

GIS BRASIL 98. IV CONGRESSO E FEIRA PARA USUARIOS DE GEOPROCESAMIENTO DA AMERICA LATINA

**[Início](#) - [O Que Foi](#) - [Feira](#) - [Ajuda](#) - [Palestras](#) - [Painéis](#) - [Mostras](#)
**CRECIMIENTO URBANO Y PERDIDA DE SUELOS PRODUCTIVOS.
APLICACION DE TECNOLOGIA SIG PARA EL CASO DE BUENOS AIRES
(1869-1991)****

Gustavo D. Buzai, Claudia A. Baxendale, Silvia Matteucci y Jorge Morello
Centro de Estudios Avanzados
Universidad de Buenos Aires
J.E. Uriburu 950 piso 1
(1114) Buenos Aires, Argentina
Tel: 54-1 963-6958 int. 113 - Fax: 54-1 963-6962 - Email: buzai@cea.uba.ar

RESUMEN

La aglomeración de Buenos Aires ha crecido sobre las tierras productivas de mayor riqueza de la Argentina. Desde la aglomeración inicial determinada para el Censo Nacional de 1869 con 33,21 km² se ha llegado a una superficie determinada para el Censo Nacional de 1991 de 2.317,32 km², es decir, que ha experimentado un crecimiento relativo intercensal del 6.877,78% en 123 años. El presente trabajo muestra la tarea metodológica desarrollada en base al uso de tecnología SIG a fin de determinar para cada censo nacional la superficie que se ha ido perdiendo en cuanto a tipos de suelo, índice de productividad y capacidad de uso. La intención es lograr información básica a fin de servir de apoyo a la toma de decisión en la planificación del uso del suelo en el área de estudio tendiente a minimizar las pérdidas de suelo agrícola de gran valor productivo a causa de un crecimiento urbano descontrolado.

ABSTRACT

The agglomeration of Buenos Aires has growth covering the most productive soils of Argentina. Since 1869 when the agglomeration coverer a surface of 33,21 km² it has achived in 1991 a surface of 2.317,32 km². This shows a relative increment of 6.877,78% in 123 years. This paper shows the methodological work done using GIS technology to determine for each year of the national census, the surface that has been lost considering the different types of soils, their use capability, and their productivity index. The intention is to obtain basic information that will help decision making in soil use planification for the study area. It is expected, in this way to minimize the lost of agricultured soils of great value related to the urban growth.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de suelos productivos debido al crecimiento urbano es una cuestión de permanente actualidad y prioritaria para la gestión del uso del suelo por parte de las administraciones municipales que contienen metrópolis transjurisdiccionales.

El caso argentino del Gran Buenos Aires como el del Gran San Pablo y el de Santafe de Bogotá son paradigmáticos porque en todos se ha avanzado sobre el soporte edáfico de los respectivos países; la pampa húmeda ondulada en Argentina, la "terra roxa" en Brasil y los suelos negros de altura en Colombia.

En estudios anteriores hemos podido analizar la evolución espacial y la distribución poblacional en la aglomeración de Buenos Aires en fechas censales nacionales (1869, 1895, 1914, 1947, 1960, 1970, 1980 y 1991) a través de aplicaciones geoinformáticas. En la actualidad, un convenio entre el Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires (CEA-UBA) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) ha permitido contar con información básica para ampliar la base de datos digital y poder calcular el efecto que la aglomeración ha producido restando tierra con potencial productivo esencial para la producción intensiva diversificada (clase II y III de USDA).

Este trabajo aborda el análisis de la expansión urbana de Buenos Aires en las fechas mencionadas, considerando la dinámica en la configuración espacial de la aglomeración como entidad física y sus superposición con las unidades cartográficas de suelo, de capacidad de uso y de índice de productividad (Buzai y Baxendale, 1997).

La información de base se ha obtenido mediante el uso de tecnología SIG y esta presentación se ocupa de los aspectos técnicos y metodológicos empleados. Los resultados obtenidos priorizan dos formas de presentación de la información; cuadros con información alfanumérica y cartografía temática digital, información obtenida a través de procedimientos metodológicos que pueden ser considerados válidos para diferentes casos de aplicación que aborden la temática en otras áreas geográficas de similar problemática.

DEFINICIONES PREVIAS

La realización de una base de datos espacio-temporal en SIG, implica la necesidad de especificar una serie de definiciones previas para su correcta realización y posterior tratamiento. Estas definiciones tienen la finalidad de proporcionar bases sólidas que permitan una asignación coherente de información al área de estudio durante el período considerado.

La primera parte del trabajo consistió en determinar la evolución espacial de Buenos Aires durante fechas censales (Buzai, 1993a). Para poder realizar esta tarea fue necesario explicitar una definición de *aglomeración* con el fin de compatibilizar diferentes fuentes cartográficas para su incorporación al SIG.

El concepto de aglomeración utilizado surge a través de una definición ampliada de localidad como entidad física. Su alcance máximo se obtiene a partir de considerar el sistema de amanzanamiento formado por el sistema de flujo e independientemente de que sobre las unidades espaciales definidas existan o no construcciones materiales.

La búsqueda de cálculos confiables en relación al espacio ocupado por la aglomeración (metropolis transjurisdiccional) en las unidades político-administrativas y principalmente la medición de la distribución poblacional a partir de las densidades (Buzai, 1993b) evidenció, al mismo tiempo, la necesidad de considerar a la localidad como entidad jurídica y definir el concepto abarcativo de *Gran Buenos Aires*.

Las unidades espaciales que componen el Gran Buenos Aires en su mayor amplitud para el Censo Nacional de Población y Vivienda de 1991 (República Argentina, 1992) son: (a) Capital Federal, (b) General San Martín, Lanús, Lomas de Zamora, Morón -actualmente subdividido en Morón, Ituzaingo y Hurlingham-San Isidro, 3 de Febrero y Vicente López,(c) Almirante Brown, Avellaneda, Berazategui, Esteban Echeverría -actualmente subdividido en Esteban Echeverría y Ezeiza-, Florencio Varela, General Sarmiento -actualmente dividido en Malvinas Argentinas, José C. Paz y San Miguel-, La Matanza, Merlo, Moreno, Quilmes, San Fernando y Tigre, y (d) Cañuelas, Escobar, General Rodríguez, Marcos Paz, Pilar y San Vicente -actualmente subdividido en San Vicente y Presidente Perón-.

A los fines de definir la extensión del área de estudio se consideró Gran Buenos Aires a las unidades espaciales incluídas en (a), (b) y (c). La primera por ser la ciudad central, la segunda por incluir jurisdicciones cuya superficie se integra totalmente a la aglomeración y la tercera por incluir jurisdicciones que cumplen la característica de poseer más de 100.000 habitantes y una población rural menor al 5 por ciento. Las unidades espaciales incluídas en (d) no cumplen con algunas de las dos condiciones previas y contienen en su conjunto una porción mínima de aglomeración.

A partir de estas dos definiciones el área de estudio total quedó incluída en un marco de 89,6 kilómetros de lado (8.028,16 km²) y en su interior el Gran Buenos Aires ocupa casi sus 3.880 km². A partir de definir la base cartográfica como primer layer de la base de datos SIG, se fueron incorporando las variables ambientales que permitieron la ampliación de los dos estudios citados con anterioridad. En primer término hacia la incorporación del diseño del relieve con el fin de determinar las áreas de riesgo por inundación en la aglomeración de Buenos Aires (Buzai y Durán, 1996) y actualmente hacia las unidades cartográficas de suelos, de capacidad de uso y de índice de productividad (Buzai y Baxendale, 1996) utilizando como fuente de información cartografía elaborada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Palacio, 1996).

Estas tres últimas variables quedan relacionadas según lo especificado en el Cuadro 1 realizado a partir de Godagnone y Casas (1996).

CUADRO 1
UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELOS, DE CAPACIDAD DE USO Y DE
ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD.

UC	F. Relieve	Tipos de Suelo	C U	I P
1	Delta	Haplacuentos típicos, Udifluents ácuicos	VII	30
	Lomadas	Argiudoles vérticos, Argiudoles ácuicos		
	Planos aluviales	Natracuoles típicos, Natracualfes típicos		
2	Lomadas	Argialboles típicos, Argiudoles típicos	IV	50
	Planos	Argialboles típicos, Argiudoles típicos, Natracualfes típicos, Natracuoles típicos		
	Nacientes de ríos y arroyos	Haplacualfes típicos, Duracualfes típicos, Haplacuoales típicos		
3	Lomas	Argiudoles vérticos, Argiudoles típicos	II	70
	Depresiones	Natracuoles típicos, Argiacuoales típicos		
	Arenas	Hapludoles thapto árgicos		
4	Lomas	Hapludoles thapto árgicos	II	70

	Planos	Argiudoles típicos		
	Depresiones	Natrudalfes típicos		
5	Lomas	Argiudol típico, Hapludol thapto árgico	II	70
	Depresiones	Natracuoles típicos, Natracualfes típicos, Natralboles típicos		
6	Lomas	Argialboles típicos	III	65
	Microlomas	Argiudoles típicos		
	Tendidos	Argiudoles ácuicos		
	Depresiones	Albacualf vértico, Natrudalf típico		
7	Lomas	Argiacuoles típicos	IV	42
	Tendidos	Natracualf típico		
	Depresiones	Natralbol típico		

La clasificación de las tierras por su capacidad de uso utilizada por el Servicio de Conservación del Suelo de Estados Unidos distingue ocho clases que indican un aumento progresivo de las limitaciones que presentan los suelos para el desarrollo de los cultivos. Las primeras cuatro clases incluyen a los suelos aptos para los cultivos agrícolas (I, II, III y IV) y las últimas cuatro clases (V, VI, VII y VIII) incluyen los suelos aptos para pastoreo pero no para los cultivos labrados comunes.

Por su parte, el índice de productividad se interpreta como una proporción del rendimiento máximo potencial de los cultivos más comunes de la región. La diferencia entre el valor 100 y el índice de productividad indica el porcentaje de disminución experimentado en los rendimientos máximos debido al efecto de una o más variables (Nakama, 1996).

LA BASE DE DATOS SIG ESPACIO-TEMPORAL

Con el fin de realizar la base de datos espacio-temporal en SIG se incorporaron las características del espacio geográfico a ejes de coordenadas cuatridimensionales. Cada elemento de la cartografía de base -correspondiente a cada dimensión- cuenta con un valor específico en los ejes de coordenadas x (longitud) - y (latitud) - z (atributo) - t (tiempo).

El modelo de datos utilizado para el siguiente caso se basa en una estructura raster, la cual está formada por una matriz cuadrículada de celdas continuas dónde cada una, con una ubicación espacial propia, contiene información. El SIG utilizado es el OSU MAP-for-the-PC (version 4.0) en el cual se ha definido una matriz representativa del área de estudio de 140 filas por 140 columnas. Cada capa temática de la base de datos cuenta con un total de 19.600 pixels -unidad mínima de resolución espacial- dónde cada uno de ellos representa un valor superficial de 0,41 km².

La incorporación de la información espacial a cada pixel de esta estructura se ha realizado a través del criterio dicotómico "pertenece a/no pertenece a" (mayor al 50 %) la categoría analizada dentro de cada una de las variables mencionadas. De esta forma la base de datos total ha quedado conformada por las siguientes capas temáticas de información de base:

1. Aglomeración desde 1869 a 1991
2. División Político Administrativa
3. Diseño del relieve
4. Unidades cartográficas de suelos

5. Capacidad de Uso

6. Índice de Productividad

TRATAMIENTO DE LA INFORMACION

En base a las capas temáticas mencionadas y utilizando procedimientos de superposición matricial con operaciones aritméticas y reenumeración de categorías se realizaron los siguientes cruces y a través de ellos la ampliación de la base de datos original.

Mediante la utilización de reenumeraciones (ReNUMBER) se obtuvieron los mapas correspondientes a la configuración espacial de la aglomeración en cada año:

07 a 14. Aglomeración en 1869 hasta 1991

Mediante la utilización de sumas (Add) se obtuvieron los mapas correspondientes a la expansión intercensal de la aglomeración:

15 a 20. Expansión 1869-1895 hasta 1980-1991

Mediante la utilización de multiplicación (Multiply) se obtuvieron los mapas correspondientes al cruce entre la aglomeración en valor 1 para cada año y las capas temáticas 3, 4, 5 y 6:

21 a 28. Aglomeración sobre Diseño de Relieve 1869 hasta 1991

29 a 36. Aglomeración sobre Unidades Cartográficas de Suelos 1869 hasta 1991

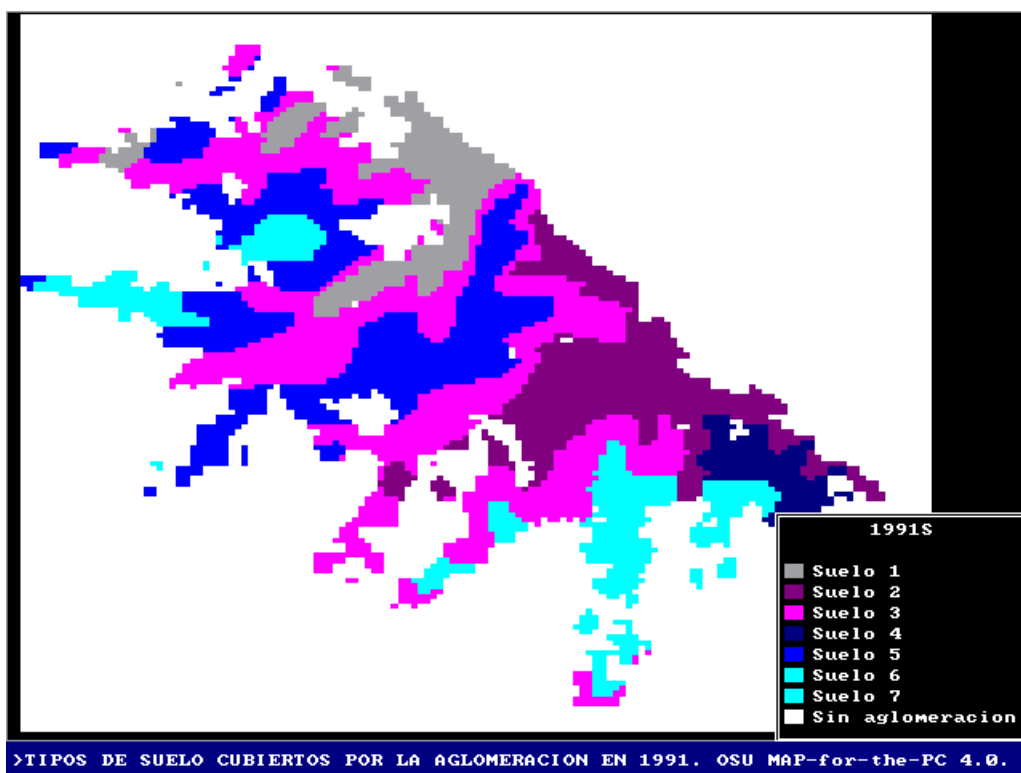
37 a 44. Aglomeración sobre Capacidad de Uso 1869 hasta 1991

45 a 52. Aglomeración sobre Índice de Productividad 1869 hasta 1991

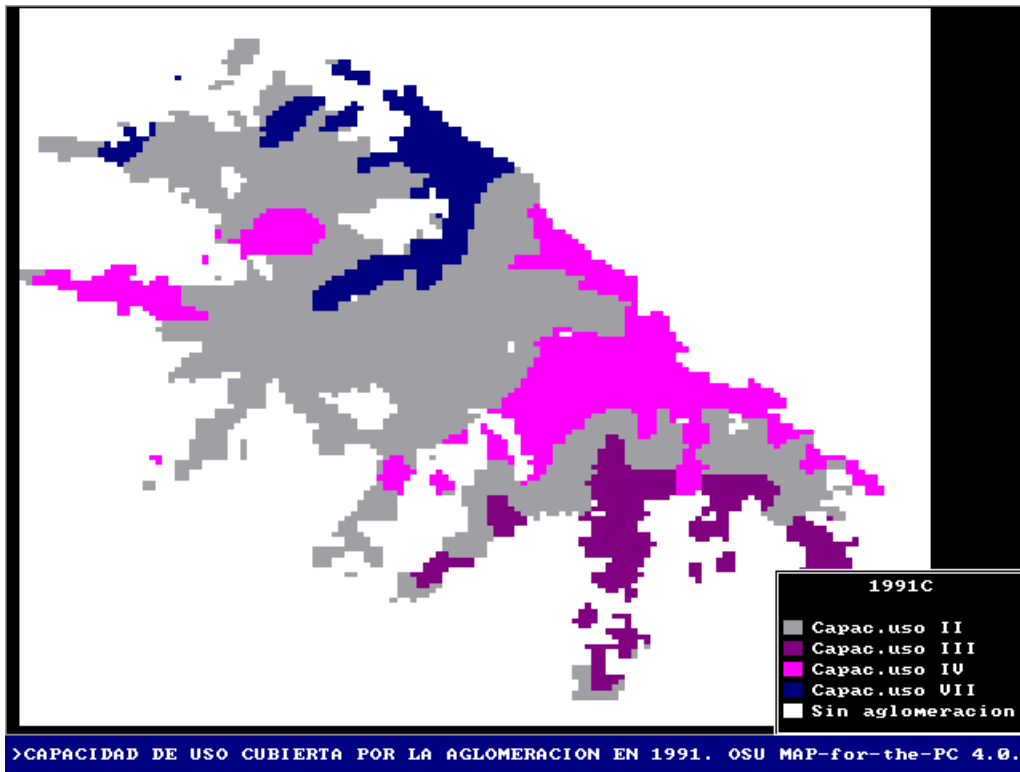
RESULTADOS OBTENIDOS

Cada una de las 52 capas temáticas que completan la base de datos SIG brinda como resultado un mapa temático de la correlación establecida. A continuación presentamos la situación para 1991 en las Unidades Cartográficas de Suelos (Mapa 1), la Capacidad de Uso (Mapa 2) y el Índice de Productividad (Mapa 3) se presentan con la forma de la aglomeración.

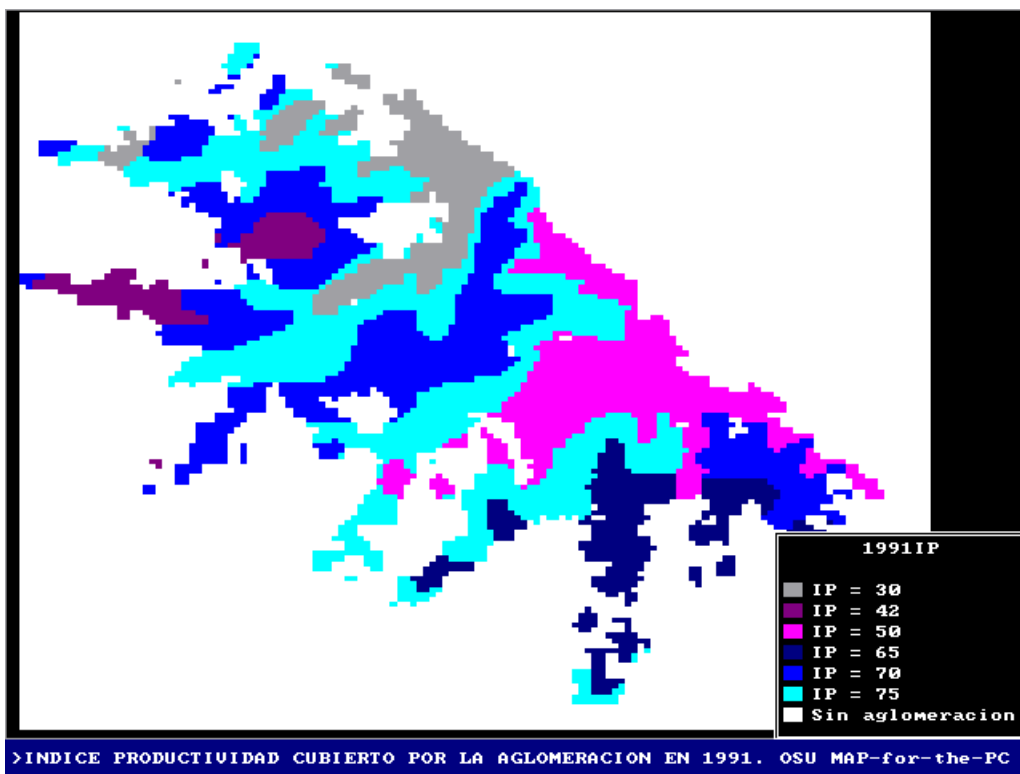
MAPA 1. UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SUELO CUBIERTOS POR LA AGLOMERACIÓN DE BUENOS AIRES EN 1991



MAPA 2. CAPACIDAD DE USO CUBIERTA POR LA AGLOMERACIÓN DE BUENOS AIRES EN 1991



MAPA 3. INDICE DE PRODUCTIVIDAD CUBIERTO POR LA AGLOMERACIÓN DE BUENOS AIRES EN 1991



El similar diseño cartográfico realizado para cada año brinda la posibilidad de obtención de datos alfanuméricos de superficie mediante el conteo de pixels (Describe) y su multiplicación por la superficie real que representa cada uno de ellos. De este procedimiento se obtienen los siguientes cuadros que acompañan a los mapas presentados y brindan la información de la evolución de cada variable durante el período total.

CUADRO 2
EVOLUCIÓN DE LA PÉRDIDA DE TIPOS DE SUELO POR EL CRECIMIENTO
DE LA
AGLOMERACIÓN DE BUENOS AIRES 1869 Y 1991 (en km²)

	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL
1869	0,82	16,40	12,30	-	3,28	0,41	-	33,21
1895	2,05	35,67	41,00	-	5,33	2,87	-	86,92
1914	11,07	86,51	84,05	1,64	52,07	5,33	0,82	241,49

1947	29,11	182,86	177,53	6,97	129,97	33,62	7,38	567,44
1960	129,15	282,90	403,85	46,74	270,60	98,40	50,43	1.282,07
1970	187,78	338,25	678,55	87,33	431,32	168,92	84,87	1.977,02
1980	200,90	352,19	730,21	93,89	472,32	198,44	91,84	2.139,79
1991	220,17	374,74	763,42	97,99	518,65	243,13	99,22	2.317,32

CUADRO 3
EVOLUCIÓN DE LA PÉRDIDA DE LA CAPACIDAD DE USO POR EL
CRECIMIENTO DE LA
AGLOMERACIÓN DE BUENOS AIRES 1869 Y 1991 (en km²)

	II	III	IV	VII	TOTAL
1869	15,58	0,41	16,40	0,82	33,21
1895	46,33	2,87	35,67	2,05	86,92
1914	137,76	5,33	87,33	11,07	241,49
1947	29,11	33,62	190,24	29,11	567,44
1960	314,47	98,40	333,33	129,15	1.282,07
1970	721,19	168,92	423,12	187,78	1.977,02
1980	1.197,90	198,44	444,03	200,90	2.139,79
1991	1.380,06	243,13	473,96	220,17	2.317,32

CUADRO 4
EVOLUCIÓN DE LA PÉRDIDA DE ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD POR EL
CRECIMIENTO DE LA AGLOMERACIÓN DE BUENOS AIRES 1869 Y 1991 (en
km²)

	30	42	50	65	70	75	TOTAL
--	----	----	----	----	----	----	-------

1869	0,82	-	16,40	0,41	3,28	12,30	33,21
1895	2,05	-	35,67	2,87	5,33	41,00	86,92
1914	11,07	0,82	86,51	5,33	53,71	84,05	241,49
1947	29,11	7,38	182,86	33,62	136,94	177,53	567,44
1960	129,15	50,43	282,90	98,40	317,34	403,85	1.282,07
1970	187,78	84,87	338,25	168,92	518,65	678,55	1.977,02
1980	200,90	91,84	352,19	198,44	566,21	730,21	2.139,79
1991	220,17	99,22	374,74	243,13	616,64	763,42	2.317,32

Partiendo de estos valores absolutos se ha calculado para cada fecha censal de cada una de las variables la participación porcentual que representan en relación a la superficie de la aglomeración. Así, si analizamos por ejemplo, los suelos que han sido cubiertos por la aglomeración según su capacidad de uso obtenemos los siguientes datos (Cuadro 5).

CUADRO 5
EVOLUCIÓN DE LA PÉRDIDA DE LA CAPACIDAD DE USO POR EL
CRECIMIENTO DE LA
AGLOMERACIÓN DE BUENOS AIRES 1869 Y 1991 (en porcentaje)

	II	III	IV	VII	TOTAL
1869	46,91	1,24	49,38	2,47	100,00
1895	53,30	3,30	41,04	2,36	100,00
1914	57,05	2,21	36,16	4,58	100,00
1947	55,42	5,92	33,53	5,13	100,00
1960	56,25	7,68	26,00	10,07	100,00
1970	60,56	8,54	21,40	9,50	100,00

1980	60,59	9,27	20,75	9,39	100,00
1991	59,56	10,49	20,45	9,50	100,00

Se observa que desde 1869 a 1991 la aglomeración se sustenta principalmente sobre suelos con capacidad de uso II y IV, ambas clases corresponden a tierras aptas para cultivos labrados o otros usos. Desde 1895 a 1991 más del 50% de la superficie de la aglomeración ha crecido sobre suelos con capacidad de uso II, el porcentaje actual puede visualizarse claramente en el mapa 2 en el cual el color gris cubre el 59,56% de la mancha urbana. Los suelos con capacidad de uso III que ha cubierto la aglomeración también han ido aumentando en términos relativos a lo largo de las fechas censales; lo contrario ha ido ocurriendo con los suelos con capacidad de uso IV.

Estos hechos refuerzan lo planteado al inicio del trabajo si recordamos que los suelos con capacidad de uso II tienen solamente algunas limitaciones en lo que se refiere a la elección de plantas, pudiendo requerir moderadas prácticas de conservación. Por el contrario, los suelos con capacidad de uso IV si bien se consideran aptos para el desarrollo de los cultivos presentan limitaciones muy severas que restringen la elección de cultivos o requieren manejos muy cuidadosos (Godagnone y Casas, 1996).

Si recordamos el Cuadro 1 podrá observarse que más de la mitad de la aglomeración cubre suelos con índices de productividad iguales y superiores a 70 que puede apreciarse en el mapa 3 con colores azul y celeste.

CONSIDERACIONES FINALES

En la Argentina, muchos trabajos se ocupan del estudio de los problemas ambientales urbanos (Vapñarsky, 1994), periurbanos (Morello et al., 1997) y rurales (Morello y Solbrig, 1997). Recientemente, ecólogos y ecogeógrafos se interesan en los cambios que afectan el ambiente periurbano en tres líneas principales: la conversión de tierra rural para usos urbanos, la degradación de los recursos naturales, la disposición de residuos urbanos. En ninguno de los trabajos se analiza la pérdida de tierras de vocación agropecuaria por el avance de la aglomeración y sus impactos sobre la economía nacional.

La profusa legislación vigente que contempla los problemas ambientales generados por la urbanización, tampoco prevé el problema de la pérdida de tierras agropecuarias. Sin embargo, este es un aspecto que debería ser tenido en cuenta en la planificación regional.

En el trabajo aquí presentado se ha evaluado sólo una de las huellas del paisaje: la aglomeración. Otras huellas, tales como suelos decapitados por la extracción del horizonte A para fabricación de ladrillos, o para la extracción de rollos de

cesped, canteras y cavas, basurales, balnearios, criaderos y mataderos, equipamientos de infraestructura para depósito, y otros usos no amanzanados que forman parte del *sistema periurbano*, no han sido considerados en esta etapa.

El presente trabajo provee una metodología en que la geoinformática y el análisis espacial cumplen un importante papel en el análisis estructural del paisaje y sus cambios. Sirve de material de base para un proyecto más amplio surgido de un convenio entre el Centro de Estudios Avanzados de la Universidad de Buenos Aires (CEA-UBA), el Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), el cual tiene por objetivo desarrollar un modelo que permita explicar el crecimiento de la mancha urbana durante el pasado, predecir futuros escenarios y recomendar acciones que optimicen el uso de la tierra. El primer paso es estudiar los cambios de la estructura del paisaje en la región metropolitana, para luego detectar las causas subyacentes de las distintas etapas de avance de la mancha urbana e identificar los problemas ambientales generados.

BIBLIOGRAFÍA

Buzai, G.D. (1993a) Buenos Aires 1869-1991. Análisis SIG de su evolución espacial. *Anais IV Simpósio Latinoamericano sobre Sistemas de Informacao Geográfica e 2do. Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento*. Escola Politécnica. USP. pp. 333-351.

Buzai, G.D. (1993b) Evolución espacial y distribución poblacional en el Gran Buenos Aires. *Geodemos*. 1(1):113-138.

Buzai, G.D.; Baxendale, C.A. (1997) *Aplicación de la tecnología SIG para el análisis del crecimiento de la aglomeración de Buenos Aires 1869-1991 y su relación con la topografía, tipos de suelo, capacidad de uso e índice de productividad*. Informe Técnico. Programa de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. CEA-UBA. Buenos Aires.

Buzai, G.D.; Durán, D. (1996) Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el estudio del medio construido y las inundaciones. El caso de Buenos Aires. *GIS Brasil 96 - Paneis*. Sagres Editora. Curitiba.

Godagnone, R.E.; Casas, R.R. (1996) *Los suelos del conurbano bonaerense*. Instituto de Suelos. CIRN/INTA. Castelar.

Morello, J.; Buzai, G.D.; Nussbaum, A.; Rodriguez, A.; Soto, A. (1997) Gestión ecológica del sistema periurbano del Gran Buenos Aires. *Anales 6to. Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Facultad de Filosofía y Letras-UBA. Buenos Aires.

Morello, J.; Solbrig, O.T. Eds. (1997) *¿Argentina granero del mundo: hasta cuando?* Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires.

Nakama, V. (1996) *Indices de Productividad: método paramétrico para evaluación de tierras*. Instituto de Suelos. CIRN/INTA. Castelar.

Palacio, M. (1996) *Cartografía correspondiente a tipos de suelo, capacidad de uso e índice productividad en el conurbano bonaerense*. Instituto de Suelos. CIRN/INTA. Castelar.

Vapñarsky, C.A. (1994) *101 años de expansión espacial y crecimiento de población. Gran Buenos Aires 1868-1970*. CEUR-UBA. Buenos Aires.