“tosca”) que puede superar el metro de espesor con evidentes estructuras pedogenéticas. Este calcrete se evidencia morfológicamente y, en ciertos sectores constituye el piso de los cauces fluviales que atraviesan la planicie loésica, formando resaltes en el perfil longitudinal de los ríos y arroyos.

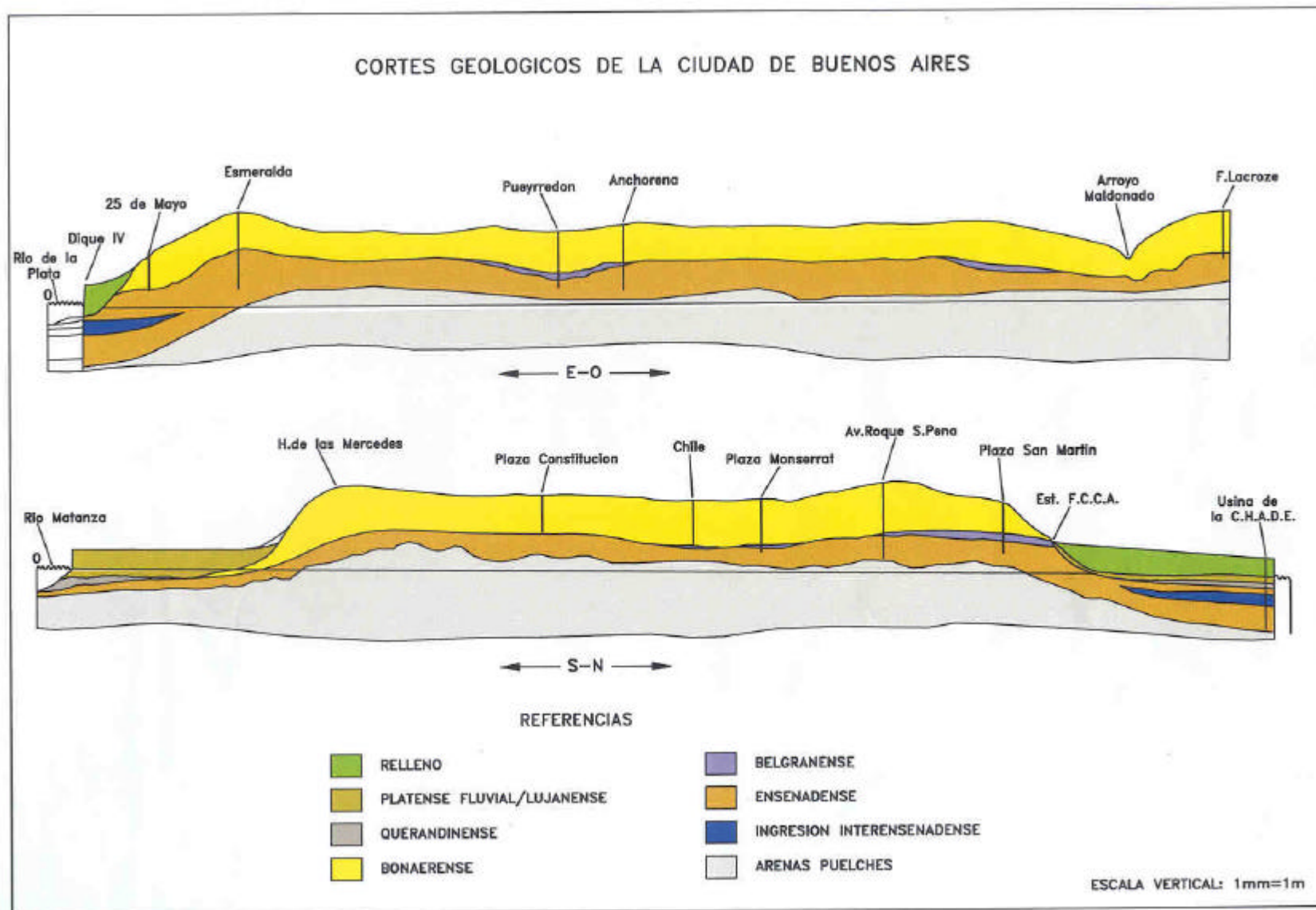


Figura 4

La Formación Ensenada se puede correlacionar parcialmente con las formaciones Rosario (en Santa Fe), Alvear y Hernandarias (en Entre Ríos).

Por encima de la Fm. Ensenada, y en discordancia erosiva, si bien a veces el límite es difícil de establecer, se encuentran los sedimentos loésicos que componen la Fm. Buenos Aires o “bonaerense” según el clásico esquema. Son esencialmente limos eólicos menos heterogéneos que los de la unidad infrayacente. Su espesor medio oscila alrededor de los 7 m. De todas formas presenta numerosos niveles edafizados y calcretes, si bien estos últimos poseen menor dureza que los que se encuentran en la Fm. Ensenada. Conforman el tope de la planicie loésica, salvo en los sectores en los cuales se encuentra parcialmente cubierta por sedimentos “postpampeanos”, más frecuentes hacia el sudeste de la Pampa Ondulada. La coloración típica es 7.5YR8/2, ligeramente más blanquecina y menos rojiza, así como más friable que la anterior.

Carece de estructuras sedimentarias, salvo para el caso de los paleocauces, pequeños cuerpos lacustres y niveles de arenas eólicas. La mineralogía es predominantemente de origen volcánico, pudiendo alcanzar en la zona considerada entre el 40% y el 70% en la fracción arena muy fina-limo grueso. Los litoclastos se encuentran subordinados con predominio de los volcánicos y los cristaloclastos de plagioclasa y cuarzo. En la fracción arcilla dominan las illitas. La fauna está constituida por especies asignadas a la edad mamífero lujanense (fauna extinta) correspondiente a la biozona de *Megatherium americanus* (Tonni y otros, 1999). Desde el punto de vista magnetoestrigráfico, la unidad se ubica en el Cron Bruhnes. Una datación realizada en una muestra obtenida cerca del techo de la Fm. Buenos Aires, por TL, arrojó una edad de 35Ka aproximadamente (dato no publicado). La edad de la base aún no es conocida y por lo tanto es difícil establecer con seguridad alguna correlación entre estos depósitos loésicos y las dos últimas glaciaciones. Esta unidad puede correlacionarse con la Fm. Tezanos Pintos aflorante en Entre Ríos (Iriando, 1980). El loess bonaerense constituye, solo o junto con los sedimentos eólicos “postpampeanos”, el material originario de los suelos “zonales” de la región.

La depositación de sedimentos loésicos se encuentra relacionada con periodos de clima seco. Sin embargo la naturaleza episódica de la acumulación loésica y la presencia de numerosos rasgos pedogenéticos permite suponer que tales condiciones solo fueron necesarias durante los períodos de acumulación del loess y no durante los lapsos comprendidos entre el techo y la base de cada una de las unidades que componen el Pampeano (formaciones Ensenada y Buenos Aires). Es más, los paleosuelos muestran en muchos casos claras evidencias de haber sido de tipo Molisoles, incluso Argiudoles y Natracuoles, suelos que necesitan períodos relativamente prolongados de climas húmedos y templados necesarios para la formación de los horizontes argílicos (Bt) y nátricos (Btn).

Con posterioridad al ciclo pampeano de sedimentación loessica, sigue un período en el cual alternan las condiciones climáticas húmedas y cálidas con condiciones más secas y frías. En líneas generales en las primeras predominan la pedogénesis y la sedimentación fluvial en los valles, mientras que durante las segundas, dominan las acciones eólicas y la erosión hídrica. Según el clásico esquema, los depósitos aludidos se encontrarían incluido en el “post-pampeano”.

Los depósitos fluviales han sido denominados “lujanense” y más recientemente Fm. Luján (Fidalgo y otros, 1975). Esta unidad está limitada a las fajas fluviales y se apoya en forma de discordancia erosiva sobre los sedimentos “pampeanos”. Son limos y arenas fluviales, con laminación y estratificación entrecruzada, correspondientes a facies de canales, planicies aluviales y albardones. Se observan intercalaciones más finas de arcillas laminadas con “capitas” de materiales orgánicos, correspondientes a facies de back swamps (pantanos laterales de una planicie aluvial de ríos de hábito meandriformes). Fidalgo y otros (1975) reconocen dos miembros; los Miembros Guerrero y Río Salado. Los primeros corresponden a sedimentos areno-limosos rojizos y los segundos a las facies más finas con coloraciones gris-verdosas. El espesor de esta unidad varía de un valle a otro, pero generalmente oscila alrededor de 3 m. En el ámbito del AMBA aparecen relacionadas con los principales cursos fluviales, los ríos Matanzas, Reconquista y Luján. En el primero de ellos aparecen por debajo e interdigitados con depósitos marinos en las cercanías del Pte. La Noria, bajo Flores y Lugano-Mataderos. En el río Reconquista se hallan en su curso medio, interdigitándose aguas abajo con el “querandinense” en los Partidos de San Fernando y Gral San Martín.

La alternancia de climas húmedos y secos que caracteriza el Tardiglacial, Hypsitermal y el Neoglacial de la región, ha dado lugar a la presencia de numerosos niveles con rasgos pedogenéticos. Así, en diferentes cursos fluviales, se observan en las terrazas suelos enterrados, generalmente A1 mólicos correspondientes a Hapludoles y/o Endoacuales. Algunos de estos paleosuelos han recibido diferentes denominaciones como por ejemplo los geosoles Pto. Callejón Viejo y Puesto Berrondo (Fidalgo y otros op.cit.). De todas formas, la naturaleza episódica de la sedimentación fluvial y la comparativamente rápida formación de los epipedones mólicos, hace difícil correlacionar en grandes regiones a los paleosuelos de tipo aluvial, como en este caso.

Estos materiales poseen en sus niveles inferiores fauna extinta correspondiente a la Edad Mamífero Lujanense, mientras que la parte superior presentan especies actuales. Diferentes autores dataron por distintos métodos a los sedimentos de la Fm. Luján. A partir de los datos existentes puede asignarse a esta formación una edad comprendida entre el Pleistoceno superior-Holoceno inferior, habiendo comenzado su depositación hace quizás más de 30Ka y siendo parcialmente contemporánea con los términos superiores de la Fm. Buenos Aires.

Cubriendo parcialmente a los depósitos de la Fm. Luján se encuentran en algunos valles materiales fluviales que corresponden al “platense fluvial”. Algunos autores incluyen estos sedimentos dentro del Lujanense, constituyendo su miembro superior, mientras que otros lo ubican dentro del llamado genéricamente aluvio actual. Son generalmente fangos arenosos bioclásticos castaños oscuros que difícilmente superan 1,5 m. Aparecen en el río Luján entre la localidad homónima y Mercedes. Corresponden a ambientes lacustres a palustres. Se les asigna una edad Holocena media a superior. Esta unidad, por una cuestión de escala y por su escaso espesor no ha sido diferenciada en el mapa, incluyéndola dentro de los Depósitos fluviales recientes o dentro de la Fm. Luján.

Durante los períodos secos la acción eólica se volvió dominante en la región, principalmente durante el Tardiglacial y, con posterioridad, durante los diferentes avances de los hielos durante del Neoglacial. La deflación de los sedimentos pampeanos y los materiales fluviales dio como resultado la acumulación de sedimentos eólicos esencialmente arenosos. Estos materiales en la zona de estudio difícilmente superan el metro de espesor y, en el ambiente de la planicie loésica, se encuentra totalmente edafizados. Hacia el sur de la Pampa Ondulada aumenta su espesor y en la zona de la Pampa Deprimida alcanzan su mayor desarrollo. Fidalgo y otros (1973 a y b) incluyó a estos depósitos en la Formación La Postrera. Cubren a las formaciones Buenos Aires, Luján y a los depósitos marinos del Holoceno.

La arenas se encuentran generalmente sueltas y alcanzan mayores espesores en los ambientes de planicies y terrazas fluviales. Poseen fauna actual dentro de la edad denominada Platense por Tonni y otros (1999). Según el esquema clásico, estos materiales corresponderían al “platense eólico” y parcialmente al “Médano invasor” de Tapia. Asimismo, en Córdoba y Entre Ríos estas acumulaciones se corresponden con el llamado “cordobense”. Estos sedimentos poseen edades comprendidas entre el Pleistoceno superior y el Holoceno superior. Esta unidad tampoco ha sido diferenciada en el mapa ya que se encuentra completamente edafizada y formando parte de los suelos actuales.

Las oscilaciones climáticas globales, sumadas a posibles actividades neotectónicas, implicaron nuevas fluctuaciones en el nivel del mar durante el Cuaternario. Así, intercalados en el pampeano en la zona costera, se encuentran a distintas profundidades depósitos correspondientes a intrusiones marinas. El Infraensenadense de Ameghino (1989), fue descrito por Rusconi (1932) en el subsuelo de Buenos Aires, como una capa arenosa y limosa grisácea con restos de conchillas marinas que aparecen a profundidades de -11 m.

Por encima, se encuentra el “Belgranense” que aparece como una intercalación hacia el techo de la Fm. Ensenada o entre ésta y la Fm. Buenos Aires. Presentan una asociación característica de bivalvos y gasterópodos. Edades mínimas por ^{14}C indican una antigüedad del orden de los 35-40Ka, sin embargo al encontrarse estas muy cerca del límite de determinación de este método es altamente probable que posea una antigüedad mayor. Existe controversia si

esta unidad corresponde a la denominada Fm. Pascua por Fidalgo para la Cuenca del Salado o si esta última sería una más nueva ingresión (Pleistoceno superior). Las cotas en las que ambas aparecen son sustancialmente diferentes, ya que en el subsuelo de Buenos Aires las facies marinas con conchillas aparecen a -4m y, hacia el sur en cotas positivas. Depósitos aflorantes al sur de Gualeguaychú se corresponderían probablemente con estos últimos. La explotación de cal en Buenos Aires, durante la época de la Colonia, se hacía a partir de estos depósitos de conchillas en la zona comprendida entre Palermo y Belgrano. Generalmente no supera el metro de espesor. Rusconi (1938) señala la presencia de depósitos marinos pleistocenos en Olivos, Wilde, Pte. La Noria, Lomas de Zamora y en el subsuelo de Pto. Nuevo. Estos antiguos depósitos no preservan su morfología originaria; mientras que por el contrario, los depósitos pertenecientes a la ingresión holocena si han preservado su configuración espacial. Durante el Holoceno la zona del Río de la Plata experimentó las fluctuaciones del nivel de mar relacionadas con el Hypsitermal y el Neoglacial. Al primero le correspondió una fase ingresiva y al segundo una fase regresiva. De todas formas, la evolución regional fue mucho más compleja y cada uno de estas grandes fases estuvo signada por una serie de avances y retrocesos del mar. Según Parker y Marcolini (1992), tras una fase marina en la cual el nivel del mar alcanzó su mayor altura, le siguieron distintos eventos de expansión-retracción estuárica, hasta pasar, hacia el Holoceno superior a una fase decididamente regresiva.

La fase ingresiva está representada básicamente por depósitos de planicies mareales y albúfera, las cuales se extendieron aguas arriba por los valles de los cursos fluviales que desembocan en los ríos de la Plata, Uruguay y Paraná. El mar ingreso hasta aproximadamente cota 6-7 metros, anegando la mayor parte de la zona deltáica (salvo la Isla de Ibicuy) y los tramos inferiores de los ríos y arroyos, como por ejemplo los ríos Matanza-Riachuelo, Reconquista, Luján, Areco y Arrecifes. En Buenos Aires, aparecen en los valles inferiores de los arroyos Maldonado, Vega y Medrano, y en general en el subsuelo de la parte bajo de Belgrano y Nuñez y los bosques de Palermo. Los depósitos son esencialmente arcillo-limosos, de coloraciones grisáceas azuladas, con intercalaciones bioclásticas. Alcanzan espesores del orden de los 2 a 7 m. Se apoyan en forma erosiva sobre los “sedimentos pampeanos” e incluso sobre las “arenas puelches” y sobre los términos inferiores de la Fm. Luján. En ciertos sectores, aguas arriba en los valles fluviales tributarios, las arcillas marinas se interdigitan con los limos fluviales “lujanenses”.

Los sedimentos marinos han recibido diferentes denominaciones, tal cual ocurre (lamentablemente) con todos los depósitos cuaternarios de la región. En el esquema original se los denominó “querandinense”. Posteriormente Fidalgo, para la zona de la Pampa Deprimida, los asignó a la Formación Destacamento Río Salado, si bien en facies más gruesas. Hacia la parte superior, estos sedimentos engranan lateralmente con materiales conchiles, arenogravillosos que forman los cordones litorales actualmente reconocibles en la mayor parte de la

costa bonaerense norte. Estos cordones, algunos claramente litorales marinos y otros probablemente relacionados a ambientes estuáricos transicionales, marcan la fase regresiva de la ingresión holocena. Los depósitos generalmente alcanzan hasta 2 m de espesor, si bien extraordinariamente pueden superar 6 m y se apoyan sobre el “querandinense” y sobre los depósitos fluviales y loésicos más antiguos.

Los cordones litorales han sido datados en diferentes sitios y por diferentes autores por ^{14}C , ocupando un rango de edad que va entre los 7 y 2,5 Ka (Guida y González, 1984; Colado y otros, 1995; Cortelezzi y otros 1999). Estos depósitos bioclásticos fueron llamados Formación La Plata o “Platense marino” por diversos autores y Fm. Las Escobas por Fidalgo. Este autor diferencia dos miembros, uno inferior, esencialmente bioclástico (Mb. Co. de la Gloria) y uno superior, arenoso (Mb. Canal 18). En las zonas marginales aledañas a la Planicie loésica, los cordones litorales fueron sitios repetidamente ocupados por poblaciones previas al contacto con los europeos, encontrándose numerosos sitios arqueológicos de “concheros”. Aparecen desde Quilmes hacia el sur, con mayor desarrollo en la zona de Beriso. Hacia el norte aparecen en San Fernando, Tigre y Escobar, reconociéndose las aguas arriba de los ríos Luján y Reconquista hasta los puentes de la Panamericana.

Finalmente, cubriendo parcialmente a todas las unidades precedentes, pero con mayor desarrollo en el ambiente fluvial actual, se encuentran sedimentos aluviales arenosos y limosos, denominados Depósitos fluviales recientes, depósitos eólicos arenosos, en la zona norte del Delta y sobre el ambiente de cordones litorales, no diferenciados por su escaso espesor en el mapa y Depósitos deltáicos, que incluyen facies finas (limo-arcillosas) de planicies interdistributarias y depósitos gruesos, arenosos de albardones y “point bars”. Han sido identificados diferentes materiales de relleno, separándolos según su naturaleza y granulometría en: 1) rellenos y depósitos finos y orgánicos (zona de la reserva ecológica), 2) depósitos heterogéneos minerales (provenientes de la realización de distintas obras, especialmente los subterráneos y autopista), localizados en toda la zona del puerto y Costanera Norte y 3) depósitos heterogéneos esencialmente orgánicos, provenientes de la acumulación antigua de residuos domiciliarios, importante sobre la margen izquierda del río Matanza-Riachuelo.

Caracterización geotécnica de los materiales aflorantes

Las unidades estratigráficas aflorantes independientemente de su origen poseen propiedades mecánicas y geotécnicas que permiten agruparlos en cinco grandes conjuntos: 1) Limos y arenas finas inorgánicos, 2) Limos y arcillas inorgánicas con subordinadas facies orgánicas, 3) Arcillas y limos orgánicos e inorgánicos, 4) Rellenos finos y materiales orgánicos naturales y 5) Rellenos heterogéneos. Para la clasificación geotécnica de los materiales superficiales se ha

utilizado el Sistema Unificado de Clasificación textural de suelos desarrollado por Casagrande para el U.S. Army Corps of Engineers. Esta clasificación contempla tres niveles taxonómicos, con un nivel superior de cuatro clases, uno intermedio de 8 clases y uno inferior, que agrupa a los sedimentos en 15 clases, todos denotados por letras que hacen referencia a la asociación de texturas.

Es importante tener en cuenta que estas propiedades corresponden a los materiales sedimentarios prescindiendo de las características edáficas de los suelos desarrollados en la parte superficial de los mismos. Tal como se verá en el apartado de suelos, las propiedades pedogenéticas pueden modificar las características geotécnicas de los sedimentos, incluso invirtiendo sus previas características. Este aspecto es generalmente soslayado en las obras de ingeniería y suele traer consecuencias no deseadas. Otro aspecto generalmente no tenido en cuenta es la gran variabilidad lateral que pueden mostrar los sedimentos, vinculados a cambios faciales en los ambientes sedimentarios. Asimismo, suelen mostrar gran variabilidad vertical. En la zona del AMBA, como característica propia de los ambientes de planicies loessicas, la presencia de capas de diferentes grados de compactación es un factor central a tener cuenta. Generalmente esta variabilidad vertical se materializa en forma de horizontes edáficos enterrados (correspondientes a paleosuelos) usualmente antiguos Bt (horizontes argílicos) y niveles de "tosca", correspondientes a horizontes petrocálcicos enterrados y calcretes poligenéticos. Tanto unos como otros suelen limitar severamente la capacidad de infiltración de los materiales. Rimoldi (2001) realiza un primer intento de cartografía geotécnica, la cual ha sido utilizada como base para la presente contribución, si bien las unidades diferenciadas son relativamente diferentes.

Los Limos y arenas finas inorgánicos constituyen la unidad dominante e incluyen a los sedimentos loessicos pampeanos (Fm. Ensenada y Buenos Aires) así como los sedimentos arenosos "postpampeanos", incluidos en la Fm. La Postrera. Utilizando la clasificación del Sistema unificado americano de suelos, los sedimentos pertenecen a los grupos ML, MH y SM. Aparece por encima de cotas de 6 msnm y conforma las amplias divisorias. La segunda unidad, los Limos y arcillas inorgánicas con subordinadas facies orgánicas, pertenecen principalmente a los grupos ML, Cl y, en menor proporción al grupo OL. Incluyen a los sedimentos fluviales más nuevos, así como a los sedimentos fluviales más antiguos ("lujanenses" y "platenses").

Las Arcillas y limos orgánicos e inorgánicos, poseen importante representación areal, disponiéndose por debajo de los 6 msnm, ocupando los tramos cercanos a las desembocaduras de los valles fluviales principales y la planicie poligenética del Río de la Plata. Corresponden a los sedimentos "querandinenses" y "platenses marinos". Finalmente los Rellenos finos y materiales orgánicos naturales y Rellenos heterogéneos poseen propiedades variables resultado de las mezclas de materiales utilizadas para en su realización, que incluyen

materiales de escombros de la construcción, sedimentos pampeanos excavados, materiales refulados de los dragados del Río de la Plata y desechos domiciliarios e industriales.

A modo de conclusión parcial, es posible plantear que los Limos y arenas finas inorgánicos son los materiales aflorantes que poseen menores inconvenientes como materiales de cimentación y las mejores condiciones de drenaje y permeabilidad, mientras que las Arcillas y limos orgánicos e inorgánicos presentan grandes inconvenientes para las cimentaciones, incluyendo proporciones variables de arcillas expansibles y decididamente malas condiciones de permeabilidad. Por lo tanto, todos los terrenos ubicados en cotas inferiores a 6 msnm poseen características desfavorables para la urbanización y la mayor parte de los usos de la tierra que puedan tener lugar en una zona altamente urbanizada. Estos materiales aparecen principalmente en la zona norte y la zona sur de la CBA. Mientras que la segunda posee una menor densidad de población, en la primera se localizan en parte de los barrios de Belgrano, Nuñez, Saavedra y Palermo de alta densidad poblacional, por lo que muchos problemas ambientales de estos sectores se deben, al menos parcialmente a las características geotécnicas del sustrato.

GEOMORFOLOGÍA y GEODINÁMICA

Caracterización geomórfica regional de la Región Pampeana

Los procesos morfogenéticos actuantes en la superficie terrestre son los responsables de la configuración del paisaje. Las formas del relieve condicionan distintos aspectos, cuyo conocimiento es imprescindible para establecer pautas de ordenamiento territorial y evaluar, entre otras, las relaciones escurrimiento superficial/infiltración, las características de las cuencas de drenaje, la evolución de las formas del relieve como respuesta a las actividades antrópicas, etc.

El modelado del paisaje, si consideran grandes regiones y escalas temporales también grandes, es generalmente resultado de la combinación de un conjunto de procesos geomórficos, actuantes en la interfase atmósfera-litósfera, cuyo accionar, intensidades y mutuas relaciones, son función de diferentes factores. Estos pueden dividirse en dos grandes grupos, que en función de las fuentes de energía que los generan: internos y externos. En el primer gran grupo aparecen todos aquellos factores geológicos o estructurales debidos a la dinámica interna de la Tierra, entre los que destacan el tectonismo y el volcanismo. En el segundo caso se encuentran los procesos ligados a la atmósfera, y por lo tanto conocidos como climáticos. Si bien es difícil establecer grados de importancia, puede plantearse que los fenómenos geológicos actúan en escalas espaciales y temporales mayores, por lo que juegan

un papel determinante. Un hecho importante es que las relaciones entre procesos y factores varían según la escala espacial considerada.

El paisaje de la región, tal como lo observamos en la actualidad comenzó a formarse a fines de la Ingresión Paranaense (Mioceno medio), si bien es recién en el Pleistoceno medio a superior (menos de 0,5 Ma) que adquirió la mayor parte de sus rasgos actuales. En líneas generales, el paisaje de la Región Pampeana, en este sector, es resultado de la alternancia del proceso eólico y el proceso fluvial, con breves, pero comparativamente de alto impacto geomorfológico, interrupciones locales debidas a las ingresiones marinas. Desde el punto de vista geomórfico regional pueden diferenciarse 4 Unidades Morfoestructurales (Rolleri, 1975; Yrigoyen, 1975):

- ◆ Área Cratónica del Río de la Plata
- ◆ Pampa Deprimida
- ◆ Delta del Paraná
- ◆ Pampa Ondulada

En líneas generales, estas grandes unidades de paisaje poseen un fuerte control estructural, que ha determinado buena parte de sus diferencias, si bien este, en muchos casos pudo expresarse solamente a través de diferencias en las intensidades y modalidades de los procesos morfogenéticos exógenos. El Área Cratónica del Río de la Plata, corresponde a un sector caracterizado por el predominio de afloramientos de rocas cristalinas precámbricas y más modernas. Presenta un relieve algo más quebrado, con mayores desniveles y pendientes. Geomorfológicamente, puede reconocerse una superficie de planación regional (peneplanicie), actualmente fragmentada y parcialmente exhumada, que aparece a diferentes cotas formando las distintas serranías de Uruguay y sur de Brasil, las que tienen su correlato en las Sierras de Tandil y serranías aledañas. Corresponde a un antiguo relieve muy denudado, formado con anterioridad a la apertura del Océano Atlántico, y que fuera luego fragmentado al formarse las diferentes cuencas (en este caso las del Salado y Paraná).

La formación de la Cuenca del Salado, básicamente la sostenida subsidencia de la misma en el tiempo, se materializó, desde el punto de vista morfológico, en la presencia de una zona permanentemente deprimida que tendió a concentrar el drenaje superficial y por la cual se proyectaron aguas arriba las ingresiones marinas. La Pampa Deprimida denota este ambiente, en el que los ríos Salado y Samborombón hoy actúan como colectores principales. En esta unidad, la acción del proceso eólico se vio interferida y modificada sustancialmente por el mayor accionar relativo del proceso fluvial. Es característico de la Pampa Deprimida la existencia de numerosos bajos que se encuentran generalmente anegados, una red de drenaje densa pero desorganizada y las frecuentes inundaciones. Sus principales rasgos fueron analizados especialmente por Tricart (1973) y son el resultado de una serie de factores entre los cuales se cuentan las muy bajas pendientes regionales y la existencia de materiales poco permeables en superficie. Estos factores determinan que pese a encontrarse en un ambiente

templado-húmedo, la red de drenaje se encuentre poco organizada, generalmente esbozada por la alineación de bajos y lagunas, que se integran sólo como respuesta a las grandes inundaciones.

Los diferentes eventos de agradación eólica y los avances del mar interfirieron en la dinámica fluvial, imposibilitando la formación de una red de drenaje bien integrada, ya que la baja energía fluvial, motivada, como ya se dijo por las bajas pendientes, fue incapaz de ajustarse (mantener el estado de equilibrio) nuevamente tras las aludidas interferencias. En subsuelo, a partir de los datos de perforaciones, se ha podido constatar la presencia de una serie de bloques de basamento que se van hundiendo hacia el eje de la Cuenca del Salado, desde superficie en la Isla Martín García y en Uruguay (Umbral de Martín García). Estos bloques limitados por fallas normales, propias de ambientes extensivos, se encuentran basculados y poseen movimientos relativos unos respecto de otros, no solamente en el plano vertical sino también en la horizontal. Estos movimientos relacionados probablemente a la dinámica Andina, controlaron la estructuración del drenaje regional, en particular a los ríos Paraná y Uruguay y al estuario del Río de la Plata.

El Delta del Paraná constituye una unidad geomórfica compleja, que excede la mera denominación de delta, en lo referente a su evolución y características. La migración del frente deltáico aguas adentro, hacia la plataforma continental y los correspondientes retrocesos vinculados a las ingresiones marinas, con expansión del estuario hacia el continente, mostró numerosas idas y venidas en el Cuaternario. Un problema que se plantea, a la hora de intentar comprender esta dinámica compleja es que el Delta no es solamente un delta y que el Río de la Plata no es un río. El Río de la Plata es un estuario, que se define como un cuerpo de agua costero parcialmente confinado, que posee una conexión libre con el mar y por lo tanto, presenta aguas en las cuales se mezclan las aguas marinas y fluviales dulces.

El sector norte de la Provincia de Buenos Aires y que se continúa en Santa Fe, presenta mayor relieve relativo que la Pampa Deprimida. La presencia de suaves ondulaciones generalmente de rumbo SO-NE, mejor expresadas hacia el norte de la Ciudad de Buenos Aires, refleja esta circunstancia. Es en este sector, denominado por esta característica como Pampa Ondulada, dónde mejor se expresan las características del modelado eólico. En la figura 5 se observan seis perfiles topográficos que muestran los desniveles presentes en el ámbito de la CBA. Como resultado de la depositación del loess se forma una planicie con muy suaves ondulaciones en la que, si el episodio de depositación eólica fue importante, la red de drenaje preexistente puede desaparecer. La acumulación del loess es de naturaleza discontinua y de tipo episódica. Son eventos relativamente de corta duración (geológicamente hablando) separados por lapsos más extensos en los cuales tiene lugar un incipiente grado de desarrollo de los suelos en el material recién acumulado.

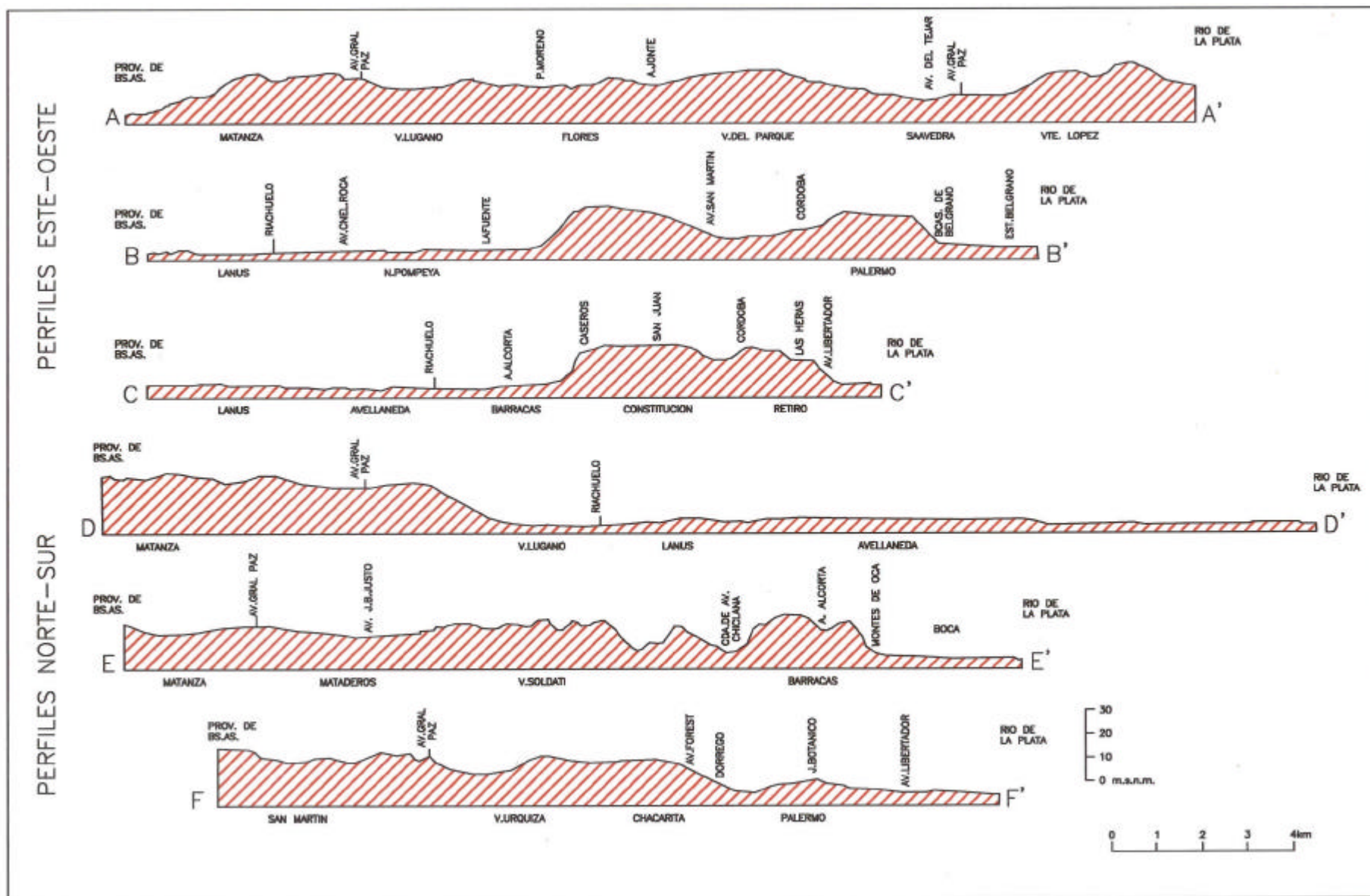


Figura 5

El sustrato de la Pampa Ondulada, se encuentra a pocos cientos de metros de profundidad y como todas las unidades terciarias tienden acuñarse hacia el norte, por lo que cualquier movimiento del basamento por reactivación tectónica tendrá un alto impacto en la evolución geomorfológica del sector. Así, los diferentes pulsos tectónicos de la Orogenia Andina y desarrollo de las cuencas adyacentes se materializó por medio de pequeños movimientos y basculamientos de los bloques en cuestión. La primera evidencia de los mismos es la aparición a diferentes profundidades de los estratos terciarios y cuaternarios y, a nivel morfología superficial, se evidencian en el control estructural que posee la red de drenaje de este sector. Efectivamente, si uno observa la forma en planta de los ríos y arroyos de la zona considerada, sin ir más lejos los cursos del Área Metropolitana Bonaerense, llama la atención la disposición de los mismos. Estos son todos aproximadamente paralelos, con rumbos SO-NE y presentan tramos rectos con quiebres bruscos, en ángulos casi rectos.

Las fluctuaciones del nivel del mar controlaron la evolución de la red fluvial y el grado de disección del ambiente loésico. Así, en los valles de los cursos fluviales que la disectan y le confieren su propiedad de ondulada, se reconocen al menos un nivel de terraza. Sus laterales son generalmente tendidos y los cursos presentan resaltos en sus perfiles longitudinales. Estos resaltos se deben a dos factores. En primer lugar son evidencias de ciclos de "rejuvenecimiento" no completados, a medida que la onda de erosión retrocedente avanzó hacia las cabeceras de los ríos. Por otro lado, pueden deberse a la interposición de bancos más resistentes que controlan la incisión fluvial. Estos bancos son usualmente niveles de tosca. La presencia de toscas es un fenómeno generalizado en la Región Pampeana. Las toscas o calcretes son niveles de acumulación de carbonatos cementados, lo que le confiere mayor dureza y consistencia. Los calcretes se forman durante períodos más secos y probablemente más fríos por migración y precipitación de los carbonatos en profundidad. La tosca posee un importante papel en el control de las características del relieve, encontrándose en la parte superior de las lomas labradas en el "Pampeano". En un ambiente de baja energía las mismas son difícilmente erosionables.

Otro aspecto geomorfológico frecuente en la Región Pampeana es la presencia de bajos, generalmente anegables. Estos bajos se encuentran distribuidos en todas las unidades geomórficas y deben su origen a la acción erosiva del viento. Han sido cubetas de deflación localizadas generalmente dónde existían previamente depresiones. Por esa cuestión es común encontrarlas con cierto alineamiento, ya que se formaron a expensas de antiguos cauces fluviales colmatados parcialmente por sedimentos loésicos. En las cubetas los suelos presentan condiciones de mal drenaje, mayores tenores salinos y materiales más finos. Antiguas cubetas, actualmente no anegadas pueden presentar, sino son correctamente identificadas, problemas de fundaciones.

Unidades geomórficas reconocidas en el AMBA

La región considerada se encuentra localizada básicamente en la Pampa Ondulada, dentro de la cual pueden diferenciarse dos ambientes geomorfológicos, según el predominio del proceso eólico y el fluvial como principales responsables del modelado: a) Ambiente loésico y b) Ambiente Fluvial-Marino. A su vez, cada uno de ellos muestra gran variabilidad espacial resultante de las oscilaciones climáticas pasadas y recientes. Dentro de los mismos, en la zona de la CBA, representadas en el Mapa Geomorfológico 1:25000 y del AMBA a escala 1:100000 (ver este último en el Anexo Cartográfico), han sido diferenciadas diferentes unidades geomórficas, según los procesos dominantes:

eólicas

a) Planicie loessica

poligenéticas (marinas-fluviales)

b) Paleoacantilado (“barranca”)

c) Planicie poligenética del río de la Plata

d) Planicie poligenética del río Matanzas-Riachuelo

fluviales

e) Planicies aluviales y terrazas bajas fluviales de cursos menores

f) Laterales de valles

g) Delta del Paraná

Para el caso del AMBA, en virtud de la diferente extensión de las unidades y la escala de representación, las unidades reconocidas son:

- ◆ Planicie aluvial (o estuárica) del río de la Plata
- ◆ Planicie poligenética litoral, que incluye dos subunidades, los cordones litorales y la antigua planicie de marea
- ◆ Planicie loessica
- ◆ Planicie loessica con cubetas
- ◆ Bajos y lagunas
- ◆ Planicies aluviales y terrazas poligenéticas de los ríos Matanzas-Riachuelo, Luján y Reconquista
- ◆ Planicies aluviales y terrazas
- ◆ Delta del Paraná

En la tabla 3 y 4 se encuentran representadas las principales unidades y sus características distintivas. Las Unidades Geomórficas (U.G.) descriptas son básicamente aquellas que aparecen en la Ciudad de Buenos Aires, haciéndose ocasionalmente alguna mención o referencia de aquellas que se encuentran en el AMBA, cuando el caso lo amerita.

a) *U.G. Planicie Loésica*

La principal característica del accionar del proceso eólico ha sido la formación de una *Planicie Loésica*. La meseta o llanura en la cual se encuentra la mayor parte del AMBA, el Gran La Plata y, hacia el norte, hasta el Gran Rosario, es desde el punto de vista geomórfico una Planicie Loésica, en la cual se concentra más de la mitad de la población de Argentina. En los momentos de condiciones climáticas más benignas, como en la actualidad, el proceso eólico es menos importante, mientras que el fluvial, aunque localizado, se vuelve dominante en los períodos de mayor sequía. La Planicie Loésica constituye una zona relativamente alta respecto de la Cuenca del Salado y la Pampa Deprimida. En esta planicie tienen sus nacientes los cursos fluviales que vuelcan sus aguas hacia el norte, en el Río de la Plata y el río Paraná y las que lo vuelcan hacia el sur, en los ríos Salado y Samborombón, ubicados en la Pampa Deprimida. Son terrenos planos o suavemente ondulados, constituidos esencialmente por depósitos loésicos "Pampeanos" donde la erosión fluvial labró valles y cañadones que le han dado su singular relieve ondulado generalmente con sentido sudoeste-noreste (ríos Arrecifes, Areco, Luján, Reconquista y Matanza y numerosos arroyos menores, entre otros el Maldonado). Esa dirección aproximada NE-SW, que caracteriza las amplias ondulaciones de las divisorias de la Pampa Ondulada, son paralelas a fallas que existen en profundidad y son una respuesta a esas estructuras internas.

| Unidad Geomórfica | Material Superficial | Suelos principales | Susceptibilidad a la contaminación de suelos | Potencial de inundación | Estabilidad de pendientes | Presencia de Suelos expansivos |
|---|----------------------|--|--|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Planicie Loessica | ML CH y CL | Argiudoles Hapludoles | Variable | Baja | Alta | Baja a media |
| Terrazas y planicies aluviales | CL y OL | Hapludoles Endoacuoles Udifuventes | Alta | Alta | Variable | Media |
| Delta del Paraná | OL OH y CL | Endoacuoles Udifuventes Fluvacuantes | Alta | Muy alta | Variable | Media |
| Planicie poligenética del río de la Plata | OL OH | Endoacuoles Natracualfes Hapludertes | Alta | Alta | Variable | Alta |

Tabla 3: parámetros relevantes según unidad geomórfica

Los factores que han controlado la evolución geomórfica de la región en el Pleistoceno-Holoceno son: las oscilaciones del nivel del mar (ingresiones-regresiones), la depositación de potentes acumulaciones de loess y la pedogénesis (o sea la formación de suelos), factores éstos estrechamente vinculados a los cambios climáticos ocurridos en el pasado. La *Planicie*

Loésica alcanza una altura de hasta 30 metros sobre el nivel del mar en la zona oeste de la Ciudad de Buenos Aires, mientras que en la zona céntrica y costera se desarrolla generalmente alrededor de los 20 metros. Esta unidad geomórfica fue elegida por los españoles tanto en la primera como en la segunda fundación de la ciudad de Buenos Aires, entre otros aspectos, por su posición elevada y encontrarse libre de posibles inundaciones. Los eventos de depositación eólica fueron comparativamente eventos rápidos y de naturaleza episódica, seguidos de largos períodos de estabilidad geomórfica. Durante estos últimos lapsos, las condiciones bioclimáticas favorecieron una activa pedogénesis, que se plasmó en la presencia de numerosos paleosuelos de diferentes tipos observables en los perfiles del “pampeano” y “postpampeano”. Tanto los horizontes argílicos como los petrocalcicos actuaron como superficies estructurales controlando la erosión eólica. Especialmente los calcretes (herencias morfoclimáticas) han controlado no solo la deflación eólica sino también la incisión fluvial, particularmente con los niveles presentes en la Fm. Ensenada mucho más cementados que los niveles calcáreos de la Fm. Buenos Aires.

| Proceso geomórfico dominante | Unidad geomórfica | Relieve relativo | Morfodinámica actual | Desarrollo edáfico |
|---------------------------------|---|------------------|----------------------|--------------------|
| Eólico | Planicie loessica | Moderado | Baja | Muy alto |
| Poligenéticas marinas-fluviales | Paleoacantilado | Alta | Alta | Bajo |
| | Planicie poligenética del río de la Plata | Bajo | Moderada | Variable |
| Fluviales | Planicies y terrazas fluviales | Bajo | Alta | Variable |
| | Laderas de valles y | Moderado | Alta | Moderado |
| | Delta del Paraná | Bajo | Muy alta | Bajo |

Tabla 4: unidades geomórficas y principales aspectos morfodinámicos

La red de drenaje se encuentra integrada y presenta diseño rectangular a subdendrítico. En las divisorias es frecuente observar lagunas desarrolladas en antiguas cubetas de deflación. En algunos sectores del AMBA, esas cubetas de deflación, se encuentran actualmente ocupadas por esteros o lagunas (Partidos de V. Casares, M. Paz y San Vicente). Estos niveles pueden

presentar cierto control estructural en su desarrollo, debido a la presencia de mantos de tosca (calcretes) de espesores variables. La Planicie loessica es la unidad que presenta menor susceptibilidad al anegamiento, con excepción de las depresiones antes señaladas. Sin embargo el nivel freático se encuentra generalmente alta (controlada en parte por la presencia subsuperficial de "tosca"), lo que restringe severamente su capacidad de almacenamiento por infiltración y favoreciendo el escurrimiento superficial hacia los cursos fluviales y depresiones. En el AMBA se ha diferenciado una unidad que corresponde a la Planicie loessica con abundantes cubetas, actualmente ocupadas por lagunas temporarias y zonas palustres.

b) U.G. Paleoacantilado (barranca)

La Planicie Loésica se encuentra marginada, respecto al río de la Plata y tributarios mayores, por una escarpa de erosión que ha conformado una "barranca". Esta geoforma se extiende con rumbo aproximado noroeste-sudeste, con un desnivel que puede superar los 10 m respecto a la planicie del Río de la Plata. La "barranca" se continúa en la Ciudad de Buenos Aires, desde el Parque Lezama, por la zona céntrica, Plaza Francia, hasta Belgrano-Nuñez. En la zona del río Matanza-Riachuelo se proyecta tierra adentro, marginando los barrios de Flores y Mataderos. Esta barranca constituye un elemento geomórfico regional, ya que se continúa hasta la Ciudad de Rosario. Constituye el límite oriental de la Pampa Ondulada, y si bien tiene un origen erosivo, su disposición está en cierta medida controlado por la existencia de una falla en profundidad que ha afectado al basamento (rocas cristalinas antiguas). En la zona del AMBA, esta barranca continua hacia el norte tras superar las cañadas de los arroyos de la zona de Belgrano-Nuñez y Vicente López, donde alcanza gran desarrollo, continuándose luego en San Isidro y el sector oriental de San Fernando. Más la norte desaparece, desdibujándose e internándose tierra adentro debido a la existencia del valle del río Reconquista (antiguo río de las Conchas) en la zona de Tigre.

Reaparece tras superar este valle especialmente en la zona de Escobar, donde en el barrio del Cazador alcanza un desnivel, respecto a la planicie del río Paraná de más de 15 m en escasas decenas de metros de distancia. En la zona céntrica de la ciudad de Buenos Aires, donde se estableció la primera urbanización, (en Plaza de Mayo), la barranca alcanzaba una altura superior a los 10 m haciendo imposible el acceso directo a la Plaza desde la costa, lo que representaba una indudable importancia defensiva. Para acceder a la costa del río, desde las actuales avenidas L.N. Alem-Paseo Colón, antes de la construcción del puerto (1887), había que bajar por las actuales calles Venezuela o por Perón, que igualmente tenían gran pendiente. Hacia el norte de la ciudad, se encuentra disectada por el amplio valle del río Luján, que antiguamente se comportó como un pequeño estuario, y vuelve a aparecer en la zona de Campana y Zárate. En la zona de la reserva de Otamendi es donde mejor se pueden observar

las características naturales de este ambiente de Planicie loésica y Barranca o escarpa marginal de erosión. En este sector es posible observar un paisaje de características similares al escogido por Don Pedro de Mendoza para su primera fundación en Parque Lezama. Desde esta zona alta de la ciudad, es posible observar la barranca hacia Paseo Colón, que tuerce hacia el sur por Martín García y por otro lado, una amplia planicie anegable respecto al Riachuelo en la cual se encuentra la Boca. Hacia el sur, en el Gran Buenos Aires, la barranca desaparece como forma mayor hasta la zona de Quilmes, en la que vuelve aparecer marginando la zona ocupada si bien con menor resalto respecto al Río de la Plata, internándose tierra adentro en el Gran La Plata.

Esta barranca, tal como se dijo, es una escarpa de erosión, correspondiente a un antiguo acantilado labrado por el mar durante las ingresiones marinas que ya fueron mencionadas. Este paleoacantilado, que hoy no se encuentra activo, ya que el mar se ha retirado para dejar lugar a la formación del estuario y del delta, tenía características similares a las que pueden observarse en la actualidad en la zona de Camet en las cercanías de Mar del Plata, si bien de menor altura. La acción erosiva litoral socavaba la base del acantilado produciendo el retroceso del frente de afloramientos pampeanos.

c) U.G. Planicie poligenética del Río de la Plata

Esta unidad geomórfica se desarrolló originalmente como una terraza de acreción y erosión marina, comportándose, en la actualidad, como una planicie aluvial del río. Su ancho es muy variable, aumentando hacia el sudeste, donde puede superar 10 Km de ancho en la zona del partido de Berazategui. En la zona de la Capital Federal prácticamente ha desaparecido por los diferentes rellenos realizados por la construcción del puerto, Aeroparque, Ciudad Universitaria, etc. Presenta un relieve plano-suavemente ondulado, con geoformas de diferente origen.

Una de esas geoformas presentes en esta unidad, son los cordones de conchillas. Con el retiro progresivo del mar de la última ingresión cuaternaria (ver capítulo de Geología) se fueron formando niveles de playas de regresión litorales, dentro de los cuales destacan formas alargadas, paralelas a la línea de costa antigua, correspondientes a cordones de conchillas. De estos cordones se extrae material para realizar fundaciones de caminos o directamente el ripiado de caminos secundarios. La antigua Ruta 11, al sur de Magdalena, discurre sobre una serie de cordones litorales correspondientes a esta regresión. Los cordones litorales, en la zona de la Ciudad de Buenos Aires han prácticamente desaparecido, ya que fueron explotados desde prácticamente la fundación de Buenos Aires para la producción de cal. Al pie de la barranca, en la zona de la Avda. Luis María Campos existía una cantera de explotación de conchillas, correspondiente a una ingresión marina más antigua, denominada La Calera, explotada por los P.P. Franciscanos desde 1700 y que continuó hasta su agotamiento en la

época de Rosas, cuando se utilizó el material para la realización de los caminos de acceso a la residencia de Palermo. Asimismo, en relación a esta Calera, ubicada en el camino del Bajo, se instaló una de las primeras poblaciones a partir de la cual se desarrollaría luego el barrio de Belgrano.

Los cordones litorales pueden observarse en la actualidad en las desembocaduras de los ríos Luján y Reconquista (de ahí el antiguo nombre de río de las Conchas de este último) y en la zona de Berazategui-Beriso-Ensenada en la cual alcanzan gran desarrollo. También se encuentran bien desarrollados, como ya fue señalado, en la zona de Magdalena-Punta Indio, quizás el mejor sector para apreciar sus características. Continúan en forma prácticamente ininterrumpida, salvo en la desembocadura de los ríos Samborombón y Salado hasta el Partido de la Costa, entre San Clemente hasta Mar de Ajó. Hacia el norte, ya en la provincia de Entre Ríos se observa una situación similar: la barranca (paleoacantilado) y al frente (en este caso hacia el sur) los cordones litorales. Esta situación que se observa claramente en el sector comprendido entre Gualeguay y Victoria, correspondía a la costa norte del mar durante la última ingresión marina.

En ciertos sectores, particularmente hacia el sur del Gran Buenos Aires y Gran La Plata, desde los cordones hacia tierra adentro y formando una extensa planicie solo cortada por los cursos fluviales actuales, se encuentran los antiguos canales de marea y la albufera, ambos esencialmente querandinenses. Las albuferas son cuerpos de agua someras y tranquilas localizadas en bahía y estuarios litorales conectan con el mar abierto durante las mareas altas a través de los canales de marea. Ejemplo de albufera actual es la zona de cangrejales localizados en la Bahía de Samborombón sobre Ruta Nacional 11, antes de acceder a San Clemente del Tuyú. También puede observarse antiguas albuferas al pie de la barranca de Entre Ríos, entre las localidades de Gualeguay y Victoria, también modificadas por el proceso fluvial.

Esta unidad proximal al Río de la Plata, por su cota (generalmente inferior a los 3 msnm), bajo gradiente y complejidad geomórfica es el más afectado por las "sudestadas", las que producen importantes anegamientos, pudiendo permanecer el agua durante semanas. Esta planicie de marea correspondía a la zona anegada diariamente por las mareas altas y que luego quedaba expuesta durante la bajamar. Debido a que es un medio de baja energía, el sedimento depositado es fino, de tipo arcilloso. Se encuentran ocupados por vegetación especializada de juncos y otras plantas hidrófitas y eran poco aptas para el asentamiento urbano. Estos sectores ocupaban todo el frente de la actual ciudad de Buenos Aires, constituyendo un problema para la construcción del puerto y para el desembarco de los pasajeros y cargas que debían superar cientos de metros de pajonales y bañados hasta llegar a la barranca y a la zona edificada.

Estos "bañados" se encontraban en la zona del Bajo Belgrano, donde podían alcanzar una anchura de más de 2 km, antes de su actual relleno. También en Palermo y en la Boca donde

vivían pescadores y personal vinculado a las actividades del puerto (ubicado en la vuelta de Rocha) ocupando los escasos sectores altos, en casas elevadas sobre pilotes y con las canoas y barcas atadas a ellas (similar situación a la del Delta en la actualidad). Hacia el norte se reconocían en sectores de San Isidro y especialmente en San Fernando, en las cercanías de la desembocadura del arroyo Sarandí y el río Luján. Finalmente, hacia el sur ocupan todo el sector localizado al norte de la autopista a La Plata y reaparecen al sudeste de La Plata. De todo el AMBA, ésta unidad geomórfica fue la última en ocuparse por los obvios problemas que presenta a los pobladores, salvo en los sectores rellenados. La mayor representación areal que alcanza en el AMBA, ha permitido diferenciar dos unidades dentro de la misma: a) Planicie aluvial (o estuárica) del río de la Plata y b) Planicie poligenética litoral, que incluye dos subunidades, los cordones litorales y la antigua planicie de marea.

Finalmente en la zona norte del GBA, entre San Isidro y Vicente López, aparece una plataforma de abrasión labrada en la “tosca” cuspidal de la Formación Ensenada. Esta geoforma, controlada estructuralmente por un banco duro pudo haberse labrado parcialmente durante la ingresión marina holocena. Esta “tosca” aparecía durante las bajantes en diferentes zonas de la antigua costa de la CBA, particularmente en la zona de Retiro y Recoleta, en la que la barranca se encontraba más próxima al río abierto. Constituía un escollo para la navegación.

d) U.G. planicie poligenética del río Matanzas-Riachuelo

Se ha diferenciado esta unidad de la anterior, ya que si bien comparte características con la anterior, el mayor desarrollo de este río ha implicado una evolución diferente a la de los cursos menores. El río Matanza-Riachuelo, como principal colector del área de estudio, con una cuenca de drenaje de 2034 km², recibiendo numerosos tributarios. Se encuentra comprendida casi totalmente dentro del zona urbanizada, por lo que ha sido profundamente modificada en algunos sectores: por ejemplo su curso inferior se encuentra canalizado (Riachuelo). Su principal tributario en la CBA es el Ao. Cildáñez. En el territorio de la CBA, en su sector sur, durante la ingresión marina holocena se desarrolló un ambiente estuárico. Con el retiro del mar, el ambiente fluvial del río Matanzas, progradó sobre el anterior.

La amplitud de la antigua planicie estuárica, permitió una mayor migración lateral del río Matanzas en su tramo inferior, adquiriendo así un típico hábito meandriforme. Así, en los barrios de Mataderos, Villa Lugano, Bajo Flores, Pompeya, Villa Soldati, Barracas y la Boca, aun hoy es posible reconocer las típicas formas de meandros abandonados (que evolucionaron a lagunas) y los albardones semilunares (point bars) conformando fajas de meandros. Las lagunas del Autódromo y otras cercanas son exponentes de este hábito meandriforme. En el

AMBA, los ríos Reconquista y Luján comparten características con este. En estos valles fue también posible diferenciar algunos niveles antiguos de terrazas fluviales más altos.

e) U.G. Planicies aluviales y terrazas bajas de los cursos menores

Otra unidad geomórfica que puede diferenciarse es la que aquí se distingue como *Planicies aluviales y terrazas bajas de los cursos menores*. Estas se desarrollan en los principales cursos fluviales que desaguan en el Río de la Plata. Las características que a continuación se analizan son especialmente evidentes en los arroyos Maldonado, Medrano y Vega, que son los que alcanzan mayores dimensiones. Los cursos que surcan este sector de la Pampa Ondulada, son generalmente cursos permanentes de comparativamente dimensiones modestas, ya que colectan aguas de cuencas pequeñas. Estos ríos y arroyos desaguan en el río Paraná y en el Río de la Plata. Muestran marcado control estructural, lo que significa que la estructura del basamento, que se encuentra en profundidad, ha controlado el trazado de los ríos, por lo que éstos son aproximadamente subparalelos con una dirección dominante hacia el noreste. Como consecuencia de ese control, red de drenaje posee un diseño rectangular a subdendrítico. La densidad de drenaje es moderada a baja, lo que se condice con las características sedimentarias de los materiales aflorantes (básicamente el loess "pampeano") y las condiciones bioclimáticas imperantes (principalmente vegetación de pradera herbácea).

Presentan quiebres en sus recorridos en respuesta al mencionado control estructural y cuando se producen fuertes precipitaciones aumentan bruscamente sus caudales, pudiendo desbordar. En ciertos sectores más deprimidos de la planicie loessica, los cursos fluviales suelen unir lagunas y bañados en una red de drenaje poco integrada, solo funcional como respuesta a grandes precipitaciones. Las planicies aluviales de los cursos de la región presentan características similares, y son el resultado de una compleja asociación de eventos debidos al proceso fluvial, pero básicamente, su evolución (y morfología) se encuentra controlada por la intensidad y fuerza de la corriente y la naturaleza del material transportado. Nanson y otros (1992), realizaron una propuesta de clasificación genética de las planicies teniendo en cuenta estos dos parámetros. Dentro de las tres clases principales que diferencian, los cursos de la zona pertenecerían a las de tipo planicies cohesivas de baja energía.

A su vez, ésta presenta varios subtipos, pudiéndose considerar a las mismas como pertenecientes a las planicies con laterales estables y cauces únicos. Es característico de las mismas el transporte de material limoso y ocasionalmente arcilloso, en este caso con altos contenidos de materia orgánica. Se forman básicamente por acreción vertical "overbank", construyéndose durante los desbordes relacionados a las frecuentes inundaciones. Los derrames (crevasse splays) son frecuentes también, así como las zonas pantanosas (back swamps) y los albardones bajos. Los cursos generalmente poseen pendientes bajas, son

ligeramente meandriformes y de canales simples (o únicos). La naturaleza cohesiva del material que compone las planicies inhibe las migraciones laterales de los meandros.

Son de hábito sinuoso, salvo en los sectores que se encuentran canalizados o entubados. Los lechos se encuentran profundizados (2-3m) y tienen un nivel de terraza, muy modificada por la acción antrópica. Esta unidad arealmente es la de menor tamaño y presenta una elevada posibilidad de inundación. Los canales en muchos casos, no solo no solucionan el problema sino que pueden empeorarlo. Sus márgenes están sobreelevados e impermeabilizados por lo que se comportan como cursos "alóctonos", no incorporando agua en su trayecto por lo que la planicie de inundación y terraza de los mismos en esos tramos y aguas arriba se pueden anegar (coincidiendo con la zona más poblada). Otros factores colaboran para hacer poco efectivos a estos canales. El Río de la Plata ha formado, por deriva, barras en la desembocadura de los mismos, las cuales en bajante afloran, impidiendo el drenaje de los mismos hacia el estuario.

Otro fenómeno es la gran cantidad de material de origen antrópico en el lecho de los mismos, lo que obstruye el drenaje junto con el desarrollo de una vegetación especializada. En las terrazas y planicies hay sectores más deprimidos que están ocupados por esteros con vegetación palustre y vinculados al nivel freático, la cual se encuentra casi aflorante en toda esta unidad geomórfica. Finalmente estos cursos presentan un elevadísimo grado de contaminación: hidrocarburos, metales pesados, nitritos, etc.

f) U.G. Laterales de valles

Como unidad, localizada en la transición entre la Planicie loésica y las planicies y terrazas fluviales se encuentran las *Laderas de valles*. Ocupan la porción del paisaje comprendida entre las divisorias más altas (cotas superiores a 10 m) y las planicies aluviales y terrazas de los cursos fluviales. Son formas mixtas: erosivas y deposicionales, vinculadas a la acción eólica y al escurrimiento superficial. Las pendientes son del orden de los 2m/km o superiores. Salvo en algunos sectores deprimidos que están vinculados a la acción eólica pasada, presentan baja probabilidad de anegamiento. En ellos afloran los depósitos de la Formación Ensenada y de la Formación Buenos Aires (Pleistocenos).

g) U.G. Delta del Paraná

Ocupando solo un pequeño sector de la zona urbanizada, pero estrechamente relacionada por los usos de la misma, se encuentra el Delta del Paraná. La evolución geológica del mismo fue estudiada por diferentes autores, destacando los trabajos de Groeber (1961), Cavalotto y otros (1999); Parker y Marcolini (1992) y Violante y Parker (1999) y de Iriondo y Scotta (1979) y

Guida y González (1984) para la zona entrerriana del Delta. Esta unidad presenta características distintivas y una compleja evolución geológico-geomorfológica marcadamente influenciada por las fluctuaciones cuaternarias del nivel del mar. La zona alternativamente tuvo un desarrollo fluvial, vinculado al río Paraná, durante los períodos de regresión marina, marino y estuárico durante los momentos de ingesión marina y actualmente muestra el desarrollo de un delta fluvial en un ambiente estuárico, en el cual consecuentemente domina claramente la depositación fluvial y la progresión estuario afuera del los depósitos fluviales. En la zona más próxima a la zona densamente urbanizada, en los partidos de Tigre y San Fernando, las geoformas reconocidas corresponden a planicies interdistributarias que conforman las típicas "islas" del delta. Estas poseen un sector marginal de mayor altura (albardones) y la parte central más deprimida, usualmente anegadas total o parcialmente.

Un problema que se plantea, a la hora de intentar comprender esta dinámica compleja es que el Delta no es solamente un delta, ni que el Río de la Plata no es tampoco un río. El Río de la Plata es un estuario, que se define como un cuerpo de agua costero parcialmente confinado, que posee una conexión libre con el mar y, que por lo tanto presenta aguas en las cuales se mezclan aguas marinas y fluviales dulces. Respecto a la dinámica del sector costero, el mismo es tratado en detalle en el apartado correspondiente

El Río de la Plata ha constituido un elemento principal en la fundación y desarrollo de la ciudad de Buenos Aires, inicialmente por ser el principal punto de acceso con la metrópoli y luego, por ser el puerto de entrada y salida para los bienes consumidos y producidos en el país, así como puerta de entrada a los millones de personas que vinieron a poblarlo en los siglos XIX y XX. Y si bien fue el carácter de vía de navegación y puerto lo que hizo del Río de la Plata un elemento de importancia central en la formación de nuestro país, sus condiciones de navegabilidad son más bien modestas a decididamente desfavorables.

Las dificultades planteadas a la navegación por la alta tasa de sedimentación del Río de Plata fueron los causantes de que se utilizaran al menos parcialmente al Riachuelo y los ríos Luján-Reconquista, en la zona de Tigre y la Ensenada de Barragán en las cercanías de la actual La Plata como zonas de operaciones portuarias. De todas formas, aún en la época de la colonia los barcos de mayores dimensiones tenían que fondear río adentro. En las cercanías de la Ciudad de Buenos Aires existían una serie de zonas más profundas entre los bancos denominadas "pozones" o "pozos", uno de los cuales se ubicaba frente a la zona de Retiro y otro frente a la calle Venezuela. El primero de ellos era el más utilizado y los pasajeros y cargas debían pasar a embarcaciones menores o desembarcar en grandes carretas. Estas características del río y la zona la planicie anegable hacían muy dificultoso la construcción de muelles, por lo que varios proyectos tendientes a ese fin fueron abandonados a lo largo de los 300 años que transcurrieron entre la fundación y la construcción del puerto.

Las mareas que afectan al río de la Plata son de escasa magnitud, generalmente con oscilaciones menores a 1m entre bajamar y pleamar. De todas formas resultan importantes la interacción de los vientos con el río, particularmente por sus efectos en la costa. La presencia de "sudestadas" genera una acción de acumulación de las aguas en la costa bonaerense, que pueden ascender a más de 4 m del nivel normal, provocando el anegamiento de la mayor parte de las zonas bajas del AMBA y actúan de tapón hidráulico en los cursos que desembocan en el Río de la Plata, como por ejemplo en el caso del Ao. Maldonado y el río Luján. Los vientos del sudoeste, por el contrario provocan un fenómeno inverso volcando las aguas en la costa uruguaya y originan problemas de abastecimiento de aguas a la Ciudad de Buenos Aires. La dinámica del estuario del Río de la Plata está dada por la interacción de las mareas, la acción fluvial progradante y la acción de las olas. Se suma a estos factores una compleja historia geológica ya descrita la que constituye una herencia y un factor más de complejidad y particularidad respecto a otros sistemas estuaricos del mundo. Durante el Pleistoceno, a partir de datos de investigaciones oceanográficas y perforaciones en la zona de la plataforma continental, el antiguo río Paraná formó un delta que se internaba en mar abierto, hacia el borde del actual estuario del Río de la Plata. Con posterioridad con las diferentes ingresiones la acción marina avanzó tierra adentro llevando el frente fluvial hasta la latitud de Victoria-Rosario y en el río Uruguay hasta Gualeguaychú. Remanentes de este antiguo sistema fluvial son evidentes en las planicies aluviales del río Paraná en sus diferentes brazos, en la zona comprendida entre Zárate y Rosario aproximadamente.

Tras la regresión Platense (Holoceno medio), el delta comenzó a progradar en el ambiente estuárico, formando dos subunidades que se denominan Delta Actual y Prodelta, localizados entre Campana y San Fernando. También se formaron depósitos de planicies fluviales localizadas entre los diferentes brazos que componen el delta (denominadas planicies interdistributarias) emergentes y como barras de boca localizadas en la desembocadura de los cursos tributarios en el estuario. Asimismo, se encuentra en formación una plataforma deltáica sumergida, que se extiende hasta la Barra del Indio en la zona oriental del Río de la Plata. Según datos de perforaciones y oceanográficos (Parker y Marcolini, 1992), el sustrato del Delta del Paraná y del Estuario del Río de la Plata se encuentra labrado en sedimentos Pampeanos (Ensenadenses) y en las Arenas Puelches (o Formación Ituzaingó). Aguas arriba, a partir de aproximadamente Escobar y extendiéndose hacia Entre Ríos y Santa Fe, se encuentran los antiguos depósitos deltáicos.

Por sus características geomorfológicas, geológicas e hidrológicas la región es la menos apta para permitir una ocupación humana de importancia y asimismo constituye el subsistema natural más vulnerable de la región frente a potenciales usos antrópicos. La preservación del mismo en condiciones lo más natural posible, reservándose su uso para fines recreativos y como parque natural (nacional) aparecen como altamente recomendables. Consecuentemente

sería recomendable prohibir cualquier tipo de proyecto de envergadura que signifique una modificación de este ambiente.

SUELOS DE LA REGIÓN METROPOLITANA BONAERENSE

Los suelos representan el recurso más importante de la economía de la Región Pampeana. Las bondades y aptitudes de los suelos para la agricultura y la ganadería fueron ya valorados por los conquistadores, quienes tuvieron especial cuidado en tenerlas cuanta a la hora de planificar la distribución de la población y la repartición de las tierras según las aptitudes de las mismas y los vínculos de quienes se veían favorecidos por el reparto con las autoridades de la naciente ciudad de Buenos Aires. Ya en el plan de Garay, respecto a la utilización del suelo del entorno de la ciudad se realizaba una división de las tierras según las aptitudes. Esta primera aproximación demostró ser, muy apropiada, ya que excluyendo los terrenos urbanizados y reservados como grandes zonas verdes, subsistieron como esquema de ocupación y uso de la tierra hasta el presente.

En este primer plan de ordenamiento territorial de la región, se reservaba para agricultura la zona norte de la ciudad y del AMBA, incluyendo la mayor parte de la zona oeste. Por otro lado a las tierras ubicadas hacia el sur se las destinaba a la ganadería. En esta división se tenía en cuenta la mayor aptitud de los suelos debidos principalmente a que en la zona norte el mayor relieve relativo resultaba en mejores condiciones de drenaje de los suelos (menos problemas de anegamientos) y horizontes superficiales más provistos de materia orgánica. Hacia el sur, por el contrario, los suelos tenían mayores problemas de anegamiento, lo cual a la hora de manejar los cultivos los hacía poco confiables. Finalmente, y por el mismo motivo, se destinaba a la ganadería los sectores adyacentes a los principales cursos fluviales (las planicies aluviales y terrazas bajas), como por ejemplo en el caso del río Luján.

Los suelos de la Región Pampeana norte, donde se localiza la ciudad de Buenos Aires se encuentran entre los más fértiles del mundo y se han desarrollado sobre loess que es, como ya se ha señalado, el sustrato que predomina en la región. Tal situación se verifica en los centros cerealeros más importantes: Región Pampeana, Medio Oeste de EUA, sur de Canadá, Ucrania, Rusia europea y China. Corresponden a los suelos que antes se conocían como chernozems y brunizems o suelos negros y suelos pardos. En el presente Informe se utiliza la denominada Soil Taxonomy, en su versión de 1996 y modificaciones posteriores, hasta la de 1999. Esta clasificación fue realizada por el Soil Survey del Dpto. de Agricultura de EEUU y fue adoptado por el INTA para nuestro país.

La intensa urbanización ha llevado a la pérdida casi total de los suelos naturales de la región del AMBA, o al menos, se han visto modificada sus propiedades radicalmente. Sin embargo, en algunos sitios se preservan, por lo cual es útil conocer como eran los suelos naturales, ya que

los mismos, al encontrarse en la interfase litósfera-atmósfera controlan en primera instancia el balance hídrico infiltración-escorrimento superficial y por lo tanto participan en la dinámica de las inundaciones. El aspecto edáfico ha sido generalmente poco considerado, limitándose la mayor parte de los estudios a considerar las propiedades ingenieriles de los materiales superficiales. Tal como se ha visto los suelos como cuerpos naturales poseen un grado de heterogeneidad que excede el mero tratamiento ingenieril que usualmente se les ha dado. Asimismo, es importante tener en cuenta que los suelos continúan siendo un recurso económico importante en la región, ya sea por la minería (arcilla para ladrillos, áridos) o para la horticultura, si se tiene en cuenta que casi el 50% de la hortalizas que se consumen en el AMBA se producen dentro de la región.

Para la elaboración del presente informe se utilizaron el trabajo de Capannini y Mouriño (1966), SEGYP-INTA (1990), Sánchez y Ferrer (1976) y trabajos y observaciones propias (Pereyra y otros, 2001). Sobre esta base se elaboró un mapa de suelos (edáfico) del AMBA a escala 1:100.000. En el mapa aludido, se encuentran representada la distribución aproximada de los suelos naturales existentes antes del crecimiento de la ciudad. Actualmente, los suelos se encuentran severamente modificados e incluso en algunos sectores han desaparecido total o parcialmente. En la figura 6 se esquematiza la distribución espacial de los principales tipos de suelo en el paisaje, así como los perfiles característicos de los suelos presentes. En la Tabla 5 se observan los suelos presentes en la región. En la Tabla 6 se observa la distribución de los suelos principales según unidad geomórfica y en la Tabla 7 se observan las principales propiedades de los mismos. Tal como se dijo en el apartado de Geomorfología, pueden diferenciarse dos grandes ambientes en la región: la Planicie loessica y el Ambiente fluvial-marino. Los suelos de la región reflejan las diferencias planteadas respecto a estos dos grandes ambientes geomórficos.

En el mapa de suelos han sido diferenciadas 6 Unidades Cartográficas, las que se encuentran representadas por diferentes asociaciones de suelos, a nivel subgrupo utilizando la Taxonomía de Suelos, y dada la escala 1:100000. La Unidad Cartográfica 1(U.C. 1), corresponde a los suelos “zonales” ubicados en la planicie loessica. Son Argiudoles típicos a vérticos y Hapludoles típicos. La U.C. 2 son los suelos de las planicies aluviales y terrazas fluviales. Está integrada por suelos de menor grado de desarrollo edáfico con características hidromórficas y régimen ácuico. Son Endoaucoles típicos, Hapludoles énticos, Udifluventes típicos y Natracuoles típicos. La U.C. 3 se encuentra ubicada en el antiguo ambiente marino-estuarico y también se encuentran suelos mal drenados, como Endoaucoles típicos y Fluvacuentes típicos. También aparecen suelos algo salinos y sódicos, como Natracuoles típicos y Natracualfes típicos y suelos con arcillas expansibles clasificables como Hapludertes típicos. Los sectores de los cordones litorales corresponden a la U.C. 4. Justifica esta división las características particulares que estos materiales parentales le confieren a los suelos, vinculados a los altos

contenidos de calcáreo. Se encuentran Haprendoles típicos, Hapludoles énticos y Udipsamentes típicos. La U.C. 5 posee también suelos ácuicos y corresponde al ambiente de lagunas y bajos anegadizos ubicados en las antiguas cubetas de deflación de la planicie loessica (Endoacuoles, Natracuoles, Argiudoles y Hapludoles ácuicos, Argiacuoles típicos y Natracualfes típicos). Finalmente, en los laterales de valles, se encuentra la U.C. 6, con suelos similares a los de la U.C. 1, pero con menor grado de desarrollo y con fases más someras y erosionadas.

| ORDEN | SUB-ORDEN | GRAN GRUPO |
|------------|--------------|-----------------|
| Molisoles | Rendoles | Haprendoles |
| | Alboles | Natralboles |
| | Acuoles | Endo-epiacuoles |
| Entisoles | Udoles | Argiacuoles |
| | Acuentes | Argiudoles |
| | Fluventes | Hapludoles |
| | | Epiacuentes |
| | | Fluvacuentes |
| Psamentes | Udipsamentes | |
| Vertisoles | Udertes | Hapludertes |
| Alfisoles | Acualfes | Natracualfes |
| | Udalfes | Natrudalfes |

Tabla 5: Suelos de la zona

Los suelos de la Planicie loésica son generalmente suelos bien drenados, profundos y con buen desarrollo pedogenético. En los sectores más altos de la Ciudad de Buenos Aires y zonas aledañas, los suelos son profundos (al menos 2 metros), y suelen tener un horizonte superficial (denominado A) de colores oscuros a negros, con muchos restos vegetales, generalmente conocidos como humus o tierra negra. Es importante tener en cuenta que el suelo no termina ahí sino que sigue en profundidad. Este horizonte superficial suele tener 30-40 cm y se denomina horizonte mólico. Por debajo de este se encuentra un horizonte mucho más arcilloso (adhesivo si está mojado o muy duro si está seco) de coloración marrón, que forma agregados columnares o prismáticos y que puede tener más de 50 cm en promedio. Este horizonte es el denominado Bt y se caracteriza por poseer cutanes y que no son más que películas de arcillas depositadas cubriendo a los granos y que han migrado del horizonte superior. Este horizonte entonces, se llama horizonte argílico.

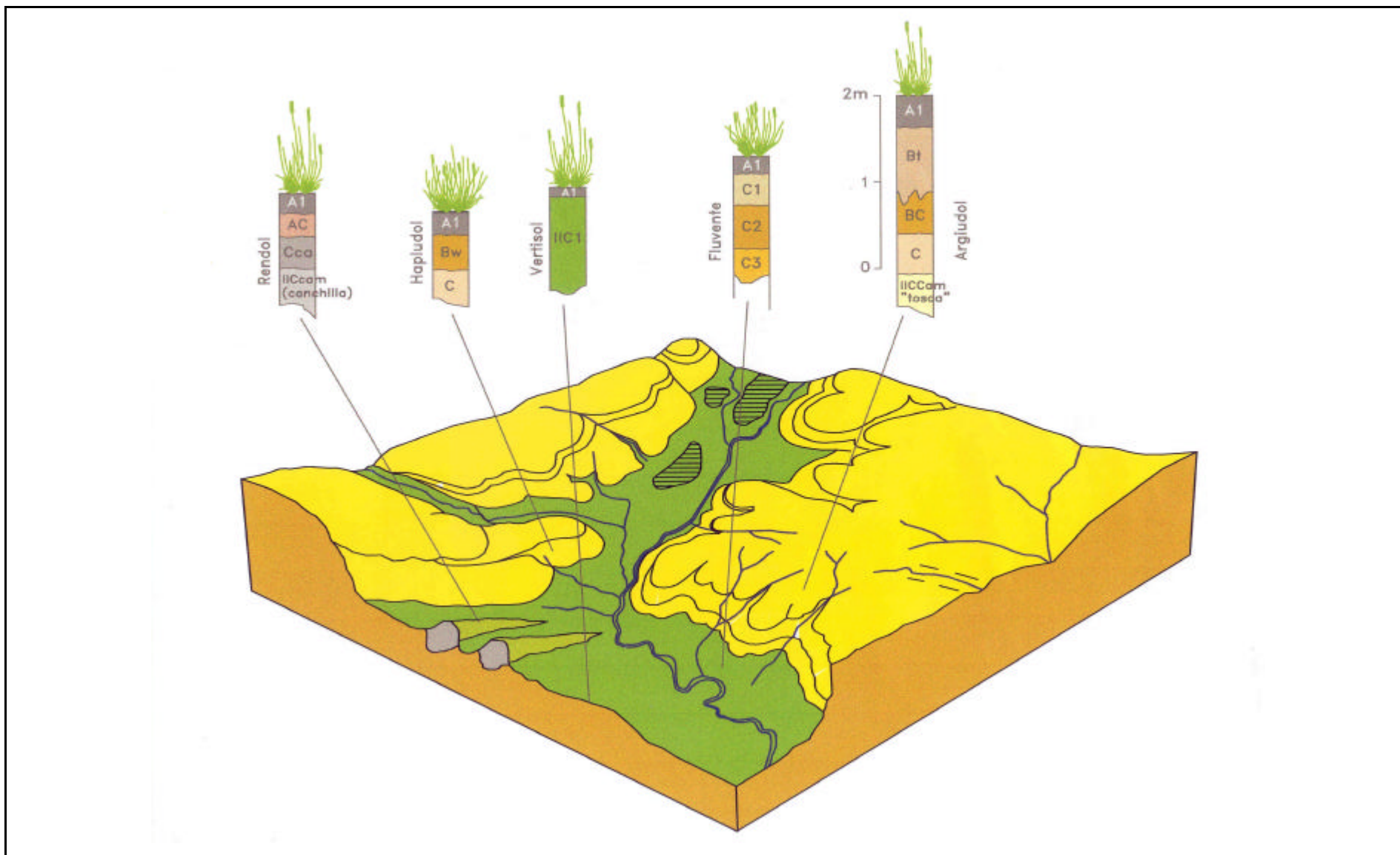


Figura 6

Hacia abajo estas propiedades se van perdiendo, y el color va cambiando en forma transicional hasta tener un color pardo-amarillento-rojizo, similar al color del Loess. Este horizonte tiene menos propiedades edáficas y se parece más al material originario (es hasta donde está llegando la pedogénesis). Se lo llama horizonte C y al sector de transición BC. A veces, a más de 2 m puede encontrarse una capa de tosca y antes que ella un horizonte similar al loess pero más blanquecino, con mucho carbonato de calcio. Este también sería un C pero se diferenciaría del anterior por un número y correspondería a una horizonte cálcico.

| Unidad de paisaje | textura del material superficial | Suelos dominantes | Suelos subordinados |
|--|----------------------------------|---|--|
| Planicie Loessica | FA y FL | Argiudoles típicos Hapludoles tpto-árgicos | Hapludoles típicos Argiudoles ácuicos |
| Terrazas fluviales | L y FL | Argiacuoles típicos Natraboques típicos | Natrudalfes típicos Natracuafes típicos |
| Planicies aluviales | L y A | Udifluventes típicos Epiacuoles típicos | Udipsamientos típicos Natracuafes típicos |
| Bajos y vías de avenamiento secundario | a y L | Natracuoles típicos Natracuafes típicos | Epiacuoles típicos Argiacuoles típicos |

Tabla 6: distribución de los principales suelos según unidad del paisaje.

Estos suelos son Molisoles y se denominan Argiudoles, ya sean típicos, vérticos o ácuicos; al presentar un potente epipedón mólico y un grueso horizonte argílico bien estructurado por debajo. Los perfiles típicos son A1-A2-Bt-BC-Ck-2Ckm y generalmente hasta el petrocálcico pueden superar los 2 m. En aquellos sectores en los cuales se han acumulado materiales eólicos más gruesos en tiempos reciente, pueden reconocerse Hapludoles, suelos de menor desarrollo edáfico. En las laderas de valles, los Argiudoles son menos profundos, ya que hay mayor erosión. A veces, entre el A y el B suelen presentar horizontes denominados E, de coloraciones grisáceas, con poca arcilla y poca materia orgánica, ya que la primera migró al B y la segunda es más abundante en el A, por ser superficial.

Por el contrario, el ambiente fluvial muestra suelos de poco desarrollo, con amplio predominio de suelos de régimen ácuico, perfiles simples y evidencias de repetido y continuo “rejuvenecimiento”. En los sectores fluviales de los tributarios dominan los Hapludoles y Endoacuoles (perfiles A1-AC-C), mientras que en el ambiente deltáico se encuentran Acuentes y Fluventes (Entisoles de menor desarrollo edáfico). En los sectores bajos y anegables, aledaños a los cursos fluviales, los suelos presentes poseen características diferentes respecto a los que se encuentran en la planicie loessica. Así, estos suelos poseen menor desarrollo pedogenéticos, lo que se manifiesta en la menor profundidad y la ausencia de algunos

horizontes. Todo esto es evidencia de una mayor dinámica del paisaje (geomorfológica) que interfiere a los procesos de formación del suelo, impidiéndole manifestarse totalmente. En general los suelos de estos sectores poseen un horizonte superficial bien desarrollado (A1), con abundante materia orgánica, similar a los antes descriptos, quizás algo más profundo, ya que hay aporte más o menos constante de materiales debidos a los desbordes de los ríos y arroyos. Por debajo, en cambio, no se suelen observar horizontes argílicos, como mucho una capa más clara que el A1 transicional al horizonte C. Este último generalmente es una mezcla de materiales loessicos y fluviales.

| Suelos | Espesor | Contenido de Materia Orgánica | C.I.C. | Textura sup./Subsup | Grado de desarrollo | Sus. a la erosión | Fertilidad |
|-----------------|-----------------|-------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|-----------------|
| Hapludoles | Alto | Alto | Moderado | FA/F | Moderado a bajo | Baja | Alta |
| Argiudoles | Alto | Alto | Alto | FI/Fa | Muy Alto | Baja | Alta |
| Natralboles | Alto | Moderado a alto | Alta | FA/Fa | Muy alto | Moderada | Moderada |
| Udifluventes | Bajo | Bajo | Bajo | AF/A | Muy Bajo | Alta | Baja |
| Udipsamentes | Bajo | Muy Bajo | Muy Bajo | A | Muy Bajo | Muy Alta | Muy Baja |
| Natracualfes | Alto | Bajo | Alta | FA/a | Bajo | Alta | Baja |
| Natrudalfes | Moderado a alto | Bajo | Alta | FA/a | Bajo | Muy Alta | Baja |
| Endo-epiacuoles | Moderado a Bajo | Alto | Moderado a Bajo | FA/FI | Moderado | Moderado | Moderada a Alta |

Tabla 7: Características principales de los suelos más frecuentes en la zona

Una característica importante de estos suelos es la presencia de evidencias de que los mismos se encuentran al menos una parte del año saturados en agua, ya sea por la acción de un nivel freático muy cercano a la superficie o por los frecuentes desbordes de los ríos y arroyos. La saturación en agua provoca una ausencia de oxígeno en esa porción del suelo (no hay aire en los poros sino agua), lo que genera toda una serie de reacciones químicas diferentes y que se engloban con el término de reducción. Lo que se observa son manchas en los diferentes horizontes del perfil que pueden ser de colores rojizos o gris-verdoso, también se pueden observar unos cuerpos similares a municiones de coloraciones negras, que se llaman concreciones. Esta propiedad de los suelos se denomina régimen ácuico y es muy importante a la hora de apreciar las cualidades y aptitudes de un suelo, ya que aunque el suelo no se encuentre momentáneamente con agua, si se observan esas características puede saberse que durante parte del año va a estar saturado en agua, lo que podría interferir el crecimiento de los cultivos.

Los Alfisoles aparecen estrechamente relacionados con los Molisoles, careciendo a diferencia de estos, de epipedón mólico. Por debajo del horizonte ócrico poseen horizontes argílicos no

demasiado estructurales, si bien cumpliendo con todas las exigencias planteadas en la Soil Taxonomy. Son casi exclusivamente Natracualfes, con perfiles A/E/Bt/BC/C. Aparecen en los sectores bajos del paisaje, en los valles fluviales, en terrazas bajas, cubetas y planicies aluviales. Se relacionan a vegetación de pradera herbácea especializada. Poseen moderada susceptibilidad a la erosión, altos contenidos de sodio, salinidad y cierto grado de expansibilidad debida a la presencia de arcillas smectíticas, a diferencia de los Molisoles que presentan generalmente illitas.

En las cercanías del río de la Plata, en las zonas bajas aledañas al mismo, ocasionalmente inundadas, que se encuentran al pie de la barranca, se observan unos suelos que poseen características distintivas. En el antiguo ambiente marino, se encuentra Psamentes y ocasionalmente, hacia el sur, Rendoles desarrollados en los cordones de conchillas. En las planicies de mareas aparecen Acuentes y Hapludertes y ocasionalmente pueden encontrarse Natracualfes. Los Hapludertes son suelos pertenecientes al orden Vertisoles, cuyo horizonte Btss o C_{ss} posee textura arcillosa con alta participación de arcillas expansivas provenientes del "querandinense" o del retrabajo fluvial del mismo. También son suelos de régimen ácuico, pero la presencia de agua, aunque sea a cierta profundidad es casi permanente (generalmente a los 50 cm). Estos suelos no poseen un horizonte A tan bien desarrollado ya que el frecuente anegamiento impide un buen desarrollo de la vegetación. Por debajo de este horizonte A₁, se encuentra un profundo horizonte B rico en arcillas, de coloraciones grisáceas-azuladas, con abundantes moteados. Estas coloraciones evidencian la importancia de los procesos de reducción.

También son evidencia de que han evolucionado a partir de un material originario diferente al loess y al fluvial. Efectivamente, estos suelos se han formado englobando dos materiales diferentes, en la parte superior materiales fluviales similares a los anteriormente descritos, provenientes de la barranca o de los desbordes del río de la Plata, y en la parte inferior un material arcilloso depositado por el mar durante la ingesión marina a la cual nos referimos. Por lo tanto este horizonte inferior es rico en sales y, particularmente, en sodio. Todas estas características hacen a estos suelos muy poco aptos para los cultivos y también implican problemas para los cimientos de las construcciones.

Del estudio de los suelos surge, en líneas generales, que independientemente del lugar del paisaje que ocupen, todos los suelos de la región presentan características que permiten inferir diferentes grados de saturación del perfil con agua. Esto es una evidencia de una capa freática alta, la mayor parte del año. Los suelos de la región se encuentran en muchos casos modificados por la acción antrópica. Asimismo, la presencia de un horizonte argílico, implica una permeabilidad moderada a baja y una velocidad de infiltración baja, lo que es importante a la hora de considerar los coeficientes de escorrentía (no deben limitarse los estudios al epipedón mólico, ya que el mismo es mucho más permeable, por lo que puede caerse en

sobreestimaciones. Tal situación es particularmente evidente en la zona de la Planicie aluvial del río de la Plata y en todos los sectores en los que aflora el "querandinense". Estos materiales son básicamente arcillosos y de gran potencia por lo que la infiltración es mínima.



Geología ambiental

INTRODUCCIÓN

Los riesgos naturales son aquellos procesos, eventos o situaciones que tienen lugar en el medio geológico y que pueden producir daños o perjuicios a aquellas comunidades que estén ocupando zonas vulnerables del territorio. Los procesos pueden ser, según la fuente de energía que los generan, internos y externos. A su vez según la violencia, estos pueden ser rápidos, como terremotos, inundaciones relámpago (flash flooding) y erupciones volcánicas o lentos como las inundaciones de grandes ríos de llanura. Pueden afectar sectores relativamente puntuales, como una avalancha de rocas o un deslizamiento o afectar a grandes regiones como las inundaciones, sismos o erupciones volcánicas.

Los denominados riesgos naturales pueden ser divididos, según las causas que los producen en cuatro grandes grupos: climáticos, geoclimáticos, geológicos y cósmicos. Asimismo, existen situaciones en las cuales es la interacción del hombre con el medio natural la que crea una situación de potencial riesgo natural, ya sea que la propia acción humana genere ("dispare") mecanismos como en el caso de los cortes realizados en los taludes cuando se construyen caminos y que generan deslizamiento. Esto permitiría realizar una definición más abarcativa, definiendo a los riesgos geológicos y geoclimático como todo proceso o suceso en el medio geológico, natural, inducido o mixto, que puede generar un daño social o económico a alguna comunidad determinada y en cuya predicción, prevención o corrección deba emplearse criterios propios de las ciencias de la Tierra.

Uno de los principios fundamentales de los denominados riesgos naturales o riesgos geológicos naturales es que siempre han habido procesos geológicos que constituyen amenazas para determinados sectores del territorio y, que por lo tanto, una vulnerabilidad intrínseca. Esto significa que muchos de los problemas ambientales son fenómenos naturales comunes que se vuelven peligrosos para la población cuando esta ocupa sectores próximos a un potencial fenómeno o cuando modifica algunos de los factores que originan a esos procesos en el sentido de aumentar el riesgo. La magnitud y frecuencia de estos procesos dependen de una serie de condicionantes entre los cuales se cuentan el clima, la geología, la vegetación y el uso y ocupación de la tierra realizada por los humanos.

Una vez que un proceso ha sido identificado como riesgoso, la información generada debe ser rápidamente entregada a los planificadores y presentar a aquellas instancias de toma de decisión de manera tal de poder evaluar y minimizar sus impactos o evitarlos. En las últimas décadas, ante la existencia de una creciente presión propia de la actividad humana, y paralelamente, el mayor grado de conocimiento de las causas y efectos de los diferentes riesgos geológicos, estos han comenzado a tener mayor influencia en la determinación de políticas y prioridades para inversiones o emprendimientos económicos en general y en la fijación de pautas

de ocupación del territorio. Así, constituyen un elemento el cual debe ser tenido en cuenta necesariamente al realizarse propuestas de ordenamiento territorial.

En la Argentina la caracterización de los diferentes riesgos naturales y la cartografía de peligrosidad han comenzado a desarrollarse solo en los últimos años, por lo que no existe un adecuado conocimiento de los mismos y sus potenciales impactos sobre las actividades humanas. Algunos antecedentes son trabajos realizados en diferentes ciudades del NOA y en las grandes áreas inundables de la Región Chaco-Pampeana. En líneas generales, han carecido de un fuerte sustento geocientífico. La aparición de nuevas metodologías y técnicas permite avanzar en un aspecto de investigación aplicada de gran importancia y que aún permanece relegado.

Los riesgos naturales pueden potenciarse a partir de posibles interacciones entre las actividades humanas y los sistemas geomorfológicos funcionales. Estas interacciones poseen en primer lugar una componente espacial en el cual el uso y ocupación del territorio por un lado, y la posibilidad y actividad geomorfológica por el otro, pueden ser plasmadas gráficamente en mapas (cartografía temática). En consecuencia la cartografía temática aparece como una de las herramientas fundamentales en la predicción y prevención de los riesgos geológicos. Esta, en muchos casos ha sido una actividad soslayada o directamente dejada de lado, en muchas de los planes y acciones ejecutadas hasta el presente en nuestro país, salvo contadas experiencias, entre las que se cuentan las realizadas por el IGRM (SEGEMAR), tendientes a realizar una cartografía sistemática del país.

La hipótesis en las que se ha sustentado la presente investigación es que un adecuado y sostenible uso del espacio solo puede darse a partir de un conocimiento detallado del medio físico en el cual habrá de desenvolverse la actividad humana. Este conocimiento implica en primer lugar conocer la dinámica natural, las mutuas interacciones entre los diferentes aspectos ambientales y la actividad antrópica y la evolución del paisaje en el tiempo. A partir de la caracterización del relieve y la morfodinámica es posible identificar los fenómenos riesgosos y cartografiarlos, llegando luego a una cartografía de peligrosidad geológica.

Los principales problemas geoambientales que afectan a la población del AMBA son (Pereyra y Rimoldi, 2000):

- 1) Inundaciones en planicies aluviales y terrazas fluviales bajas.
- 2) Disposición de residuos domiciliarios e industriales.
- 3) Ascenso del nivel freático.
- 4) Apertura y explotación de áridos en canteras a cielo abierto en áreas urbanas o de potencial expansión urbana.
- 5) Problemas geotécnicos derivados con la presencia de suelos expansibles del tipo CH en las arcillas del "Querandinense".
- 6) Contaminación atmosférica a causa de la emisión de gases por combustión de hidrocarburos. Formación de Smog y nieblas urbanas.

- 7) Contaminaciones de aguas superficiales y subterráneas.
- 8) Contaminación de suelos.

Estos problemas geoambientales están afectando a la calidad de vida de la población y al medio físico, ya sea por medios directos e indirectos. El conocimiento de la dinámica natural y la interacción con la ocupación y uso del espacio, aparece como un aspecto generalmente poco abordado hasta el presente. Debido a la extensión y gravedad que provocan las inundaciones urbanas, se comentará con mayor énfasis los aspectos ligados a este proceso geoambiental y se comentaran brevemente los otros, a excepción de los últimos aspectos, que dada su especificidad no serán considerados en la presente contribución. Asimismo, tampoco se considera la pérdida de tierras fértiles debido a la urbanización por la ocupación directa de las tierras, sino solo en lo referente al uso minero del recurso suelo.

INUNDACIONES EN EL AMBA

En Argentina, las inundaciones probablemente constituyen el principal problema ambiental, ya sea por la cantidad de población afectada como por su impacto en las vías de comunicación, infraestructura de servicios y la actividades económicas en general. Estos impactos son importantes en la ciudad de Buenos Aires y alrededores y constituyen, junto con los problemas de contaminación de aguas (subterráneas y superficiales) y de suelos, los principales problemas ambientales por resolver. Las inundaciones constituyen fenómenos complejos que incluyen aspectos climáticos, hidrológicos, geológico-geomorfológicos y sociales. Si bien esta naturaleza compleja es un aspecto ampliamente reconocido, en líneas generales no se ha tenido en cuenta a la hora de realizar planes de mitigación. En muchos casos, las soluciones propuestas carecen de la necesaria comprensión de la dinámica natural, así como del grado de incidencia que pueden tener las acciones antrópicas sobre esta última.

Las pérdidas económicas de este recurrente fenómeno superan en algunos casos los cientos de millones de dólares afectando las vías de comunicación, los servicios de provisión de luz, teléfono, gas y agua, viviendas y comercios. Desde los '80 hasta el presente las inundaciones han cobrado numerosas vidas humanas. Por ejemplo, la inundación del 31/5/85 ocasionó 15 muertos en la región, mientras que las tormentas del 26/12/97 dos vidas; tres la del 16/5/2000 y cinco la del 24/1/2001. Esta última, ocasionó un corte masivo de electricidad que afectó durante varios días a más de 260.000 personas e inutilizó los teléfonos de más de 14600, provocando además la suspensión del servicio de subterráneos en la zona afectadas durante días. Los evacuados y autoevacuados suman decenas de miles en estas grandes tormentas. Durante las grandes lluvias e inundaciones que tuvieron lugar entre el 31/5/85 y el 1/6/85, los 300 mm caídos produjeron 100000 evacuados y serios daños (incluyendo pérdida total) de 2500 viviendas y 14000 vehículos. Este solo evento significó un estimado de más de 246

millones de dólares de pérdidas (Di Pacce et al., 1992). Como antecedentes de estudios geológicos de las inundaciones de la zona del AMBA, pueden citarse Yirigoyen (1993); Pereyra y otros (1994); Pereyra (1999); Nuccitelli y otros (1999) estudiaron las características de las inundaciones en un sector del Gran La Plata y Foguelman y Brailovsky (1999) realizaron una aproximación ecológica a la dinámica del agua de la región. La Subsecretaría de Medio Ambiente (SMA, 1981) realizó una evaluación de los recursos hídricos de la región, la cual en parte ha sido tomada como base.

La red de drenaje de la región considerada se encuentra severamente modificada por la urbanización de la ciudad, no existiendo prácticamente curso fluvial que no muestre cierto grado de antropización, incluso algunos cursos de la Ciudad de Buenos Aires han desaparecido. En el área del AMBA, la red de drenaje se estructura a partir de una cuenca principal, constituida por el río Matanza (Riachuelo en su tramo inferior) y una serie de cuencas menores que desaguan directamente en el Río de La Plata. Hacia el norte se encuentran las cuencas de los ríos Luján y Reconquista. Dentro del AMBA la única cuenca estudiada sistemáticamente (desde el punto de vista hidrológico y climático) ha sido la del río Matanza, si bien debe tenerse en cuenta la escasa profundidad temporal de los estudios existentes y la generalizada falta de datos de distintos parámetros geomorfológicos. La cuenca del río Matanza abarca una superficie de cerca de 2.000 km², con una longitud de cauces total de 510 km en 232 cursos mayores y menores. El curso principal posee una longitud de 61 km y un hábito meandriforme con alta sinuosidad. De todas formas, el cauce se encuentra "encajonado", evidenciando una importante incisión vertical (vinculado a un rápido descenso del nivel de base), lo que implica una baja capacidad de migración de los meandros y, por lo tanto, escasa erosión lateral actual. La red de drenaje posee un diseño subdendrítico, lo que indicaría cierto grado de control estructural, dado por la presencia del basamento en subsuelo (Cratón del Río de La Plata). la densidad de drenaje es moderada a baja, lo que se condice con las características sedimentarias de los materiales aflorantes (básicamente el loess "pampeano") y las condiciones bioclimáticas imperantes (principalmente vegetación de pradera herbácea). El río Matanza posee un caudal medio anual (en la estación Autopista) de 7,02m³/seg y un caudal máximo de 1325m³/seg, variando las cotas de la superficie del agua entre 1,43 m y 6,16 m. Este último valor correspondería a una inundación importante pero no extrema. Teniendo en cuenta las características del curso, planicie aluvial y nivel de terraza, esta amplitud en la altura del agua, implica anegamientos de extensas zonas. Recibe en su recorrido numerosos tributarios principales (18) entre los que destacan los arroyos Morales, Cañuelas, Aguirre y Ortega.

El principal tributario que recibe, en el territorio de la Ciudad de Buenos Aires es el arroyo Cildañez, en la zona de los barrios de Mataderos-Lugano. Su curso se encuentra rectificado y parcialmente entubado. El río Matanza, en su tramo inferior (Riachuelo), poseía una alta

sinuosidad, debida a la muy baja pendiente en este tramo y a la interacción con el río de la Plata. Luego este tramo fue rectificado. La planicie aluvial, en esta zona posee un ancho máximo de 6 km y en la misma, habitan más de 500.000 personas (incluyendo Buenos Aires y sectores del Gran Buenos Aires). En general, todos estos cursos presentan elevado grado de modificación antrópica: rectificaciones y puentes de escasas dimensiones. Estos no han sido construidos teniendo en cuenta las características de las planicies aluviales ni las cotas que alcanzan los arroyos durante las crecidas. En líneas generales las modificaciones realizadas impiden conocer el comportamiento natural de los cursos, dificultando la modelización y planificación.

Originalmente en el territorio de la Ciudad de Buenos Aires había numerosos cursos fluviales de pequeñas dimensiones, que desaguaban en el Río de La Plata. A medida que la ciudad se fue expandiendo, algunos fueron desapareciendo y otros sufrieron intensas modificaciones. En la actualidad se encuentran entubados en su inmensa mayoría. Destaca el arroyo Maldonado que cruza en forma latitudinal a la ciudad (por debajo de la Avda. Juan B. Justo). Posee una longitud de 19 km, una pendiente media de menos de 1m/km y fue entubado en su mayor extensión en 1937 finalizándose hasta la Av. Gral. Paz recién en 1954. Su planicie aluvial, de ancho variable, posee un desnivel de más de 2 m. En la zona céntrica de la Ciudad había numerosos cursos menores y "zanjones" que disectaban a la planicie loésica, entre los cuales destacaban los "terceros", del Sur o de Granados, del Medio; zanjón de Matorras, arroyo Manso, etc. Todos estos cursos han desaparecido y su trazado original puede seguirse en algunos tramos, observando el diseño sinuoso de algunas avenidas y calles. En los barrios de Belgrano, Nuñez y Saavedra, se encuentran las cuencas de los arroyos Medrano (8 km), Vega (4,3 km) y White, actualmente entubados en casi todo su recorrido. Frecuentemente desbordan afectando las zonas que antiguamente correspondían a sus planicies de inundación. El arroyo Vega alcanzó más de 1,20 m por encima del nivel de la calle Blanco Encalada el 26-12-97 y en las de los años 2000 y 2001. Entre otras destacan la del 24/1/01. El nivel de las aguas, sobre la avenida J. B. Justo también supero el metro de altura en las crecidas señaladas. Las características de "flash floods" son aquí por demás evidentes, ya que la existencia de un alto coeficiente de escorrentía (debido a la impermeabilización ocasionada por la urbanización) provoca la rápida llegada del pico de crecida. El arroyo Medrano también inunda sectores de la Capital, en particular en el sector donde anteriormente se encontraba una laguna (en Parque Saavedra).

En la región, diversos factores coadyuvan para producir las inundaciones, las que pueden ser agrupadas según sus causas en dos (Pereyra 1999 y Pereyra y Rimoldi, 2000): 1) naturales y 2) antrópicas (tabla 8). Dentro del primer grupo se encuentran: a) la existencia de precipitaciones de gran intensidad; b) las características geomorfológicas regionales, en particular, la existencia de una red de drenaje poco integrada debido entre otros factores a los

bajos gradientes y a las fluctuaciones climáticas ocurridas durante el Cuaternario; c) la existencia de bajos anegables ("bañados"); d) la presencia de una capa freática alta y e) el efecto de tapón hidráulico realizado por el Río de la Plata durante las "sudestadas". En el Anexo Cartográfico se observa el **Mapa de Susceptibilidad al anegamiento de la CBA** (realizado originariamente a escala 1:25000).

El AMBA se localiza en una llanura, y como tal, la principal característica de la misma es la baja energía morfológica y el consecuente bajo relieve relativo. En zonas húmedas esto determina la inundación temporaria del área, anegamiento del suelo y salinización de los suelos (Fuschini Mejía, 2000). El agua tiende acumularse en la superficie del terreno y escurrir lentamente en forma mantiforme o levemente canalizada en los sectores de pendientes algo mayores. Los movimientos del agua son predominantemente verticales, predominando como salida del agua del sistema la evapotranspiración en detrimento del escurrimiento superficial del agua hacia una red de drenaje. A las propias características morfológica de la llanura, se suman la presencia de dos sistemas fluviales con particulares propiedades y de gran magnitud: el río Paraná y el Río (estuario) de la Plata, los que actúan como ríos alóctonos, inundando las planicies de inundación y zonas bajas aledañas, como los típicos ríos de llanura.

Como último factor se destaca el proceso de tapón hidráulico ejercido por las sudestadas en las desembocaduras de los distintos arroyos que drenan en el AMBA. No es casualidad que las inundaciones urbanas alcanzan sus efectos más perjudiciales, junto con la coincidencia con "sudestadas", que elevan el nivel del Río de La Plata. Estos ascensos importantes de su nivel están relacionados con fuertes vientos procedentes del sudeste ("sudestadas") y actúan como tapón hidráulico, impidiendo el desagüe de los cursos tributarios, los cuales pueden desbordar aun más, si a su vez están creciendo por la acumulación de agua procedente de la cuenca alta. Las principales inundaciones han tenido lugar mediante la combinación de grandes lluvias (aumento del caudal de los ríos y arroyos) y "sudestadas". El Río de La Plata puede subir hasta 4 m respecto a su nivel habitual, como por ejemplo 4,44 m en 15/4/40, 4,06 m en 1989, 3,90 m el 6/2/93, 3,39 m el 10/12/03, etc. Estos ascensos del Río de La Plata producen anegamientos directamente en la planicie aluvial del mismo, como por ejemplo en la zona de la Boca y Barracas (en la Ciudad de Buenos Aires), donde se han constatado inundaciones a partir de ascensos de 2,70 m del Río de la Plata.

| Causas de las inundaciones | | Acciones y procesos |
|----------------------------|---|---|
| Naturales | Climáticas | Grandes precipitaciones |
| | | Ascenso del río de la Plata por “sudestadas” |
| | Geológicas-geomorfológicas | Suelos materiales superficiales poco permeables |
| | | Bajas pendientes regionales |
| | | Planicies aluviales amplias |
| | | Red de drenaje pobremente integrada |
| Alto nivel freático | | |
| Antrópicas | Impermeabilización por urbanización | |
| | Remoción de la cubierta vegetal | |
| | Rectificación de cursos | |
| | Obstrucción de cursos | |
| | Ocupación de planicies aluviales | |
| | Modificación de la línea de costa del río de la Plata | |
| | Remoción de la cobertura edáfica y compactación de los materiales superficiales | |

Tabla 8: principales causas de las inundaciones en el AMBA

Dentro del segundo grupo se encuentran la impermeabilización de terreno por la expansión urbana, la remoción de la cobertura vegetal y edáfica, la rectificación, canalización y entubamiento de cursos fluviales, la obstrucción de los mismos, la ocupación de zonas anegables y la modificación de la línea de costa, que además de modificar la dinámica litoral en el sector de las desembocaduras ha significado un aumento en la longitud de los cursos y una disminución en la ya de por sí exigua pendiente de los mismos. Los efectos de la urbanización en el riesgo por anegamiento constituyen factores de intensificación del efecto de las inundaciones. En primer lugar, la impermeabilización producida por la urbanización provoca el aumento del escurrimiento superficial (el cual puede superar el 90% del total de lo llovido), disminuyendo el tiempo en el cual llega el pico de la creciente. Es de destacar que en la Capital Federal, más del 20% de superficie de la misma se encuentra ocupando planicies aluviales de los diferentes cursos (generalmente entubados), mientras que en algunos partidos del GBA, este porcentaje se eleva aún más. Por definición, una planicie aluvial es la parte de un valle que puede experimentar ocasionales inundaciones.

El crecimiento de la ciudad ha determinado una indiscriminada edificación en las planicies aluviales. En ciertas zonas se han nivelado (rellenando) los terrenos antes de construir, lo que

solamente implica trasladar el problema aguas arriba. Otro aspecto es la escasa "luz" que suelen poseer los puentes de vías férreas y de rutas, conformando verdaderos diques. Los terraplenes de las vías de comunicación juegan el mismo papel. Debido al crecimiento radial de la ciudad, generalmente las mismas suelen ser transversales a los principales cursos de la región. La canalización y entubamiento de los cursos constituye otro aspecto importante, ya que los mismos han sido generalmente realizados sin considerar los valores de máximo caudal que poseen los arroyos y ríos. Por ello no pueden transportar los excedentes hídricos en el caso de fuertes precipitaciones, ya que en muchos casos se han construido sobre la base de la estimación de coeficientes de escorrentía sensiblemente inferiores a los actuales. El coeficiente de escorrentía es la relación existente entre el agua que escurre superficialmente y el agua que infiltra. Por ejemplo, el Arroyo Maldonado fue entubado con una sección que permite un Q máx de 206 m³/seg en la Avda. General Paz y de 340 m³/seg en la desembocadura. Sin embargo estas estimaciones fueron realizadas teniendo en cuenta coeficientes de escorrentía marcadamente inferiores a los actuales, por lo que la sección es insuficiente para evacuar toda el agua durante el pico de crecida. Además de los desbordes localizados, como por ejemplo en la zona de los arroyos Maldonado y Vega, se ha trasladado el problema aguas arriba de la canalización, hacia zonas que antes no experimentaban estos problemas. Finalmente, la modificación de la línea de costa del Río de la Plata, por los diferentes rellenos que han sido realizados, ha resultado en una interferencia de la dinámica erosiva-deposicional del mismo y de los cursos que desaguan en él. Ha significado una modificación sustancial en la geometría hidráulica de los cursos fluviales, variando su longitud y perfil longitudinal de los ríos y disminuyendo sus de por sí exiguas pendientes. Estos aspectos influyen decisivamente en la dinámica del agua y en sus caudales.

A modo de conclusión parcial, puede establecerse que los factores que controlan la extensión del daño causado por las inundaciones incluyen el uso de la tierra en las planicies aluviales, la magnitud y frecuencia de las inundaciones y la efectividad (o inefectividad) de los sistemas de alerta y control. La velocidad del flujo, y por ende la velocidad mediante la cual será evacuado el excedente hídrico es función no solamente de la forma del canal sino también, y en primerísimo plano, de la pendiente de un curso. Por otro lado es necesario considerar las características de la red de drenaje para realizar un adecuado manejo de los cursos; en este caso un aspecto que destaca claramente es lo pobremente integrado que se encuentran las cuencas en esta región (debido a la naturaleza de la cobertura edáfica y vegetal, las características del relieve loessico y la dinámica de las ingresiones marinas). En la actualidad, el GCBA ha encarado un plan de obras que contempla la construcción de reservorios en las cuencas de algunos de los cursos entubados. Tal solución es interesante ya que aborda la problemática de una manera diferente a la utilizada hasta el presente que consistía en intentar "sacar" el agua lo más rápido posible. De todas formas, la falta de estudios integrados

realizados por profesionales geólogos con anterioridad al diseño de obra aparece como un interrogante a la hora de evaluar el proyecto. Esta situación motiva que en muchos casos no exista una red integrada por cursos fluviales bien definidos, sino una serie de bajos y cuerpos lacunares alineados que sólo se integran en respuesta a grandes precipitaciones. En los sectores suburbanos, en los cuales se preservan las características naturales del medio físico, el patrón de distribución de los suelos y las características del paisaje evidencian este aspecto. En la Tabla 9 se enumeran las principales acciones estructurales y no estructurales que deberían ser contempladas en cualquier plan de contingencia integral.

| MEDIDAS DE IMPLEMENTACION | ACCIONES |
|---------------------------|---|
| ESTRUCTURALES | Diques y embalses |
| | Entubamientos |
| | Almacenamiento subterráneo |
| | Canales |
| | Acondicionamiento de cauces |
| | Forestación y protección de espacios verdes |
| | Conservación de suelos |
| NO ESTRUCTURALES | Ordenamiento del territorio |
| | Zonificación |
| | Seguros y normativas |
| | Sistemas de alerta |
| | Planes de contingencia |

Tabla 9: principales acciones de mitigación y control de las inundaciones.

ASCENSOS REGIONALES DE LA CAPA FREÁTICA

Los ascensos freáticos son de extensión regional. Este fenómeno comenzó a aparecer en algunas localidades del AMBA desde 1980. Los lineamientos básicos de la hidrogeología de la región fueron establecidas en diferentes estudios, destacando Santa Cruz (1972) y EASNE (1973) entre otros y recientemente fueron sintetizados por Auge y Castilla (2002). Actualmente, en 1999 y el 2000 el fenómeno afecta a más de 500.000 habitantes ubicados fundamentalmente en la zona sur del AMBA y en la zona de Tres de Febrero.

La comprensión de la incidencia de la dinámica de las aguas subterráneas en la capacidad de infiltración de los materiales superficiales y su consiguiente incidencia en la dinámica del agua superficial, constituye un aspecto que debe ser considerado. La dinámica del acuífero libre o capa freática generalmente no ha sido tenido en cuenta en las obras de mitigación de los efectos de las inundaciones. Tampoco ha sido debidamente considerado en los estudios de contaminación de aguas superficiales, suelos y las propias aguas subterráneas.

El subsuelo de la región NE de la provincia de Buenos Aires posee un sistema multiunitario de acuíferos, el cual ha sido dividido históricamente en tres secciones principales, las cuales a su vez, presentan diferentes niveles de acuíferos. Estas son, de arriba abajo, 1) Sección Epipelches, 2) sección Puelches y 3) Sección Hipopuelches (EASNE, 1973). Esta sucesión esta dada por la alternancia de estratos permeables y porosos, generalmente arenosos, denominado acuíferos y niveles impermeables, generalmente arcillosos que limitan por encima y por debajo a los anteriores, denominados acuicludos. La sección media, denominada Puelches, contiene al acuífero homónimo, principal nivel abastecedor de agua subterránea de la región (Santa Cruz, 1972), si bien la participación relativa del mismo respecto a la provisión de agua procedente del Río de la Plata ha disminuido considerablemente en la últimas décadas.

La Sección superior incluye dos niveles principales: 1) el acuífero libre o freático y 2) un nivel semiconfinado, localizado en la parte inferior del Pampeano, en el “ensenadense”. El nivel acuífero superior se encuentra relacionado directamente a la condiciones de la superficie y por consiguiente, a la dinámica de las precipitaciones, la infiltración de los suelos y materiales superficiales y la dinámica fluvial y lacunar. La profundidad de este nivel varía en toda la región. En general, el nivel acuífero libre sigue aproximadamente la topografía, si bien lo hace en forma más suave. Este nivel puede interactuar con los suelos, aflorando en superficie en forma estacional o permanente, según la configuración del paisaje. En la región, el nivel freático se encuentra más profundo en las zonas más altas, coincidente con las divisorias de aguas de la planicie loessica y a menor profundidad, o incluso aflorante, en los sectores de los valles fluviales. La mayor o menor profundidad a la que se encuentre este nivel, determinará en última instancia la capacidad de recepción y almacenamiento debida a la infiltración de un determinado sector del paisaje, independientemente de la granulometría del material implicado. Si el nivel freático es somero, o sea los poros del material superficial se encuentran saturados en agua, la posibilidad de infiltración será mínima y por ende aumentará el escurrimiento superficial.

En la Ciudad de Buenos Aires, en los sectores más elevados, localizados por encima de los 15 msnm, el nivel freático se encuentra generalmente a más de 4,5 m de la superficie, tal como se verifica en la divisoria de aguas entre el Ao. Maldonado y el río Matanzas-Riachuelo. Este nivel se encuentra a menos de 2.5 m en importantes sectores de la Ciudad, particularmente en la planicie de este último río y en la zona norte, en parte de los barrios de Belgrano, Palermo, Norte y el Centro. La presencia del mismo es particularmente evidente cuando se realizan excavaciones para cimentación de edificios o por filtraciones en sótanos y subterráneos. Consecuentemente, estos sectores poseen menores capacidades de almacenamiento de agua y ven limitada la infiltración del agua de lluvia, lo que favorece el escurrimiento superficial.

En la Fm. Ensenada, en sus niveles inferiores, aparecen capas arenosas fluviales, intercaladas con niveles arcillosos, conformando un acuífero semiconfinado. La profundidad de este varía, pero generalmente aparece por encima de los -25 m. Este nivel se encuentra severamente contaminado en distintos lugares del AMBA, lo que no impide que sea explotado en pozos domiciliarios, con el consiguiente peligro para la salud que ello conlleva.

Por debajo se encuentra la Sección Puelches, que conforma el principal acuífero del país. Más del 40% de la población del Gran Buenos Aires se abastece de este acuífero de muy buena calidad y excelentes condiciones. Sin embargo un manejo inadecuado del mismo está creando problemas de sobreexplotación, formándose conos de depresión en sectores del GBA y problemas de contaminación, con ingreso de aguas contaminadas del acuífero Pampeano o de pozos sépticos por filtraciones. Conos de depresión han sido detectados en distintos sectores del AMBA.

Tal como lo indica su denominación se encuentra dentro de la Formación Puelche y aparece generalmente alrededor de los -40 m. El sector norte de la CBA constituye una zona de recarga del acuífero Puelches. En líneas generales las zonas de divisorias coinciden con áreas de recarga, y en la región, la dirección del flujo es hacia el NE. Respecto a la calidad de las aguas de este acuífero, según S.M.A. (MSPN, 1981), los valores comunes de sólidos oscilan entre 500 y 1000, alcalinidad menos de 200, sulfatos 48 y 200 y cloruros entre 35 y 200, todos expresados en mg/l. En los sectores de desembocaduras de ríos y en los conos de depresión, la salinidad aumenta considerablemente, hasta valores de residuos secos de 10000 mg/l o más.

Finalmente se encuentra la Sección Hipopuelches, integrada por diferentes niveles incluidos en la Formación Paraná y Olivos, todos caracterizados por su elevada salinidad y por lo tanto no aptos para el consumo humano, salvo en la sección superior de la Fm. Paraná, en la cual un manto de coquina posee agua utilizable. Generalmente todos los niveles acuíferos aparecen por debajo de los -80 m. Este acuífero, en la zona de Monte Veloz es surgente.

Los ascensos freáticos obedecen a varias causas. Las más importantes se vinculan a causas antrópicas y están relacionadas a la reducción de la captación de agua del acuífero puelche y al aumento del volumen o aporte extra de agua que ingresa al sistema hídrico subterráneo a través de vertido de las aguas excedentes del sistema de distribución. Esta recarga artificial, en muchos casos con aguas servidas, se produce principalmente a través de pozos ciegos dado que numerosas localidades carecen de desagües cloacales. Los excedentes mencionados dieron lugar al afloramiento de agua freática en el casco urbano, con el consiguiente cúmulo de inconvenientes que ello acarrea, como por ejemplo, rotura de pavimentos y veredas, anegamiento de sótanos y lugares bajos, inestabilidad edilicia y focos de contaminación urbana.

A su vez, la causa natural principal que influye en esta problemática es el incremento de la recarga regional por aumento de las precipitaciones a partir de la década de 1980. La utilización de aguas provenientes de los pozos de abastecimiento al puelche han decrecido notablemente y el nivel piezométrico, deprimido durante la explotación (Hernandez 1975), recupera su posición normal. La situación es especialmente complicada en sectores de los partidos de Lomas de Zamora y Tres de Febrero, lo que ha motivado la necesidad de la instalación de bombas. Finalmente, la utilización de ciertos sectores para la operación de rellenos sanitarios ubicados en el sentido del flujo superficial y subsuperficial del agua ha constituido barreras que limitan el drenaje, aumentando por consiguiente el nivel del freático libre. Tal situación se verifica especialmente en la zona sur del AMBA. Rellenos de otros tipos y la construcción de vías de comunicación como la Autopista La Plata-Buenos Aires, probablemente también actúen como barreras al flujo dificultando el drenaje natural. Este ascenso del nivel freático presenta un problema potencial, aún no debidamente evaluado respecto a la incorporación de elementos contaminantes a la misma (Santa Cruz 2000 y Santa Cruz y Silva Busso 2001).

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS DOMICILIARIOS

La disposición final de residuos domiciliarios e industriales constituye probablemente la principal fuente de contaminación de las aguas y suelos del AMBA. Los residuos sólidos comprenden toda una gama de materiales de muy diversos orígenes y fuentes: a) residuos sólidos agrícolas, b) residuos sólidos mineros, c) residuos sólidos industriales y d) residuos sólidos urbanos o domiciliarios. En la presente contribución abordaremos principalmente este último tipo de residuo. La disposición de residuos en zonas urbanas incluye diferentes tipos de metodologías: 1) basureros abiertos, 2) incineración 3) rellenos sanitarios y 4) composting y reciclado. En el AMBA, fue creado en 1978 el CEAMSE, organismo que concentra toda la recolección de residuos domiciliarios de Buenos Aires y la mayor parte de la producida en el AMBA (32 municipios). En 1999, se recogieron 5700000 tn. Según el CEAMSE, en los últimos 10 años la generación de residuos en la CBA ha aumentado un 55%, implicando una tasa de apertura y colmatación de sitios mucho mayor y una presión significativa sobre las zonas aledañas a los sitios de disposición. Según estimaciones del GCBA, el aumento de la generación de residuos implicará una saturación de los rellenos existentes, los cuales entre 3 y 5 años verán sus capacidades superadas, haciendo necesario la selección de nuevos sitios. El CEAMSE adoptó desde el primer momento el método de rellenos sanitarios para la disposición final de los residuos. Actualmente, los sitios de disposición de residuos se encuentran localizados en cuatro zonas: 1) Norte (camino del Buen Ayre), 2) González Catán, 3) Villa

Domínico y 4) La Plata (este último no será considerado en la presente contribución). La localización de los mismos se observa en la figura 7.

Los rellenos sanitarios deben ser diseñados para confinar los residuos e impedir que pueden ocasionar perjuicios a los asentamientos humanos localizados en las proximidades. Dos aspectos aparecen como centrales para lograr los objetivos señalados: una cuidadosa selección del sitio de localización de los mismos y un manejo e ingeniería posterior adecuada y permanente. Los parámetros a tener en cuenta son la profundidad de la capa freática y acuíferos, el tipo de suelo, la granulometría de los materiales superficiales y sus características (para evaluar la permeabilidad y las direcciones de flujo), las características del relieve del sitio seleccionado y el clima. La geomorfología de la zona es particularmente importante (y generalmente es el aspecto más descuidado), ya que la geoforma en la cual se localice el sitio determinará la circulación superficial del agua, la posibilidad de erosión del sitio y la relación con los cursos fluviales y cuerpos de agua existentes. Los criterios dominantes en la selección de los terrenos implicados en los rellenos sanitarios en el AMBA han sido de índole económica (menores valores inmobiliarios y costos del transporte), sin tenerse en cuenta la aptitud de los mismos, desde el punto de vista ambiental. En la tabla 10 se observan las principales características del medio físico en los cuales se encuentran asentados los tres sitios antes señalados (modificada a partir de Pereyra 2001).

Los sitios Norte y González Catán, se encuentran localizados en los valles de los ríos Reconquista y Matanza respectivamente. Se localizan en las planicies aluviales y en la terraza baja de ambos ríos, en cotas comprendidas entre 5 y 10 m y por lo tanto sufrían frecuentes inundaciones. Estos sectores poseen una capa freática somera que estacionalmente (o relacionada con eventos climáticos extremos) aflora. En todos el nivel freático se encuentra a menos de 5 m de profundidad durante todo el año y, en muchos casos, a menos de 1 m. Asimismo, la proximidad de los cursos fluviales principales y arroyos tributarios a los sitios de relleno hace que los lixiviados se incorporen también rápidamente a las aguas superficiales.

Los materiales superficiales y subsuperficiales de las zonas afectadas exhiben, producto de su compleja evolución geomorfológica, una gran heterogeneidad, lo que hace dificultoso evaluar su comportamiento respecto a la infiltración, su acción sobre las membranas impermeabilizantes y su influencia en la estabilidad de las pilas de residuos acumulados. Así, es frecuente encontrar lentes y capas de arcillas, limos y arenas (Fm. Luján o "lujanense") en escasos metros de distancia vertical y lateral. Utilizando la clasificación del Sistema Unificado serían SM, ML, CL, OL, CH y OH, lo que evidencia la gran heterogeneidad. Por otro lado, la altura de los rellenos sanitarios es demasiado grande en todos los casos, superando ampliamente los desniveles regionales. Consecuentemente, estos rellenos sanitarios son geomorfológicamente inestables, lo que implica que sus superficies sean afectadas por la erosión hídrica (formación de rills y cárcavas). Asimismo, se produce un lavado lateral de los

lixiviados los cuales migran en forma superficial hacia los cursos fluviales aledaños, eludiendo la membrana impermeabilizante infrayacente.

| Sitios de deposición | Unidad Geomórfica | Asociación de suelos | Nivel freático | Proximidad a cursos fluviales | Principales problemas ambientales derivados |
|----------------------|---|---|-------------------------------------|-------------------------------|--|
| Norte | Terrazas y planicie aluvial del río Reconquista | Endoacuoles Hapludoles Udifluventes | alto, generalmente a menos de 0.5 m | Aledaño | inundación periódica arcillas expansibles heterogeneidad litológica erosión fluvial Aguas arriba de áreas densamente pobladas Alto potencial de contaminación de aguas superficiales y freática |
| Gonzalez Catán | Terrazas y planicie aluvial del río Matanza y Planicie loessica | Endoacuoles Hapludoles Udifluventes Argiudoles | Variable, a veces alto | Aledaño | inundación periódica heterogeneidad litológica aguas arriba de áreas densamente pobladas alto potencial de contaminación de aguas superficiales y freática |
| V. Domingo | Planicie poligenética del Río de la Plata | Endoacuoles Haplacuentes Hapludertes | Alto, generalmente a menos de 0.5 m | Aledaño | inundación periódica arcillas expansibles heterogeneidad litológica erosión fluvial Aguas arriba de áreas densamente pobladas Alto potencial de contaminación de aguas superficiales y freática |

Tabla 10: factores ambientales de los sitios de disposición final de residuos en el AMBA

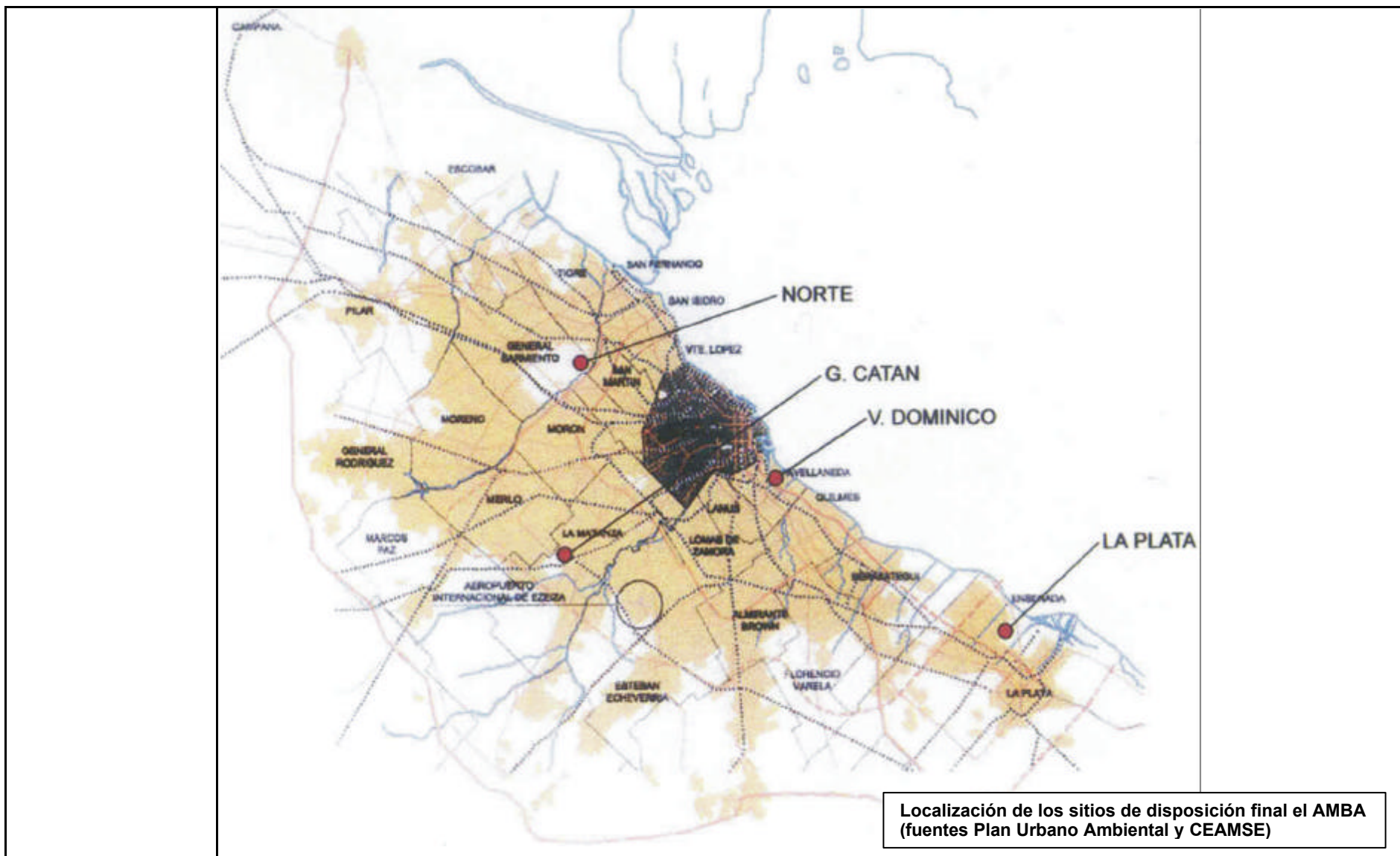


Figura 7

Los cursos fluviales han sido en algunos casos desviados, como por ejemplo en los nuevos sectores que se están abriendo en la zona Norte lo que disparará toda una serie de procesos erosivos de los propios rellenos existentes y los nuevos a realizar, además de poder provocar anegamientos en zonas pobladas de la región. Asimismo, en algunos sectores, los rellenos se asientan sobre materiales arcillosos marinos, que poseen además altas proporciones de smectitas (“querandinenses” , con texturas clases OL, OH y CH). El efecto es doblemente perjudicial, por un lado realizan un “trabajo mecánico” (expansión-contracción) importante sobre las membranas impermeabilizantes y sobre toda la pila de residuos, el cual no fue debidamente evaluado. Además, cuando los sedimentos están secos, las grietas implican un aumento exponencial de la permeabilidad, muy superior a la microporosidad que resulta en los valores habituales de permeabilidad, permitiendo el transporte de sustancias contaminantes, no solo en solución, sino en suspensión y el arrastre mecánico de materiales más grandes hacia una freática superficial.

La escasa aptitud de los sectores aludidos alcanza proporciones mayores en el caso de la zona del relleno Villa Domingo, ya que todos los factores señalados coexisten, sumados a la gran proximidad al río de la Plata. El relleno se realiza en la terraza baja y planicie aluvial del Río de la Plata (antigua planicie estuárica y litoral durante la ingesión marina) localizada en cotas inferiores a 5 metros. El río de la Plata, durante las frecuentes “sudestadas”, que provocan las más grandes inundaciones de la región, alcanza cotas de hasta 4.4 m sobre su nivel habitual y por lo tanto puede anegar directamente o por ascenso de la freática las zonas rellenas a la vez que ocasionar erosión de las mismas. En todos los sectores las altas precipitaciones y un manejo inadecuado o insuficiente de los lixiviados puede provocar el efecto “bañadera” y el desborde directo de los lixiviados hacia los cursos aledaños, ante la colmatación por lixiviados de las cubetas impermeabilizadas.

EXPANSIVIDAD DE SUELOS Y EXTRACCIÓN MINERA DE SUELOS

La expansión urbana progresiva en sectores en los que afloran sedimentos marinos finos, localizados principalmente en lo que es el frente urbano de la ciudad respecto al Río de La Plata, constituye un problema geoambiental de importancia. En estos sectores, principalmente hacia el sur y el norte del área urbana (Berazategui-Berisso y Tigre-Escobar respectivamente), viven más de 1000000 personas, las cuales de una u otra forma pueden verse afectadas por estos materiales. Muchas viviendas familiares no se han construido teniendo en cuenta este tema, por lo que presentan serios problemas de cimentación. Debe realizarse una zonificación de estos materiales (que debe partir del mapeo de los depósitos “querandinenses”) e incorporarse a una normativa que regulen el tipo de cimentación y construcción de viviendas en esos sectores.

La extracción minera de tosca, limos loessicos y arcillas, las dos primeras usadas para rellenos y cimentación de caminos y la tercera para la fabricación de ladrillos, es una actividad ampliamente distribuida en la región del AMBA, especialmente la zona externa. Esta extracción, relacionada en gran parte de la expansión urbana de las últimas décadas, no estuvo regulada y controlada desde el punto de vista ambiental. Actualmente las canteras (cavas) a cielo abierto son un grave riesgo para la salud de la población ya sea por ser potenciales focos de basurales clandestinos o por el echo de que generalmente estos hoyos se inundan y constituyen focos de contaminación a los acuíferos. Por otra parte también impiden la expansión urbana ya que generalmente constituyen obstáculos topográficos y son peligrosos para la salud de la población ya que es frecuente que personas caigan en ellos y mueran o sufran lesiones.

La utilización de suelos altamente productivos, desde el punto de vista agrícola para la realización de ladrillos constituye un problema importante de pérdida de un recurso natural prácticamente no renovable como son los suelos de la región. Para la fabricación de ladrillos se suelen usar los horizontes Bt (argílicos) y los horizontes superficiales (A1, de tipo mólico) son descartados. Sería aconsejable la implementación de normativas que obligaran a preservar y reubicar a los horizontes superficiales en la zona para que pudieran ser utilizados para la horticultura, floricultura y fruticultura. Debe destacarse que hasta hace una década casi el 50 % de los productos consumidos en el AMBA en estos tres rubros se producían en la misma región. Estas actividades indudablemente generan más puestos de trabajo que aquellas extractivas mineras y al mismo tiempo significan un impacto menor sobre el medio ambiente urbano.



Consideraciones finales

En la región urbana de Buenos Aires, pese al incuestionable rol que juegan en los estudios ambientales, el aporte de las Ciencias de la Tierra a los mismos han sido una contribución generalmente soslayada, salvo en contados casos. La falta de mapas temáticos, con el objetivo de realizar zonificaciones y establecer pautas de ordenamiento territorial, aparece como una de las principales falencias. Para prevenir futuros problemas ambientales los organismos gubernamentales deben ejercer mayor control sobre la ocupación y uso del territorio, alcanzando un balance entre el crecimiento urbano y la preservación del medio natural. La preservación de espacios verdes naturales o poco intervenidos aparece como una de las principales acciones a implementar a nivel región y en este aspecto, salvo algunos planes del GCBA, la falta de políticas y acciones es alarmante.

Los factores que han controlado la evolución geomórfica de la región en el Pleistoceno-Holoceno son: 1) las oscilaciones del nivel del mar (ingresiones-regresiones), 2) la depositación de potentes acumulaciones de loess y 3) la formación de suelos y su consecuente estabilización a la erosión. A partir de la interacción de estos factores a lo largo del tiempo se desarrollaron varios tipos de unidades del paisaje de diverso origen y edad que, a nivel general pueden agruparse según los procesos geomórficos que le dieron origen en: 1) eólicas, incluyendo la Planicie loésica, 2) fluviales, incluyendo los Valles fluviales, laterales de valle, terrazas y planicies aluviales y 3) poligenéticas, incluyendo las planicies poligenéticas del río de la Plata y de los ríos Matanzas-Riachuelo, Luján y Reconquista, Barranca marginal o Paleoacantilado y el Delta del Paraná.

Los principales problemas geoambientales que afectan a la población del AMBA son (Pereyra y Rimoldi, 2000): a) Inundaciones en planicies aluviales y terrazas fluviales bajas, b) Disposición de residuos domiciliarios e industriales, c) Ascenso de niveles freáticos regionales, d) Apertura y explotación de áridos en canteras a cielo abierto en áreas urbanas o de potencial expansión urbana, e) Problemas geotécnicos derivados con la presencia de suelos expansibles del tipo CH en las arcillas del Querandinense de la terraza baja y planicies aluviales, f) Contaminación atmosférica a causa de la emisión de gases combustibles (formación de Smog y nieblas urbanas), g) contaminación de suelos y h) Contaminaciones de aguas superficiales, y subterráneas por parques industriales e industrias; estas tres últimas no han sido consideradas en la presente contribución.

Respecto a las inundaciones, las actividades encaradas han sido fundamentalmente de tipo estructurales y limitadas a las canalizaciones y entubamientos, las que en muchos casos, lejos de constituir soluciones han significado empeoramientos. En general, se carece de un plan generalizado de solución para toda la región que contemple las diferentes cuencas naturales saltando el problema de los límites jurisdiccionales. Cualquier solución debe contemplar en primer lugar el manejo integral de las aguas desde las cabeceras, tratando de retardar los picos de inundación y aumentando la infiltración donde sea posible. La disposición final de residuos

domiciliarios e industriales constituye la principal fuente de contaminación de las aguas y suelos del AMBA. Si bien existen empresas que realizan la recolección de los mismos, generalmente su disposición final se realiza sin tratamiento y separación en zonas generalmente poco aptas. Ante la potencial colmatación de los sitios afectados a los rellenos sanitarios, es necesario incorporar decididamente las características geoambientales de los potenciales sitios como criterio principal de selección de futuros sitios de disposición final. Considerando las diferentes variables ambientales y la creciente expansión de la zona urbanizada hacia los sectores costeros, debe destacarse que es precisamente esta zona (correspondiente a la planicie poligenética del Río de la Plata) la unidad de paisaje menos apta para la mayor parte de los usos antrópicos y la más sensible frente a posibles intervenciones humanas. Cualquier plan de ordenamiento debería contemplar esta situación y regular y limitar sensiblemente los usos y ocupación del mismo.

Finalmente, deben ser tenidos en cuenta tres aspectos a la hora de realizar grandes inversiones en obras de infraestructura: las soluciones propuestas deben ser técnicamente realizables, económicamente viables y ecológicamente aceptables. En esta tríada está la real solución. Las medidas propuestas deben tender a ser abarcativas ancladas sólidamente en el conocimiento y comprensión de la dinámica geológica y geomorfológica natural. La experiencia indica una secuencia de trabajo que debe tener como primer aspecto el hecho de estudiar y conocer antes de invertir y realizar. Asimismo, el conflicto existente entre el beneficio individual (vinculado al uso de la tierra y apropiación particular de recursos naturales) y el bienestar común actual y de futuras generaciones, hasta el presente se ha resuelto en forma casi excluyente a favor del primero. Revertir esta tendencia es una de las principales acciones que deberá encarar la comunidad en un futuro inmediato.

BIBLIOGRAFÍA

- Ameghino F., 1889. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba, T. 6.
- Auge, M. y A. Castilla, 2002. Hidrogeología de la Ciudad de Buenos Aires. XV Cong. Geol. Arg., Actas en CD, Calafate.
- Capanninni, D. y V. Mauriño, 1966. Suelos de la zona estuárica comprendida entre Buenos Aires y La Plata. INTA, Colección Suelos, N2, 46 pags., Buenos Aires.
- Cavalotto, J., R. Violante y G. Parker, 1999. Historia evolutiva del río de la Plata durante el Holoceno. XIV Cong. Geol. Arg., Actas 1:508-511, Salta.
- Chebli, G. A., Tofalo, O. y Turazini, G. E., 1989. Mesopotamia. En Cuencas sedimentarias argentinas. Págs. 79-100.
- Colado U.R., A.J. Figini, F. Fidalgo, y E.E.Fuks, 1995. Los depósitos marinos del, Cenozoico superior aflorantes en la zona comprendida entre Punta Indio y el Río Samborombon, Provincia de Buenos Aires, Actas 4as. Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses, Junín. Vol. 1: 151-158.
- Cortelezzi, C. y J. Lerman, 1971. Estudios de las formaciones marinas de la costa de la prov. de Buenos Aires. LEMIT, serie II, 178:133-164.
- Cortelezzi, C., R. Pavlivecic y C. Pittori, 1999. estudio geológico del sector norte del Partido de Ensenada. XIV Cong. Geol. Arg., Actas 1:512-515, Salta.
- De Francesco, F., O. Gentile, G. Nuccitelli, U. Colado y E. Fucks, 1999. Mapa geológico de las Hojas Buenos Aires y Chascomus. XIV Cong. Geol. Arg., Actas 1: 287-290, Salta.
- Di Pace, M., S. Federovisky, J. Hardoy y S. Mazzuccheli, 1992. Medio ambiente urbano en la Argentina. Centro Editor de América Latina, Buenos Aires, 212 pags.
- EASNE, 1973. Contribución al estudio geohidrológico del noreste de la prov. de Buenos Aires. C.F.I. Serie técnica 24, 157 pags., Buenos Aires.
- Fidalgo F., Colado, U.R. y De Francesco F.O., 1973. Sobre ingresiones marinas cuaternarias en los Partidos de Castelli, Chascomús y Magdalena (Pcia. de Buenos Aires). Actas del 5 Congreso Geológico Argentino, (4): 227-239.
- Fidalgo F., De Francesco F.O. y Colado, U.R. 1973. Geología superficial de las Hojas Castelli, J.M. Cobo y Monasterio (Pcia. de Buenos Aires). Actas del 5 Congreso Geológico Argentino, (3): 27-40.
- Fidalgo F., De Francesco F.O. y Pascual R., 1975. Geología Superficial de la LLanura Bonaerense. En: Relatorio de la Geología de la Provincia de Buenos Aires: 103-138.
- Fidalgo, F., 1999. El Cuaternario de la provincia de Buenos Aires. En R. Caminos ed. Geología Argentina. SEGEMAR, Anales 29:700-703, Buenos Aires
- Foguelman, D. y A. Brailovsky, 1999. Buenos Aires y sus ríos. Editorial Lugar, Buenos Aires, 133 pp.

- Frenguelli, J., 1950. Rasgos generales de la morfología y la geología de la Provincia de Buenos Aires. M.O.P., Publ. LEMIT, Buenos Aires, Serie II, N° 33, 70 pags.
- Frenguelli, J., 1955. Loess y limos pampeanos. Fac. Cs. Nat. y Museo, Serie Didac., nº7, La Plata, 88 pags.
- Frenguelli, J., 1957. Neozoico. En Geografía de la República Argentina, GAEA, (2): 1-115.
- Fuschini Mejía, C., 2000. Las inundaciones en grandes llanuras. En Argentina Ambiental, 254 pags., Buenos Aires.
- Gentili, C. A. y Rimoldi, H. V., 1979. Mesopotamia en Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. Vol. I, Córdoba, pág. 185-223.
- González Bonorino, F., 1965. Mineralogía de las fracciones arcilla y limo del pampeano en el área de la Ciudad de Buenos Aires y su significado estratigráfico y mineralógico. Asoc. geol. Arg., Rev. XX, 1:57-150.
- Groeber, P. 1961. Contribución al conocimiento geológico del Delta del Paraná y alrededores. Comisión de Investigación Científica. La Plata. Anales II: 9-54.
- Guida, N. y M. González, 1984. Evidencias paleoestuarías en el sudoeste de Entre Ríos, su evolución con niveles marinos relativamente elevados del Pleistoceno Superior y Holoceno. IX Congreso Geológico Argentino. Actas III, 577-594.
- Hernández, M. A., 1975. Efectos de la sobreexplotación de aguas subterráneas en el Gran Buenos Aires y alrededores, República Argentina. Actas II Cong. Iberoam. de Geol. Econ. T. I: 435-456 pp. Buenos Aires.
- Iriondo, M. y E. Scotta, 1978. The evolution of the Paraná river delta. Internacional Symposium on coastal evolution in the Quaternary, San Pablo, Brasil, 405-418.
- Iriondo, M., 1980. El Cuaternario de Entre Ríos. Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral, N°11 pág.: 125-141.
- Nabel, P., M. Camillion, G. Machado, A. Spiegelman y L. Mormeneo, 1993. Magneto y litoestratigrafía de los sedimentos pampeanos en los alrededores de Baradero. Revista de la Asoc. Geol. Arg., 48 (3-4):193-206.
- Nuccitelli, G., F. de Francesco, U. Colado y E. Fucks, 1999. Geología ambiental en el Conurbano sur Bonaerense, su relación con las inundaciones. XIV Cong. Geol. Arg., Actas 2: 108-111, Salta.
- Parker, G. y Marcolini, S., 1992. Geomorfología del Delta del Paraná y su extensión hacia el Río de la Plata. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47 (2) : 243-249.
- Pereyra, F., 1999. La Ciudad de Buenos Aires y las inundaciones: una aproximación geoambiental. Revista Ciencia Hoy, Vol. 9, N°50:16-29.
- Pereyra, F., 2001. La gestión de residuos sólidos domiciliarios, una aproximación geoambiental. Revista ASAGAI en prensa.
- Pereyra, F., P. Palomera y P. Tchilinguirian, 1994. Inundaciones en sectores urbanos, causas y posibilidades de mitigación en el caso de Conurbano Bonaerense, Argentina. AGID Geosciences series 21, Actas 1:147-148, Cochabamba.

- Pereyra, F. y H. Rimoldi, 2000. Geosciences and Urban sprawl: AMBA city case, Argentina. Special Symposia, invited contribution. XXX Int. Geol. Congress, Río de Janeiro, Actas en CD.
- Pereyra, F., S. Marcomini, R. López, M. Merino y P. Nabel, 2001. Caracterización del medio físico de la Ciudad de Buenos Aires y Area Metropolitana. Convenio FCEyN-Universidad de Buenos Aires y Secretaría de Planeamiento Urbano, GCBA. 214 pp. y 10 mapas, Buenos Aires.
- Pereyra, F. y P. Tchilinguirian, 2001. Aproximación geoambiental al desarrollo de mega ciudades, el caso del Area Metropolitana Bonaerense. Actas de la I Reunión de Geología Ambiental y Ordenación de Territorio del MERCOSUR. Mar del Plata, actas en prensa.
- Ramos, V., 1999. Las provincias geológicas argentinas. En R. Caminos ed. Geología Argentina. SEGEMAR, Anales 29:41-97, Buenos Aires
- Rimoldi, H., 2001. Geología y geotecnia de la Ciudad de Buenos Aires. Convenio SEGEMAR-UBA, Serie Contribuciones Técnicas, Ordenamiento Territorial N° 3 - SEGEMAR.
- Rolleri, E, 1975. Provincias Geológicas Bonaerenses. VI Cong. Geol. Arg., Relatorio, 29-54, Bahía Blanca.
- Rusconi, C., 1938. Contribución al conocimiento de la geología de la Ciudad de Buenos Aires y sus alrededores. Actas de la Academia Nacional de Ciencias, tomo X:177-384.
- Russo A., Ferello R. y Chebli G., 1979. Llanura Chaco Pampeana. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. Acad. Nac. de Ciencias de Córdoba. Vol 1: 139-183.
- Sánchez, R. y J. Ferrer, 1976. Los suelos de los partidos de Magdalena y Brandsen, Anales Lemit, MOPBA, Tomo VI Nueva época, La Plata.
- Santa Cruz, J. y A. Silva Busso, 2001. Evolución de la freática y posibles implicancias de la afectación ambiental en el Conurbano Bonaerense. Geotemas 14:34-38.
- Santa Cruz, J., 2000. Desequilibrium of groundwater in Argentine. Special Symposia, invited contribution. XXX Int. Geol. Congress, Río de Janeiro, Actas en CD.
- Santa Cruz, J.N., 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, T27, 1:5-62.
- SEAGyP-INTA, 1990. Mapas de suelo de la Provincia de Buenos Aires. SEAGyP-INTA, Buenos Aires, 545 pags.
- Secretaría de Planeamiento Urbano-GCBA, 2001. Plan Urbano Ambiental. Documento Final. GCBA, 205 pp., Buenos Aires.
- Soil Survey Staff, 1996. Keys to soil taxonomy. 7th. Edition, 643 págs, USDA-Washington.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA. Agriculture Handbook N°436, Washington, pags.
- Subsecretaría de Medio Ambiente, 1981. Evaluación de los recursos hídricos del Sistema metropolitano Bonaerense. Ministerio de Salud Pública y Medio Ambiente de la Nación, 220 pags., Buenos Aires
- Tapia, A., 1937. Datos geológicos en Aguas Minerales de la República Argentina. II: Provincia de Buenos Aires. Min. Del Interior, Com. Nac. Climat. y Aguas Minerales, págs. 23-90, Buenos Aires.

Teruggi, M., 1957. The Nature and origin of the Argentine loess. *Journ. Sed. Petrol.*, XXVII, 3:322-332.

Tonni E.P. y Fidalgo F. 1979. Consideraciones sobre los cambios climáticos durante el Pleistoceno tardío-reciente en la Provincia de Buenos Aires. Aspectos ecológicos y zoogeográficos relacionados. *Ameghiniana* XV (1-2): 235-254, Buenos Aires.

Tonni, E., P. Nabel, L. Cione, M. Echechurry, R. Tófaló, A. Carlini y D. Vargas, 1999. The Ensenada and Buenos Aires Formation in a quarry near La Plata, Argentina. *Journal of South American earth Sciences* 12:273-291.

Tricart, J.L., 1973, geomorfología de la Pampa Deprimida INTA, Colecc. Cient. XII, 202 pp, Buenos Aires.

Violante, R. y G. Parker, 1999. Historia evolutiva del río de la Plata durante el Cenozoico superior. XIV Cong. Geol. Arg., Actas 1:504-507, Salta.

Yrigoyen M., 1993 . Morfología y Geología de la Ciudad de Buenos Aires. *Actas Asoc. Arg. Geol.Apl.Ing.* Vol. VII: 7-38. Bs.As.

Yrigoyen M.R., 1975 Geología del Subsuelo y Plataforma Continental. VI Congreso Geológico Argentino, Bahía Blanca, 21-27 de setiembre de 1975. Relatorio de la Geología de la Provincia de Buenos Aires: 139-168.

Zarate, M. y A. Blassi, 1990. Consideraciones sobre el origen, procedencia y transporte del loess del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires. *Int. Symp. on Loess, Expanded abstracts*:15-20, Mar del Plata.

ANEXO FOTOGRAFICO



FOTO 1: Vista de los depósitos loésicos del Pleistoceno inferior (Ensenadense) en las cercanías de Alsina (Buenos Aires) en la cual se observan los niveles de calcretes superiores.



FOTO 2: Vista de los “sedimentos Pampeanos” en la zona de Baradero. En la parte inferior se observan los depósitos loésicos del Pleistoceno inferior (Ensenadenses) y por encima del escalón los depósitos loésicos del Pleistoceno Superior (Bonaerenses)



FOTO 3: Vista de los “sedimentos Pampeanos” en la zona de Baradero. En la parte inferior se encuentran los depósitos loésicos del Pleistoceno inferior (Ensenadenses) y por encima de los depósitos loésicos del Pleistoceno superior (Bonaerenses). Se observan numerosos niveles de paleosuelos y calcretes (horizontes Bt, Bk y Ck)



FOTO 4: Sección de los depósitos loésicos del Pleistoceno superior (Bonaerenses) del perfil de Baradero en la que se observa un paleosuelo compuesto por una secuencia de horizontes Bt1, Bt2, BC y C.



FOTO 5: Niveles laminados lacustres en los depósitos loésicos del Pleistoceno superior (Bonaerenses) en el perfil de San Pedro.



FOTO 6: Planicie estuarica del Río de la Plata en la zona sur del AMBA.



FOTO 7: Plataforma de abrasión en sedimentos pampeanos (Fm. Ensenada) en la zona del Partido de San Isidro.



FOTO 8: Planicie deltaica actual en la zona del Partido de San Fernando.



FOTO 9: Planicie poligenética del Río de la Plata.



FOTO 10: Suelo de tipo Argiudol en el ambiente de la Planicie loessica, suelo dominante en el ámbito de la CBA antes de su ocupación.



FOTO 11: Suelo de tipo Hapludol presente en el ambiente de la Planicie loessica. Evidencia menor grado de desarrollo que el anterior.



FOTO 12: Depósitos fluviales actuales esencialmente limosos en la planicie aluvial del río Areco.



FOTO 13: Cordones litorales en las cercanías de Paranacito, Entre Ríos.



FOTO 14: Vista de la antigua planicie de marea y de los cordones litorales al pie del paleoacantilado en el sector de la provincia de Buenos Aires.



FOTO 15: Vista de meandro rectificado del río Matanza-Riachuelo en las cercanías de Pte. Alsina.



FOTO 16: Vista de meandro del río Matanza-Riachuelo en la cual se conservan las características naturales del tramo inferior de este curso.



FOTO 17: Vista de meandro del río Matanza-Riachuelo en área suburbana.



FOTO 18: Río Matanza-Riachuelo recatificado en las cercanías del Pque. De la Ciudad. Se observa la desembocadura del Ao. Cildañez. Nótese características totalmente artificiales del curso en este tramo.



FOTO 19: Río Luján y tributario canalizado en ambiente deltaico en la zona de Tigre.