**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**
**Secretaría de Ciencia y técnica**
**Proyectos de Investigación Bienales Renovables**
**Programación Científica 2006-2009**

Facultad: Arquitectura Diseño y Urbanismo

Lugar de Trabajo: Centro de Información Metropolitana

# *"La Geoinformática como Herramienta para la Detección Temprana de Contaminación Ambiental en Sitios de Disposición de Residuos (SDR)"*

Director: Maria Adela Igarzábal de Nistal

Lugar de Trabajo: Centro de Información Metropolitana (CIM). Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo (FADU). Universidad de Buenos Aires (UBA)

El uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite georeferenciar los distintos hechos espaciales y relacionar entre sí distintos tipos de entidades gráficas, convirtiéndose en una herramienta que permite comprender las distintas formas en que está ocupado el espacio. El manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), es uno de los servicios más problemáticos en cuanto a costos económicos y medioambientales. Su acumulación sin un tratamiento adecuado constituye una de las actividades que más impacta al ambiente.
El riesgo potencial para la salud provocado por la disposición de residuos, es un asunto de preocupación pública a nivel mundial. Sin embargo, los datos disponibles son insuficientes para una evaluación de riesgos confiable. Teniendo en cuenta la irreversibilidad en el pasaje del uso, los recursos insumidos en materia de salud y deterioro ambiental, resulta imprescindible evaluar la situación de riesgo de los sistemas de disposición final de residuos; de manera tal de prevenir problemas futuros y minimizar los costos de remediación y mitigación.
**Objetivo:** hacer una aplicación concreta sobre un producto disponible y operable, el Sistema de Información Territorial del Área Metropolitana de Buenos Aires (SIT/AMBA), para identificar y evaluar el riesgo ambiental y para la salud humana en sitios de disposición de residuos (SDR).

Entendiendo que los Sistemas de Información Geográfica (SIG), al georeferenciar los distintos hechos espaciales y poder relacionar entre sí distintos tipos de entidades gráficas resultan ser el sustento de la Geoinformática, campo en el cual se manejan de distintas formas los datos digitales (Buzai G. D. 1999) y por lo tanto son las herramientas que permiten comprender las distintas formas en que está ocupado el espacio. El disponer de un Sistema de Información Territorial para el Área Metropolitana de Buenos Aires (SIT/AMBA) implementado aplicando tecnología SIG, habilita para estudiar como se vinculan entre sí los distintos usos del suelo y en particular los "no deseados" como son los sitios de disposición final de los residuos sólidos (SDR). Esta aplicación motivó al Equipo del Centro de Información Metropolitana a presentar a la Convocatoria UBACyT 2004/07 el proyecto *"El Mapa de la Basura"* acreditado con subsidio de mantenimiento, al cual se renunció por considerar que con los fondos asignados no era posible cumplir en tiempo y forma lo comprometido en la presentación. No obstante se procuró continuar con el tema ya que

la localización de los SDR son datos de interés para continuar con la implementación del SIT/AMBA.

En esta dirección se gestionó y la FADU firmó un Convenio de Cooperación con el CEAMSE de un año de duración, para encarar el tema en forma conjunta con el CIM que, sin lugar a dudas, se ha de complementar y enriquecer con los resultados del proyecto de investigación que aquí se presenta.

El manejo de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), es uno de los servicios más problemáticos en cuanto a costos económicos y medioambientales. Su acumulación sin un tratamiento adecuado constituye una de las actividades que más impacta al ambiente. En la última década, el AMBA duplico la producción de RSU (Fontan C.A. 2004). Esta situación trae aparejado varias consecuencias: por un lado la colmatación de los centros de disposición final de residuos, manejados por el CEAMSE; y por el otro un aumento de basurales clandestinos a cielo abierto.

Según el último relevamiento del CEAMSE (2000), en el conurbano bonaerense había cerca de 90 basurales y en la ciudad de Buenos Aires, una decena. En el Gran Buenos Aires ocupan 375 hectáreas, que contienen unas 430 mil toneladas de residuos.

Esta ocupación progresiva de espacio metropolitano con estos usos en detrimento de su entorno, junto con la contaminación inherente de la acumulación y presencia de residuos peligrosos, representan uno de los cambios de los usos del suelo más conflictivos del AMBA y uno de los riesgos más importantes para la salud de la población.

Este riesgo se da fundamentalmente por un aspecto pocas veces considerado en el manejo de los RSU que son las poblaciones aledañas a los SDR, las cuales, generalmente, están conformadas por grupos vulnerables, sobre todo niños y embarazadas, que por sus hábitos y características fisiológicas, constituyen grupos de alto riesgo.

El riesgo potencial para la salud provocado por la disposición de residuos, es un asunto de preocupación pública a nivel mundial. Sin embargo, los datos disponibles son insuficientes para una evaluación de riesgos confiable. Un problema importante es la escasez de información cuantitativa sobre exposición, al igual que la debilidad de los métodos usados para evaluar la exposición. Para ello, se necesitan datos más ajustados para ayudar a los gobiernos y a la industria de manejo de residuos a optimizar sus prácticas, para prevenir los impactos.

Teniendo en cuenta la irreversibilidad en el pasaje del uso, los recursos insumidos en materia de salud y deterioro ambiental, resulta imprescindible evaluar la situación de riesgo de los sistemas de disposición final de residuos; de manera tal de prevenir problemas futuros y minimizar los costos de remediación y mitigación.

**Objetivos e hipótesis de la investigación**

**Objetivo Principal:**

Hacer una aplicación concreta sobre un producto disponible y operable, el Sistema de Información Territorial del Área Metropolitana de Buenos Aires (SIT/AMBA), para identificar y evaluar el riesgo ambiental y para la salud humana en sitios de disposición de residuos (SDR).

**Objetivos Específicos:**

Ampliar la formación de un grupo de investigación ya especializado en geoinformatica, con la incorporación de nuevas variables provenientes del campo de la salud ambiental.

Realimentar el SIT/AMBA con la incorporación de nueva información referida a la localización de basurales a cielo abierto, difícil de obtener a través de fuentes secundarias.

Dar sustentación a operadores públicos y privados para fundamentar políticas, normas y acciones que, sobre el tema, se implementen.
Evaluar el riesgo para la salud por exposición a sustancias peligrosas liberadas por los sitios ilegales de disposición de residuos.
Comparar los resultados obtenidos en los sitios ilegales de disposición con aquellos de los rellenos sanitarios.

**Hipótesis:**
Es posible, a través de la evaluación de variables ambientales establecer categorías de riesgo por medio de la geo-estadística.
Verificar la posibilidad de establecer niveles de criticidad ambiental a partir de la ocupación del suelo por localizaciones "no deseadas".

**Metodología**
El método a aplicar se basa en el cumplimento de fases secuenciales, que no deben interpretarse como un proceso lineal, sino que han de retroalimentarse entre si.
Se llevara a cabo en dos fases, centradas en los siguientes temas:
Identificación y caracterización de los SDR y de la población aledaña a los mismos.
Evaluación de los escenarios de exposición potenciales a partir de datos disponibles.
Estimación de la exposición: Identificación de las rutas de exposición y medios potenciales de contacto.

**Caracterización de la exposición**.
Selección de Indicadores ambientales, sociales y de salud. Evaluación de la necesidad de la realización de estudios epidemiológicos, diseño y requerimientos de información.
Se tomará como Unidad de Análisis los sitios de disposición de residuos (SDR) y su entorno inmediato. Por lo tanto los diferentes SDR se han de estudiar teniendo en cuenta variables internas y variables externas al mismo.
Si bien se trabajara con la totalidad de los SDR distribuidos en todo el AMBA; será planificado el diseño de muestreo para la toma de muestra y análisis químicos y estimación del riesgo, en tres (3) SDR las cuales serán representativas de tres situaciones diferentes; de manera de poder realizar estudios tipo caso-control.
En este trabajo se adhiere a la definición de las Organización Mundial de la Salud (OMS) (2000) donde "*los Sitios de Disposición de Residuos (SDR) son los sitios con disposición controlada y no controlada, almacenamiento subterráneo e inyección subterránea, como así también los sitios antiguos, en uso y la consideración de sitios futuros o cambios en el uso de los sitios"*.

**FASE I: Identificación y caracterización de los SRD y de la población de su entorno**

En esta fase se realizara un relevamiento de la información ambiental, sociodemográfica, epidemiológica y satelital para caracterizar los sitios en estudio y la población aledaña.
1.1 Búsqueda Bibliográfica y Relevamiento Municipal
Esta caracterización se llevara a cabo a partir de los datos existentes en el SIT/AMBA y a través de búsqueda bibliográfica y relevamiento municipal. Este último, incluirá entrevistas a funcionarios de cada municipio, se realizará la recopilación de información sobre la forma de gestión de los RSD y de las empresas que tienen a cargo el servicio.
Para la caracterización de los SRD tendrán en cuenta las siguientes variables:

| Tipo | Variable interna | Variable externa |
|---|---|---|
| cuantitativa | Superficie estimada (m2)<br>Volumen estimado (m3)<br>Antigüedad (años) | Demográficas (población, clases etarias etc.)<br>Socioeconómicas (NBI, desempleo etc.)<br>Epidemiológicas (mortalidad, numero de casos críticos etc.)<br>Distancia de la población más cercana<br>Distancia al curso de agua más cercano |
| cualitativa | Origen<br>Tipo de residuos<br>Medidas de protección etc. | Patrones de uso del suelo (comercial, residencial, industrial etc.)<br>Patrones de trabajo (formal, informal)<br>Presencia/ausencia de servicios públicos y/o privados (agua y cloaca, luz, gas) |

**Diseño de muestreo y toma de muestras.**

En función de la caracterización anterior se realizara un diseño de muestreo, teniendo en cuenta cuales son los medios ambientales mas apropiados para la detección de contaminantes, tipo de sustancias, técnica de análisis y muestreo mas apropiado para los mismos.

Se tendrán en cuenta los antecedentes de contaminación existentes.

Ingreso de la información a la base de datos SIT/AMBA.

La anterior caracterización se ingresara a la base de datos digital como información alfanumérica, a los cuales se incorporará información relacionada con aquellas variables físico naturales pertinentes al tema de estudio: datos topográficos, geológicos, penológicos, hidrogeológicos, climáticos, flora y fauna, etc. Su integración permitirá clasificar a los sitios según los diferentes parámetros evaluados.

Se realizarán entre otras operaciones el cálculo de distancias, por ejemplo: distancia entre SDR y población más cercana o distancia entre SDR y el curso de agua más cercano. También operaciones de cálculo de áreas y perímetros así como áreas de influencia.

Los resultados obtenidos en el punto 1.3 serán incorporados al SIT/AMBA, se integraran con las demás variables para el análisis espacial de la distribución de los contaminantes.

La base de datos será flexible a la incorporación de nuevos datos, e inclusive para realizar un seguimiento en el tiempo.

Calibración de los datos relevados con información satelital.

Se dispone de información satelital procesada proveniente imágenes Landsat 7 TM del año 2000 y SPOT pancromática, de considerarse necesario se gestionarán nuevas imágenes, dado que existe un Convenio de cooperación institucional entre el CIM y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE).

A partir de la base catastral disponible en el SIT/AMBA se calibrará la información satelital a partir de lo cual, se estudiara la posibilidad de identificar nuevos basurales. Asimismo se caracterizará el entorno de estas localizaciones a través del análisis de cobertura del suelo. También se realizará un análisis temporal del objeto de estudio.

La información satelital será utilizada como herramienta de apoyo y complemento a la investigación, tanto para la caracterización de los sitios como para el diseño de muestreo y posterior análisis de riesgo de los resultados.

Utilizando las herramientas disponibles, del análisis espectral, se intentará detectar basurales en función del tipo de residuo predominante en cada uno de ellos. Se intentara determinar diferencias en el índice de reflectancia en función al tipo de residuo predominante, magnitud o extensión del basural y concentración y tipo de contaminante.

Corroboración en terreno.

Las áreas de interés identificadas deberán ser corroboradas mediante trabajo de campo, a fin de poner a punto la técnica de detección de basurales mediante teledetección.

1.6 Descripción de los escenarios a partir del SIG.

El análisis espacial de los resultados obtenidos definirá los escenarios de riesgo encontrados en el AMBA. Se esperan obtener patrones y gradientes espaciales, indicadores ambientales y de riesgo preliminares.

Fase 2: Evaluación de Riesgo:

**Análisis de Riesgos**

Se realizara el análisis de riesgo según la metodología recomendada por la Organización Panamericana de la Salud a los resultados.

"Metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados" que propone la OPS (1999) para América Latina, que consta de tres pasos.

LISTADO: identificación y listado de sitios potencialmente peligrosos

INSPECCIÓN: es una fase de relevamiento de información con la calidad suficiente para concluir con certeza si un sitio está o no contaminado. Se estudia rápidamente el sitio

EXPOSICIÓN: se define el nivel de exposición a los contaminantes en la población de un sitio peligroso. Se debe estudiar exhaustivamente el sitio.

Evaluación de la exposición

Se utilizaran métodos de evaluación indirecta (estimada), dada la obvia dificultad que implica el método directo (marcadores biológicos poblacionales). Como resultado de esto se obtendrá el perfil de exposición de la población en estudio.

Selección de indicadores

Ambientales. El cruce de información que surge de la aplicación sobre el SIT/AMBA evidenciara las restricciones propias de la dinámica del territorio en cuanto a la incompatibilidad de actividades. Es decir, se pretende establecer un orden jerárquico de factores que incidan en los niveles de riesgo en los SDR. Estos indicadores deberán ajustarse a nuestra realidad.

De Riesgo. Se desarrollaran modelos matemáticos que muestren la relación entre el riesgo y la dosis o exposición y se construirán descriptores del riego tanto poblacional como individual.

.Recomendaciones y Transferencia de los resultados

Confeccionar una guía practica que informe respecto al manejo de los residuos sólidos urbanos, con indicadores de exposición relevantes y métodos de diseño, dentro del entorno SIG.

**APLICACIÓN DE LA TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICOS EN SITIOS DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES. Metodología de Análisis.**

## 1.1 Resumen

En el marco del proyecto "El Atlas de la Basura" (Convenio CIM-CEAMSE), se presenta el informe sobre los resultados de la aplicación de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfico, sobre los Sitios de Disposición de Residuos (SDR) en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). Se describe la metodología de análisis empleada para la búsqueda de variables indicadoras de las características del SDR.

Se estructuró la presentación de manera que aquel lector no especializado acceda a los conceptos básicos de teledetección para el mejor aprovechamiento de la lectura y los resultados hasta el momento obtenidos.

El presente informe está conformado por dos partes: Parte 1: Teledetección aplicada a los Sitios de Disposición Final de Residuos en el Área Metropolitana de Buenos Aires y Parte 2: Teledetección y Sistemas de Información Geográfico: Metodología de Análisis. En el Anexo se resumen algunos conceptos teóricos que fundamentan la teledetección.

En la primera parte se muestran los diferentes métodos de análisis para la interpretación de imágenes sobre una imagen *Landsat* 7 TM y una SPOT pancromática. También se ejemplifica sobre la teledetección activa utilizando una imagen Radar ENVISAT. Por última se describen otros tipos de imágenes y su potencial aplicación sobre el objeto de estudio

En la segunda parte, se trabaja sobre la contribución reciente del *Google Earth* a los objetivos de la investigación. En este sentido, se realiza una aplicación concreta sobre interpretación y análisis espacial sobre los SDR. Se describe la metodología utilizada y el análisis sobre dos casos concretos.

Muchas de las figuras e imágenes mostradas en este informe parcial conformarán el Atlas de la Basura. La descripción de las mismas se realizará en forma de memoria técnica siguiendo el concepto visual de un atlas. El Atlas de la Basura se continúa en el proyecto bianual UBACyT de investigación titulado "La Geoinformática como herramienta de detección temprana del riesgo". Su desarrollo generará resultados gráficos que derivan del uso combinado de herramientas de teledetección, sistemas de información geográfica y evaluación de Riesgo.

## 1.2 Antecedentes

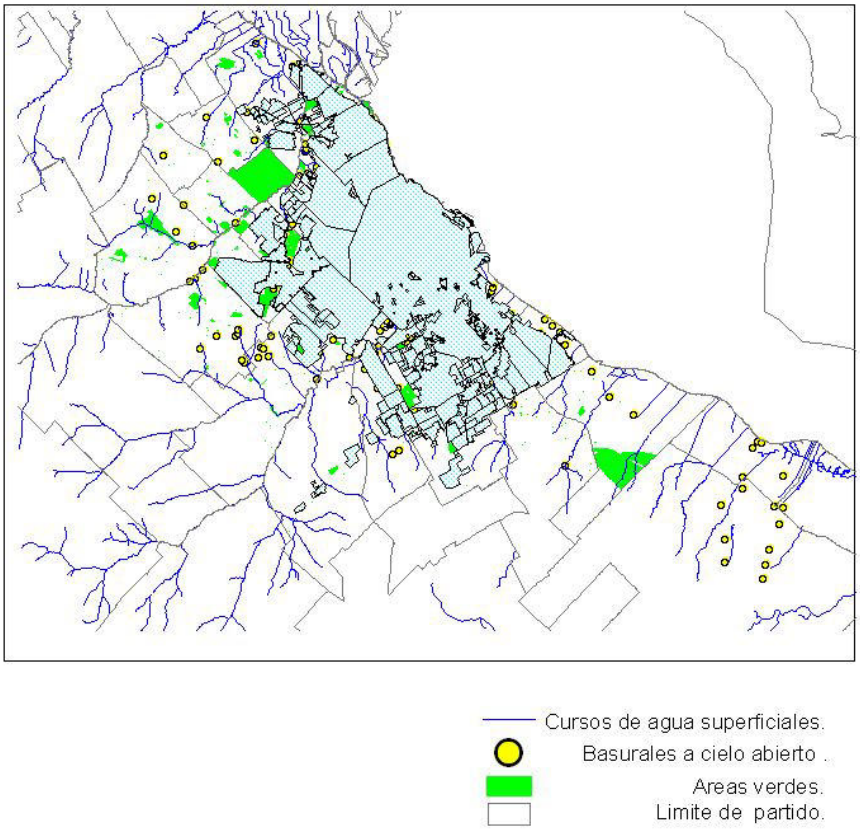
En el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), se han contabilizado en el último relevamiento realizado por el CEAMSE (2004) 139 basurales a cielo abierto. En el contexto de ésta investigación se ha actualizado esa cifra, a través de la interpretación visual de imágenes, en 102 basurales en actividad (detectados), uno inactivo y 4 nuevas localizaciones.

A primera vista, el sur de la ciudad de Buenos Aires y el sur del Conurbano muestra mayor densidad de basurales. La zona sur con 17 partidos alberga a 91 basurales a cielo abierto (65,5%) y 2 rellenos sanitarios (Villa Domínico y Ensenada), frente a 48 de zona norte y oeste. Sin embargo, en este momento, en la zona norte está presente el relleno sanitario Norte II y III, actualmente el más grande del AMBA, ya que recibe el 80,8% de los residuos totales que generan 31 partidos por día, adheridos al CEAMSE (www.ceamse.gov.ar ).

Como se observa en la siguiente salida grafica (Figura 1), la localización puntual de los SDR se distribuye de manera heterogénea en el área de estudio. Muchos SDR aparecen sobre los cursos de agua, y grandes áreas verdes. Ambas, zonas del territorio conflictivas en cuanto a dominios, uso y cobertura del suelo.[1]

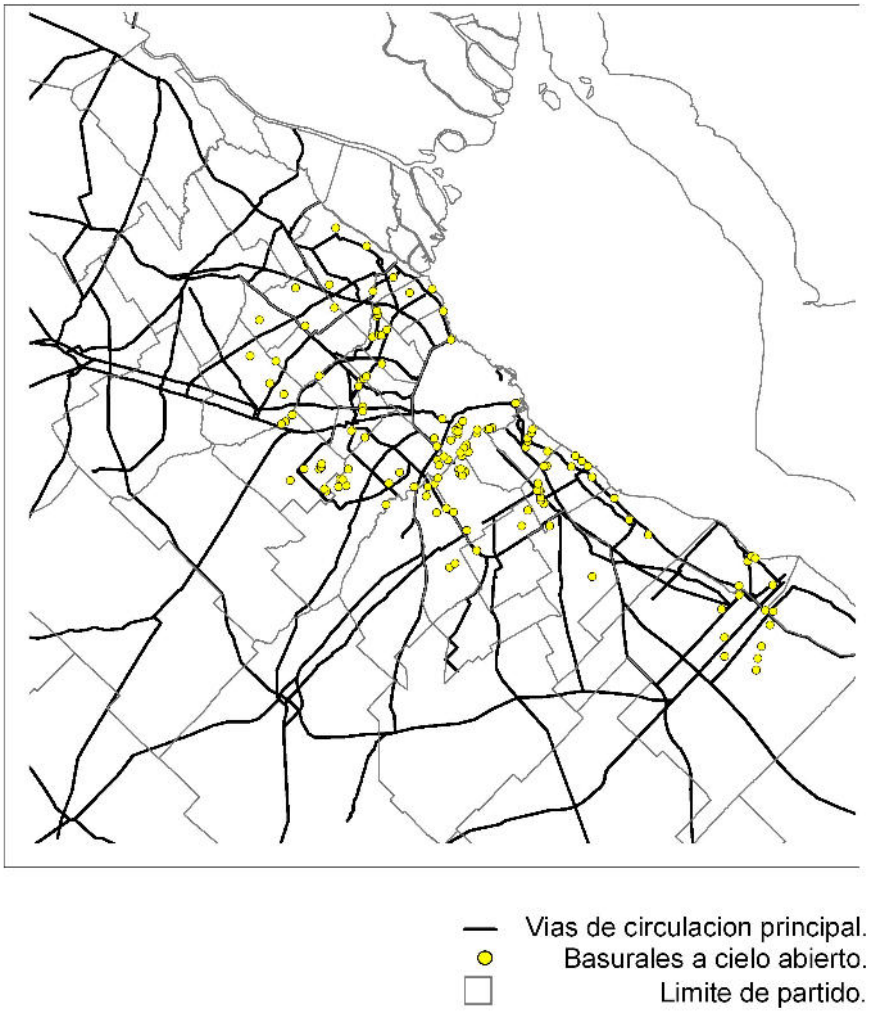
Figura 1: Áreas Verdes y cursos superficiales. AMBA

[1] Ambos términos describen de diferente manera al territorio. El uso del suelo es una descripción de la forma en que los humanos utilizan una porción del territorio para uno o varios propósitos. Cobertura del suelo se refiere al material biofísico que cubre la superficie terrestre en algún sitio particular (http://www.geo.hunter.cuny.edu/keneally/remote_sensing_project.html)




Su presencia podría estar vinculada a las vías circulatorias, o a los centros de mayor densidad poblacional (figura 2 y3)

Figura 2: Vías de circulación principal. AMBA




Al graficar los SDR y la localización de los asentamientos precarios y villas de emergencia del AMBA, es probable que el área de impacto de los SDR afecte a la población vulnerable (figura 4).

Figura 3: Densidad Poblacional AMBA

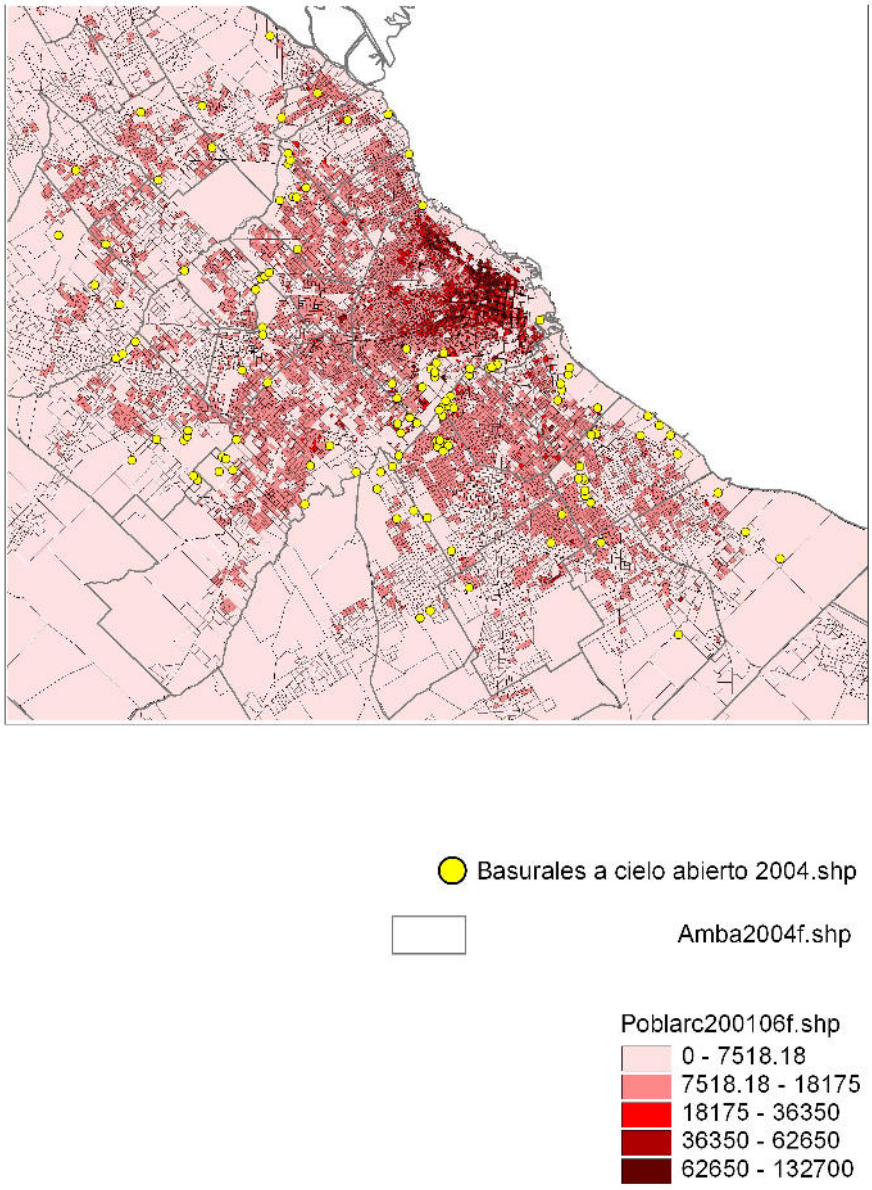
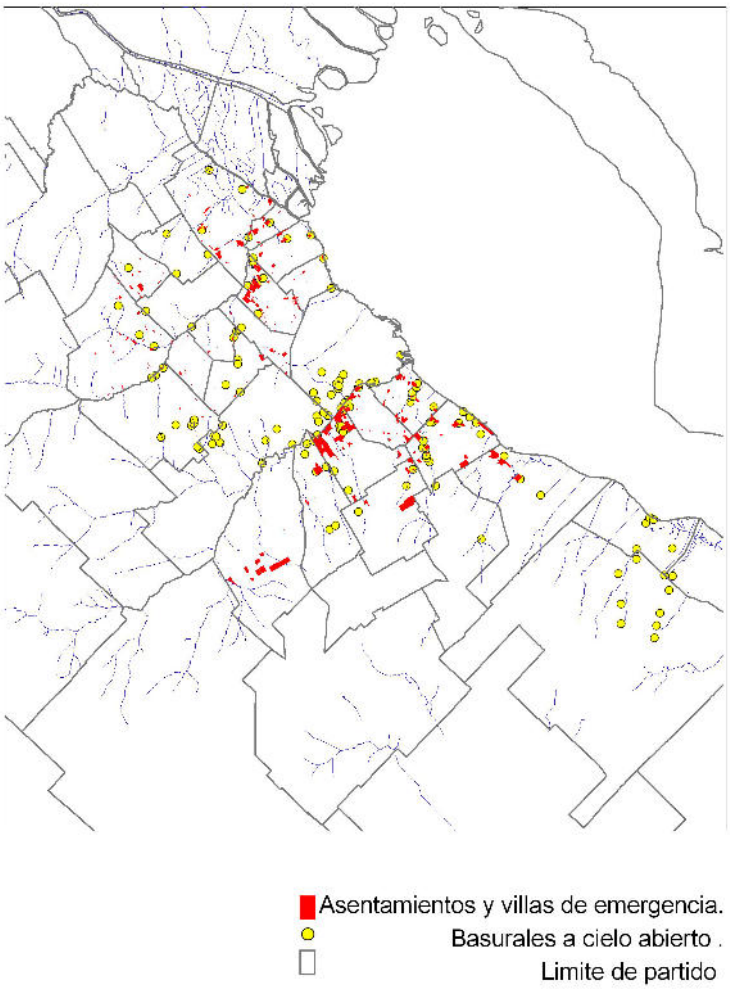
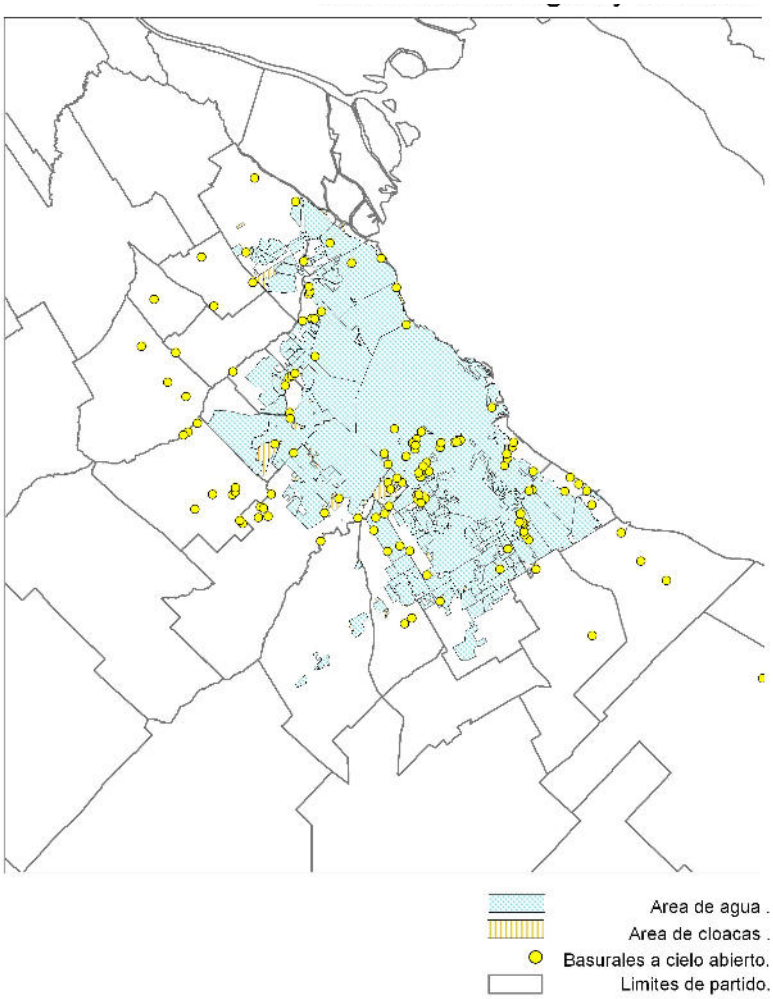



Figura 4: Asentamientos y Villas de Emergencias. AMBA




Si solapamos la cobertura de agua y cloaca, se observa zonas en que la población vulnerable además de estar expuesta a la contaminación, carece de los servicios básicos sanitarios (Figura 5).

Figura 5: Cobertura de agua y cloaca. AMBA




En cuanto a uso y cobertura del suelo, todos los SDR se constituyen como un tipo de cobertura del suelo originado por la actividad humana de disposición de residuos. Sin embargo, la cobertura del suelo en un SDR, puede presentar una mezcla entre vegetación y residuos, zonas inundadas y residuos (figura 6a), viviendas y residuos (figura 6b), suelo desnudo o tierra superficial y la combinación entre ellos. Algunos, actualmente inactivos, pueden estar cubiertos por vegetación e incluso áreas construidas escondiendo la verdadera composición subterránea.

Figura 6: Fuente *Google Earth* detalle: a)zonas bajas inundadas y residuos “El fortín”; b)asentamientos y residuos ”Lanus Lomas”

a

b

Por otro lado, las características biofísicas de un SDR como su temperatura, el estado fenológico y de salud de la vegetación presente, la proporción de materiales impermeables, la humedad, la distancia a la napa etc. pueden resultar indicadores del nivel de riesgo hacia la población.

A pesar de que el abordaje al estudio del fenómeno, puede realizarse en función de los objetivos, a diferentes escalas, a la hora de analizar su relación con las características del territorio es probable que se manifiesten multi escalarmente. En cuanto al nivel de riesgo a la salud, habrá múltiples variables cuali-cuantitativas asociadas a estados de peligrosidad y presencia de riesgo[2].

Considerando el volumen de datos que puede albergar el AMBA, el tipo de datos (sociales, ambientales, epidemiológicos etc) y las técnicas de análisis, la tecnología que aplican los Sistemas de Información Geográfico (SIG) en combinación con la Teledetección resultan las herramientas de análisis más apropiadas para el abordaje multiescalar y multivariado del fenómeno.

### 1.2.1 Teledetección y análisis urbano

Es ya conocido el uso de la teledetección y los SIG para el estudio de áreas urbanas. El desarrollo tecnológico tanto de las plataformas espaciales como de los sensores que transportan es cada vez mayor. En primera instancia, el avance es sobre herramientas militares, cuyo desenvolvimiento se aplica posteriormente a las problemáticas y necesidades que surgen de las actividades del hombre.
Cada programa espacial se diseña y construye en función de objetivos específicos sobre su uso. Los satélites metereológicos, como el AVHRR- NOAH (sensor *Advanced Very High Resolution* Radiometer, plataforma *Nacional Oceanic and Atmosspheric Administration* Satelllite) y el Meteosat (europeo) están equipados para detectar mínimos cambios de temperatura y circulación de vientos así como permanecer en una órbita estacionaria capturando datos en períodos de sólo minutos.
Los satelites dedicados a la agricultura como el *Landsat* y el IRS (*Indian Ramote Sensing* Satellite) portan sensores de alta resolución espectral para distinguir sutiles diferencias entre cultivos y características del suelo. En este sentido, los recursos naturales están siendo monitoreados a distancia, de manera de controlar por ejemplo, la superficie de bosque y selva natural o la contaminación que reciben los cuerpos de agua.
Satélites como el SPOT (*Systeme Probatoire d´Observation de la Terre*), IKONOS y QUIKBIRD, avanzan en su capacidad para distinguir objetos del territorio, con resoluciones espaciales que van desde los 0,5 metros de píxel. (Ver "Otros Productos")
Aunque menos utilizado pero en más rápido avance tecnológico, los satélites RADARSAT, ENVISAT , ERS, SIR-C y el argentino SAOCOM transportan sensores activos llamados radares.
La mayor ventaja de los radares es su capacidad de recibir información en cualquier condición climática, ya que el tipo de radiación utilizada, las microondas, pueden

[2] El término "peligroso" define la capacidad de una sustancia de producir efectos adversos en los organismos, y el término "riesgo" describe la probabilidad de que, en una situación dada, una sustancia peligrosa produzca un daño. Para que exista un riesgo es necesario que se esté expuesto a una sustancia peligrosa.

atravesar las nubes, polvo e incluso la lluvia; y en cualquier momento del día. El SIR-C se destaca por detectar sutiles diferencias en la topografía de la tierra  penetrar algunos materials de superficie, especialmente arena, hojas y hielo. Es capaz de penetrar el estrato arbóreo y recoger detalles topográficos y edáficos que hay por debajo. Como resultado es posible identificar reservas de agua y construcciones enterradas, como fue el caso de Angkor y un tramo de la muralla China (http://www.pbs.org/wgbh/nova/ubar/tools/tools2.html)
Imágenes radar y ópticas, pueden complementarse dado que ofrecen distintas perspectivas de la superficie de la tierra proveyendo diferente contenido de información Las microondas pueden medir perfiles atmosféricos y determinar agua y ozono en la atmósfera. En hidrología se los utiliza para medir contenido de humedad, en oceanografía las aplicaciones incluyen el mapeo del hielo oceánico y los vientos de superficie así como también, la detección de contaminantes como derrames petrolíferos

En cuanto a la problemática urbana, ésta requiere cada vez más la información que aportan los datos satelitales. La escala en que se da el fenómeno del crecimiento poblacional sobre nuevas o pre existentes estructuras urbanas, supera la simple escala gráfica que puede volcarse a un papel. El abordaje exige una percepción diferente sobre el espacio tiempo en que se manifiestan las causas y consecuencias, así como de los mecanismos que gobiernan el fenómeno urbano.
La tecnología satelital en conjunto con los SIG son herramientas capaces de manejar la magnitud de datos que surgen de los estudios urbanos multiescalares e interrelacionarlos a voluntad del analista.

Por ejemplo, el **crecimiento de la estructura urbana**, visualizado como área construida, es frecuentemente estudiado mediante la información que provee el satélite Landsat (Herrera V, 1001). Sus combinaciones de bandas espectrales, permiten diferenciar la cobertura urbana del resto de los elementos del territorio (www.esri.com/news/arcnews/winter9900articles/38-urbangrowth.html; http://mercator.upc.es/tutorial/Table.html ). A su vez, se lo relaciona con datos demográficos para establecer la relación con el **crecimiento poblacional**. Sobre esta temática, el Banco Mundial ha publicado un manual con la técnica utilizada para el análisis y los resultados en varias ciudades del mundo (Shlomo A. et al, 2005).

El fenómeno de "isla de calor"[3] es generalmente estudiado a través de imágenes satelitales. Mediciones de temperatura en el Infrarrojo Térmico realizados por el NOAH ha documentado una alta correlación entre la temperatura de superficie y los patrones de cobertura de la tierra de características urbanas. Se ha observado que las más altas temperaturas corresponden a zonas industriales mientras las más bajas a áreas con vegetación (http://umbc7.edu/-tbenja1/gallo/intro.html). Conocer la distribución térmica en la ciudad, sobre todo en lugares calurosos y húmedos, es de importancia en cuanto a la implementación de estrategias de planificación para el control de la temperatura del aire (Nichol J.E 1998).

[3] En dias calurosos con vientos leves, el aire en la ciudad puede ser entre 2-8|F más caliente que en sus alrededores. Esto ocurre porque en las áreas urbanas hay menos árboles y vegetación natural que aporte sombra a los edificios, bloqueando la radiación solar y enfriando el aire por evapotranspiración. Además es mayor la superficie reflectiva a causa de los materiales impermeables como el cemento y el pavimento (www.asu.edu/caed/proceedings99/ESTES/ESTES.HTM)

La teledetección resultó muy útil para la planificación urbana en cuanto aporta al estudio de uso/cobertura del suelo. Los distintos tipos de tratamiento de imágenes permiten clasificar los usos del suelo según categorías que defina el observador. Pueden estudiarse los diferentes grados de densidad de construcción y discriminar las áreas verdes que están en la trama urbana. Así como también el fenómeno de periurbanización y su relación con la frontera urbano agrícolas-ganaderas (http://www2.shef.ac.uk/uni/academic/D-H/gis/public-html/remsens.html).

Algunos autores han caracterizado la forma en que ocurre el crecimiento urbano como "urban sprawl". Definido como el proceso de crecimiento de las ciudades mediante el desarrollo de zonas suburbanas caracterizadas por viviendas unifamiliares con baja densidad que obligan a un uso intensivo del transporte mediante vehículos particulares (M. Burchfield, H.G, Overman, D. Puga & M.A. Turner, 2004)

Por otro lado, el estudio de los componentes bióticos aportan información indirecta sobre actividades del hombre. Tal es el caso de la contaminación de cuerpos de agua y del suelo. Los indicadores bióticos son el zoo y fitoplancton en el primer caso, y la vegetación presente en el segundo. La vegetación sana presenta una curva espectral característica a lo largo del espectro. Cualquier variación en la respuesta espectral puede inferirse en situaciones de stress.

A pesar de la extensa bibliografía que puede consultarse sobre la aplicación de la teledetección sobre la temática urbana, resulta escasa a la hora de detenerse sobre las áreas con depósitos de residuos.

Algunas referencias citan el uso de imágenes para el análisis visual sobre SDR de localización conocida (http://tes.la.asu-edu/scottsdale/scottsdale.html). Imágenes SPOT fueron clasificadas temáticamente para el seguimiento del aumento de la superficie de vertederos en tres fechas diferentes. El mismo trabajo concluye que los SDR son suelos de alta reflectancia y producen recalentamientos locales y además no es posible atribuirles una signatura espectral característica por tipo de residuos. Aunque ninguna de estas afirmaciones fue experimentalmente probada.

En un trabajo local, se ha caracterizado mediante la aplicación del índice de vegetación a un SDR clandestino localizado en Escobar dentro del AMBA. Según este trabajo, el procesamiento digital de una imagen Landsat 7 del año 2002 detecta la presencia de basurales a cielo abierto, ubicación coincidente con datos relevados en el campo(Néstor Zirulnikoff N., Irurzun A, 2005). Lamentablemente, no hay datos sobre los procesos realizados

### 1.3 Objetivos

Considerando la escasa bibliografía específica encontrada y la oportunidad de contar con una base de datos, el SITAMBA, que contiene información relevante sobre las características del territorio, se propuso el siguiente objetivo:

"Realizar la aplicación de la teledetección en combinación con la tecnología de los Sistemas de Información Geográfico para el estudio de los Sitios de Disposición de Residuos (SDR) localizados en el AMBA".

Los SDR son definidos según la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2000) como "los sitios con disposición controlada y no controlada, almacenamiento subterráneo e inyección subterránea, como así también los sitios antiguos, en uso y la consideración de sitios futuros o cambios en el uso de los sitios".

En el marco del convenio CIM/FADU-CEAMSE "El Atlas de la Basura" los resultados de esta aplicación aportaron al conocimiento de las variables que caracterizan al SDR. Información obtenida a partir de la interpretación de imágenes Landsat 7TM SPOT pancromática, ENVISAT y las imágenes del *Google Earth*.

El SITAMBA aportó los antecedentes que guiaron las técnicas de interpretación, las características del territorio vinculadas a la infraestructura y servicios, los datos demográficos y socioeconómicos, así como los mapas base para la presentación de los resultados.

El "Atlas de la Basura" se conforma en la medida que se generan los mapas de análisis y la caracterización de cada uno de los SDR. El Atlas se continúa en el marco del proyecto bianual 2007-2009 UBACyT A804 titulado "La Geoinformática como Herramienta de Detección Temprana del Riesgo".

## 1.4 Interpretación de Imágenes Aplicada a los Sitios de Disposición de Residuos

El análisis de los datos está basado en el concepto de la interpretación de imágenes satelitales. Entendiéndose como el método o la técnica que envuelve la identificación y o medición de varios blancos en una imagen con el propósito de extraer información útil sobre ellos. En teledetección el blanco debe ser una característica u objeto que pueda ser observada en una imagen y que posea las siguientes propiedades: comportarse como punto, línea o área y ser distinguible entre las demás características del territorio

La interpretación puede orientarse al método visual y/o al digital. En el primer caso, la identificación de los blancos de interés es realizado manualmente por el hombre sobre formatos pictóricos, fotográficos y digital-analógico independientemente de cual sea el sensor utilizado y como se colectan los datos. El método digital requiere el uso de computadoras cuando se reciben los datos en formato digital. En general se lo aplica como preludio de la interpretación visual.
La interpretación visual involucra una perspectiva diferente ya que los objetos se observan desde arriba. Combinado con el cambio de escala y la falta de detalle pueden resultar irreconocibles los objetos más familiares.
El reconocimiento de los objetos en el territorio es la clave de la interpretación y extracción de información. La observación de las diferencias entre objetos y sus entornos envuelve al menos uno de los siguientes elementos o criterios visuales: tono, intensidad, color, textura, sombras, patrones espaciales, contorno, formas y contexto geográfico.

Ambos métodos de interpretación poseen sus respectivas ventajas y desventajas. Generalmente, la interpretación visual requiere poco y nada de un equipamiento especializado, mientras el análisis digital depende de ello y suele ser costoso. La interpretación visual se limita a analizar una matriz de datos o una imagen a la vez. El entorno computarizado permite el manejo de imágenes complejas, de varias bandas simultáneas e imágenes de distintas fechas. La interpretación visual es un proceso subjetivo en donde los resultados dependerán del intérprete. El análisis digital está basado en la manipulación de los valores digitales produciendo resultados más consistentes.

Sin embargo el análisis visual y digital no son excluyentes entre sí. En la mayor parte de los casos, se aplican en forma conjunta y la decisión final sobre la relevancia y utilidad de la información extraída es realizada por el hombre.

En la Parte 1, se muestra la metodología empleada y los resultados del análisis visual y digital de 3 imágenes satelitales: *Landsat* 7 TM , SPOT pancromática y Radar ENVISAT. Los procesos fueron realizados en función de identificar, caracterizar y delimitar en el territorio los SDR del AMBA.

En cuanto al análisis digital se realizaron las siguientes operaciones estadísticas: estadística descriptiva por banda, combinaciones aritméticas entre bandas (cocientes), sintetizar varias bandas reduciendo la información redundante (componentes principales) y la discriminación de grupos de valores de radiancia homogéneos dentro de la matriz (clasificación[4]).
En este caso, el objeto de la clasificación es la identificación de los SDR, como categoría independiente.

El análisis visual auxilió a la clasificación digital en tres etapas o procesos

- Para un mejor conocimiento del comportamiento del objeto de estudio.
- Para la selección de la composición más apropiada para la toma de muestras en la clasificación supervisada.
- Durante el proceso de toma de muestras o fase de entrenamiento
- Para la corroboración de los resultados del proceso de clasificación

En general el análisis visual evitó confusiones entre coberturas heterogéneas o entre aquellas que son similares espectralmente pero de distinto significado temático.

Se aplicaron transformaciones como los índices de vegetación que caracterizan al territorio en función de la respuesta espectral de la cubierta vegetal. El NDVI

[4]Generalmente la clasificación digital es la fase más importante del análisis ya que los valores de radiancia adquiridos no tienen sentido en sí mismos, sino en cuanto son interpretables; esto es, convertibles a categorías que supongan un mejor entendimiento del territorio. Tradicionalmente se ha dividido los métodos de clasificación en dos grupos: supervisado y no supervisado, de acuerdo a la forma en que son obtenidas las estadísticas de entrenamiento. El método supervisado parte de un conocimiento previo del terreno, a partir del cual se seleccionan las muestras para cada una de las categorías. Por su parte el método no supervisado procede a una búsqueda automática de grupos de valores homogéneos dentro de la imagen. El intérprete deberá buscar las correspondencia entre esos valores y las categorías de interés.

*(Normalized Difference Vegetation Index)* fue calculado para establecer semejanzas entre cubiertas y evaluar los valores entre SDR. El *Tasseled Cap* caracterizó aún más al SDR en cuanto al tipo de material que lo compone.

En la Parte 2 se describe el proceso de interpretación visual realizado sobre las imágenes del *Google* Earth para identificar cada SDR, determinar la superficie que ocupa y establecer el área de influencia sobre la población vecina.

La identificación fue realizada a partir del listado con la localización puntual aportado por el CEAMSE y el reconocimiento en el territorio según aspectos de forma, color y textura.
Para delimitar el área con residuos se aplicaron criterios relacionados con la impronta sobre el terreno, como por ejemplo, huella del camión que descarga residuos.
En conjunto con los Sistemas de Información Geográfica se estableció la superficie que contienen residuos expuestos (es decir, visibles) y el área de influencia. Una vez georeferenciadas las áreas, y sobre la base de datos del SITAMBA se realizaron procesos guiados hacia la búsqueda de indicadores que caractericen el riesgo en cada SDR. Se utilizaron variables socioeconómicas, demográficas, y ambientales. Se presentan los resultados sobre dos casos de estudio.

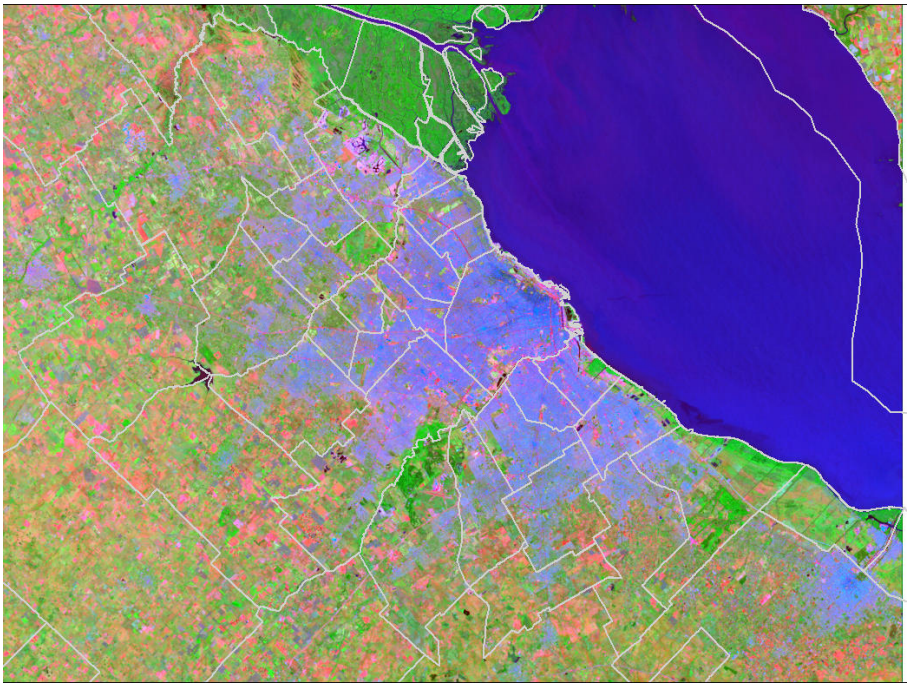
La metodología de análisis de la Parte 2 será repetida en cada uno de los 100 SDR actualmente activos y en la totalidad para el análisis regional.
Junto con las salidas gráficas de la Parte 1, se conforma así, el "Atlas de la Basura".

## 1.5 Área de Estudio

Se define el área de estudio al Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) conformada por los siguientes 42 partidos:

Ciudad autónoma de Buenos Aires, Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Berisso, Brandsen, Campana, Cañuelas, Ensenada, Escobar, Esteban Echeverría, Exaltación de la Cruz, Ezeiza, Florencio Varela, General Las Heras, General San Martín, General Rodríguez, Hurlingham, Ituzaingó, José C. Paz, La Matanza , La Plata, Lanús, Lomas de Zamora, Luján, Malvinas Argentinas, Marcos Paz , Merlo, Moreno, Morón, Pilar, Presidente Perón, Quilmes, San Fernando, San Isidro, San Miguel , San Vicente, Tigre, Tres de Febrero, Vicente López, Zárate.

Figura 7: Imagen satelital del AMBA



Nota: Los tonos lilas representa el área urbanizada de Buenos Aires, los tonos verdes corresponde con la vegetación. Imagen Satelital Landsat 7 TM de febrero del 2000, fusión datos SPOT pancromáticos y Landsat.

### 1.5.1 TOPOGRAFÍA

El Área Metropolitana de Buenos Aires se encuentra en un espacio de contacto entre marcos naturales diferenciados: el río de la Plata, la llanura Pampeana y el delta del Paraná.

El AMBA se asienta en la región pampeana que se extiende entre los 31 y 39 grados de latitud sur. Se trata de una llanura de pendiente muy suave descendente hacia la costa con algunas serranías de poca altura que emergen como islas (Cabrera 1976). La altitud del relieve decrece desde el límite santafesino al litoral Atlántico, siendo el desnivel de unos 120 m aproximadamente.

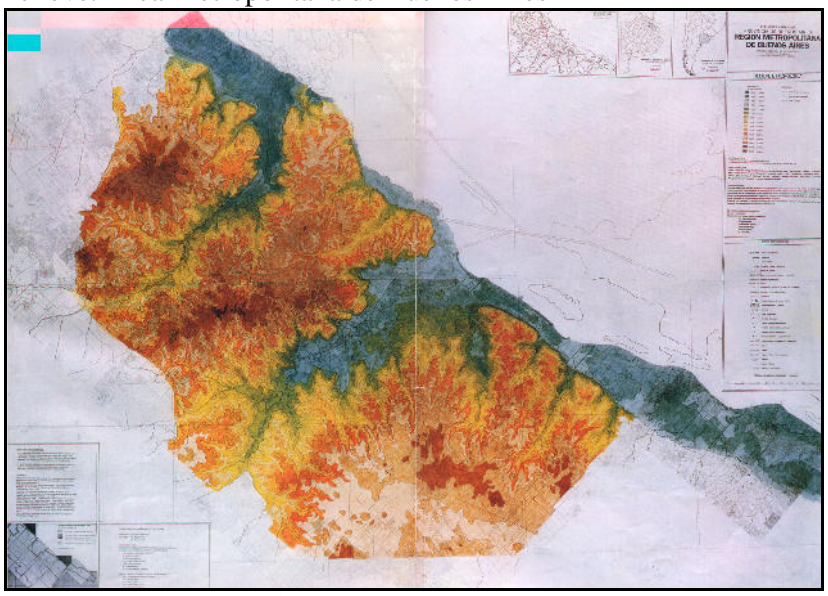
En la región pampeana se reconocen 6 subregiones ecológicas, siendo la Pampa Ondulada el área de asiento del AMBA[5]. Ocupa algo menos de 400 km. de litoral fluvial del Río Paraná y un área total de 44.000 km$^2$. Toma su nombre de una serie de lomadas resultantes del modelado realizado por los ríos[6]. Los ríos y arroyos excavaron

[5] Las demás se denominan Serranías Pampeanas, Pampa Interserrana, Sistema de las Encadenadas y Pampa Arenosa.

[6] El agua erosiona en dos sentidos en profundidad y lateralmente dando lugar al valle fluvial. Cuando el cauce desborda, a consecuencia por ejemplo de las precipitaciones, los sedimentos que transporta el río se depositan en la llanura (llanura de inundación) dando lugar a los albardones, barras o diques. Cuando la pendiente de la región no es muy pronunciada el río puede divagar libremente e "inundar" cualquier zona de la llanura de inundación.

en el pasado amplios valles aterrazados, de fondo chato y tamaño desproporcionado con su caudal actual (Chiozza 1987).

Figura 8: Relieve. Área Metropolitana de Buenos Aires




Fuente: Conamba, Relevamiento y análisis.

## 1.5.2 GEOMORFOLOGÍA y SUELOS

La pampa es una zona de acumulación de sedimentos de área vecinas más altas. Es una llanura de acumulación con predominio de sedimentos de origen continental que se apoya sobre un basamento de naturaleza cristalina que corresponde a un desprendimiento del escudo de Brasilia. Los movimientos que dieron origen a la fractura determinaron que el área del Río de la Plata y el Delta del Paraná descendiera y el Mar Querandinense ingresara durante el período Cuaternario (aproximadamente hace 2 millones de años atrás). Su posterior retraimiento dejó una gran cantidad de depósitos marinos sobre la planicie, derivando en un taponamiento de las vías de escurrimiento de los cauces de los ríos principales.

Un segundo movimiento de placas sobreelevó la planicie, generando un escalón excavado por la red de drenaje sobre terrenos postpampeanos, es decir las depresiones y valles fluviales. La barranca Pampeana queda separada del río Paraná por el dominio transicional del bajo delta –área caracterizada por una fuerte deposición sedimentaria de origen aluvional- que ingresa en el tramo inferior de los ríos pampeanos afluyentes hacia el Paraná ensanchando las planicies de inundación. Estos terrenos reciben el nombre de “Baja Terraza Paranaense”. Aguas arribas del Paraná, la acción erosiva de éste es mayor y la terraza desaparece entonces la barranca pampeana cae directamente a pique sobre el río (desde San Nicolás a Campana). Esta barranca constituye el límite costero de la Pampa Ondulada.

El Delta del Paraná corresponde a una formación insular de rellenamiento aluvional post-querandinense. Este proceso de avance hacia el Río de la Plata continúa originándose bancos fluviales que sufren un proceso de fijación por el albardonamiento y la aparición de comunidades vegetales de naturaleza hidrófila.

El límite costero del Río de la Plata puede diferenciarse en dos sectores según el grado de aporte de sedimentos de los ríos de la cuenca del Paraná. La costa norte presenta una doble y continua actividad constructiva y destructiva, debido a la acción conjunta de los ingresos marinos y la erosión fluvial. En tanto que la costa sur se ve más afectada por la sudestada.

### 1.5.3 CLIMA

La provincia de Buenos Aires se desarrolla integradamente en la zona templada. El área corresponde al tipo climático "subhúmedo-húmedo" según la clasificación de Thornthwaite.

Temperaturas medias anuales entre 20°C y 14°C y una definida sucesión estacional que se manifiesta hacia el sur en mayores rigores invernales y un breve período estival, configura el perfil de los climas templados húmedos y subhúmedos.

Las diferencias más pronunciadas entre éstos corresponden al monto y régimen de las precipitaciones, que acusan una progresiva disminución de este a oeste (de 1200 a 500 mm anuales). Si bien no existe una estación seca definida, se registran mínimos a fines de verano y durante el invierno.

El AMBA corresponde al templado húmedo de llanura, según la clasificación del Atlas Total de la República Argentina en donde los vientos gobiernan el clima. Su condición de planicie abierta sin restricciones a la influencia de los vientos, húmedos provenientes del Atlántico Sur y secos y refrigerantes del sudoeste, determina cambios bruscos en el estado del tiempo. Episódicamente el Pampero[7] provoca lluvias y descensos de temperatura en su frente de avance.

El Pampero sopla después de una persistente afluencia de viento Norte (cálido), pero también puede venir a poner fin a un ciclo prolongado de sucesivas sudestadas[8]. En general se considera al Pampero como un viento estimulante que hace concluir un período de calor sofocante. Cuando llega acompañado de precipitaciones (Pampero húmedo), que se manifiesta como chaparrones muy intensos, provoca inundaciones de corta duración.
La Sudestada ocurre en un período comprendido entre abril y octubre, y se estima que no se producen entre los meses de enero y febrero. Comienza al ingresar al continente una masa de aire marítimo frío y húmedo. Es un período de lluvia prolongado, caracterizado en la Mesopotamia por inundaciones extraordinarias. Estas son ocasionadas no sólo por el volumen de agua caída sino también por la dirección y la fuerza del viento que impide desaguar al río de la Plata y con él a sus tributarios, que aumentan así su nivel.

---

[7] Se entiende por Pampero el viento frío, fresco o templado, según la estación del año en la que se lo considera, pero siempre seco, que sopla con ráfagas del sur o sudoeste en las pampas argentinas y en el Uruguay, y que se produce con el pasaje de un frente frío (Fuerza Aérea Argentina)

[8] La sudestada, aire frío saturado de humedad después de su trayectoria oceánica, da lugar a semanas enteras de cielo cubierto, lluvias y temperaturas muy estables.

La posición que ocupa la provincia de Buenos Aires en el continente determina un alto índice de oceanidad. Por la falta de relieve no existen zonas que condensan la humedad relativa. Los vientos húmedos provenientes del Atlántico Sur, la acción moderadora que la vecindad del mar y la vasta superficie del río de la Plata ejercen una influencia decisiva sobre la humedad y temperatura del litoral.

## 1.5.4 HIDROLOGIA

### Agua Subterránea

La capa freática es el elemento activo del sistema subterráneo ya que en ella se produce la recarga natural en forma autónoma directa. La recarga de agua en condiciones naturales, se produce exclusivamente por la infiltración de los excesos del balance hídrico. Los volúmenes no infiltrables se transforman en caudal fluvial.

Las depresiones someras que conforman lagunas o acumulaciones superficiales intermitentes del tipo de los esteros, se debe fundamentalmente a la deflación y coinciden con grandes oscilaciones del nivel freático entre periodos secos y húmedos.

La recarga de agua se realiza principalmente en los interfluvios, mientras la descarga natural se materializa a través de los cursos de agua principales debido a su carácter efluente de los mismos. La descarga local finaliza en el Río de La Plata.

En el subsuelo existen una serie de capas con características geológicas regionales particulares que pueden abastecer de agua al hombre. Por ejemplo:

Pampeano (Pleistoceno medio y superior). Esta formado por limos arenosos de origen eólico, retrabajados por acción fluvial, con intercalaciones calcáreas y arcillosas. El espesor varía entre 10 y 65 m; en la parte superior aloja el acuífero freático - Epipuelche - Contenía aguas de buena calidad, con tenores salinos de 0.5 a 1.5 g/l, pero fueron siendo contaminadas. La utilización para consumo humano mediante perforaciones domiciliarias no es recomendable.

Arenas Puelches (Plio-pleistoceno). Son arenas cuarzosas finas pardo amarillentas de origen fluvial, que alojan el acuífero más explotado del país – Puelche –, con una productividad entre 40 y 160 $m^3$ por pozo y una salinidad inferior a 1g/l. Su profundidad oscila entre 15 a 40 m y su espesor es de 25 m en promedio. Su recarga proviene del Pampeano sobrepuesto, por filtración vertical descendente.
Este acuífero presenta, excepcionalmente, zonas de muy elevada concentración salina. Entre los casos típicos se cita al delta del río Paraná, ribera del Estuario del Plata, del Paraná inferior, río Reconquista, etc.

Las profundidades de las perforaciones de donde se extraen aguas para los diversos usos, varía entre los 8 a 20 metros para alcanzar el acuífero freático. Entre los 40 y 70 metros para ingresar al acuífero semiconfinado de excelente calidad natural.

**Cursos superficiales**

La red de drenaje del AMBA tiene como colector principal el Río de la Plata. Son tres cuencas principales Río Luján, Reconquista y Matanza-Riachuelo, a las que afluyen una gran cantidad de arroyos. Son sistemas de menor envergadura pero determinantes en la dinámica de cuenca. Se desarrolla en una topografía plana, de pendiente muy suave lo que determina su diseño meandriforme y la existencia de lagunas o bañados en distintos puntos del recorrido.

*Río de la Plata*

El Río de la Plata corresponde a los estuarios de los ríos Paraná y Uruguay, extendiéndose desde el Delta del Paraná y la desembocadura del Uruguay hasta alcanzar el océano tras un recorrido de unos 300 km., volcándose al mar en un frente de 250 km. En su parte más extensa el Río de la Plata es afectado predominantemente por fenómenos marinos, tanto en lo que se refiere al oleaje, mareas, salinidad del agua, como a las "sudestadas". Esta situación contrasta con las condiciones netamente fluviales que dominan la zona interior del río aledaña al Delta.

En sus márgenes y áreas cercanas se asienta la mayor concentración demográfica e industrial de las repúblicas del Uruguay y Argentina, recibiendo sus desechos y aguas servidas que determinan muy importantes fenómenos de polución y eutroficación. Esta afecta una franja costera de aproximadamente 3000 m de ancho, de tonos negruzcos, donde los valores de contaminación son muy altos (AGOSBA/OSN/SIHN, 1992/94) cuya influencia se ve atemperada por la gran capacidad dilutiva de las aguas de los río que conforman al estuario. Sin embargo la contaminación del recurso determina no solamente la afectación del principal suministro de agua sino la mortandad de gran cantidad de grupos de peces.

*Río Luján*

El Río Luján constituye el sistema hídrico más importante por la extensión de su cuenca (2940 $km^2$) y el volumen de su caudal (caudal medio 5.37$m^3$/seg, el máximo es de 400 $m^3$/seg aprox), con los arroyos Escobar, Garín, Claro y Sarandí como afluentes. Tiene sus nacientes en un bañado al NE de Castilla entre los partidos de Suipacha y Carmen de Areco. En Pilar, aguas debajo de la Ruta Nº8 su cauce se ensancha en una gran planicie aluvial, hasta adquirir un ancho de mas de 4km. luego de recorrer 130 km. desagua en el Río de la Plata, frente a las costas de San Fernando donde adquiere características deltaicas (Merlo 1998 y CONAMBA 1995).

Ya en 1987 registros de OSN y de AGOSBA detectan bajos niveles de DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) en todo su recorrido. Hay presencia de bacterias coliformes y colifecales y en sus estaciones de muestreo se ha detectado la existencia de metales pesados en valores superiores a los permisibles. Elementos como el cromo, hierro, arsénico, mercurio y cadmio aparecen entre Mercedes y Tigre, siendo alto el riesgo de exposición. Hacia la desembocadura la capacidad dilutiva disminuye los valores encontrados

*Río Reconquista*

La cuenca del Río Reconquista es de menor envergadura (1574 $km^2$) y su caudal no adquiere la misma magnitud que el Río Luján (medio 3.0 $m^3$/seg, el máximo es de 286 $m^3$/seg).

Esta cuenca ha sufrido varias obras hidráulicas para controlar los efectos de las inundaciones sobre espacios urbanizados. La más importante es el embalse Ingeniero Roggero que regula las aguas del cauce principal desde los años setenta. Algunos arroyos han sido entubados o canalizados, entre ellos el arroyo Morón.

Se asientan sobre las márgenes de esta cuenca aproximadamente 12000 industrias que son las determinantes a la hora de evaluar la calidad del recurso. Los valores de contaminación más importantes se registran a la altura del arroyo Morón con valores de fenoles del orden de los 0.05 a 0.30 mg/litro nitrógeno amoniacal y valores de DBO por encima de los límites permitidos, en adición a contenidos bacteriológicos altísimos. Al igual que el Río Luján los índices de polución disminuyen en las inmediaciones de su desembocadura (CONAMBA 1995)

*Río Matanzas-Riachuelo*

La cuenca del Río Matanzas-Riachuelo es la de mayor relevancia regional por su intensa imbricación con la trama construida siendo, actual e históricamente, un elemento estructurador de la Región Metropolitana de Buenos Aires. Su cuenca ocupa una superficie total de 2034 $km^2$ recorriendo 80 km. hasta desembocar en el colector principal.
Las recurrentes inundaciones originadas por la conjunción de causas naturales y antrópicas derivaron en la necesidad de modificar su escurrimiento a través de canalizaciones y rectificaciones. En el caso del arroyo Santo Domingo, transita por áreas de escurrimiento dificultoso y densamente urbanizadas, por este motivo se lo ha entubado parcialmente excepto a partir de en la estación Villa Domínico que discurre a cielo abierto por un canal revestido hasta su desembocadura.

A los problemas de inundación se le agrega el de contaminación del recurso. Se encontraron altos niveles de nitrógeno amoniacal, metales pesados, grasas e hidrocarburos, DBO y contenidos bacteriológicos. El grado de contaminación varía en función de los arroyos que afluyen hacia el río debido al reducido caudal de agua contra un aporte significativo de contaminantes y por lo tanto bajo poder de dilución y autodepuración. La conjunción de la pérdida de gradiente de los arroyos con concentraciones altas de contaminantes resulta en áreas ambientalmente vulnerables en donde la exposición a riesgo sanitario es mayor.

### *1.5.5 FAUNA Y FLORA*

El tipo de vegetación dominante en la región pampeana es la estepa o seudoestepa de gramíneas (pastos). El suelo y el clima de la región son óptimos para el desarrollo de las gramíneas (Cabrera A.L & A. Willink 1973) En general las gramíneas son del tipo cespitoso -matas- de 50 a 100 cm de altura. Estas cubren los campos altos, con suelos arcilloso arenoso ligeramente ácido.

Como la mayor parte de éstos terrenos han sido destinado a la agricultura y ganadería, las comunidades nativas han sido muy alteradas. Quedan relictos junto a las vías férreas. En el borde norte y este, y en el extremo sur aparecen bosques indígenas, y matorrales de arbustos, juncales, pajonales y selvas ribereñas empobrecidas.

Por las riberas de los ríos Paraná y Uruguay continúan -de modo discontinuo- algunos elementos de la selva misionera hasta el río de la Plata, dando lugar a la selva subtropical[9] marginal[10] de Punta Lara. Entre los árboles de origen subtropical Burgueño (1996) cita para Buenos Aires lo siguiente: *Sapium haematospermun* (curupi, lecheron), *Syagrus romanzoffiana* (pindo -palmera-), *Ficus luschnathiana* (higuerón), *Eugenia uruguayensis* (guayabo blanco), *Allophyllus edulis* (chalchal) entre otros, *Athyrium decurtarum var. platense* (helecho endémico [11]) y varias especies de helechos, trepadoras, arbustos y hierbas.

Por el borde norte y este de la provincia se extienden los conocidos talares, bosques xerófilos dominados por *Celtis tala* (tala), *Jodina rhombifolia* (sombra del toro), *Scutia buxifolia* (coronillo), *Phytolacca dioica* (ombú), *Sambucus australis* (sauco) y *Acacia caven* (espinillo), *Acacia bonariensis* (ñapinday) entre otros. En general se los encuentra en suelos sueltos: las barrancas del río Paraná y arroyos próximos, albardones de conchilla próximos al río de la Plata y suelos arenosos o loéssicos algo elevados, frecuentemente viejas dunas (Cabrera 1968).

No obstante a ser la zona más industrializada y densamente poblada del país, aún se registra una biodiversidad importante. Se han citado 51 especies de mamíferos (8 introducidos por el hombre), 294 especies de aves, 29 reptiles, y 24 anfibios. Para los arroyos afluentes al Río de la Plata se han mencionado 72 especies de peces y 146 en el Río de la Plata. Ringuelet (1961) considera a la zona ribereña del Paraná -La Plata con una fauna que proviene del norte. Entre las especies que llegan a Buenos Aires está *Lutra platensis* (Lobito de río o falsa nutria), *Blastocerus dichotomus* (ciervo de los pantanos) entre otros, y diferentes ratas (de los géneros de Scateromys, Akodon). En el resto de la región se cita a *Lagostomus maximus* (vizcacha), *Marmosa pusilla* (marmosa), *Felis geoffroyi* (gato montés), comadrejas como *Didelphys azarae, Lutreolina crassicaudata*, Conepatus (zorrinos), Dusicyon (zorros), etc.

Uno de los rasgos más significativos del sistema periurbano es el proceso de bosquización espontánea en espacios que tuvieron ecosistemas anegadizos sin leñosas y donde se suspendió por construcción de defensas el pulso periódico de inundaciones. Estos nuevos ecosistemas son dominados por especies exóticas: *Ligustrum lucidum* (ligustro), *Gleditschia triacanthos*, *Ailanthus altissima* (árbol del cielo), *Acer negundo* (arce) y *Robina pseudocacia*. Los procesos de bosquización también ocurren como mecanismos de contagio de parquizaciones públicas y privadas (Morello 1996).

## CONCLUSIONES FINALES

[9] El clima es más cálido y húmedo.
[10] El punto más austral de la selva marginal es Punta Lara.
[11] Exclusivo de un área.

Esta presentación trató principalmente sobre la aplicación conjunta de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica sobre los Sitios de Disposición de Residuos (SDR).
La particularidad del fenómeno y la falta de antecedentes sobre el tema, determinó que la metodología de análisis, fuera en sí mismo, un resultado.

Ambas herramientas fueron apropiadas para el estudio y análisis del SDR, considerando el carácter multifactorial del mismo. Se obtuvieron mapas con resultados sintéticos y de lectura sencilla; se definieron las variables indicadoras para realizar una estimación rápida y preliminar del estado de Riesgo, extrapolable a cualquier área del territorio del AMBA ocupada por residuos.
Inclusive la técnica utilizada puede trasladarse a otros tipos de improntas del paisaje que generen estados de peligrosidad y Riesgo.

El carácter espacial del objeto de estudio y el tipo de análisis empleado, requirió la presentación de los resultados en formatos visuales o en salidas gráficas. De manera de ir estructurando el "Atlas de la Basura".

Los resultados de la primera parte conformarán láminas sobre las características remotas de los SDR vistas a través de las imágenes *Landsat, SPOT y ENVISAT*.

La imagen *Landsat* aportó sobre la semejanza espectral de los SDR con los suelos desnudos, así como la composición de color más apropiada para la separación de cubiertas.
La imagen *SPOT* mostró la mejora espacial de la banda pancromática al ser fusionada con *Landsat*. Esto permitió la delimitación de 15 polígonos que fueron utilizados para la el análisis digital.
Fue indispensable la información complementaria que aportó la base SITAMBA y el servicio *Google Earth* para corroborar los resultados.

Los resultados del análisis sobre *Landsat* están condicionados por un lado, a la resolución espectral, ya que no fue posible determinar la firma espectral de los SDR y por lo tanto distinguirlos entre los tipos de suelos desnudos; y a la resolución espacial, por que no resuelve la variabilidad intrapíxel causada por la presencia de diferentes materiales del suelo.

En este sentido, imágenes como IKONOS, QUICKBIRD, ASTER entre otras, serán testeadas por ser de mayor calidad resolutiva, tanto espectral como espacial. En especial la hiperespectralidad en el dominio térmico que ofrecen las imágenes ASTER, podrán aportar sobre las características de emisión de calor que producen los SDR.

En la segunda parte, se elaboraron los criterios de análisis y la selección de las variables para la caracterización de los SDR desde la perspectiva del Riesgo a la salud.

Nuevamente se ensayó una aplicación de interpretación sobre las imágenes del *Google Earth* en conjunto con tecnología SIG. Sobre la base informática del SITAMBA se desarrolló la técnica para la obtención de Huellas y Áreas de Influencia de los SDR y el cruce con variables indicadoras para la evaluación cuantitativa del Riesgo.

Las Huellas y las Áreas de Influencia de cada SDR están relacionadas con variables internas y externas, las cuales por un lado definen peligrosidad y por el otro el impacto asociado al sitio. Las mismas, se determinaron gracias a la calidad resolutiva del las imágenes del *Google Earth.* Los mosaicos de imágenes están conformados por productos *Quickbird* e *Ikonos* de mayor resolución espacial. Además, el nivel de detalle se mantiene para aproximadamente toda el Área Metropolitana de Buenos Aires.

La ventaja de aplicar la metodología expuesta en la Parte 2 es que se basa en el servicio gratuito del *Google Earth*, y el cruce de resultados con la base de datos del SITAMBA, ya existente y en continua actualización y crecimiento. Es decir, no son necesarias más herramientas que las ya existentes. Lo cual no implica un costo adicional, más allá del recurso humano empleado para el análisis.

Los casos de estudio presentados demuestran la potencialidad del análisis al extenderlo a toda el área. Las láminas del Atlas mostrarán las características intrínsecas y el impacto asociado para cada uno de los SDR del AMBA. Y en su conjunto, el gradiente de Riesgo para determinar aquellas situaciones más críticas.

El fenómeno de los basurales a cielo abierto sólo ocurre en los países "en vías de desarrollo" y la aplicación de tecnología satelital y de SIG se encuentra en pleno avance en los países "desarrollados". Por lo tanto, no hay antecedentes metodológicos sobre las técnicas de análisis apropiadas para este tipo de impronta del paisaje.

En particular en nuestro país, la información disponible asociada a los SDR no parece ser suficiente y/o adecuada para respaldar acciones satisfactorias. Aplicar la técnica propuesta en este trabajo permite incorporar gran cantidad de información a la localización geográfica de estos sitios, convirtiéndose de éste modo en una innovadora propuesta para planificar estrategias de manejo.

Si además, tenemos en cuenta la falta de políticas de gestión y la tendencia hacia estados de situación socio ambientales aún más desfavorables, consideramos que la metodología de análisis hasta aquí presentada, es satisfactoria para la detección temprana del Riesgo.