ESTUDIO AMBIENTAL DEL PARTIDO DE BERAZATEGUI. APORTES AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Giménez, J. E., Hurtado, M. y O. Martínez

Instituto de Geomorfología y Suelos. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP.

Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

GEOLOGÍA - ESTRATIGRAFÍA

Las unidades litoestratigráficas diferenciadas en la zona de estudio son similares a las descriptas por diferentes autores. Es por ello que en este capítulo haremos una descripción resumida de las características litológicas, distribución superficial, génesis y su relación con las geoformas presentes.

Los rasgos geológicos más destacados pueden observarse en la Llanura Alta, en los interfluvios, tanto principales como secundarios y en las zonas mas bajas de los valles, mientras que la presencia de sedimentos de origen marino que integran la Llanura Costera, cambia el origen de las unidades diferenciadas.

Unidades de origen estuárico - marino

Formación Las Escobas

Sus depósitos se encuentran integrando la totalidad de la Llanura Costera penetrando hacia la Llanura Alta a través de los valles de los arroyos. El límite de esta unidad hacia el interior del continente acompaña aproximadamente la curva de nivel de 5 m. snm.

En el área de estudio esta formación se halla representada por el miembro Canal 18 (Fidalgo et al, 1973). Se encuentra distribuido en la totalidad de la Llanura Costera, presentando una distribución superficial muy importante. Está integrado por secuencias compuestas por arenas, limos arenosos y limos arcillosos de color castaño, castaño verdoso a verde, que en ocasiones presentan una típica estratificación, donde alternan capas de arenas y arcillas. Son frecuentes los moteados de color negro y concreciones ferruginosas. En los sectores superiores de este miembro aparecen concreciones de carbonato de calcio, castaño blanquecinas, como así también rodados de tosca. Los espesores observados oscilan entre 0,70 a 1,30 metros.

Se apoya en discordancia de erosión sobre los sedimentos de la Formación Pampeano, siendo cubierta por depósitos pertenecientes a la Formación La Postrera y el Aluvio.

Unidades de origen continental

Formación Pampeano

Es la unidad que muestra mayor distribución superficial, constituyendo la roca de base sobre la cual se han depositado el resto de las unidades en la región. Integra los interfluvios principales y secundarios y las zonas que conectan a estas con los valles, como así también los pisos de los valles y el sustrato de la Llanura Costera.

Se trata de un conjunto de sedimentos cuya granulometría es esencialmente limo con cantidades subordinadas de arena y arcilla. Su color es predominantemente castaño, variando desde un castaño rojizo en sus tramos inferiores a un castaño

anaranjado hacia su techo. En ocasiones y relacionados con sectores deprimidos del paisaje adquiere una tonalidad castaño verdosa como consecuencia de procesos hidromórficos. Los máximos espesores reconocidos fueron de 3 a 4 metros. Se presenta como un depósito homogéneo, generalmente carente de estratificación, con la presencia de carbonato de calcio en forma de “tosca” de aspecto y dimensiones variables. En los sectores basales el carbonato se presenta con bastante frecuencia bajo la forma de costras y venas y en menor proporción como concreciones, de color castaño blanquecino, presentando un importante grado de consolidación. Hacia la parte superior la unidad muestra generalmente al carbonato en forma de concreciones de aspecto subredondeado a elongado, adquiriendo un manifiesto aspecto friable en estos depósitos.

En los tramos superiores de esta unidad litoestratigráfica es frecuente observar el desarrollo de un suelo con un marcado horizonte B textural, arcilloso, castaño oscuro, que puede constituir el perfil actual del suelo y en ocasiones estar sepultado por sedimentos más jóvenes. Este suelo se desarrolla en la Llanura Alta, en sectores de interfluvios y en las áreas comprendidas entre éstas y los cursos de agua.

Es cubierta en discordancia de erosión por la Formación Las Escobas, Formación La Postrera, Formación Luján y el Aluvio. Los sectores basales de esta unidad podrían ser correlacionables con la Formación Ensenada (Riggi et al. 1986), mientras que los términos superiores integran la Formación Buenos Aires de los mismos autores.

Formación La Postrera

Se halla distribuida en forma discontinua en toda el área de estudio. Está relacionada principalmente con las partes más elevadas del paisaje rematando la secuencia estratigráfica, aunque con menor frecuencia puede vincularse con partes deprimidas del mismo.

Se trata de un depósito cuya granometría predominante es limo a limo arenoso de color castaño a castaño grisáceo. Entre sus más salientes características se pueden citar la falta de estratificación y lo extremadamente suelto, presentando espesores promedio 0,30 a 0,40 metros. Por sus características texturales permiten atribuir un origen eólico a estos depósitos.

Se apoya en discordancia de erosión sobre los sedimentos de la Formación Pampeano, Formación Las Escobas y Geosuelo Puesto Berrondo.

Formación Luján

Sus depósitos fueron reconocidos en los tramos medios de los cursos principales que se desarrollan en la Llanura Alta. La integran sedimentos de granometría limo arenoso a limo arcilloso de color verde a verde grisáceo a castaño amarillento en los sectores basales, pasando a castaño grisáceo hacia el techo.

Se reconocieron espesores de 0,30 a 0,40 m. Subyace en discordancia de erosión sobre los depósitos de la Formación Pampeano, siendo cubierta en la misma relación de contacto por sedimentos de la Formación La Postrera y el Aluvio.

Aluvio

Sus depósitos se hallan distribuidos en amplios sectores deprimidos de la Llanura Costera, como así también en los valles principales y tributarios de distinta jerarquía, en la Llanura Alta. Está constituido por sedimentos de granometría fina integrados por arcillas limo arenosa, limos areno arcillosos y arenas limo arcillosas, de color castaño verdoso a verde grisáceo, adquiriendo tonalidades mas oscuras en los

términos superiores. Algunos niveles de esta unidad presentan una notable plasticidad, como así también la presencia frecuente de concreciones de hierro y manganeso distribuidas en la masa. Ocasionalmente suelen reconocerse concreciones de carbonato de calcio de forma subesférica y de coloraciones claras.

En esta unidad se desarrolla un suelo, constituido por un horizonte de color negro intenso en húmedo de unos 0,30 m de espesor. En seco adquiere coloración castaño grisáceo, presentando forma de agregados columnares muy visibles

Se apoya en discordancia de erosión sobre la Formación Pampeano, Formación Las Escobas y Formación Luján.

VEGETACION

La distribución de la vegetación de una región varía de acuerdo con diversos factores, entre los cuales el más importante es el clima, en sus distintos parámetros: temperatura, precipitaciones, humedad, etc. También son importantes la geomorfología o relieve (altura sobre el nivel del mar, exposición, pendiente, etc.), los suelos, la acción de la fauna y el hombre. Todos estos factores se combinan de manera muy compleja y en ciertos casos se compensan o anulan (Cabrera, 1971). Respecto a los suelos se puede decir que ellos influyen en la distribución de la vegetación, pero ésta a su vez tiene diversos efectos sobre la evolución de los suelos.

Para caracterizar la distribución de la vegetación en el partido de Berazategui casi no se puede considerar al clima ya que ocupa una pequeña extensión, donde las variaciones climáticas son escasas. En cambio, son importantes la geomorfología y los suelos, factores que, junto con la acción del hombre, son responsables de las variaciones observadas.

De acuerdo con lo antedicho, los principales ambientes que permiten diferenciar en una primera aproximación a las comunidades vegetales son la Llanura Alta o continental formada en sedimentos eólicos loéssicos y la llanura costera, con sedimentos estuárico-marinos en la llanura de fango y la llanura aluvional con sedimentos fluviales.

La vegetación de la Llanura Alta continental corresponde según Cabrera (1971) a la Región Neotropical, Dominio Chaqueño, Provincia Pampeana y Distrito Pampeana Oriental. La vegetación dominante es la estepa de gramíneas en interfluvios, existiendo también praderas, estepas halófilas y diversos tipos de vegetación hidrófila en áreas más deprimidas. En las partes elevadas la comunidad climax es el flechillar de *Piptochaetium montevidense, Stipa neesiana* y *Bothriochloa lagurioides.* Otros pastos comunes corresponden a los géneros *Briza, Melica, Aristida, Poa, Agrostis, Bromus, Paspalum, etc.* Es común la presencia especies arbustivas del genero *Baccharis*, tales como carqueja (*B. trimera*), romerillo (*B. coridifolia*) y, especialmente en suelos compactados o decapitados, carquejilla *(B. notosergila)*. Hay numerosas especies exóticas tales como tréboles de carretilla *(Medicago sp.),* cardo *(Cardus acanthoides),* cardo de Castilla *(Cynara cardunculus),* avena silvestre *(Avena barbata), Lotus,* etc. La gran densidad de raíces propia de la mayoría de estas especies ha originado al descomponerse elevados contenidos de materia orgánica en los horizontes superficiales de los suelos, como así también una alta porosidad y una estructura muy favorable (granular, migajosa) para el enraizamiento de las plantas cultivadas.

La vegetación natural de la llanura continental ha sido eliminada o modificada sustancialmente por acción antrópica a través de distintas actividades (urbanización,

industrias, agricultura, ganadería, etc.). Un caso especial es el Parque Pereyra Iraola, donde el pastizal de la llanura alta ha sido sustituido en gran parte por vegetación arbórea, que incluye alrededor de 130 especies nativas y exóticas. Debe señalarse, como hecho a tener en cuenta, el avance de la acacia negra (*Gleditsia triacanthos*), especie exótica introducida como ornamental y naturalizada en la región pampeana, donde genera graves daños económicos en sistemas agrícolas y ganaderos. Es una especie sumamente peligrosa por su capacidad invasora (rápido crecimiento, período juvenil corto, elevada producción y germinabilidad de semillas), por el nivel de daño económico y ecológico que causa y por su difícil control. En áreas recreativas resulta además peligrosa por sus largas espinas. En el Parque Pereyra se ha observado su avance en la parte sur, donde el ganado contribuiría a la diseminación de las semillas

La Llanura de fango tiene diversas comunidades vegetales que han sido menos alteradas por el hombre en comparación con la llanura continental debido a la menor aptitud de los suelos para diversos usos. Se trata en todos los casos de comunidades edáficas, es decir no relacionadas con el clima sino con el relieve y los suelos. En partes ligeramente más elevadas con drenaje algo mejor se encuentran praderas higrófilas donde predominan especies como el gramillón (*Cynodon dactylon*), acompañado a veces por cardo de Castilla (*Cynodon dactylon*) y
tala (*Celtis tala*). En sectores más deprimidos, el cardo y el tala no se encuentran y aparecen otras especies como *Cyperus sp.* y el pasto salado o pelo de chancho (*Distichlis spicata* o *Distichlis scoparia*). (Fig. 21) En los ambientes más deprimidos (bañados) predominan especies que resisten el anegamiento prolongado tales como el duraznillo blanco (*Solanum glaucophyllum*) y la carda (*Eryngium eburneum*).

En la Llanura aluvional existen diversas comunidades higrófilas: pajonales de totora (*Typha sp*.), cortadera (*Scirpus giganteus*) y espadaña (*Zizaniopsis bonariensis)*, y juncales de *Scirpus californicus* (Cabrera y Zardini, 1978; Vervoost, 1967). Se encuentran también otras comunidades como seibales de *Erythrina crista-galli*, sauzales de *Salix humboldtiana* y matorrales ribereños de acacia mansa (*Sesbania punicea*). Posee además sobre sectores algo más elevados (albardones) con remanentes de la selva en galería o marginal más austral del mundo. Esta selva, llamada también comúnmente “monte blanco”, posee un estrato arbóreo de 10 a 12 metros de altura, además de los estratos arbustivo, herbáceo y muscinal y abundantes lianas y epífitas. Entre las especies arbóreas se destacan el mata ojo (*Pouteria salicifolia*), laurel (*Ocotea acutifolia*), canelón (*Rapanea lorentziana* y *R. laetevirens*), chal-chal (*Allophylus edulis*), anacahuita (*Blepharocalyx tweediei*), etc. (Dascanio y Ricci, 1988). El monte blanco fue eliminado casi por completo por acción del hombre y en la actualidad sólo existen unos pocos relictos de escasa extensión Así, los albardones sustentan una vegetación modificada casi totalmente, encontrándose distintos tipos de *“neoecosistemas”*. Este término, definido por Morello et al. (2000), designa áreas antropizadas, seminaturales, en las que las especies vegetales dominantes o más frecuentes son especies exóticas invasoras, mientras que las especies acompañantes son especies nativas. Un ejemplo son las forestaciones comerciales de sauce (*Salix spp*.) y álamo (*Populus spp*.), descriptas para el Bajo Delta por Kalesnik (2001) y Vallés et al. (2005). Estos autores reconocen un gradiente en el tipo de forestaciones, desde aquellas jóvenes hasta otras que presentan más de 50 años de abandono, que originan nuevos bosques secundarios dominados por especies exóticas.

Entre las principales especies invasoras que se encuentran en la Llanura aluvional se destacan madreselva (*L.onicera japonica*), zarzamora (*Rubus* spp.), ligustrina (*Ligustrum sinense*), ligustro asiático (*Ligustrum lucidum*), arce (*Acer negundo*), y fresno (*Fraxinus pennsylvanica*). Algunos pajonales pueden estar dominados casi en su totalidad por el lirio europeo (*Iris pseudacorus*) (Kalesnik y Malvarez, 2003; Kalesnik et al, 2005).

SUELOS

Clasificación taxonómica de los suelos

Los suelos fueron clasificados de acuerdo con la última versión del sistema *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006) hasta el nivel de serie en aquellos suelos de mayor difusión y de mejor aptitud. En algunos suelos de extensión reducida o de baja aptitud la clasificación se efectuó a nivel de subgrupo.

Las series creadas no tienen el carácter de series establecidas sino que son tentativas. Podrán llegar a aquella condición una vez que se efectúe la correlación con suelos de áreas cercanas en la que existen estudios regionales, cuando se amplíe la superficie que ocupan algunos suelos en posteriores levantamientos y cuando se disponga de mayor información tanto de carácter analítico como datos de rendimientos de cultivos, comportamiento mecánico, etc. En ese sentido, para la clasificación a nivel de familia se extrapolaron los datos obtenidos en el partido de La Plata, en especial la clasificación a nivel de familia mineralógica.

Algunas de las series fueron subdivididas aplicando el concepto de fase a fin de precisar sus propiedades desde el punto de vista de su uso. Así, en la llanura continental se consideró la *fase inclinada* para aquellos suelos que se encuentran en pendientes superiores al 2% y la *fase imperfectamente drenada* para suelos con mayores deficiencias en el drenaje que el resto de la serie, por hallarse en posiciones topográficas deprimidas. En la llanura costera, uno de los suelos de mayor difusión (Natracuertes típicos) se dividió según fases por drenaje (fases imperfecta, pobre y muy pobremente drenadas).

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS Y MATERIALES ORIGINARIOS

Los suelos del área de estudio se diferenciaron primeramente de acuerdo con sus materiales originarios. Se han distinguido así dos ambientes principales:

- *Llanura alta, interior* o *continental*, con suelos desarrollados a partir de sedimentos loéssicos eólicos y fluviales, diferenciados en dos vertientes: río de la Plata y río Samborombón; y
- *Llanura costera,* con sedimentos estuáricos aportados por ingresiones marinas, los que se encuentran principalmente en la unidad geomorfológica *Llanura de fango* y sedimentos fluviales provenientes de la dinámica actual del Río de la Plata, que aparecen en la *Llanura aluvional*.

Entre ambos ambientes existe una zona de transición en la que los suelos han evolucionado a partir de materiales de origen mixto.

Los suelos formados a partir de sedimentos continentales eólicos aparecen principalmente en interfluvios y pendientes. Estos sedimentos subsuperficiales corresponden a la Formación Pampeano y los superficiales a la Formación La Postrera; son sedimentos de color castaño con predominio de la fracción limo (Fidalgo et al., 1973). Son suelos zonales, es decir suelos en los cuales el clima y la vegetación han desempeñado un papel importante en su formación. Los suelos con mejor drenaje, ubicados en posiciones altas y medias, pertenecen principalmente al orden Molisol. Se caracterizan por sus perfiles de fuerte desarrollo, con horizontes A oscuros, generalmente espesos (20-30 cm de espesor) y bien provistos de materia orgánica (3-6 %) y a los que subyacen horizontes B con marcados rasgos de iluviación de arcilla (proceso de argiluviación), acompañados casi siempre por evidencias de expansión y contracción de los materiales (proceso de argiliturbación o vertisolización) Este último proceso está mejor expresado en suelos pertenecientes al orden Vertisol, los cuales ocupan mucha menor superficie que los Molisoles. Tanto Molisoles como

Vertisoles son suelos con elevada capacidad de intercambio catiónico aportada por la materia orgánica y la arcilla. Desde el punto de vista físico los altos tenores de la fracción fina le confieren moderada a baja permeabilidad y elevada plasticidad, particularmente en el sector iluvial del perfil (horizontes B).

En las planicies de inundación de arroyos los suelos se han formado a partir de sedimentos fluviales o continentales retrabajados por el agua (Formación Luján, Aluvio). Comparten algunas de las características de los suelos de interfluvios y pendientes, en lo que respecta a granulometría y mineralogía. Las diferencias estriban en el menor tiempo de evolución de los suelos y la posición en el relieve, siendo el hidromorfismo uno de los procesos que más han influido en su génesis. Estos suelos pertenecen en muchos casos a los Alfisoles o bien a Molisoles y Vertisoles con régimen ácuico.

En la zona de transición se encuentran tanto materiales de origen marino como continental. Los primeros son sedimentos de playa, constituidos por arenas muy finas y limos arenosos con concreciones de hierro y fragmentos de conchilla, asignados por Cavallotto (1995) a la Facies Arroyo Martín de la Formación Las Escobas de edad holocena (3.500-5.000 años AP). En algunos sectores, como en las cercanías del Aeródromo de Ezpeleta, se encuentran sedimentos loéssicos erosionados de un paleoacantilado situado en el borde de la llanura continental. Se trata de sedimentos franco limosos con abundantes concreciones de carbonato de calcio que se extienden como un pedimento sobre los materiales arcillosos de la llanura costera (Fig.15). .

En la llanura de fango de la llanura costera se pueden distinguir, efectuando una amplia generalización, tres materiales superpuestos de diferente origen (Fig. 20): En la parte superficial, aproximadamente entre 0,80 y 1,50 m de profundidad, aparece un material sumamente arcilloso principalmente de origen estuárico en el que se desarrollan los suelos actuales (Facies Villa Elisa de la Formación Las Escobas, Cavallotto, 1995). Le subyace un material de origen marino, de alrededor de 1,00 m de espesor, de estructura laminar, con capas arcillosas gruesas que alternan con capas arenosas delgadas e intercalaciones restos de conchilla en distinto grado de fragmentación (posiblemente Formación Atalaya según Cavallotto, 1995). Por debajo se encuentra un material continental loéssico masivo, fuertemente compactado, de color pardo, con acumulaciones de carbonato de calcio en forma de concreciones gruesas, de textura franca a franco limosa (Formación Ensenada, Riggi et al., 1986); dicho material aparece en las cercanías de la Llanura alta aproximadamente a 1,50-2,50 m, profundizándose hacia la costa del río.

La Llanura aluvional, se ha formado en sedimentos de la Facies Arenosa de la Formación Río Santiago (Cavallotto, 1995) que representa la fase final en la evolución de la Llanura Costera. Son depósitos fluviales que en su mayor parte se encuentra en fracción arena fina y muy fina (diámetro 62-250 mμ).

En la Llanura Costera y la zona de transición los suelos han tenido una evolución menor que los suelos del área continental. Por ello, el grado de desarrollo de los mismos es menos pronunciado. El escaso desarrollo también se explica por la granulometría arenosa de algunos de materiales originarios. En razón de los materiales de origen estuárico y de las posiciones deprimidas que ocupan, en la amplia mayoría de los suelos el proceso de hidromorfismo ha tenido una participación importante. En los suelos de la Llanura de fango se suman el proceso de vertisolización o argiliturbación En los ambientes citados predominan Alfisoles y Vertisoles, algunos Molisoles y, en el caso de los suelos menor desarrollo, los Entisoles.

LAS UNIDADES CARTOGRAFICAS

En esta sección se incluye en primer lugar la **Leyenda del Mapa de Suelos** (Tabla 3), que constituye una síntesis de las unidades cartográficas representadas en el **Mapa Básico de Suelos** (Mapa 5). Luego se consigna la **Descripción de las Unidades Cartográficas,** donde se efectúa una caracterización detallada, de cada una de las unidades cartográficas en que se ha dividido el Mapa Básico de Suelos ordenadas por orden alfabético del símbolo de la unidad.

Dichas unidades pueden estar compuestas por una o más unidades taxonómicas. El primer caso corresponde a unidades denominadas **consociaciones,** en las cuales los suelos muestran una distribución relativamente homogénea, como en interfluvios y pendientes la llanura continental, en la vertiente del río de la Plata, donde se han cartografiado series puras. Los suelos de cada serie tienen grandes semejanzas, pero admiten cierto margen de variabilidad en sus propiedades que se ha señalado en cada caso. Sin embargo, en esas unidades cartográficas puras se admite la existencia de otros suelos que constituyen "inclusiones" y cuyo porcentaje respecto a la superficie de la unidad puede llegar hasta un 15% aproximadamente. Se han representado también unidades cartográficas puras en parte de la llanura costera, donde los suelos fueron clasificados sólo hasta nivel de subgrupo, ya que su variabilidad y baja aptitud no justificaban su clasificación hasta nivel de serie.

Cuando un ambiente no es homogéneo respecto a la distribución de los suelos o cuando la escala no ha permitido representar unidades cartográficas puras, se han empleado unidades compuestas (**asociaciones**, **complejos** y **grupos indiferenciados**). La **asociación** es una agrupación de dos o más suelos distribuidos en un patrón relativamente sencillo, cuyos componentes pueden separarse al aumentar la escala. Los **complejos** constituyen una agrupación de dos o más suelos en un patrón más intrincado que las asociaciones, donde los suelos muestran variaciones en sus propiedades dentro de distancias cortas o bien no se puede efectuar una correlación segura entre geoformas y suelos. Los **grupos indiferenciados** constituyen unidades cartográficas compuestas en las que los suelos muestran una distribución anárquica, no estando asociados geográficamente de manera previsible. Esta unidad se utilizó para las planicies aluviales de los arroyos.

En las descripciones y en la leyenda del mapa básico de suelos se han ordenado a las unidades según los orígenes de los materiales formadores (continentales, mixtos y marinos. Se han descripto las unidades cartográficas puras y las compuestas indicando su área de distribución y la superficie que ocupan, las características del relieve, las principales propiedades del suelo o los suelos que integran la unidad y su aptitud para el uso, tanto agropecuario-forestal como ingenieril.

Se han delimitado también las áreas donde se desarrollan o se han desarrollado actividades extractivas del suelo y subsuelo, las que fueron consideradas áreas misceláneas e identificadas en el mapa y en su leyenda como “cavas”.

INDICADORES E INDICES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL PARTIDO DE BERAZATEGUI (PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

INTRODUCCIÓN

En tiempos recientes se ha discutido ampliamente sobre la situación ambiental y la forma de gestionar los recursos naturales para alcanzar un desarrollo sustentable. Esta temática recibió un impulso decisivo a través de la Comisión de Desarrollo Sostenible (CDS) surgida de la Agenda 21, el programa de acción adoptado en junio de 1992 por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD) también conocida como la Cumbre de la Tierra o Cumbre de Río. Se postuló la urgente creación de Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS) para realizar un seguimiento de la implementación de los respectivos capítulos de dicha Agenda de desarrollo internacional.

Los indicadores permitan simplificar una realidad compleja, facilitando la identificación problemas y la adopción de soluciones adecuadas en el ámbito del ambiente; sintetizan y transmitir información de manera significativa, dentro del proceso de toma de decisiones. Uno de sus principales objetivos de los indicadores es identificar y comunicar a los responsables de la gestión ambiental a distintos niveles el estado del ambiente, qué presiones actúan sobre él, cuáles son las tendencias y el significado de los cambios para los seres humanos y ecosistemas y cómo se está actuando ante tales situaciones.. Los indicadores deben hacer perceptible una tendencia o fenómeno no fácilmente detectable, como así también cuantificar y simplificar información sobre fenómenos complejos (Berger, 1996). Pueden, a su vez, combinarse para obtener *índices* que reflejen cualidades complejas del medio y proporcionen criterios para evaluar la sustentabilidad de políticas, planes y actuaciones que afecten al ambiente (Cendrero, 1997). Los índices se obtienen a partir de la integración de varios indicadores, los que a su vez se provienen en primera instancia de numerosos datos primarios o brutos que son luego depurados o procesados. En la Fig. 1 se ha representado en forma de pirámide los niveles sucesivos de la jerarquía de la información, aumentando en sentido ascendente la agregación, la cantidad de información y la complejidad y disminuyendo en ese sentido la precisión y objetividad.

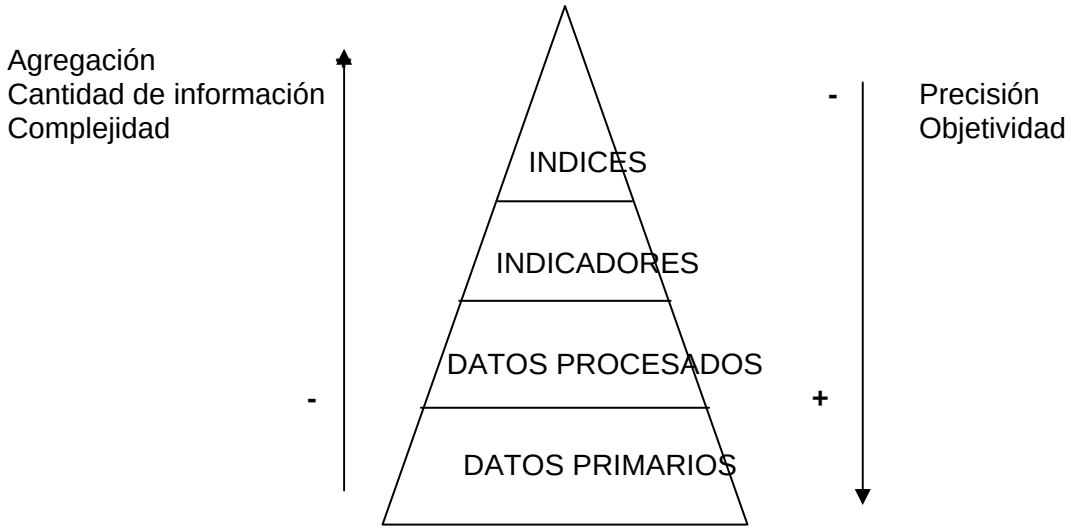

Fig. 1. Pirámide de datos, indicadores e índices (FAO, 1997)

ÁREA DE ESTUDIO

El partido de Berazategui presenta una compleja problemática ambiental debido a una fuerte presión demográfica, que se expresa en una población de 287.913 habitantes distribuidos en una superficie total de 221 Km^2, lo que significa una densidad de 1532 hab/Km^2. Por otro lado, posee dos áreas con características contrastantes: la porción de territorio cercana al Río de la Plata, expuesta a los efectos de las sudestadas y con serios problemas de inundación-anegamiento, la cual es necesario revalorizar, asignándole usos compatibles a sus características, y el ambiente continental donde se han concentrado la mayor parte de las actividades, y donde también se identificaron los conflictos de uso del territorio entre las actividades que en él se desarrollan. En las dos áreas citadas se extiende la Reserva Parque Pereyra Iraola que incluyen restos de la selva en galería más austral del mundo y que está siendo amenazadas por los mencionados conflictos de uso. Este gran espacio verde ha atenuado en gran medida la expansión del Gran Buenos Aires hacia el sur.

El objetivo del trabajo ha sido evaluar la calidad del partido desde el punto de vista de algunos componentes del medio físico natural y antrópico (suelos, geomorfología, aguas subterráneas, infraestructuras) y algunos riesgos y degradaciones (inundación, canteras), mediante el uso de indicadores e índices accesibles. Se deja constancia en este sentido que la evaluación no ha sido integral pues ello excedería los alcances del estudio en cuanto a especialistas involucrados, costos y tiempo. Es así que, por ejemplo, no se han realizado evaluaciones de calidad del aire y de aguas superficiales, como así tampoco aspectos sanitarios o sociales de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

A los fines de evaluar la calidad ambiental del partido se diferenciaron cuatro “unidades ambientales” sobre la base de similitud en características litológicas, geomorfológicas, edáficas y de riesgos geológicos. Estas unidades surgieron de la unificación de unidades cartográficos de los mapas temáticos, con ajustes de los límites cuando fue necesario. En un primer nivel se diferenciaron dos grandes ambientes: Llanura Alta formada en sedimentos loéssicos y cotas superiores a 5 m snm y Llanura Costera, formada en sedimentos marino-estuáricos y fluviales y cotas inferiores a 5 m. En un segundo nivel se distinguieron en cada ambiente dos unidades ambientales, a saber: en la Llanura Alta: 1) Interfluvios (132 km^2) y 2) Planicies de inundación y cubetas (11 km^2); en la Llanura Costera: 3) Llanura de fango (61 km^2) y 4) Llanura aluvional (16 m^2).

La calidad ambiental ha sido analizada desde dos puntos de vista: *ecocéntrico* y *antropocéntrico*. Desde el punto de vista ecocéntrico la calidad ambiental está directamente relacionada con el grado de *naturalidad*. El criterio antropocéntrico tiene en cuenta las cualidades que contribuyen al bienestar humano; así, se considera al ambiente en sus funciones de: *fuente de recursos*, *sumidero* y *soporte y proveedor de servicios.*

La evaluación de cada función se obtuvo a través de *indicadores* que representan situaciones ambientales específicas en cada unidad ambiental y que se han cuantificado en nuestro caso a través de la datos provenientes de información cartográfica que representa diversos componentes del medio físico natural y antrópico (geomorfología, suelos, uso de la tierra, etc.) como así también los riesgos geológicos y las diversas degradaciones sufridas (inundación/anegamiento, contaminación, actividades extractivas del suelo), representados en mapas temáticos. Por ejemplo, para la función Fuente de Recursos se consideraron los

indicadores “Superficie de suelos de alta calidad para la agricultura” y “Superficie dedicada a uso agropecuario y forestal”.

Debido a que las unidades de medida en los indicadores y los intervalos de medida entre la peor y la mejor situación ambiental con frecuencia difieren, los valores de los indicadores deben ser recalculados para obtener valores adimensionales variables entre 0 y 1, respectivamente, a fin de poderlos integrar en *índices* en niveles de abstracción sucesivos. El recálculo se realiza de la siguiente manera

-Se asigna un intervalo de variación desde la mejor a la peor situación a cada indicador en una unidad de medida (ejemplo: 0 - 100 % de superficie sujeta a inundación).

-Se transforma la *magnitud del indicador* o dato medido (*Im*) en un *valor normalizado (Vn)*, variable entre 0 para la peor y 1 para la mejor condición ambiental. Para magnitudes intermedias se calculan valores proporcionales entre 0 y 1, para lo cual se pueden presentar dos situaciones:

1) El valor máximo del intervalo (Imax) corresponde a la mejor situación ambiental y el valor mínimo (Imin) a la peor situación. El dato medido (Im) se transforma en Vn de la siguiente manera:

$$Vn = \frac{Im - Imin}{Imax - Imin}$$

2) El valor máximo del intervalo (Imax) corresponde a la peor situación ambiental y el valor mínimo (Imin) a la mejor situación;. El dato medido (Im) se transforma en Vn de la siguiente manera:

$$Vn = 1 - \frac{Im - Imin}{Imax - Imin}$$

Se utilizaron 10 indicadores de estado: 3 para la función Naturalidad, 2 para Fuente de Recursos, 2 para Sumidero y 3 para Soporte/Servicios, indicados en la Tabla 1, que también muestra el intervalo de variación para la mejor (1) peor situación (0). Promediando los valores normalizados de los indicadores de cada función y unidad ambiental se obtuvieron los correspondientes Indices como se indica en la Tabla 2. Luego se determinó el índice de las cuatro funciones para todo el partido de Berazategui, para lo cual se tuvo en cuenta la superficie de cada unidad mediante el cálculo del promedio ponderado. Finalmente, mediante la agregación o promedio de estos cuatro índices se obtuvo el Indice Ambiental General del partido (Tabla 3).

Tabla 1. Indicadores de las cuatro funciones, con las unidades de medida y los intervalos de variación para la mejor y peor situación ambiental

Función	Indicador	Unidad de medida	Intervalo de variación para mejor (1) y peor (0) situación ambiental	
			1	0
Naturalidad	Superficie urbanizada	%	0	100
	Vías de comunicación y canales	km/km^2	0	3
	Areas de reserva	%	100	0
Fuente de recursos	Suelos de alta calidad para la agricultura (clases I y II)	%	100	0
	Area dedicada a agricultura y ganadería	%	50	0
Sumidero	Superficie ocupada por industrias	%	0	10
	Superficie con agua subterránea salinizada	%	0	100
Soporte/	Superficie sujeta a anegamiento/inundación	%	0	100

Servicios	Areas urbanas sujetas a anegamiento/inundación	%	0	100

Los valores de los índices se han diferenciado en 5 clases de calidad ambiental, tanto para los índices de las cuatro funciones como el índice ambiental general (Tabla 2):

Tabla 2. Clases de calidad ambiental según valores de los índices

Intervalo del Indice	*Clase*
0,00 – 0,19	Muy baja
0,20 – 0,39	Baja
0,40 – 0,59	Media
0,60 – 0,79	Alta
0,80 – 1,00	Muy alta

CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES (METADATOS)

Antes de presentar los resultados obtenidos de los indicadores e índices se hará mención a las características de las cuatro funciones y los indicadores seleccionados para cada una de ellas. aportados o *metadatos*. Los metadatos consisten en información básica sobre cada uno de los datos suministrados. En esencia, los metadatos intentan responder a las preguntas quién, que, cuando, donde, por qué y cómo, sobre cada una de las facetas relativas a los datos que se documentan.

Función Naturalidad

La función Naturalidad hace referencia al grado en que un área mantiene los rasgos originales en lo que respecta a geoformas, suelos, aguas superficiales y subterráneas, flora y fauna. Asimismo, describe en qué medida un paisaje es percibido en su estado natural. Esta por lo tanto en relación inversa al grado de intervención antrópica. El partido de Berazategui cuenta con una importante área en las que se ha preservado en mayor o menor medida el paisaje natural o bien se ha forestado con especies exóticas, incluida en la Reserva Provincial y Reserva Forestal Pereyra Iraola, declarada Reserva de la Biosfera por la UNESCO en 2008. No obstante, esta área experimenta desde hace mucho tiempo presiones del cinturón urbano del Gran Buenos Aires y las actividades conexas al mismo. Se han considerado los siguientes indicadores:

-Porcentaje de superficie urbanizada.

Se incluye las áreas ocupadas por barrios cerrados y marina proyectada. Se considera que las alteraciones que produce este uso de la tierra afecta drásticamente a esta función. Está en relación inversa al grado de naturalidad. Se ha estimado el intervalo entre 0 y 100 % de la superficie urbanizado como la mejor y peor situación ambiental, respectivamente, desde el punto de vista de la naturalidad.

-*Vías de comunicaciones (rutas, vías férreas) y canales artificiales.*

Se considera que estas obras producen una fragmentación del territorio, o sea una pérdida de continuidad de los ambientes naturales. El indicador se expresa en km/km2. Está en relación inversa al grado de naturalidad y varía entre 0 y 3 km/km^2 para la mejor y peor situación ambiental, respectivamente.

-Areas de Reserva

Se considera que las áreas que poseen esta condición se hallan protegidas en cierta medida de intervenciones antrópicas que pueden alterar el grado de naturalidad. Se expresa en porcentaje de territorio protegido. Está en relación directa con el grado de naturalidad, variando entre 100 y 0 % para la mejor y peor situación ambiental, respectivamente.

Fuente de recursos

Esta función se refiere a la capacidad de un territorio de generar recursos. Para esta función se ha considerado esencialmente datos de suelo, recurso esencial para la producción agraria, especialmente la horticultura ya que el partido de Berazategui forma parte del cinturón hortícola del Gran Buenos Aires que provee alimentos frescos a esta región y otros lugares del país. Se han seleccionado así los indicadores

-Suelos de alta calidad

Se incluye suelos de clases I y II, según del sistema de clasificación por capacidad de uso del Servicio de Conservación de Suelos de los EE.UU. Estas dos clases incluyen suelos que carecen de limitaciones para el uso agrícola o ellas son reducidas. Indica la capacidad potencial del territorio de aceptar agricultura intensiva, que es la actividad más exigente en cuanto a calidad de suelos. . El porcentaje varía entre 0 y 100 % para la peor y mejor situación ambiental, respecto a superficie no urbanizada.

-Superficie dedicada a uso agropecuario y forestal

Este indicador se refiere a la superficie ocupada por explotaciones agrícolas intensivas e extensivas, las áreas de uso ganadero tanto en pasturas y campos naturales de pastoreo y las áreas dedicadas a forestaciones comerciales. El porcentaje varía entre 0 y 50 % para la peor y mejor situación ambiental, respecto a superficie no urbanizada.

Función Sumidero

La función Sumidero se refiere a la capacidad de neutralizar desechos, sin incurrir en cambio o daño del ecosistema Da una idea de la situación actual en lo que respecta a la generación potencial de contaminantes y al estado actual de algunos de los medios (suelo, aire, agua) en lo que se refiere a la presencia de niveles excesivos de determinadas sustancias tanto de origen natural o antrópico. Se utilizaron dos indicadores:

-Superficie ocupada por industrias y poliducto

Este indicador sugiere la posibilidad de vertido de contaminantes al aire, aguas o suelo. Representa el porciento de superficie ocupado por instalaciones industriales respecto a la superficie total de cada unidad ambiental. Se ha incluido también una franja de 100 metros de ancho a lo largo del poliducto que atraviesa la llanura de fango por la eventualidad de fugas que pueden contaminar el suelo. Se ha considerado que la peor situación ambiental correspondería a un porcentaje de ocupación del 10% o más, teniendo en cuenta que influencia que puede tener una industria más allá del predio propiamente dicho, por emanaciones gaseosas y efluentes líquidos.

-Superficie con acuíferos salinizados

Este indicador se refiere a la superficie de territorio afectada por la intrusión de agua salina (más de250 mg/Litro de cloruros) como consecuencia de la intensa extracción o descarga artificial sobre todo de pozos cercanos a la llanura costera. El área afectada corresponde a la totalidad de la Llanura Aluvional y la Llanura de Fango y sectores de Interfluvios y Planicies de Inundación contiguos a la llanura costera. El intervalo de medida del indicador varía entre 0 y 100 % de superficie afectada

Función Soporte/Servicios

Esta función tiene relación con la capacidad de acogida del territorio para diversos usos, principalmente urbano. En este sentido, se debe destacar que el principal riesgo geológico del área es la inundación por desborde del río de la Plata por efecto de las sudestadas, siendo la unidad Llanura Aluvional particularmente afectada por este fenómeno. La Llanura de Fango es también afectada por sudestadas, aunque en menor medida, pero el anegamiento por agua lluvia es aquí un riesgo frecuente debido al relieve plano o cóncavo y a la baja permeabilidad de los suelos de textura extremadamente arcillosa. A estos riesgos debe sumarse la inundación a las áreas aledañas a los cursos que surcan el área continental (arroyos San Juan, Pereyra, Baldovino, Plátanos y Conchitas). En el caso del arroyo Jiménez que en su mayor parte está

entubado por atravesar áreas urbanas, el riesgo es menor aunque durante lluvias de alta intensidad persiste el riesgo de anegamiento en las calles ubicadas sobre el antiguo cauce. La unidad ambiental Interfluvios está libre de estos riesgos. Debido a la importancia de este riesgo se han seleccionados dos indicadores:

-*Superficie sujeta a inundación y/o anegamiento* (% respecto a superficie de la unidad ambiental)

-*Superficie de áreas urbanas sujetas a inundación y/o anegamiento* (% respecto a superficie de la unidad ambiental)

Canteras. Además de la pérdida del suelo como recurso que producen las canteras, ellas crean una serie de graves degradaciones y riesgos adicionales: se deteriora el suelo como soporte de actividades, se convierten en focos de contaminación cuando se vuelcan residuos en ellas, originan riesgos a la vida humana cuando se inundan y por derrumbes de sus bordes y se produce una pérdida de la calidad paisajística, aumento el tránsito de camiones en sus alrededores, etc. Se ha seleccionado un indicador para reflejar estos sitios:

-*Superficie ocupada por canteras*

La unidad del indicador es el porcentaje de superficie ocupado por canteras respecto a superficie total de la unidad ambiental. Teniendo en cuenta las graves consecuencias que producen las canteras *in situ* y en su entorno, se ha considerado que además de la superficie directamente afectada por la excavación debe contemplarse una amplia superficie circundante es también afectada. Por ello, se estima en un 5 % de superficie excavada como la peor situación ambiental para este indicador.

RESULTADOS

En la Tabla 3 se ha indicado para cada función y unidad ambiental los datos brutos de cada indicador, que corresponde en casi todos los casos a superficies expresadas en km^2, luego transformadas en porcentajes respecto a la superficie de cada unidad ambiental. En el caso de un indicador referido a medidas lineales (vías de comunicación y canales), el dato en bruto está expresado en km, luego transformado en km/km^2. En la columna Vn se encuentra el valor transformado a un valor adimensional variable entre 0 y 1 para la peor y mejor situación ambiental, respectivamente, calculado como se indicó en Materiales y Métodos. En la columna Indice de la Función se encuentra el valor resultante de promediar los valores Vn de cada unidad ambiental y de la totalidad del partido. Finalmente, en la Tabla 3e se han consignado los índices de las cuatro funciones e el índice general de todo el partido.

Tabla 3. Cálculo de Indicadores e Indices para las distintas funciones y unidades ambientales

3a. Naturalidad

Unidad ambiental	Superficie urbanizada			Vías de comunic. y canales			Areas de reserva			Indice de la función
	km^2	%	Vn	km	km/km^2	Vn	km^2	%	Vn	
Interfluvios	44,0	33,3	0,67	48,0	0,36	0,88	57,5	43,6	0,44	**0,66**
Pl..de inundación	4,5	40,0	0,60	1,7	0,15	0,95	1,1	10,0	0,10	**0,55**
Llanura de fango	3,9	6,4	0,94	34,0	0,56	0,81	27,0	44,3	0,44	**0,73**
Llanura aluvional	1,4	8,4	0,92	5,0	0,31	0,90	7,8	48,8	0,49	**0,77**
Total del partido										**0,68**

3b. Fuente de recursos

Unidad ambiental	Suelos clases I y II			Superficie dedicada a uso agropecuario y forestal			Indice de la función
	km^2	%	Vn	km^2	%	Vn	
Interfluvios	73,5	79,2	0,80	34,9	26,4	0,53	**0,67**
Planicies de inundación	0	0	0,00	4,0	36,4	0,73	**0,37**
Llanura de fango	0	0	0,00	1,5	2,5	0,05	**0,03**
Llanura aluvional	0	0	0,00	1,6	10,0	0,20	**0,10**
Total del partido							**0,43**

3c. Función Sumidero

Unidad ambiental	Superficie ocupada por industrias y poliducto			Superficie con acuíferos salinizados			Indice de la función
	km^2	%	Vn	km^2	%	Vn	
Interfluvios	3,42	2,6	0,74	15,0	11,4	0,89	**0,82**
Planicies de inundación	0,15	0,9	0,91	0,4	3,6	0,96	**0,94**
Llanura de fango	1,50	2,5	0,75	61,0	100.0	0,00	**0,38**
Llanura aluvional	0,0	0	1,00	11,0	100,0	0,00	**0,50**
Total del partido							**0,68**

3d. Función soporte/servicios

Unidad ambiental	Superficie sujeta a anegamiento/inundación			Areas urbanas sujetas a anegamiento/inundación			Superficie ocupada por canteras			Indice de la función
	km^2	%	Vn	km^2	%	Vn	km^2	%	Vn	
Interfluvios	0,0	0,0	1,00	0,0	0,0	1,00	0,44	0,33	0,93	**0,98**
Pl..de inundación	10,0	91,0	0,09	3,0	27,0	0,73	0,04	0,25	0,95	**0,59**
Llanura de fango	58,0	95,1	0,05	1,0	1,6	0,98	1,66	2,72	0,45	**0,49**
Llanura aluvional	16,0	100.0	0,00	0,0	0,0	1,0	0,00	0,00	1,00	**0,67**
Total del partido										**0,80**

3e. Indices de las funciones Naturalidad, Fuente de Recursos, Sumidero y Soporte/Servicios e Indice General de todo el partido

Indices de funciones de todo el partido				**Indice General**
Naturalidad	Fuente de Recursos	Sumidero	Soporte/ Servicios	
0,68	0,43	0,68	0,80	**0,65**

DISCUSION

Indice de Naturalidad

Los índices calculados están razonablemente bien relacionados con una apreciación intuitiva de la situación ambiental en lo que se refiere a naturalidad. Así, los índices más elevado, situados en la clase “alta”, corresponden a la Llanura Aluvional (0,77) y a la Llanura de Fango (0,73), que corresponden a la llanura costera del Río de la Plata, donde el alto riesgo de inundación y anegamiento han restringido la ocupación urbana en gran medida. Por otro lado, el carácter de Reserva Pereyra Iraola y Parque Hudson que ocupan un porción importante de estas unidades ambientales, han contribuido a preservar la vegetación natural, particular en el Reserva Hudson donde se encuentran relictos de la selva en galería más austral del mundo. Han contribuido a reducir el índice la presencia de varios canales que atraviesan estas dos unidades y la Autopista Buenos Aires-La Plata que cruza toda la Llanura de Fango.

Las otras dos unidades ambientales (Interfluvios y Planicies de Inundación) tienen un grado de naturalidad menor debido a que en ellos se concentra la gran mayoría de áreas urbanas. De todas maneras, se encuentran en las clases alta y media, lo cual es atribuible a que existe una superficie importante ocupada por el Parque Pareyra Iraola. El índice de naturalidad para todo el partido corresponde también a la categoría “alta” (0,68), lo cual es destacable para un partido del Gran Buenos Aires donde el paisaje natural ha sido drásticamente modificado mayoría de los casos.

Indice de Fuente de Recursos

Este índice alcanza su valor más elevado (0,67) en la unidad Interfluvios. Ha contribuido a este valor alto la amplia superficie ocupada por suelos de alta calidad agrícola y un área importante dedicada a uso agropecuario. Le sigue el índice de la unidad Planicies de Inundación, pero con un índice menor (0,37) perteneciente a la clase baja a la baja calidad de los suelos por hidromorfismo y elevados tenores de sodio intercambio. De todas maneras, parte de esta unidad es utilizada para usos agrarios con menores exigencias de suelo como es la ganadería. En las dos unidades de la llanura costera el índice de Fuente de Recursos es muy bajo (0,03 a 0,10) debido a que los suelos son de muy baja aptitud principalmente por riesgo de anegamiento e inundación; sólo existen pequeñas superficies dedicadas a uso forestal. La influencia de los bajos valores de estas unidades, que cubre una importante superficie, redujo el índice de esta función a un valor medio (0,43) para todo el partido.

Indice de Sumidero

El indicador superficie ocupada por industrias y poliducto alcanzó valores altos y muy altos (0,74 a 1,00) en todas las unidades. Valores también elevados se encontraron para el otro indicador (Superficie con acuíferos salinizados) en los Interfluvios y Planicies de inundación ya que han sido alcanzados en escasa medida por la intrusión salina. En cambio, las unidades de la llanura costera (Llanura de Fango y Llanura Aluvional) han sido alcanzadas en su totalidad por el frente salino, por lo cual el valor del indicador ha sido 0 en estos dos casos. Esta situación redujo el índice de la función sumidero a valores medios y bajos en las dos unidades. De todas maneras, el índice de esta función se mantuvo en valores altos (0,68) cuando se considera la totalidad del partido.

SoporteServicios

Se ha obtenido un índice muy alto para esta función (0,80). Ha contribuido al mismo principalmente el valor muy alto, cercano al óptimo (0,98) de la unidad Interfluvios ya que carece de áreas sujetas a anegamiento e inundación y la superficie ocupada por canteras no es muy elevada. En cambio, en las otras unidades los valores descienden debido al riesgo de inundación y anegamiento, contrarrestado en parte en las unidades Llanura de Fango y Llanura Aluvional por tener escasa superficie urbana sujeta a tales riesgos.

Conclusiones

El índice ambiental general para todo el partido alcanzó un valor alto de 0,65. Este se asemeja a los valores de las funciones Naturalidad y Sumidero, que ambos casos es de 0,68. En

cambio, la función Soporte/Servicios ha superado apreciablemente el valor medio del partido, influyendo en esta valorización la ausencia de áreas inundables o anegables en los Interfluvios, la unidad ambiental de mayor superficie. En el otro extremo se encuentra la función Fuente de Recursos un valor de 0,43 originado principalmente por la baja calidad de los suelos en las unidades Llanura costera y, en menor medida, Planicies de Inundación.

Referencias

Berger, A.R. 1996. The geoindicator concept and its application: an introduction. En A.R.Berger & W.J. Iams (eds.) Geoindicators. Assessing rapid environmental changes in earth systems. 1-14. A.A.Balkema. Rotterdam.

Cendrero Uceda, A. 1997. Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones. Naturzale. 12:5-25.

FAO. 1997. Land Quality Indicators and Their Use in Sustainable Agriculture and Rural Development. Proceedings of the Workshop organized by the Land and Water Development Division FAO Agriculture Department and the Research, Extension and Training Division. FAO Sustainable Development Department Roma