

Geología urbana del área metropolitana bonaerense y su influencia en la problemática ambiental

Fernando X. PEREYRA

*Departamento de Ciencias Geológicas – FCEyN - Universidad de Buenos Aires y SEGEMAR
Ciudad Universitaria, Pab. II, 1428-Buenos Aires. E-mail: fernap@minproduccion.com.ar*

RESUMEN. Se estudian los principales problemas ambientales existentes en el área metropolitana bonaerense. Esta área se localiza en la Llanura Pampeana a los 32°S y 66°O. Desde su fundación en 1580 la ciudad ha experimentado un sostenido crecimiento poblacional hasta alcanzar los casi 13.000.000 de habitantes que tiene en la actualidad. Los principales problemas ambientales que afectan a la población del área 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 aire. Esta contribución analiza los aspectos geológicos y geomorfológicos que controlan su ocurrencia. La cartografía temática aparece como una de las principales herramientas tendientes a la solución de estos problemas.

Palabras clave: *Geología urbana, Área Metropolitana Bonaerense, Problemas ambientales, Cartografía temática*

ABSTRACT. *Urban geology of the Buenos Aires metropolitan area and its influence on environmental problems.* The main environmental problems existing in Buenos Aires metropolitan area were studied in an area located on the Pampean plains (*Llanura Pampeana*) at about 32°S and 66°W. Since its foundation in 1580, the city of Buenos Aires has experienced a striking population growth, to its present level of 13,000,000 inhabitants. The main geoenvironmental problems that pose a threat to Buenos Aires population are: flooding, regional rise in the water table, disposal of domestic and industrial waste in land-fill sites, mining dust, expansive soils and contamination of soils, water and air. This paper focuses on the geological, geomorphological and edaphic aspects, which may have controlled the occurrence of these processes. Thematic mapping of the main physical environmental features would appear to be one of the main tools for solving these problems.

Key words: *Urban geology, Área Metropolitana Bonaerense, Environmental problems, Thematic mapping*

Introducción

La localización de asentamientos humanos, su estructura interna y funcionamiento están fuertemente influenciados por los factores ambientales y, particularmente por la configuración del terreno. En los países en desarrollo una gestión poco efectiva 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 viven más de 13 millones de personas. Más de un tercio de la población y casi el 50% de participación en la generación del producto bruto interno de la Argentina se encuentran concentradas en menos de 6000 km². El área se localiza en la Llanura Pampeana a los 32°S y 66°O. 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

peligros naturales potenciales y provisión de materiales aptos para la construcción. No obstante, el gran crecimiento experimentado por el área metropolitana 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 la consecuente contaminación de las aguas.

En las últimas décadas, ante la existencia de una creciente presión antrópica sobre el medio natural y, paralelamente, un mayor grado de conocimiento de las causas y efectos de los diferentes riesgos geológicos, éstos 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 al realizarse propuestas de ordenamiento territorial. En el caso de las aplicaciones a zonas urbanas y particular a grandes aglomeraciones poblacionales como el caso del área metropolitana, esta aplicación ha sido aún más tardía.

En tal sentido, 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 ya que son herramientas que permiten conocer los sectores potenciales en riesgo de un territorio para planificar su uso. Ésta, en muchos casos ha sido una actividad soslayada o directamente dejada de lado, en muchos 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 esta contribución. Fruto de un convenio realizado entre la Secretaría de Planeamiento Urbano del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, se confeccionaron una serie de mapas temáticos del área metropolitana y de la ciudad de Buenos Aires que incluyen los mapas geológicos, geotécnicos, geomorfológicos, de suelos y de susceptibilidad al anegamiento a escalas 1:25.000 para la ciudad de Buenos Aires y 1:100.000 para 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). En este presente trabajo se brinda un breve panorama de los problemas geoambientales urbanos más importantes del área metropolitana. Debido a la extensión de esta contribución sólo se presentan algunos de los mapas realizados.

Desde el momento de su segunda fundación en 1580, hasta la actualidad, la ciudad ha experimentado un sostenido pero dispar crecimiento. El área metropolitana está constituida por la ciudad de Buenos Aires y el denominado Gran Buenos Aires (subdividido en dos coronas o cinturones concéntricos, la 1° y la 2°), el Gran La Plata y la tercer corona; esta última constituye el anillo exterior, conformando una semicircunferencia con un radio aproximado de 80 kilómetros. El Gran Buenos Aires presentaba una población de 11.323.565 habitantes, según los datos del censo de 1990. En la ahora autónoma ciudad de Buenos Aires, se encuentran 2.955.002 habitantes y en el Gran Buenos Aires 8.368.536. Hacia el sudeste, sin solución de continuidad, se hallan los partidos integrantes del Gran La Plata, con una población de 665.103 habitantes. Actualmente todo el área metropolitana supera los 13.000.000 de habitantes. La ciudad de Buenos Aires posee una superficie de 20.000 ha y el Gran Buenos Aires, 388.000 ha. La densidad de población ha aumentado desde 1869 desde valores medios de 21-200 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 Gran Buenos Aires de 29,18 hab./ha. Recientemente, según datos del censo de 2001, aún no publicados, la población de la ciudad de Buenos Aires se ha reducido en 200.000 habitantes, si bien en el conjunto del área metropolitana se constata un

crecimiento pero a un ritmo considerablemente inferior al de épocas anteriores.

Caracterización del medio físico urbano

Clima

El clima de la región es del tipo subhúmedo-húmedo, con una media pluviométrica de alrededor de 1000 mm, con máximas diarias puntuales de 149 mm, de 157 mm para 48 hs. y de 218 mm para 72 horas. Los meses con mayores precipitaciones son febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Las precipitaciones no son de tipo estacional. Las tormentas son predominantemente asociadas a frentes fríos y cálidos y ocurren preferentemente durante los meses de marzo-abril-mayo y agosto-septiembre-octubre. La dinámica de las lluvias está regida por los choques entre las masas de aires fríos y secos del sudoeste procedentes del anticiclón del Pacífico sur con las masa de aire cálido y húmedo provenientes del anticiclón del atlántico sur. Debido a este accionar ocurren las intensas lluvias relacionadas con el pampero húmedo y las sudestadas. Las lluvias de tipo convectivo, en cambio, son de menor duración y ocurren en verano. Valores pluviométricos especialmente altos, a partir de lluvias de gran intensidad, constituyen el principal motivo de inundaciones, como por ejemplo, en 1992 cuando llovió más de 42 mm en menos de una hora y en febrero de 1998, más de 73 mm en dos horas. Precipitaciones anómalas que provocaron importantes inundaciones en la ciudad de Buenos Aires, son las de 26/1/85, con 192 mm en el día, 31/5/85, con 184 mm, 25/3/88, con 102 mm, etc. El excedente hídrico es del orden de los 200 mm anuales. Asimismo cabe destacar que en las últimas décadas (Minetti 1996) se ha verificado un aumento progresivo de las precipitaciones del orden de los 200 mm anuales.

Geología y geotecnia

La zona estudiada se encuentra dentro de la región denominada pampa ondulada. Ocupa la porción nororiental de la provincia de Buenos Aires, en la provincia geológica Llanura Chaco-pampeana (Ruso *et al.* 1979 y Ramos 1999). En la figura 1, el mapa geológico muestra la distribución espacial de las principales unidades en el ámbito de la ciudad de Buenos Aires (escala original de realización 1:25.000) y en el cuadro 1, se resumen las principales características de las unidades geológicas reconocidas. Los lineamientos básicos de la geología de la región fueron establecidos por Ameghino (1889), Frenguelli (1950) y revisados por Fidalgo *et al.* (1975) y más recientemente por Yrigoyen (1993). Los sedimentos aflorantes han sido agrupados según el clásico esquema de Pampeano y Postpampeano. El Pampeano o Formación Pampa, incluye a los depósitos de las Formaciones Ensenada y Buenos Aires. Éstas conforman el sustrato principal de la ciudad de Buenos Aires y de buena parte del área metropolitana.

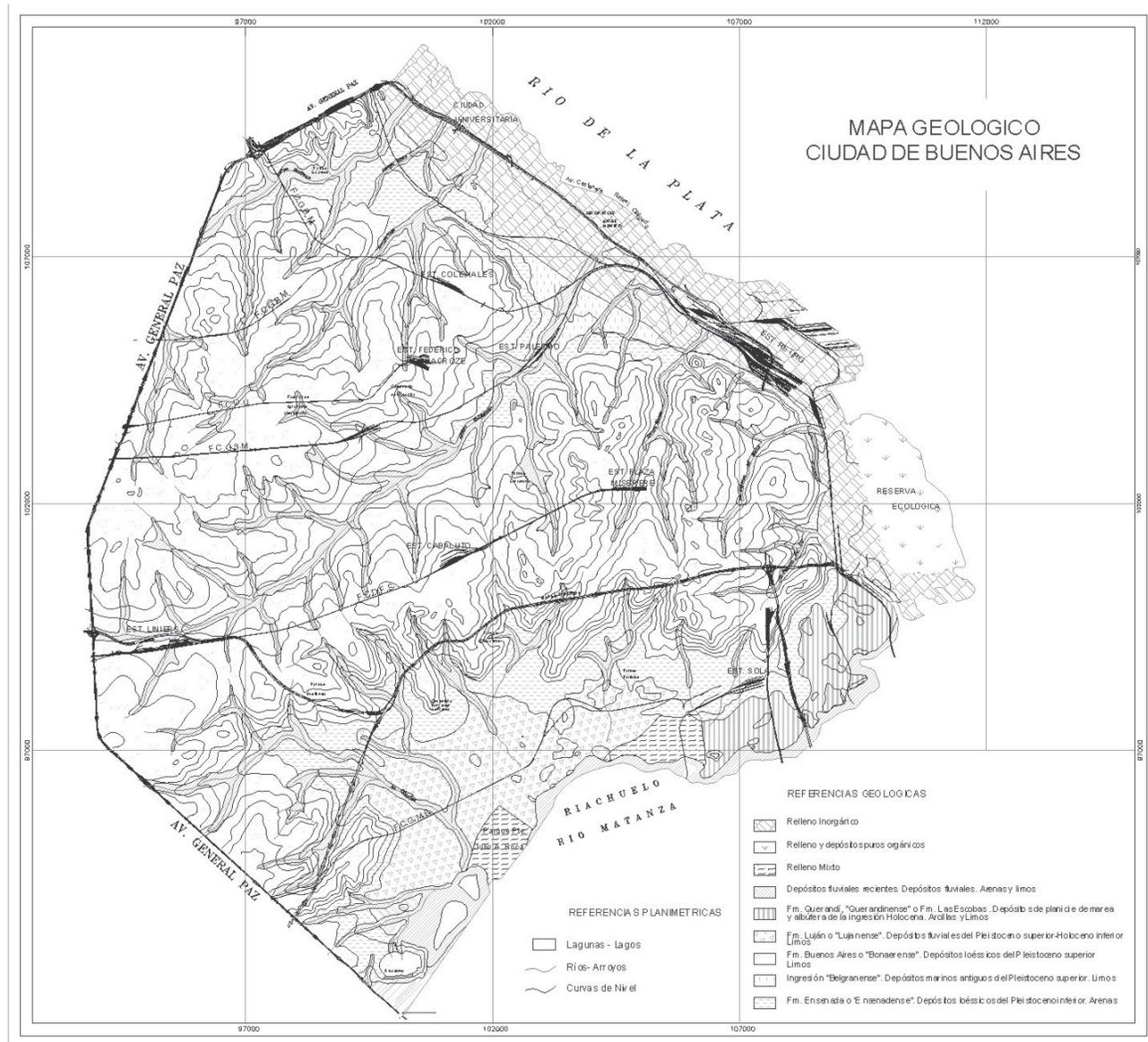


Figura 1: Mapa geológico de la ciudad de Buenos Aires.

Los sedimentos más antiguos que afloran están constituidos por los depósitos loésicos de la Formación Ensenada. Esta unidad presenta numerosas intercalaciones fluviales y lacustres que le confieren una marcada heterogeneidad. Su espesor oscila entre 7 y 40 m, siendo lo más común 20-25 metros. Esta unidad se observa principalmente en los laterales de los valles fluviales y en la parte inferior de la barranca marginal de la planicie loésica. En la ciudad de Buenos Aires se observa en la zona de Belgrano-Nuñez, Recoleta-Retiro y en Parque Lezama y aguas arriba en el valle del río Matanzas en la zona de Lugano y Bajo Flores. Su techo se encuentra generalmente a cota 7-9 m sobre el nivel del mar. Los sedimentos son limo-arenosos finos, con colores típicos 7.5YR7/4. Muestran un aspecto compacto y presentan numerosos rasgos pedológicos, como horizontes argílicos, nátricos, cálcicos

y petrocálcicos en diferentes sectores de la misma. En algunos sectores la Formación Ensenada tiene en su techo un potente calcrete 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 resaltos en el perfil longitudinal de los ríos y arroyos y en lateral de los valles. La Formación Ensenada posee hacia el techo dos paleosuelos que fueron denominados Geosol Hisisa y Geosol El Tala (más viejo y más nuevo respectivamente) por Nabel *et al.* (1993). Según estos autores el primero indicaría el pasaje de una polaridad reversa a una normal correspondiente al límite Bruhnes-Matuyama, y el segundo pertenecería al límite Ensenada-Buenos Aires. La Formación Ensenada posee básicamente una polaridad

reversa y por lo que tendría más de 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 *et al.* 1999), biozona de *Tolypeutes pampeus*.

Por encima de la Formación Ensenada, y en discordancia erosiva, si bien a veces el límite es difícil de establecer, se encuentran los sedimentos loésicos que componen la Formación Buenos Aires o bonaerense según el clásico esquema. Son esencialmente limos eólicos menos heterogéneos que en la unidad infrayacente. El techo de la Formación Buenos Aires alcanza hasta cotas de 35 m s.n.m. hacia el norte del área metropolitana y alturas de alrededor de 27 m s.n.m. en el ámbito de la ciudad de Buenos Aires. Su espesor medio oscila alrededor de los 7 metros. De todas formas presenta numerosos niveles edafizados y calcretes, si bien estos últimos poseen menor dureza que los que se encuentran en la Formación Ensenada. Conforman el tope de la planicie loésica, salvo en los sectores en los cuales se halla parcialmente cubierta por sedimentos postpampeanos. 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 fauna, que está extinguida, está constituida por especies asignadas a la edad mamífero lujanense correspondiente a la biozona de *Megatherium americanus* (Tonni *et al.* 1999). Desde el punto de vista magnetoestratigráfico, la unidad se ubica en el cron Bruhnes. Una datación por termo-luminiscencia realizada en una muestra obtenida cerca del techo de la Formación Buenos Aires, arrojó una edad de 35 Ka aproximadamente (dato inédito). Cubriendo parcialmente a las anteriores se encuentran depósitos eólicos arenosos y limosos subordinados incluidos en la Formación La Postrera (post-pampeano o platense eólico). Estos materiales generalmente poseen menos de 1 m de espesor y se hallan totalmente edafizados. Por tal motivo no han sido representados en el mapa geológico. Cubriendo parcialmente a los anteriores, y con espesores generalmente inferiores al metro, se observan sedimentos eólicos arenosos y limosos incluidos por Frenguelli (1950) en el postpampeano y que luego fueron denominados Formación La Postrera por Fidalgo *et al.* (1975).

Los depósitos fluviales, de granulometrías limo-arenosas, se encuentran comprendidas dentro de la denominada Formación Luján o lujanense, incluido en el postpampeano. Ocupan los principales valles fluviales como en el caso de los ríos Matanzas-Riachuelo, Reconquista y Luján y se hallan cubiertos parcialmente por depósitos fluviales más modernos. En algunos casos aparecen formando un nivel de terraza y aguas abajo se suelen interdigitar con las facies marinas ingresivas del querandinense. Finalmente, correspondiendo a sendas ingresiones marinas

se encuentran depósitos marinos y costeros, que pueden ser arenosas (cordones litorales) o arcillosos (canales de marea y albúfera). Han recibido la denominación de belgranense, y corresponden a la ingesión pleistocena superior y querandinense, aflorante sobre toda la planicie del río de la Plata, que se asocia a la ingesión holocena media.

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 inorgánicas, 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. Es importante tener en cuenta que estas propiedades corresponden a los materiales sedimentarios prescindiendo de las peculiaridades edáficas de los suelos desarrollados en la parte superficial de los mismos. Una característica de los sedimentos de la región es la gran variabilidad lateral que pueden presentar, vinculados a cambios faciales en los ambientes sedimentarios, lo que se suma a la gran variabilidad vertical. En la zona del área metropolitana bonaerense, como rasgo propio de los ambientes de planicies loésicas, la ocurrencia de capas de diferentes grados de compactación es un factor central a tener cuenta. Generalmente la variabilidad vertical se materializa por la presencia de horizontes edáficos enterrados correspondientes a paleosuelos usualmente antiguos Bt (horizontes argílicos) y niveles de tosca, que representan a horizontes petrocálcicos enterrados y calcretes poligenéticos. Tanto unos como otros suelen limitar severamente la capacidad infiltración de los materiales.

Los limos y arenas finas inorgánicas son la unidad dominante e incluyen a los sedimentos loésicos pampeanos (Formaciones Ensenada y Buenos Aires) así como los sedimentos arenosos postpampeanos, incluidos en la Formación La Postrera. Utilizando la clasificación del sistema unificado americano de suelos, los sedimentos pertenecen a los grupos ML, MH y SM. Aparecen por encima de cotas de 6 m s.n.m. y conforma las amplias divisorias. Son los materiales aflorantes que poseen menores inconvenientes como materiales de cimentación y las mejores condiciones de drenaje y permeabilidad. 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. Las arcillas y limos orgánicos e inorgánicos poseen importante representación areal, disponiéndose por debajo de los 6 m s.n.m., ocupando los valles fluviales principales y la planicie del río de la Plata. Estos sedimentos presentan grandes inconvenientes para las cimentaciones, incluyendo proporciones variables de arcillas expansibles y decididamente malas condiciones de permeabilidad. Estos materiales aparecen principalmente en la zona norte y la zona sur de la ciudad de Buenos Aires. Mientras que la segunda posee una menor densidad

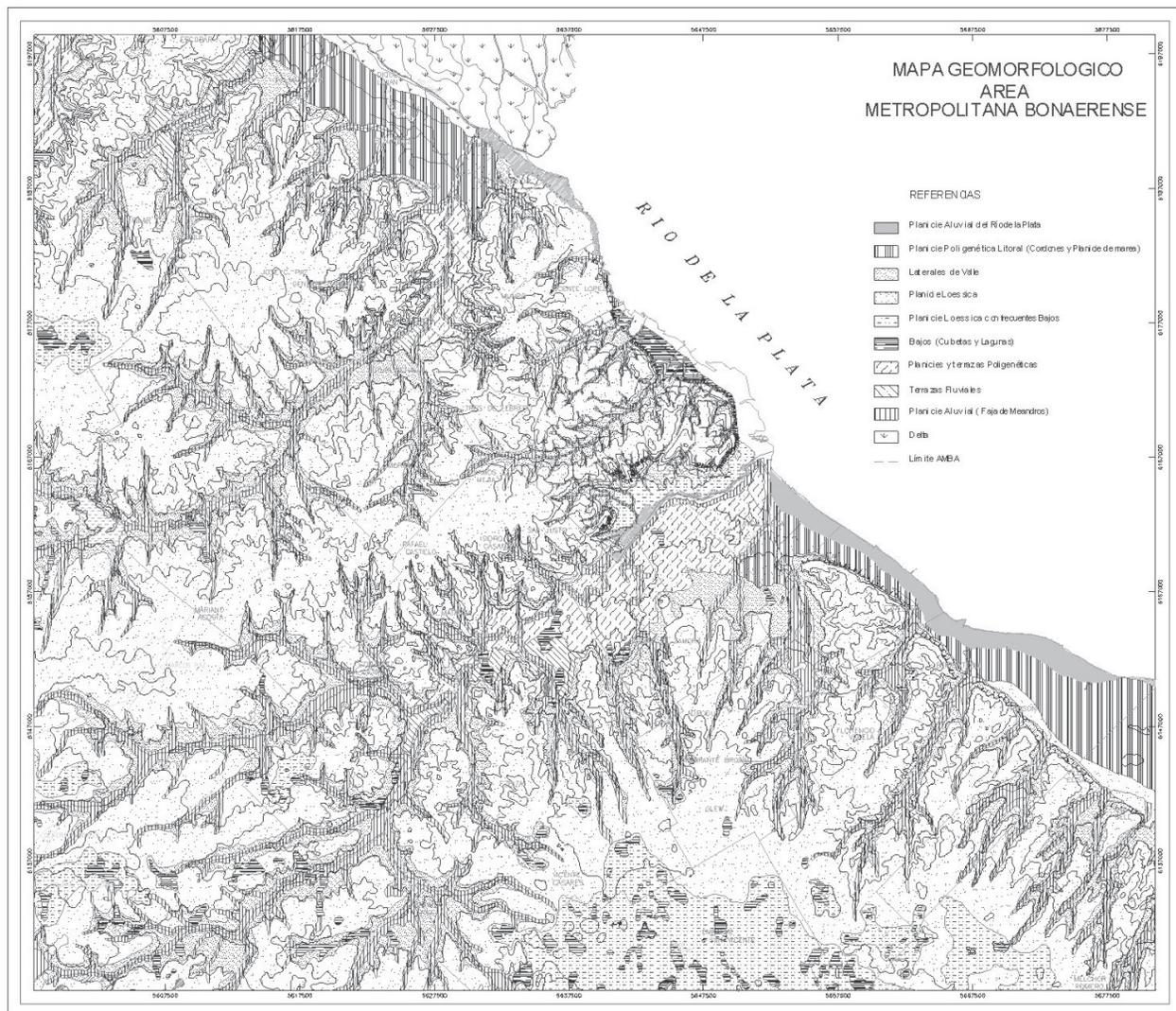


Figura 2: Mapa geomorfológico del área metropolitana bonaerense.

de población, en la primera se localizan parte de los barrios de Belgrano, Núñez, 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. Finalmente los rellenos finos y materiales orgánicos naturales y rellenos heterogéneos poseen propiedades variables resultado de las mezclas de materiales utilizadas para realizarlos, 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.

Geomorfología

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. A partir de la interacción de estos factores a lo largo del tiempo se formaron varias unidades geomórficas que pueden agruparse en: 1) eólicas, con la planicie loésica, 2) fluviales, incluyendo los valles fluviales, laterales de valle, terrazas y planicies aluviales y 3) poligénicas, que comprende las planicies poligénicas del río de la Plata y de los ríos Matanzas-Riachuelo, Luján y Reconquista, barranca marginal o paleoacantilado y el delta del Paraná. Los mismos se encuentran representados en la figura 2 (mapa geomorfológico del área metropolitana bonaerense). Las características más destacadas de las principales unidades geomórficas diferenciadas están representadas en el cuadro 2.

La planicie loésica constituye las divisorias altas de los sistemas fluviales de la región. Tienen un relieve

Cuadro1: Unidades aflorantes y sub aflorantes en la región del área metropolitana bonaerense y sus principales características

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

plano o suavemente ondulado. Esta unidad se caracteriza por poseer ondulaciones con amplias divisorias de pendientes suaves (1 a 2%) y que en planta comúnmente presentan dirección aproximada nordeste. La red de drenaje a lo largo de su recorrido tiene diferente comportamiento; en las cuencas altas está poco integrada, mientras que en las cuencas medias se encuentra más integrada y tiene un diseño paralelo a dendrítico. Las cuencas altas comprenden la amplia divisoria con las cuencas de los ríos Samborombón y Salado, las cuales pertenecen a la región de la Pampa Deprimida. En esta amplia divisoria se localizan varias lagunas desarrolladas en antiguas cubetas de deflación. Puede tener cierto control estructural en su desarrollo, debido a la presencia de mantos de tosca (calcretes), de espesores variables. Tienen diversos paleosuelos observables en cortes verticales, en algunos sitios, hasta siete. Esta unidad es la que presenta menor vulnerabilidad al anegamiento, con excepción de las depresiones antes

señaladas. Sin embargo la capa freática se halla generalmente alta (controlada en parte por la presencia subsuperficial de tosca), lo que restringe severamente su capacidad de almacenamiento por infiltración y favorece el escurrimiento superficial hacia los cursos fluviales y depresiones. Sobre esta geoforma, incorrectamente llamada muchas veces terraza alta o meseta, se asienta la mayor parte de la población por ser la que tiene mejores condiciones para la localización de asentamientos poblacionales. Hasta casi fines del siglo XIX, la población de la región se asentaba casi exclusivamente en la misma.

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. 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

Cuadro 2a: Unidades geomórficas y principales aspectos morfodinámicos.*

Proceso geomórfico dominante	Unidad geomórfica	Relieve relativo	Material Superficial	Suelos principales
Eólico	Planicie loessica	Moderado	MLCH CL	Argiudoles Hapludoles
Poligenéticas marinas-fluviales	Paleoacantilado	Alto		
	Planicie poligenética del río de la Plata	Bajo	OL OH	Endoacuales Natracualfes Hapludertes
Fluviales	Planicies y terrazas fluviales	Bajo	CL OL	Hapludoles Endoacuales Udifluventes
	Laderas de valles	Moderado	ML CH CL	Argiudoles Hapludoles Natralboles
	Delta del Paraná	Bajo	OL OH CL	Hapludoles Endoacuales Udifluventes

*Relieve relativo Alto es más de 10 m en menos de 50 m en la horizontal Bajo, menos de 1 m en 100 m, moderado está comprendido.

2b: Características relevantes según unidad geomórfica

Unidad geomórfica	Susceptibilidad a la contaminación	Potencial de inundación	Estabilidad de pendientes	Presencia de suelos expansivos
Planicie loésica	Variable	Baja	Alta	Baja a media
Terrazas y planicies aluviales	Alta	Alta	Variable	Media
Delta del Paraná	Alta	Muy alta	Variable	Media
Planicie poligenética del río de la Plata	Alta	Alta	Variable	Alta

Francia, hasta Belgrano-Núñez. En la zona del río Matanza-Riachuelo se proyecta tierra adentro, bordeando los barrios de Flores y Mataderos. Esta barranca constituye un elemento geomórfico regional y se prolonga hasta la ciudad de Rosario. Corresponde al límite oriental de la Pampa Ondulada. En la zona del área metropolitana bonaerense, esta barranca continúa hacia el norte tras superar las cañadas de los arroyos de la zona de Belgrano-Núñez, en Vicente López donde alcanza gran desarrollo, continuándose luego en San Isidro y el sector oriental de San Fernando. Luego desaparece, desdibujándose e internándose tierra adentro debido a la existencia del valle del río Reconquista (antiguo de las Conchas) en la zona de Tigre. Reaparece tras este valle especialmente en la zona de Escobar, donde en el barrio del Cazador alcanza un desnivel, respecto a la planicie del río de más de 15 metros. En la zona céntrica de la ciudad de Buenos Aires, donde se estableció la primera urbanización (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 Leandro N. Alem - Paseo Colón, antes de la construcción del puerto (1887), había que bajar por las actuales calles Venezuela y Perón, las que de todas formas tenían gran pendiente. 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 corresponde a una escarpa de erosión, un antiguo acantilado labrado por el mar durante las ingresiones marinas. Actualmente, los procesos erosivos hídricos y las caídas de detritos (remoción en masa) son procesos frecuentes en esta geoforma y tienden a reducir la pendiente de la misma.

Las terrazas fluviales y planicies aluviales se desarrollan en los principales cursos fluviales que desaguan en el río de la Plata. Destaca el río Matanza-Riachuelo, como principal colector en el área de estudio. Posee una cuenca de drenaje de 2034 km² y recibe numerosos tributarios. Esta cuenca está comprendida totalmente dentro del zona urbanizada, por lo cual está profundamente modificada en algunos sectores. Otros cursos importantes son el Luján y el Reconquista que presentan importantes planicies aluviales y terrazas. Los cursos menores, como los arroyos Morón, Sarandí, Santo Domingo, Pereyra, Maldonado, etc. también poseen terrazas y planicies aluviales, aunque se hallan muy antropizados. Los cauces se encuentran profundizados (2-3 m) y también están muy modificados por la acción antrópica. Esta unidad arealmente es la de menor tamaño y tienen una elevada posibilidad de inundación. Dado que sus márgenes están sobre elevadas (albardones artificiales) e impermeabilizadas se comportan como cursos «alóctonos». Esta unidad, asimismo tiene capas freáticas muy someras, generalmente a menos de 1 m, con oscilaciones entre 1,5 a 0,2 m, lo que genera problemas para la construcción y excavación de zanjas y canales. Los laterales 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. Las pendientes tienen gradientes entre 3 a 7% y han sido originadas por procesos erosivos y depositacionales, vinculadas a la acción eólica y al escurrimiento superficial. Salvo en algunos sectores deprimidos, vinculados a la acción eólica pasada, presentan baja probabilidad de anegamiento. Afloran los depósitos pampeanos.

Las planicies poligenéticas de los principales ríos muestran una génesis similar resultado de la interacción del proceso fluvial y la acción marina. Debido a esta última, durante los períodos ingresivos, se formaron estuarios que se proyectaron aguas arriba, como por ejemplo superando la posición del Puente la Noria en el caso del Riachuelo. Debido a la naturaleza cohesiva de los materiales acarreados por los ríos y las bajas pendientes, los cursos tienen un hábito meandriforme de alta sinuosidad pero de escasa migración lateral. Las posteriores canalizaciones y rectificaciones modificaron este patrón original, que de todas formas aún puede observarse en sectores del Riachuelo, como por ejemplo en la zona de Villa Soldati.

La planicie poligenética del río de la Plata se desarrolló originalmente como una planicie de acreción marina, comportándose en la actualidad, como la planicie aluvial del río. Su ancho varía grandemente, aumentando hacia el sudeste, donde puede superar los 10 km en la zona sur del Gran Buenos Aires. En la zona de la Capital Federal prácticamente ha desaparecido a causa de los diferentes rellenos realizados por la construcción del puerto, Aeroparque y Ciudad Universitaria. Presenta un relieve plano a suavemente ondulado, con geoformas de diferente origen. En esta unidad se distinguen varias subunidades. Cerca del río se encuentra el albardón costero, luego prosiguen los cordones de conchillas, aproximadamente subparalelos a

la costa actual. Los cordones fueron formados por acreción, durante el Holoceno, entre 6000 y 3500 años AP (Guida y González 1984 y Cortezzi *et al.* 1999).

Tierra adentro, y formando una extensa planicie sólo cortada por los cursos fluviales actuales, se hallan los antiguos canales de marea y la albúfera. Toda esta unidad se encuentra afectada por las sudestadas, sufriendo importantes anegamientos, debido a la cota (generalmente inferior a los 3 m s.n.m.), bajo gradiente y complejidad geomórfica. Finalmente, en la zona norte del Gran Buenos Aires, entre San Isidro y Vicente López, aparece una plataforma de abrasión labrada en la tosca cuspidal de la Formación Ensenada. Esta plataforma, controlada estructuralmente por la aparición de 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 ciudad de Buenos Aires, particularmente en la zona de Retiro y Recoleta, en la que la barranca se ubica más próxima al río abierto. Constituía un escollo para la navegación y solo era visible en bajantes.

Ocupando solo un pequeño sector de la zona urbanizada, pero estrechamente condicionado 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 Cavalotto *et al.* (1999); Parker y Marcolini (1992) y Violante y Parker (1999). Esta unidad tiene características distintivas y una compleja evolución geológico-geomorfológica asociada a las fluctuaciones cuaternarias del nivel del mar. La zona alternativamente presentó un desarrollo fluvial, vinculado al río Paraná durante los períodos de regresión marina, marino y estuárico, durante los momentos de ingresión 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 de 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 intertributarias que conforman las típicas islas del delta. Éstas poseen un sector marginal de mayor altura (albardones) y una parte central más deprimida, usualmente anegada total o parcialmente. 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 las condiciones más naturales posibles, reservándose su uso para fines recreativos y como parque natural (nacional) aparecen como altamente positiva. Consecuentemente, sería recomendable prohibir cualquier tipo de proyecto de envergadura que signifique una modificación de este ambiente.

Suelos

Los suelos representan el recurso más importante de la economía de la región pampeana. Las bondades y aptitu-

des de los suelos para la agricultura y la ganadería fueron ya valorados por los conquistadores, quienes las tuvieron en cuenta 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. En este primer plan de ordenamiento territorial de la región se reservaba para agricultura la zona norte de la ciudad y del área metropolitana bonaerense, incluyendo la mayor parte de la zona oeste. Por otro lado, a las tierras ubicadas hacia el sur se las destinaba a la ganadería, así como los sectores adyacentes a los principales cursos fluviales (las planicies aluviales y terrazas bajas), como por ejemplo en el caso del río Luján.

Es importante destacar que hasta el presente se carece de estudios detallados de suelos del área metropolitana bonaerense. Como antecedentes más destacables aparecen los trabajos de Capanninni y Mouriño (1966), SEAGyP-INTA (1990) y Sánchez y Ferrer (1976). Se ha utilizado también como base, trabajos y observaciones propias (Pereyra *et al.* 2001). Se ha realizado un mapa de suelos del área metropolitana bonaerense a escala 1:100.000 (figura 3), representando 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 el cuadro 3 se resumen las principales propiedades de los mismos.

Los suelos de la región poseen importante variabilidad espacial. La Pampa Ondulada se caracteriza por presentar importantes períodos de pedogénesis dominante y morfogénesis subordinada (medios estables), lo que ha resultado en la formación de suelos con un alto grado de desarrollo. Predominan los Argiudoles típicos, desarrollados en las divisorias y en las laderas de valles. Se han formado a partir de los sedimentos loésicos, son profundos (más de 1,5 m), tienen importante desarrollo (A1-A2-Bt1-Bt2-BC-C-Ck), texturas franco-limosas, salvo en los horizontes argílicos (Bt) y altos contenidos de materia orgánica. Constituyen los suelos «zonales» de la región. En algunos sectores los suelos son algo más finos y aumenta la participación de arcillas expansivas (esmectitas e interstratificados) que resultan en la existencia de caras de deslizamiento en los horizontes argílicos (Btss). En este caso, los Argiudoles pertenecen al subgrupo vértico. En los laterales de los valles los Argiudoles son menos potentes, con el horizonte C algo carbonatado y, a veces se forman horizontes E (Suborden Alboles). Pese a encontrarse en aquellas zonas menos anegables, pueden presentar evidencias de condiciones reductoras y saturación temporal con agua a poca profundidad (a 25-40 cm aparecen concreciones y moteados). En algunos sectores se encuentran Hapludoles típicos, con perfiles simples A-Bw-Ck.

En los valles fluviales se observan suelos de menor desarrollo edáfico y mayor expresión de rasgos hidro-

mórficos. Son Endoacuoles típicos, de perfiles comparativamente simples, que gradan pendiente arriba a Hapludoles ácuicos, típicos y énticos. En general los Endoacuoles se halla bien provistos de materia orgánica y dominan las texturas limosas y franco-limosas. Los rasgos hidromórficos, como moteados y colores gley, suelen aparecer por debajo del horizonte superficial (mólico). En las proximidades de los cursos fluviales se encuentran Entisoles, principalmente Fluventes y Acuentes de muy escaso desarrollo pedogenético. Finalmente, es el antiguo ambiente litoral el que tiene la mayor complejidad edáfica, habida cuenta de la heterogeneidad geomorfológica que exhibe. Los cordones de conchillas poseen suelos de tipo Haprendoles. Son Molisoles que precisamente deben sus principales características a la presencia de abundante CaCO₃ (procedente de las conchillas). Se encuentran bien provistos de materia orgánica, son gruesos (arenosos y areno-gravillosos) y los perfiles son A-ACK-K. Se asocian estrechamente a la vegetación de talas. El ambiente de la antigua planicie de marea se caracteriza por tener suelos de texturas finas, generalmente arcillosas, debidas a la incidencia del factor material originario. La arcillas presentan importante participación de especies mineralógicas expansivas (Smectitas e interstratificados) que determinan la presencia de caras de deslizamiento entre los agregados del suelos. Consecuentemente, se reconocen suelos del Orden Vertisoles, del Gran grupo Hapludertes. En los sectores en los que los cordones se hallan cubiertos de materiales eólicos arenosos retransportados, se encuentran Udipsamentes (Entisoles) de muy débil desarrollo pedogenético.

Se han diferenciado seis unidades cartográficas, a las que se sumaría, ocupando un pequeño sector, los suelos del delta del Paraná. La Unidad Cartográfica 1 (U.C. 1), corresponde a los suelos “zonales” ubicados en la planicie loésica. 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 Endoacuoles típicos, Hapludoles énticos, Udifluventes típicos y Natracuoles típicos. La U.C. 3 se encuentra ubicada en el antiguo ambiente marino-estuarino y también se hallan suelos mal drenados, como Endoacuoles típicos y Fluvacientes típicos. También aparecen suelos algo salinos y sódicos, como Natracuoles típicos y Natracualfes típicos y suelos con arcillas expansivas (Hapludertes típicos). Los sectores de los cordones litorales corresponden a la U.C. 4 y están representados principalmente los Haprendoles típicos y, en menor proporción, 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 los valles, se observa 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.

Cuadro 3: Características principales de los suelos más frecuentes en la zona

Suelos	Espesor	Contenido de materia orgánica	C.I.C.	Textura sup./Subsuelo	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
Endo-epiacuoles	Moderado a bajo	Alto	Moderado a bajo	FA/Fl	Moderado	Moderado	Moderada a alta

Espesores altos es más de 2 m y bajo menos de 1 metros. Contenido de materia orgánica alto es más de 2% C; bajo menos de 1% C los otros valores están comprendidos, en todos los casos para el horizonte de mayor contenido en M.O. CIC alta es más de 40 cmol/Kg y baja menos de 10, en todos los casos considerando los horizontes de mayor CIC.

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. Asimismo, la existencia de un horizonte argílico implica una permeabilidad moderada a baja determinando una capacidad de almacenamiento de agua baja, lo que es importante a la hora de considerar los coeficientes de escorrentía que no deben limitarse al estudio del horizonte mólico. En las planicies aluviales o costeras donde el «querandinense» aflora o se encuentra subflorante los materiales originarios son básicamente arcillosos y de gran potencia por lo que la infiltración es mínima.

Principales problemas geoambientales en el área metropolitana bonaerense

Los principales problemas geoambientales que afectan a la población del área metropolitana bonaerense son: 1) inundaciones en planicies aluviales y terrazas fluviales bajas, 2) ascenso de niveles freáticos regionales, 3) problemas geotécnicos derivados con la presencia de suelos expansibles del tipo CH en las arcillas del Querandinense de la terraza baja y planicies aluviales, 4) apertura y explotación de áridos en canteras a cielo abierto en áreas urbanas o de potencial expansión urbana, 5) disposición de residuos domiciliarios e industriales, 6) contaminación atmosférica a causa de la emisión de gases combustibles. Formación de Smog y nieblas urbanas y 7) contaminación de aguas superficiales, y subterráneas por parques industriales e industrias (Pereyra y Rimoldi 2000).

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 su 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 especial detalle este problema. De forma más breve se tratarán los otros problemas, a excepción de los últimos aspectos, que dada su especificidad no serán considerados en esta contribución. No se ha considerado la pérdida de tierras fértiles debido a la urbanización en tanto a ocupación directa de las tierras, sino solo en lo referente al uso minero del recurso suelo.

Inundaciones en el área metropolitana bonaerense

En la 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 las 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 son fenómenos complejos que incluyen aspectos climáticos, hidrológicos, geológico-geomorfológicos y sociales. Si bien esta naturaleza compleja es ampliamente reconocida, en líneas generales no se ha tenido en cuenta a la hora de realizar planes de mitigación.

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 (Di Pacce *et al.* 1992). Desde los '80 hasta el presente las inundaciones han cobrado numerosas vidas humanas. Por ejemplo, la inundación del 31/5/85 produjo 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, así como la suspensión del servicio de subterráneos en la zona afectada 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 100.000 evacuados y serios daños (incluyendo pérdida total) en 2500 viviendas y 14.000 vehículos. Este solo evento significó un estimado de más de 246 millones de dólares de pérdidas (Di Pacce *et al.* 1992). 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 para este análisis.

La red de drenaje de la región 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 metropolitana bonaerense 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 hallan las cuencas de los ríos Luján y Reconquista. Dentro del área metropolitana bonaerense 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 (longitud de los cauces, pendientes de los mismos, sinuosidad, etc.). La cuenca del río Matanza abarca una superficie de cerca de 2000 km², con una longitud total de cauces de 510 km en 232 cursos mayores y menores. El curso principal posee una longitud de 61 km y un hábito meandri-forme con alta sinuosidad. El cauce está «encajonado», evidenciando una importante incisión vertical probablemente vinculada a un rápido descenso del nivel de base. Esta situación 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, ocasionado 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 metros. 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 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 posee en esta zona un ancho máximo de 6 km y en la misma habitan más de 500.000 personas (incluyendo parte de la CBA y GBA). En general, todos estos cursos presentan elevado grado de modificación antrópica: rectificaciones y puentes de escasas dimensiones. Éstos no han sido construidos teniendo en cuenta las características de las planicies aluviales ni las cotas que alcanzan los arroyos durante las crecidas.

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 1937. Su planicie aluvial, de ancho variable, posee un desnivel de más de 2 metros. En la zona céntrica de la Ciudad había numerosos cursos menores y «zanjones» que disectaban a la planicie loéssica, entre los cuales estaban 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, Núñez y Saavedra, se hallan las cuencas de los arroyos Medrano (8 km), Vega (4,3 km) y White, actualmente entubados en casi todo su recorrido, y que frecuentemente desbordan afectando las zonas que antiguamente eran 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 éstas se destaca la del 24/1/01. El nivel de las aguas, sobre la avenida J. B. Justo también superó 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 urbanización) provoca la rápida llegada del pico de crecida. El arroyo Medrano también inunda sectores de Buenos Aires, en particular en el sector donde anteriormente se encontraba una laguna (en Parque Saavedra).

Diversos factores coadyuvan para producir las inundaciones de la región, las que pueden ser agrupadas según sus causas en dos: 1) naturales y 2) antrópicas (cuadro 4) (Pereyra 1999 y Pereyra y Rimoldi 2000). Dentro del primer grupo se encuentran: a) la existencia de precipitaciones de gran intensidad; b) la existencia de una red de drenaje poco integrada debido entre otros factores a los bajos gradientes y a las fluctuaciones climáticas ocurridas du-

rante el Cuaternario; c) la existencia de bajos anegables (bañados); d) la presencia de una capa freática alta. Como último factor se enumera el proceso de tapón ejercido por las sudestadas en las desembocaduras de los distintos arroyos que drenan en el área metropolitana bonaerense. No es casualidad que las inundaciones urbanas alcanzan sus efectos más perjudiciales durante las sudestadas que elevan el nivel del río de La Plata. Estos ascensos importantes de su nivel están relacionados con fuertes vientos procedentes del sudeste 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, donde se han constatado inundaciones a partir de ascensos de 2,70 metros.

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 la desembocadura ha significado un aumento en la longitud de los cursos y una disminución en la ya de por sí exigua pendiente de los mismos. Se ha realizado una zonificación de la susceptibilidad natural al anegamiento representada en la figura 4, a la que se ha agregado la antigua red de drenaje de la ciudad de Buenos Aires. Con respecto a los efectos de la urbanización en el riesgo por anegamiento, estos 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 Buenos Aires más del 20% de superficie se halla ocupando planicies aluviales de los diferentes cursos (generalmente entubados), mientras que en algunos partidos del Gran Buenos Aires, 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 ca-

nalización y entubamiento de los cursos constituye otro aspecto importante, ya que generalmente han sido ejecutados 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. Finalmente, la modificación de la línea de costa del río de la Plata, por los diferentes rellenos realizados, ha resultado en una interferencia de su dinámica erosiva-deposicional 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 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 ineffectividad) de los sistemas de alerta y control. Es característico de la región pampeana el bajo relieve relativo existente, y por lo tanto las muy bajas pendientes regionales que presentan los cursos fluviales que la surcan. 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 loésico y la dinámica de las ingresiones marinas). En la actualidad, el gobierno de la ciudad de Buenos Aires 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.

Ascensos regionales de la capa freática

Los ascensos freáticos son de extensión regional. Este fenómeno comenzó a aparecer en algunas localidades del área metropolitana bonaerense desde 1980. Los lineamientos básicos de la hidrogeología de la región fueron establecidas por diferentes estudios, destacando Santa Cruz (1972) y EASNE (1973) entre otros y recientemente fueron sintetizados por Auge y Castilla (2002). En 1999 y el 2000 el fenómeno afectó a más de 500.000 habitantes ubicados fundamentalmente en la zona sur del área metropolitana bonaerense y en la zona de Tres de Febrero. Los ascensos freáticos obedecen a varias causas. Las más importantes se vinculan a acciones antrópicas y están relacionadas con la reducción de la captación de agua del

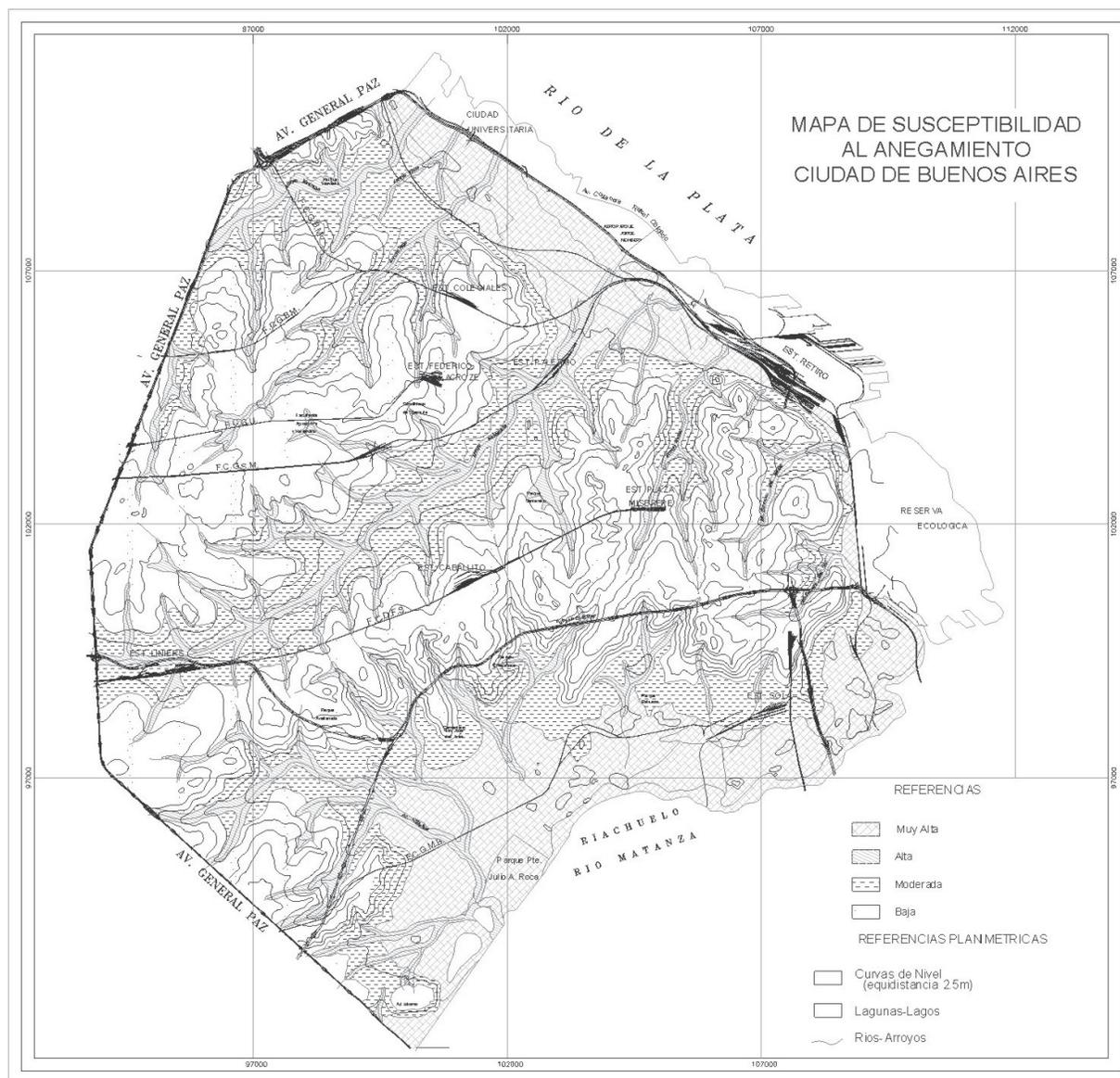


Figura 4: Mapa de susceptibilidad al anegamiento de la ciudad de Buenos Aires.

acuífero puelche y el 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 (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 del puelche ha decrecido notablemente y el nivel piezométrico, deprimido durante la explotación (Hernández 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 impiden el drenaje, aumentando por consiguiente el nivel del freático libre. Tal situación se verifica especialmente en la zona sur del área metropolitana bonaerense. Rellenos de otros tipos y la construcción de vías de comunicación como la autopista La Plata-Buenos Aires, probablemente también

Cuadro 4: Principales causas de las inundaciones en el área metropolitana bonaerense.

Causas de las inundaciones		Acciones, procesos y factores
Naturales	Climáticas	Grandes precipitaciones
		Ascenso del río de la Plata por "sudestadas"
	Geológicas-geomorfológicas	Suelos y 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 zonas anegables	
	Modificación de la línea de costa del río de la Plata	
	Remoción de la cobertura edáfica y compactación de los materiales superficiales	

actúen como barreras al flujo dificultando el drenaje natural. Finalmente, este ascenso del nivel freático presenta un problema potencial, aún no debidamente evaluado respecto a la incorporación de elementos contaminantes al acuífero (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 área metropolitana bonaerense. 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 dife-

rentes tipos de metodologías: 1) basureros abiertos, 2) incineración, 3) rellenos sanitarios y 4) *composting* y reciclado. En el área metropolitana bonaerense, 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 área metropolitana bonaerense (32 municipios). En 1999 se recogieron 5.700.000 toneladas. Según el CEAMSE, en los últimos 10 años la generación de residuos en la ciudad de Buenos Aires 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 gobierno de la ciudad de Buenos Aires, 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 Domingo y 4) La Plata (no será considerado en la presente contribución).

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 área metropolitana bonaerense 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 el cuadro 5 se observan las principales características del medio físico en los cuales tienen asentados los tres sitios antes señalados.

Desde el punto de vista geomorfológico, tal como ya se dijo, la región del área metropolitana bonaerense se encuentra localizada en una planicie loésica, con un relieve suavemente ondulado cuya morfología se debe a la periódica y recurrente depositación de materiales loésicos. La región presenta numerosos cursos fluviales que la atraviesan, los que se hallan severamente modificados por la acción antrópica (canalizados, entubados y rectificadas). Los valles fluviales han excavado entre 15 y 30 m respecto al nivel general de la planicie, presentando cotas de los

Cuadro 5: Factores ambientales de los sitios de disposición final de residuos en el área metropolitana bonaerense.

Sitios de depositación	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.
González Catán	Terrazas y planicie aluvial del río Matanza y Planicie loéssica	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
Villa 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.

fondos de los valles que oscilan entre 8 y 5 metros. Destacan dos cursos fluviales, el Matanza-Riachuelo y el Reconquista. Estos cursos han labrado valles amplios debido a sus sinuosos recorridos controlados por las relativamente bajas pendientes, los materiales finos y la dinámica litoral pasada (ingresiones). 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 metro. 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 (Formación 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. 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. 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. 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. Por otro lado, cuando están secas, 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 se agrava 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 ingresión marina)

localizada en cotas inferiores a 5 metros. El río de la Plata, durante las frecuentes sudestadas, que provocan las mayores 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 rellenadas 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 1.000.000 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 querandinoses) e incorporarse a una normativa que regule el tipo de cimentación y construcción de viviendas en esos sectores.

La extracción minera de tosca, limos loésicos 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 área metropolitana bonaerense, especialmente la zona externa. Esta extracción, relacionada en gran parte con 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 hecho de que generalmente estos hoyos se inundan y constituyen focos de contaminación de los acuíferos. Por otra parte también impiden la expansión urbana al constituir 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 con-

sumidos en el área metropolitana bonaerense en estos tres rubros se producían en la misma región. Estas actividades, indudablemente generan más puestos de trabajo que las actividades extractivas mineras, a la vez que 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 gobierno de la ciudad de Buenos Aires, la falta de políticas y acciones es alarmante.

Respecto a las inundaciones, las actividades encaradas han sido fundamentalmente de tipo estructurales y limitadas a las canalizaciones y entubamientos, las que en la mayoría de los casos no han constituido soluciones. 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 área metropolitana bonaerense. Si bien existen empresas que realizan la recolección de los mismos, generalmente su disposición final se hace 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 de la misma.

Finalmente, deben ser tenidos en cuenta tres aspectos a la hora de hacer 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 medi-

das 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 ejecutado. 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 de los primeros. Revertir esta tendencia es una de las principales acciones que deberá encarar la comunidad en un futuro inmediato.

Agradecimientos

A la Secretaría de Planeamiento Urbano del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, en particular a los Arquitectos García Espil y Ramacciotti. Al Decano de la FCEyN, Dr. P. Jacovkis, por haber facilitado la realización del Convenio y a la Dra. P. Nabel.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Ameghino F., 1908. Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 3: 343-428.
- Auge, M. y A. Castilla, 2002. Hidrogeología de la Ciudad de Buenos Aires. XV Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 477-483. Calafate.
- Capannini, D. y V. Mauriño, 1966. Suelos de la zona estuárica comprendida entre Buenos Aires y La Plata. INTA, Colección Suelos, N2, 46 p., Buenos Aires.
- Cavalotto, J., R. Violante y G. Parker, 1999. Historia evolutiva del río de la Plata durante el Holoceno. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 508-511, Salta.
- Cortezzi, C., R. Pavlivecic y C. Pittori, 1999. estudio geológico del sector norte del Partido de Ensenada. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 512-515, Salta.
- Di Pace, M., S. Federovisky, J. Hardoy y S. Mazzuceli, 1992. Medio Ambiente Urbano en la Argentina. Centro Editor de América Latina, 212 p., Buenos Aires.
- EASNE, 1973. Contribución al estudio geohidrológico del noreste de la prov. de Buenos Aires. C.F.I. Serie técnica 24, 157 p, Buenos Aires.
- 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.
- Fringuelli, 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 (33): 1-70.
- Guida, N. y M. González, 1984. Evidencias paleoestuáricas 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 Congreso Iberoamericano de Geología Económica I*: 435-456, Buenos Aires.
- 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 Asociación Geológica Argentina*, 48 (3-4): 193-206.
- 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*, 9(50): 16-29.
- Pereyra, F. y H. Rimoldi, 2000. Geosciences and Urban sprawl: AMBA city case, Argentina. Special Symposia, invited contribution. XXX International Geological 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 p. y 10 mapas, Buenos Aires.
- 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, inédito, Buenos Aires
- Ruso A., Ferello R. y Chebli G., 1979. Llanura Chaco Pampeana. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias 1: 139-183, Córdoba.
- Sanchez, R. y J. Ferrer, 1976. Los suelos de los partidos de Magdalena y Brandsen, *Anales Lemit, MOPBA, VI(Nueva época)*, 1: 1-130. La Plata.
- Santa Cruz, J.N., 1972. Estudio sedimentológico de la Formación Puelches en la provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 27(1): 5-62.
- Santa Cruz, J., 2000. Desequilibrio of groundwater in Argentine. Special Symposia, invited contribution. XXX International Geological Congress, Río de Janeiro, Actas en CD.
- 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.
- SEAGyP-INTA, 1990. Mapas de suelo de la Provincia de Buenos Aires. SEAGyP-INTA, 545 p., Buenos Aires.
- Secretaría de Planeamiento Urbano-GCBA, 2001. Plan Urbano Ambiental. Documento Final. Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires 205 p., Buenos Aires.
- 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 p., 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.
- 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 Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería* 7: 7-38. Buenos Aires.

Recibido: 8 de mayo, 2002

Aceptado: 7 de julio, 2004