

AREA

**Agenda de Reflexión en Arquitectura,  
Diseño y Urbanismo**

*Agenda of Reflection on Architecture,  
Design and Urbanism*

Nº 23 | OCTUBRE DE 2017  
REVISTA ANUAL

ISSN 0328-1337 [IMPRESO] | ISSN 2591-5312 [EN LÍNEA]

**Universidad de Buenos Aires**  
Facultad de Arquitectura,  
Diseño y Urbanismo

---

## CONTENIDOS | CONTENTS

- 8** Editorial  
MARÍA LEDESMA
- 10** Aperturas. Diseño y sistematización de la pérdida  
CARLOS CARPINTERO
- 13** Debates, dilemas y desafíos de la gestión urbana  
DAVID KULLOCK
- 25** Planificación en Argentina a principios del siglo XXI  
MARIANA SCHWEITZER | SILVINA CARRIZO |  
MARISA SCARDINO | SANTIAGO PETROCELLI |  
PABLO SCHWEITZER | MARÍA LAURA CARENA
- 37** ¿Nuevos asentamientos o nuevas villas?  
El *Playón de Fraga*.  
Ciudad de Buenos Aires, 2014-2016  
VERÓNICA PAIVA
- 47** Construcción de un mapa de riesgo en base a información de variables de estado del territorio  
DIANA DE PIETRI | PATRICIA DIETRICH |  
ALEJANDRO CARCAGNO | ERNESTO DE TITTO |  
MARÍA ADELA IGARZABAL
- 63** Particularidades del arbolado y el riego en la ciudad de Mendoza desde una mirada sistémica  
MARÍA CECILIA DOMIZIO
- 79** La Plata: la última ciudad argentina planificada antes del automóvil  
ANDRÉS MUÑOZ

- 
- 91** Diseño y complejidad. La expansión del campo del diseño  
**MARIANA PITTALUGA**
- 105** ¿Existe un diseño serial?  
**FERNANDO FRAENZA**
- 119** Entre el muro y el espacio.  
Formas de hibridación cultural en la obra de Juvenal Baracco  
**OCTAVIO MONTESTRUQUE BISSO | MARTÍN FABBRI GARCÍA**
- 133** Pautas para una arquitectura del futuro.  
Reyner Banham y la tecnología para un *entorno bien climatizado*  
**CECILIA PARERA**
- 147** El registro fotográfico para el estudio de las prácticas de enseñanza en la universidad. De la ilustración al descubrimiento  
**GABRIELA AUGUSTOWSKY**
- 157** La inspiración, las influencias y las copias en el diseño industrial.  
Análisis en un tema: la silla  
**RICARDO BLANCO**
- Reseña de libros
- 164** Ferrocarriles británicos de la época victoriana: un álbum fotográfico de arquitecturas perdidas y una reflexión sobre el patrimonio existente en la Argentina  
**MARÍA ALEJANDRA SAUS**
- 166** *La privatopía sacrílega*  
**DANIELA SZAJNBERG**
- 167** Acerca de los autores
- 172** Convocatoria *AREA 24*
- 175** Información para los autores

**PALABRAS CLAVE**

Evaluación Multicriterio,  
Sistemas de Información Geográfico,  
Usos del Suelo,  
Sustentabilidad Ambiental

**KEYWORDS**

Multi-criteria Evaluation,  
Geographic Information Systems,  
Land Use,  
Environmental Sustainability

> DIANA DE PIETRI<sup>1,2</sup> | PATRICIA DIETRICH<sup>2</sup> |  
ALEJANDRO CARCAGNO<sup>2</sup> | ERNESTO DE TITTO<sup>1</sup> |  
MARÍA ADELA IGARZABAL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ministerio de Salud de la Nación Argentina.  
Dirección Nacional de Determinantes de la Salud

<sup>2</sup> Universidad de Buenos Aires. Facultad  
de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.  
Centro de Información Metropolitana

# CONSTRUCCIÓN DE UN MAPA DE RIESGO EN BASE A INFORMACIÓN DE VARIABLES DE ESTADO DEL TERRITORIO

## *BUILDING A MAP OF THE ENVIRONMENTAL RISK CONDITION*

### Resumen

Para modelar e integrar los usos del suelo con base en su sustentabilidad ambiental se aplicaron técnicas de evaluación multicriterio en el entorno de los sistemas de información geográficas EMC/SIG. En este marco, el modelo espacial cuyo diseño metodológico responde al objetivo planteado facilitará estructurar el análisis para conocer las formas de organización del territorio y representar con suficiente certeza las características del medio ambiente cuya alteración podrá tener impacto sobre la salud humana. Se procedió a: 1) describir los usos del suelo según su potencial afectación ambiental con repercusión en la salud; 2) establecer una escala representativa para su ponderación y 3) construir un modelo espacial de ambientes sustentables.

El mapa de sustentabilidad ambiental constituyó un modelo espacial de riesgo que da cuenta en sentido amplio de la calidad de vida de la población, reflejando la heterogeneidad demográfica y las variaciones en la salud de la población.

### Abstract

*To model and integrate land uses based on their environmental sustainability, multicriteria evaluation techniques were applied in the environment of the EMC/GIS geographical information systems.*

*In this context, the proposed spatial model facilitates the structuring of data analysis.*

*The criterion of the analysis is to consider the characteristics of the environment whose alteration may have an impact on human health.*

*The operative procedure consists of: 1) describing the land uses of the territory according to its potential environmental impact with health impact; 2) establish a representative scale for their weighting; and 3) build a spatial model of sustainable environments.*

*The resulting environmental sustainability map gives an account of the quality of life of the population; reflects demographic heterogeneity; and variations in the health of the population.*

## Introducción

La adquisición de una adecuada capacidad de gestión ambiental y territorial puede contribuir a un desarrollo armónico e integrador de la disponibilidad de recursos, la actividad económica y la expansión urbana (Quiroga Martínez 2007). Estos beneficios serán mayores en aquellos casos donde el crecimiento poblacional y el incremento de la demanda per cápita de energía, agua y otros recursos generan inusitados niveles de presión e impacto sobre el sistema biofísico poniendo en peligro la sostenibilidad. Sin embargo, ni el concepto de sostenibilidad, ni el de desarrollo sostenible, ni mucho menos la medición de estos mismos, cuentan con un consenso global aunque se ha desarrollado bastante la discusión sobre sus componentes (Galopín 2006). No obstante, los posibles niveles de sostenibilidad requieren ser analizados en un contexto espacial y temporal donde tienen lugar las interacciones entre los sistemas humanos y ambientales, ya que la dinámica espacio-temporal es el foco del análisis de las relaciones entre los sistemas (Azar et al. 1996). La componente espacial o territorial deja de ser una simple descripción del entorno para transformarse en el principal objeto de análisis y correlación de fenómenos que impactan en el medio ambiente (Sotelo et al. 2011). En consecuencia, es fundamental buscar una herramienta metodológica para evaluar los sitios y sus áreas de influencia.

El concepto de *sostenibilidad del desarrollo* suele ser el marco de las respuestas estratégicas de procesos de desarrollo y modos de producción/consumo. En este, se trata de redefinir las relaciones entre los sistemas (ecológico, económico o social) con una visión integradora, considerando la habilidad de los mismos para seguir funcionando sin disminuir o agotar irreversiblemente los recursos claves disponibles (Jiménez Herrero 2002). Un diagnóstico certero sobre la condición ambiental de un sitio necesita de

un análisis multidimensional y, en este sentido, la evaluación multicriterio es una técnica adecuada, dado que la regla aplicada sobre las variables seleccionadas es lo que define el tipo de realidad medida por el modelo (Munda 2004).

El objetivo fue aplicar técnicas de evaluación multicriterio y los sistemas de información geográficas *EMC/SIG* para modelar e integrar los usos del suelo en base a su sustentabilidad ambiental. En este marco, el modelo espacial cuyo diseño metodológico responde al objetivo planteado, facilitará estructurar el análisis para conocer las formas de organización del territorio y representar con suficiente certeza las características del medio ambiente, cuya alteración puede tener impacto sobre la salud humana.

Los objetivos operativos fueron:

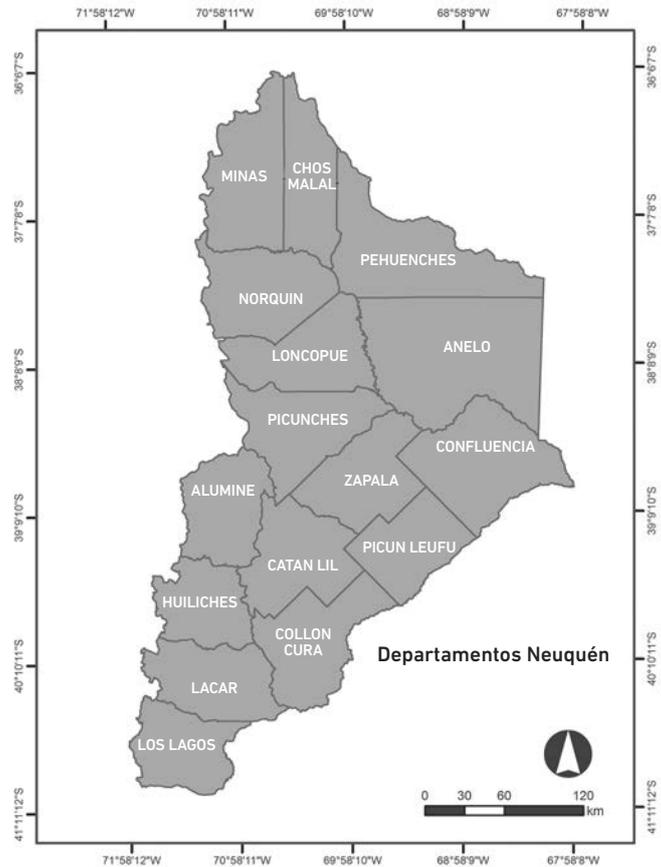
1. Seleccionar y describir los usos del suelo según su potencial afectación ambiental con repercusión en la salud;
2. Establecer una escala representativa de la variación de la integridad ecosistémica/sustentabilidad para la ponderación de los usos del suelo y alcance espacial de la afectación ambiental;
3. Construir un modelo espacial de ambientes sustentables.

## Metodología

Se tomó como área de estudio la provincia de Neuquén (Figura 1) dado el libre acceso a la información espacial a través del IDE provincial (CODAPE 2013).

La utilización conjunta de las técnicas de evaluación multicriterio y los sistemas de información geográficas *EMC/SIG*, se presentan como uno de los procedimientos ideales para modelizar la ocupación del territorio tanto en escenarios de uso del suelo complementarios como en conflicto (Eastman et al. 1993, Barredo Cano 1996, Santos Preciado 1997, Florent et al. 2001, López Vásquez et al. 2008, De Pietri et al. 2011).

En este procedimiento, la caracterización del territorio incorpora información objetiva y subjetiva en un sistema



informatizado para ayudar a alcanzar un rápido diagnóstico del estado de situación o escenarios existentes en relación a las actividades productivas que se desarrollan en un sitio considerando también lo que sucede en el entorno.

Se listaron y caracterizaron los usos del suelo para valorar la capacidad del territorio con relación a determinadas condiciones de sostenibilidad de las actividades productivas y el vínculo existente entre el sistema de producción y el ecosistema sobre el que se sustenta. Por uso del suelo se entendieron las acciones, actividades e intervenciones que las personas realizan sobre un determinado tipo de superficie para producir, modificarla o mantenerla. Empero, algunas actividades son la principal causa de degradación ambiental. La degradación debida a la sobreexplotación de sus recursos, aunque sirve a un propósito económico de corto plazo, en el mediano y largo plazo tiene efectos directos y negativos sobre el bienestar social (Vélez Restrepo y Gómez Sal 2008).

La caracterización y posterior clasificación de esta información (usos del suelo) consideró las “afectaciones ambientales

con potencial efecto para la salud” según lo referenciado en la bibliografía (ver Cuadro 1, pp. 53-56). Por el elevado número de usos del suelo se agruparon por categorías (discretas). Cada actividad fue agrupada en función de los impactos potenciales sobre el ambiente con repercusión en la salud según lo siguiente:

- a. Usos del suelo con máxima transformación del ecosistema natural por actividades productivas. Disminución de la capacidad de resiliencia del sistema biofísico. Restricción del uso de la tierra para otros usos del suelo por sus consecuencias ambientales por períodos mayores al lapso de tiempo de una generación.
- b. Usos del suelo con riesgo potencial para residir por posibles exposiciones a eventos/escenarios de peligrosidad. Peligros por accidentes con eventual pérdida de sustancias peligrosas y generación de eventos fatales por traslado (choques, derrames); por el uso inadecuado de combustibles y otras sustancias peligrosas.
- c. Usos del suelo compatibles con el uso residencial que eventualmente pueden

**Figura 1**  
Localización del área de estudio. Fuente: elaboración propia.

- generar riesgo para la salud y el ambiente, por el mal uso o la explotación de algún componente o en alguna etapa de la producción de los recursos.
- d. Usos del suelo con mínima transformación del ecosistema natural por las actividades productivas. La integridad ecológica se encuentra en un estado ecológicamente deseable para el mantenimiento de los rangos naturales de variación.

La diferencia entre estas categorías con diferente grado de afectación al ambiente fue representada a través de un número definido mediante la técnica de ponderación de Saaty (1977). La técnica consiste en analizar la importancia relativa de un factor en relación a otro mediante una escala con nueve puntos de comparación. Se consideró que:

- > Los usos del suelo agrupados en la clase B son moderadamente mejor que los de la clase A para definir la integridad ecosistémica o sustentabilidad ambiental del sitio, y por esto se le asigna el valor 5; los de la clase C son fuertemente mejores, y por esto se le asigna el valor 7, y los de la clase D son extremadamente mejores en relación a la clase A, asignándole el valor 9.
- > Los usos del suelo agrupados en la clase C son moderadamente mejor que los de la clase B para definir la sustentabilidad ambiental del sitio, y por esto se le asigna el valor 5, y los de la clase D son fuertemente mejores, y por esto se le asigna el valor 7.
- > Los usos del suelo agrupados en la clase D moderadamente mejores que los de la clase C para definir la integridad ecosistémica o sustentabilidad ambiental del sitio, y por esto se le asigna el valor 5.

De esta manera, se establece una matriz recíproca de comparaciones pareadas, en términos cualitativos, donde queda caracterizada la afectación ambiental de cada uno de los usos del suelo en

relación al resto. Estos pesos quedan reflejados en un autovector que representa el dominio de la influencia entre alternativas respecto al criterio en cuestión. La razón de consistencia (RC) es la medida para constatar que no hay sesgo en la asignación de estos pesos arbitrarios. La RC debe adoptar valores inferiores a 0,1 para que la asignación de los pesos sea aceptable. Se utilizó la herramienta *ponderación (weight)* del programa *Idrisi* [Clark Labs, USA] (Eastman et al 1993). Asimismo, en este procedimiento operativo es necesario estandarizar las unidades de medición a una única escala para hacer posibles comparaciones. Para ello, se estableció una regla de comparación con base en la sustentabilidad ambiental. Definir la sustentabilidad ambiental de un sitio implica analizarlo a través de un conjunto de variables que no presentan un valor preciso de cuándo son caracterizadas como de alta o baja sustentabilidad ambiental. Además, se debe establecer un gradiente de transición de la influencia de cada actividad en el entorno dado que la afectación de los procesos productivos en el territorio no presenta límites concretos.

Por ello, la teoría desarrollada por Zadeh (1965) de los conjuntos borrosos o difusos (*fuzzy set theory*) es más idónea que la lógica booleana (clásica) para representar y analizar este proceso. La lógica difusa se enfoca en modelar las imprecisiones de los límites de clases definiendo una probabilidad de pertenencia a una categoría. Su determinación está basada en términos relativos de percepciones subjetivas, que pueden ser probables, pero no exactas. Por ejemplo, en una zonificación clásica el área de afectación de

una cantera puede ser definida a partir de una distancia umbral. El mapa resultante es binario constituido por dos zonas, con y sin riesgo. Mediante los conjuntos difusos se construye un mapa con valores graduales para representar distintos niveles de influencia de la cantera en cada vivienda.

El procedimiento se basa en definir funciones para transformar los valores originales (uso del suelo) en una medida comparable de sustentabilidad ambiental. Estas funciones fueron definidas a través de una transformación lineal entre el valor mínimo y el máximo especificado según la variable.

Se definieron dos medidas que representan las distancias en el terreno y constituyen la variable independiente. La primera establece la distancia con afectación total del territorio por dicha actividad (alta afectación), delimitándose un espacio donde se representan los impactos directos (efectos ambientales que ocurren en el mismo lugar y tiempo que la actividad que los genera). A partir de esta distancia, comienza a disminuir la influencia o el impacto de ese uso del suelo linealmente hasta llegar a una distancia tal que se presume que estén restablecidas a las condiciones iniciales (baja afectación). Aquí se define un segundo espacio donde se manifiestan los resultantes o consecuencias de los impactos directos, ya sea porque se expresan tardíamente o están alejados del sitio donde se generaron. Luego, mediante la función, estas distancias son transformadas a valores de sustentabilidad ambiental (variable dependiente). De esta manera, cada variable es transformada y estandarizada en un valor de sustentabilidad ambiental que fluctúa entre 0 y 1. Este procedimiento se realizó mediante la herramienta *fuzzy* de *Idrisi* [Clark Labs, USA] (Eastman et al. 1993) a partir de la cual se construyó un mapa con valores graduales para representar distintos niveles de influencia de cada uso del suelo en el entorno.

Las variables georreferenciadas, ponderadas, transformadas y estandarizadas se

unen mediante suma lineal ponderada, con la siguiente ecuación:

$$r_i = \sum_{j=1}^n (w_j \times e_{ij})$$

Donde

- >  $r_i$  es la capacidad del terreno para soportar y mantener la estructura, el funcionamiento y la dinámica del sistema ecológico,
- >  $w_j$  es la ponderación o peso de la variable  $j$ ,
- >  $e_{ij}$  es el valor transformado y estandarizado de la variable  $j$ ,
- >  $n$  es el número de variables involucradas en el modelo, e
- >  $i=1$  indica la sumatoria desde “una a  $n$ ” variables

Este procedimiento se realizó mediante la herramienta multicriterio de *Idrisi*, ya mencionada, a partir de la cual se obtuvo el mapa de ambientes sustentables.

## Resultados

La caracterización de cada actividad productiva, su distribución espacial y las consideraciones ambientales de dichos usos del suelo se presentan en el Cuadro 1.

Los usos del suelo listados fueron agrupados como se describe a continuación: las zonas con pozos de extracción de gas y petróleo del subsuelo mediante fracturación hidráulica y en forma convencional; la extracción mineral a través de canteras y minas; y las actividades de generación de energía a través de emprendimientos hidroeléctricos fueron

agrupadas en la categoría con máxima transformación del paisaje y sistema biofísico. Estas actividades compiten por los recursos con el uso residencial y se han descrito en la bibliografía diferentes niveles de contaminación del ambiente con potencial consecuencias en la salud de la población.

Los gasoductos, oleoductos, el transporte terrestre de sustancias peligrosas, los establecimientos industriales en general, estaciones de servicio, tanques de combustibles, planta de tratamiento y bombeo fueron agrupadas en la categoría B con riesgo a exposición de eventos/escenarios de peligrosidad. Se incluyen además las estaciones geotérmicas que durante el proceso pueden poner en disponibilidad sustancias peligrosas.

Las zonas con distribución de agua por acueductos y/o establecimientos que almacenan o procesan productos naturales fueron agrupadas en la clase C por considerar que eventualmente pueden generar riesgo para la salud y el ambiente por un mantenimiento inadecuado o debido a una ineficaz explotación de algún componente o en alguna etapa de la producción de los mismos. Son usos del suelo que coexisten o son compatibles con el uso residencial.

Por último, las zonas de conservación de ecosistemas y/o protección de espacios verdes (zonas de bosque nativo, parques nacionales y provinciales) presentan mínima intervención humana. Se considera esta categoría sin efecto perjudicial. Bajo una visión ecológica, estas zonas, brindan servicios que son esenciales como los de protección del suelo, producción y regulación, purificación y provisión de agua, provisión y hábitat, regulación de disturbios naturales y eliminación de desechos y purificación del agua (Junta de Andalucía 2015).

La jerarquización de las categorías de usos de la tierra mediante la asignación de pesos relativos basados en considerar que no todas las actividades afectan el ambiente de la misma manera resultó aceptable. La escala establecida ponderó

las actividades ambientalmente amigables. Los valores más elevados informan sobre los sitios más propicios para residir desde el punto de vista de la integridad ecológica opuestamente a los bajos valores.

El Cuadro 2 (p. 57) muestra la matriz de comparación de a pares con los valores del autovector resultante.

Además, la definición de límites difusos y no netos en la delimitación de cada uso del suelo fue apropiado para establecer un espacio donde se representa una transición gradual y no brusca. El Cuadro 3 (p. 58) muestra las gráficas a partir de las cuales se caracterizan las zonas de transición entre el área específica del emplazamiento de una actividad productiva y su entorno sin dicha actividad.

No obstante ser mediciones relativas, se mantienen las diferencias en la influencia de las actividades. Por ejemplo, al describir el alcance espacial de afectación ambiental que podría generar la extracción de petróleo por pozos convencionales o *fracking*. Se muestra que a partir de los 200 m (más allá de los límites de la actividad) comienza a disminuir su nivel de afectación hasta una distancia de 1000 m, distancia a partir de la cual las condiciones del entorno serían las dominantes en relación a los efectos ambientales de la actividad convencional o 4000 m por explotación hidráulica. El *fracking* implica un aumento de la ocupación del territorio, respecto de la explotación convencional en detrimento de otros usos de la tierra dado que se agrega un espacio asociado a los tramos laterales subterráneos con posibles flujos de retornos.

**VARIABLES A**

**EXTRACCIÓN DE GAS Y PETRÓLEO DEL SUBSUELO MEDIANTE POZOS CONVENCIONALES**

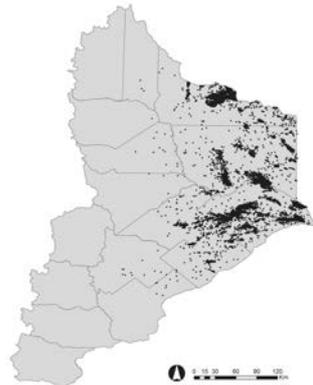
**Sistema económico**

Total de pozos convencionales: 14075  
10814 activos,  
2476 inactivos,  
82 propuestos,  
s/d resto.

Año de perforación:  
del 1900-1999: 58%;  
del 2000-2012: 36%;  
otros: 6%

Operadores: 27

A octubre 2013 copade



● Pozos convencionales

**EXTRACCIÓN DE GAS Y PETRÓLEO DEL SUBSUELO MEDIANTE FRACTURACIÓN HIDRÁULICA**

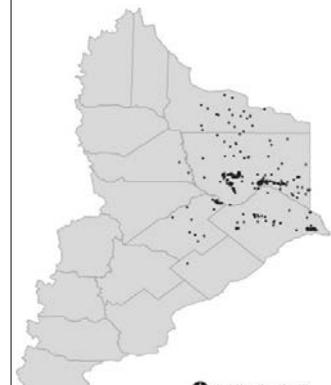
**Sistema económico**

Total de pozos no convencionales: 514  
409 activos,  
12 inactivos,  
74 propuestos,  
s/d resto.

Año de perforación:  
del 1941-1999: 8%;  
del 2000-2012: 48%;  
otros: 44%

Operadores: 17

A octubre 2013 COPADE



● Pozos no convencionales

**Consideración ambiental**

Implica una profunda alteración de la superficie. Se describen diferentes efectos de la actividad sobre los medios ambientales: agua, suelo, aire y biota. Los accidentes incluyen el reventón del pozo y la liberación incontrolada de petróleo y/o gas, y posiblemente incendios y explosiones en la refinería o la planta de procesamiento de gas. El mayor peligro de contaminación de acuíferos está dado por fugas en el revestimiento de los pozos, tuberías o tanques de almacenamiento. Se cita en un estudio de las comunidades Paynemil y Kaxipayiñ y la Confederación Mapuche. Los estudios clínicos realizados a 42 hab., sobre un total de 98, detectaron síntomas de intoxicación crónica por hidrocarburos. (Agencia Walsh 2015, Gavaldà y Scandizzo 2008, Banco Mundial 1994).

**Consideración ambiental**

Existe preocupación social, debido al riesgo de contaminación de acuíferos, la afectación de la calidad del aire, la posible migración a la superficie de gases y componentes químicos, la inadecuada gestión de los residuos y los efectos que puedan tener en el entorno natural y la salud humana. Las necesidades de agua de las operaciones de fractura entran en conflicto con el suministro para la demanda local por el volumen requerido y los productos químicos aplicados para la actividad. El agua debe ser trasladada y almacenada in situ, para estar disponibles durante el proceso de extracción. Se debe disponer del fluido de retorno que emerge a la superficie junto al gas y los restos de la perforación del pozo. El fluido sigue emergiendo en cantidades menores durante un período prolongado. (us epa 2015, Coussens y Martínez 2014, Weinhold 2012, New York Department of Environmental Conservation 2009, Ground Water Protection Council 2009, Anthony et al. 2009, Gavaldà y Scandizzo 2008).

**EXTRACCIÓN MINERAL - MINAS Y CANTERAS**

**Sistema económico**

Total minas: 671  
Explotaciones de:  
arcillas 22%,  
barita 17%,  
bentonita 15%,  
cobre 11%,  
celestina 9%,  
oro 8%,  
plomo 4%,  
y otros.

Total canteras: 923.  
Corresponde a:  
áridos 62%,  
piedras laja 12%,  
caliza 6%,  
dolomita 4%,  
y otros.

A octubre 2013 COPADE



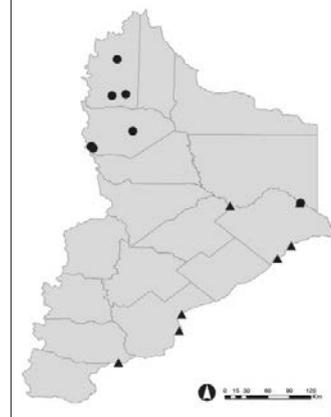
■ Minas  
■ Canteras

**EXPLORACIÓN HIDROELÉCTRICA**

**Sistema económico**

Centrales hidroeléctricas 9,  
Centrales termoeléctricas 4,  
Presas de tierra 4,  
de escolleras 2,  
1 en estudio.

A mayo 2013 COPADE, IGN



▲ Centrales hidroeléctricas  
● Usinas

**Consideración ambiental**

Actividad que constituye un uso intensivo de la tierra, ocupa totalmente los sitios y se excluyen los otros usos. Puede generar conflictos con los usos existentes no mineros. Las operaciones implican la alteración total del área del proyecto. Se producen grandes cantidades de desechos (re-laves, lama, escoria) que deben ser eliminados en el sitio o cerca. Posible lixiviación de pilas, modificación de drenajes por excavaciones. Voladuras por explosiones. Todas estas alteraciones con impacto en el ambiente y la salud se producen en distintas proporciones dependiendo de la mina o de la cantera, de su profundidad, de la composición del mineral y de las rocas circundantes y del método de explotación. (Armstrong y Raji Menon 1998, Mejía et al. 1999, Fernández Navarro et al. 2012).

**Consideración ambiental**

Ocupan zonas extensas. Existe competencia por el uso del agua entre la que está almacenada en el reservorio y los diferentes usos del suelo. La fase de construcción y operación constituye la fuente principal de impactos ambientales. Contempla modificaciones permanentes del paisaje, alteraciones del caudal de cuencas y desvíos de ríos. Puede involucrar desplazamiento y reasentamiento de la población. Se incorporan estructuras como la de hormigón de la central y contempla conexión con subestaciones transformadoras. Existe riesgo por falla de la presa para los asentamientos urbanos y rurales. El llenado del reservorio, produce desplazamiento involuntario de las personas que viven en el área que los afecta y a la gente ya establecida en las áreas de reasentamiento. A menudo, aumentan las enfermedades relacionadas con el agua. (Del Rosso y Ghia 2007, Banco Mundial 1994).

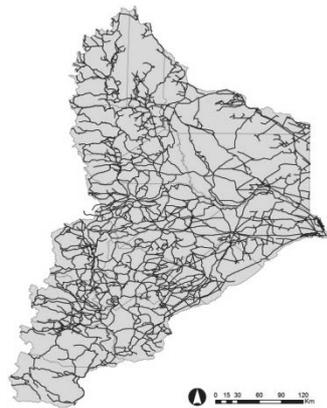
**VARIABLES A**

**RED VIAL**

**Sistema económico**

Rutas nacionales  
(22, 40, 231, 234 y 237),  
Rutas provinciales  
(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11,  
12, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 21,  
23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31,  
32, 33, 34, 37, 38, 39, 41, 42,  
43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50,  
53, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62,  
63, 64, 65 y 68),  
Autopistas de  
circunvalación (1),  
caminos, sendas y huellas.

A agosto 2015 IGN



— Red vial

**OLEODUCTOS/GASODUCTOS**

**Sistema económico**

Total tramos de  
gasoductos: 3167  
1387 líneas de flujo,  
177 tuberías,  
1432 línea troncal,  
s/d resto.

Total tramos de  
oleoductos: 4314  
2789 líneas de flujo,  
80 tuberías,  
465 línea troncal,  
s/d resto.

A octubre 2013 COPADE



— Oleoductos  
— Gasoductos

**Consideración ambiental**

El empleo de maquinarias y el incremento de tránsito vehicular pueden generar un aumento de ruido, contaminación del aire y crecimiento de desechos a los lados del camino con posibles consecuencias para la salud. Puede incluir daños físicos o muerte a animales y personas. Los efectos del tránsito de camiones pueden observarse no solamente en los hogares vecinos sino también en la comunidad aledaña por exposición a las emisiones, vibraciones, polvo, así como los riesgos de seguridad vial, especialmente si ocurre por zonas transitadas por niños. (Coussens y Martínez 2014, Banco Interamericano de Desarrollo 2003).

**Consideración ambiental**

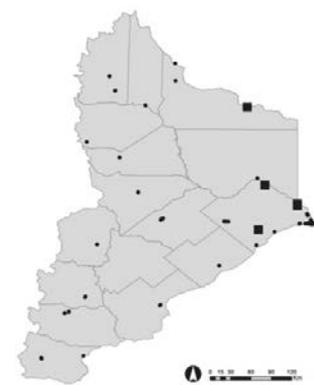
Pueden interferir con el uso del suelo y desplazar a la población, debido a la instalación de las tuberías y subestaciones. Las roturas y fugas, así como los desechos generados en las estaciones de bombeo y transferencia, causan la contaminación de los suelos, aguas superficiales y freáticas. La rotura de los oleoductos que cruzan los ríos u otras extensiones de agua pueden causar importantes daños ambientales. Las fugas o roturas de los gasoductos pueden causar explosiones e incendios. En las áreas desarrolladas, estos accidentes representan un riesgo importante para la salud humana. (PROSAP 2011).

**ESTACIONES DE SERVICIO - TANQUES DE COMBUSTIBLE**

**Sistema económico**

Total de  
establecimientos 70.  
Operadores:  
YPF, ESSO, Petrobras,  
SHELL, Aspro, otros.

A agosto 2015 Energía, IGN



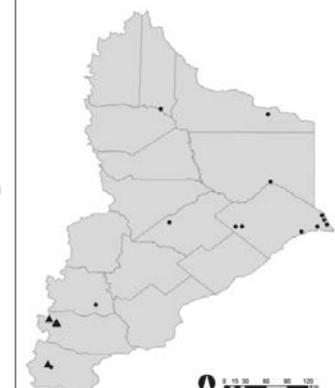
■ Tanque de combustible  
● Estaciones de servicio

**ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES - ASERRADEROS**

**Sistema económico**

Total de parques  
industriales: 24  
13 áreas de servicio  
ocupan aprox. 3237 ha  
El 80% se corresponde  
con aserraderos (46 según  
censo 2010).

A mayo 2013 COPADE, IGN



● Industrias  
▲ Aserradero

**Consideración ambiental**

Constituye un peligro debido a que son bocas de expendio y almacenamiento de sustancias inflamables y explosivas; pueden causar contaminación de napas y suelos por pérdidas de tanques subterráneos y/o cañerías; generan residuos sólidos que necesitan tratamientos específicos; producen efluentes líquidos (aguas de lavados de vehículos), con importante carga de contaminantes: aceites, grasas, detergentes, etc.; producen vapores contaminantes que afectan la calidad de la atmósfera; los vapores de hidrocarburos tienen propiedades tóxicas y pueden producir efectos nocivos sobre la salud de los trabajadores al estar en contacto con los mismos. (Gallo Velasco 2014, Schmidt 2008).

**Consideración ambiental**

Las zonas industriales generan distintos problemas ambientales, debido tanto por el proceso productivo de cada una de las empresas, como por el terreno utilizado por las mismas. Su impacto en el entorno suele darse por las emisiones atmosféricas, el elevado nivel de ruido, la generación de vertidos y residuos, además de consumos indiscriminados de aguas, suelo y otros recursos. (Estrucplan on line 2003).

| VARIABLES B   |   |  |                                 |
|---|---|--|---------------------------------|
| PLANTA DE TRATAMIENTO Y BOMBEO  |   | ESTACIONES GEOTÉRMICAS   |                                 |
| <p><b>Sistema económico</b></p> <p>Total de establecimientos 11.</p> <p>A agosto 2015 IEN</p>   | <p>▲ Planta de bombeo<br/>● Planta tratamiento y deshidratación</p> | <p><b>Sistema económico</b></p> <p>Total de establecimientos 20.</p> <p>A mayo 2013 COPADE</p>   | <p>● Estaciones geotérmicas</p> |
| <p><b>Consideración ambiental</b></p> <p>Entre los impactos negativos de una planta de tratamiento se cita: la presencia de olores y mosquitos, con frecuencia están ligados a problemas de operación o falta de mantenimiento de las instalaciones de tratamiento y de la infraestructura de riego; la contaminación del agua subterránea a causa de elementos contaminantes no removidos por el sistema de tratamiento o si no existe una impermeabilización adecuada de las lagunas; deterioro del suelo por incremento de la tasa de salinización y saturación del agua; las zonas de depósito de químicos y/o lodos residuales puede generar zonas de exposición por derrames y/o fugas. (León 2013)</p> |   | <p><b>Consideración ambiental</b></p> <p>Para poder extraer esta energía es necesaria la presencia de yacimientos de agua cerca de las zonas calientes. Puede existir polución por calor. Puesto que la energía eléctrica se obtiene del chorro de calor, el exceso es lanzado al aire o al agua, lo que, en cualquier caso, puede interferir con los ecosistemas locales. Las plantas geotérmicas también pueden emitir sales de sulfuro de hidrógeno o radón transportado a la superficie por la corriente geotérmica. Se producen residuos, aunque son menores a los que se ocasionan por el petróleo y del carbón. (ICE 2005).</p> |                                 |

| VARIABLES C  |                     |  |                         |
|--|---------------------|--|-------------------------|
| ACUEDUCTOS   |                     | AGROINDUSTRIA  |                         |
| <p><b>Sistema económico</b></p> <p>Total acueductos: 2644</p> <p>Tipos:<br/>Troncal Agua Dulce 50,<br/>Troncal Agua Producción 193,<br/>Pozo Agua Producción 9, Inyección 1818,<br/>Principal 256, otros.</p> <p>A octubre 2013 COPADE</p>   | <p>— Acueductos</p> | <p><b>Sistema económico</b></p> <p>Total de zonas productivas de:<br/>ahumados 2,<br/>cerveza 3,<br/>chocolate 5,<br/>derivados piñón 1,<br/>miel 9,<br/>quesos 1,<br/>vino 4,<br/>dulces y licores 7,<br/>oliva 2.</p> <p>A octubre 2013 COPADE</p>   | <p>□ Agroindustrias</p> |
| <p><b>Consideración ambiental</b></p> <p>El peligro está asociado al uso inadecuado de agua –desperdicio, sobreexplotación y contaminación– por la falta de sitios o estructuras para almacenar el agua, por la cobertura inadecuada de acueductos y alcantarillados y red de distribución en mal estado. El uso excesivo del agua puede modificar la distribución hídrica de las zonas aledañas pudiendo reducir el caudal en algunos sistemas de producción y aumentando en otros. El área de influencia directa incluye todas las áreas donde se implantan las diferentes estructuras para la captación de agua, estaciones de bombeo, ampliación de tuberías, etc. (Ecosambito 2014, Valiente Álvarez 2015).</p> |                     | <p><b>Consideración ambiental</b></p> <p>Problemas en relación con la expansión directa y la intensificación del uso de recursos naturales, como el empeoramiento de la fertilidad de los suelos, problemas de pérdida de suelos y sedimentación, problemas de desertificación y de riego (salinización de suelos y aguas, fluctuación del nivel de las aguas y contaminación del agua), lo que a su vez repercute en un descenso de la productividad de los recursos naturales. Los caudales de las aguas servidas varían, según el tipo y magnitud de la operación agroindustrial. Típicamente, los afluentes tienen un alto nivel de demanda de oxígeno bioquímico y químico, y de sólidos suspendidos o disueltos. Además, puede haber otros contaminantes como residuos de pesticidas, aceites complejos, compuestos alcalinos o ácidos y otras sustancias orgánicas en las aguas servidas. Los afluentes de los pastaderos, tenerías y mataderos pueden ser focos potenciales de infección para los seres humanos y los animales. (Estrucplan on line 2003).</p> |                         |

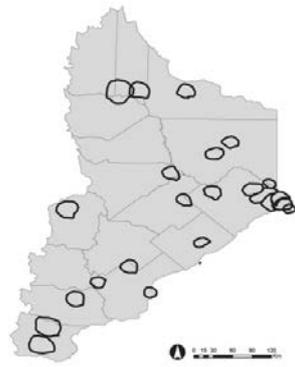
**VARIABLES C**

**PRODUCCIÓN PRIMARIA**

**Sistema económico**

Total de zonas productivas: de carne vacuna 2, cerdos 3, chivos 1, cunicula 1, pepita y carozo 2, fruta fina 4, hortaliza 4, frutos secos 1, girgolas 2, naco 1, pavos 1, truchas 2.

A octubre 2013 COPADE



□ Producción primaria

**Consideración ambiental**

Estas actividades pueden alterar los hábitats naturales y junto con ellos a las especies salvajes. Disminuyen la biodiversidad y el suelo se altera en sus propiedades estructurales –disminuye la materia orgánica y nutriente, la fertilidad, etcétera–. El manejo inadecuado de la tierra puede acelerar procesos como la erosión hídrica/eólica, la acidificación/salinización, el encharcamiento y contaminación. Además de aumentar los residuos de origen agrícola ganadero –fitosanitarios, fertilizantes, biomasa residual, inertes–. (FAO 2007).

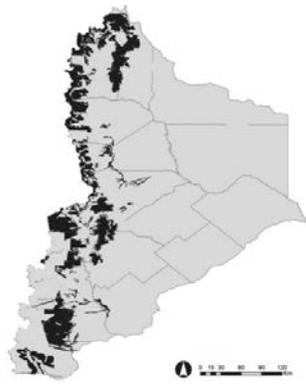
**VARIABLES D**

**BOSQUES**

**Sistema económico**

Áreas verdes constituidas por: bosques nativos, plantaciones, pradera y matorrales, estepa y mallines.

A octubre 2013 COPADE



■ Bosques

**ÁREAS PROTEGIDAS**

**Sistema económico**

Total de zonas 13. 3 de jurisdicción nacional (parques nacionales) y 9 provinciales (reservas de uso múltiple, forestal).

A octubre 2013 COPADE



■ Parques nacionales

**Consideración ambiental**

Los bosques, cumplen funciones ecológicas y proveen una serie de servicios intangibles que son esenciales, como: servicios de protección del suelo, que incluye la prevención de la erosión, la sedimentación de los cursos de agua y los deslizamientos de tierra; servicios de producción –de alimentos, fibras, materias primas, genes– y de regulación –ciclado de nutrientes, de regulación climática y gaseosa, regulación hídrica–; servicios de purificación y provisión de agua –la biomasa favorece la retención e infiltración del agua de lluvia–; además, servicios de provisión y hábitat que favorecen la conservación de la biodiversidad; servicios de regulación de disturbios –control de inundaciones, regulación de flujos de agua–; y, servicios de eliminación de desechos y purificación del agua –captura y retención en biomasa de nutrientes excedentes en agua, eliminación de nitrógeno como emisión de óxido nítrico, deposición y retención de sedimentos–. (Laterra et al. 2011, Oyarzún et al. 2004-2005).

**Consideración ambiental**

El impacto antrópico sobre los ecosistemas puede ser cuantificado a partir del registro de las diferencias en el funcionamiento ecosistémico entre áreas alteradas y áreas sin, o con mínima, alteración. Las áreas protegidas –la red de Parques Nacionales, provinciales y las reservas privadas– son zonas ideales para funcionar como situaciones de referencia.

**Cuadro 1**

Consideraciones ambientales de los usos del suelo de la provincia de Neuquén.

Fuente: elaboración propia.

La suma de usos de la tierra ponderados, como se describió precedentemente, generó un mapa que resultó consistente para establecer un único valor que sintetice las condiciones ambientales de sustentabilidad ambiental. El mapa muestra los sitios con ambientes más propicios para el uso residencial, o también (inversamente) representa la degradación del sistema ecológico y por consiguiente la probabilidad de exposición de la población a un ambiente adverso (Figura 2).

La zona con mayor adversidad ambiental está representada por tonos oscuros gris/negro. Cubre una gran extensión del territorio distribuidos entre el centro y este de la región. Está caracterizada por usos del suelo con máxima transformación del ecosistema natural y disminución de su capacidad de resiliencia. Dominan usos del suelo con riesgo potencial para el uso residencial por posibles exposiciones a eventos/escenarios de peligrosidad. La zona con menor adversidad ambiental está simbolizada por tonos claros blanco/gris. Se caracteriza por usos del suelo que coexisten o son compatibles con el uso residencial que eventualmente pueden generar un riesgo para la salud y el ambiente, por el mal uso o la explotación de algún componente. En general el ambiente se encuentra en un estado ecológicamente deseable.

## Ventajas y desventajas

El mapa final constituye un indicador compuesto, ya que resume en un solo valor los numerosos aspectos que están interrelacionados. Es sensible y significativo para un rápido diagnóstico de los procesos de sustentabilidad ambiental garantizando la comparabilidad de los resultados entre sitios. El concepto ecológico incorporado a través de una escala de normalización equiparó todos los usos del suelo al concepto de *sostenibilidad* (capacidad de adaptarse al cambio, mantener su integridad, vencer los colapsos o las fluctuaciones externas y recuperarse en el tiempo) (Vélez Restrepo y Gómez Sal 2008, Sotelo et al. 2011).

El procedimiento aplicado facilitó:

1. Integrar los conjuntos de datos en una base geográfica para apoyar el proceso de toma de decisiones en función del estado ecológico/degradado del ambiente a escala de sitio, departamento o provincia;
2. Conectar los datos, estadísticas e información relacionada con las actividades que generan impacto ambiental en las escalas locales y provincial;
3. Evitar la duplicación de datos e información en el proceso de clasificación por lo que lo hace más eficaz como diagnóstico ambiental;
4. Construir una herramienta

## Cuadro 2

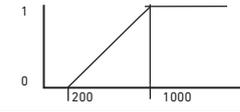
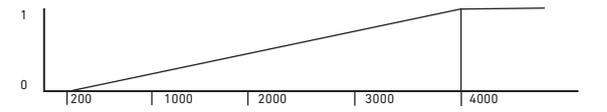
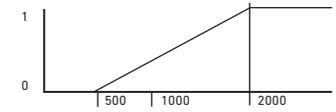
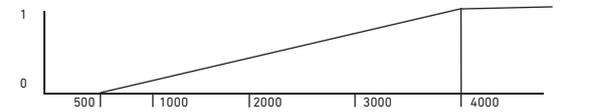
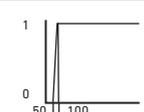
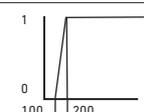
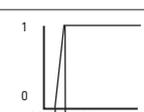
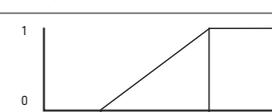
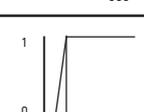
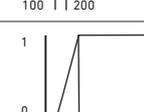
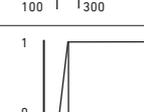
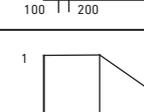
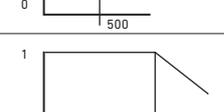
Ponderación de las actividades mediante matriz recíproca de comparaciones pareadas. Razón de consistencia (Rc) igual a 0,05.

Ponderación de las actividades antrópicas clasificadas según su potencial impacto ambiental. Usos del suelo:

A1. Extracción gas y petróleo del subsuelo. Pozos convencionales. A2. Extracción gas y petróleo del subsuelo con fracturación hidráulica. A3. Extracción mineral. Minas. A3b. Extracción mineral. Canteras. A4. Explotación hidroeléctrica. B1. Red vial. B2. Oleoductos/Gasoductos. B3. Estaciones de servicio/tanques de combustible. B4. Establecimientos industriales/aserraderos. B5. Plantas de tratamiento/bombeo. B6. Estaciones geotérmicas. C1. Acueductos. C2. Agroindustria. C3. Producción primaria. D1. Bosques. Áreas verdes. D2. Áreas protegidas. Valor de comparación entre pares:

1 igual; 3 levemente mejor; 5 moderadamente mejor; 7 fuertemente mejor; 9 extremadamente mejor. Fuente: elaboración propia.

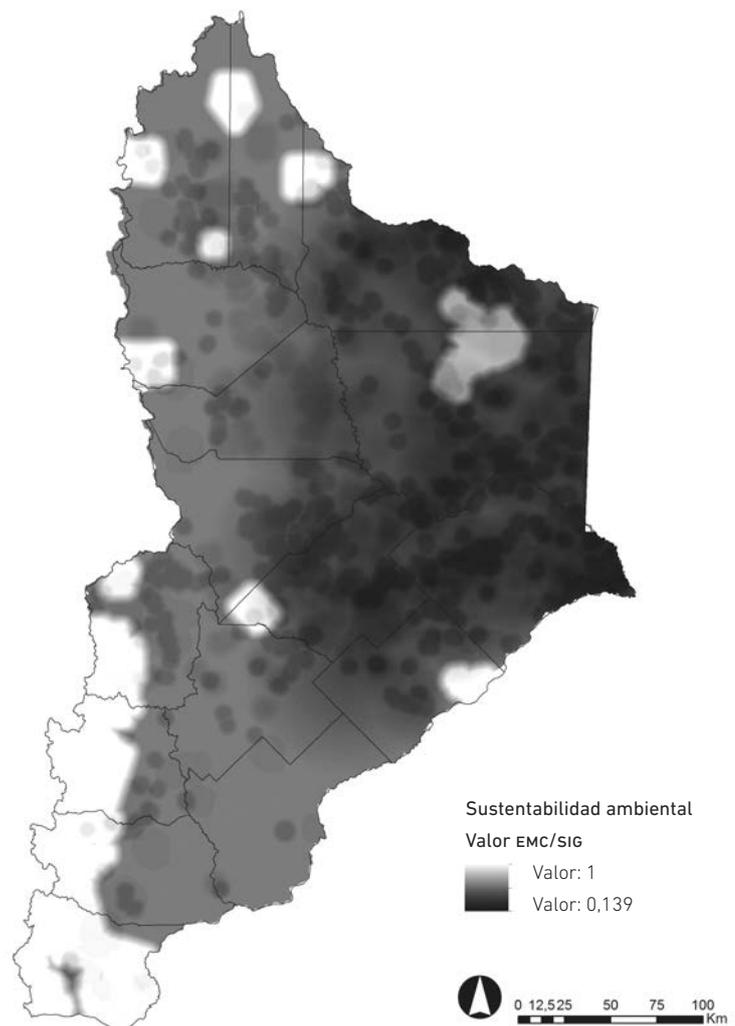
|     | A1 | A2 | A3 | A3b | A4 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | C1 | C2 | C3 | D1 | D2 | Autovector |
|-----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|
| A1  | 1  |    |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0,0124     |
| A2  | 1  | 1  |    |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0,0124     |
| A3  | 1  | 1  | 1  |     |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0,0124     |
| A3b | 1  | 1  | 1  | 1   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0,0124     |
| A4  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0,0124     |
| B1  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0,0423     |
| B2  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0,0423     |
| B3  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    | 0,0423     |
| B4  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 0,0423     |
| B5  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    | 0,0423     |
| B6  | 5  | 5  | 5  | 5   | 5  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    | 0,0423     |
| C1  | 7  | 7  | 7  | 7   | 7  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 1  |    |    |    |    | 0,1332     |
| C2  | 7  | 7  | 7  | 7   | 7  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 1  | 1  |    |    |    | 0,1332     |
| C3  | 7  | 7  | 7  | 7   | 7  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 1  | 1  | 1  |    |    | 0,1332     |
| D1  | 9  | 9  | 9  | 9   | 9  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 5  | 5  | 5  | 1  |    | 0,1424     |
| D2  | 9  | 9  | 9  | 9   | 9  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 5  | 5  | 5  | 5  | 1  | 0,1424     |

| DISTANCIA EN METROS (PUNTOS DE INFLEXIÓN DE LAS FUNCIONES DE PERTENENCIA DIFUSA) |  | ALTA AFECTACIÓN | BAJA AFECTACIÓN | GRÁFICO  |
|--|--|-----------------|-----------------|--|
| <b>A1</b>  | Extracción de gas y petróleo del subsuelo. Pozos convencionales            | 200             | 1000            |    |
| <b>A2</b>  | Extracción de gas y petróleo del subsuelo mediante fracturación hidráulica | 200             | 4000            |    |
| <b>A3</b>  | Extracción mineral. Minas y canteras                                       | 500             | 2000            |    |
| <b>A4</b>  | Explotación hidroeléctrica   | 500             | 4000            |    |
| <b>B1</b>  | Red vial   | 50              | 100             |     |
| <b>B2</b>  | Oleoductos y gasoductos  | 100             | 200             |     |
| <b>B3</b>  | Estaciones de servicio/ plantas de combustibles                            | 300             | 500             |    |
| <b>B4</b>  | Establecimientos industriales/ aserraderos                                 | 500             | 1000            |  |
| <b>B5</b>  | Plantas de tratamiento/ bombeo   | 100             | 200             |   |
| <b>B6</b>  | Estaciones geotérmicas   | 500             | 1500            |  |
| <b>C1</b>  | Acueductos   | 100             | 200             |   |
| <b>C2</b>  | Agroindustrias   | 100             | 300             |   |
| <b>C3</b>  | Producción primaria  | 100             | 200             |   |
| <b>D1</b>  | Áreas de bosques, plantaciones, matorrales y mallines                      | 0               | 500             |   |
| <b>D2</b>  | Áreas protegidas   | 0               | 1000            |  |

**Cuadro 3**

Alcance espacial de cada actividad productiva. Zona de influencia. Fuente: elaboración propia.

para mejorar y facilitar el intercambio y la calidad de la información utilizada en la planificación; 5. Comunicar y orientar a los diferentes especialistas a través de un único índice y en forma sintética una condición relativa en relación al resto de los sitios; 6. Medir o estimar el grado de sustentabilidad del territorio y, en definitiva, poner límites en diferentes sectores del área de estudio en el que algunos rasgos se encontraron más acentuados. El modelo construido tiene un alto grado de certeza (alta probabilidad de ser correcto) en base al conocimiento disponible al momento de este trabajo, la probabilidad puede ser modificada si varía la información con la cual se trabajó. Más aún, diferentes autores sostienen que el análisis del desarrollo sostenible implica cambios constantes y los sistemas de indicadores y su metodología deben acompañar y expresar las nuevas condiciones (Bossel H. 1999, Sotelo et al 2011). Razón por la cual, un diagnóstico rápido de toda el área de estudio en forma simultánea, con la condición de cada sitio relativizado a su entorno, facilita tomar decisiones y establecer prioridades. La exposición de la población a los efectos adversos de las actividades productivas fue analizada en base la información académica disponible (De Pietri et al. 2015). El modelo fue usado para delimitar los sitios que representarían niveles de exposición opuestas. Se evidenció que la relación de mortalidad global del periodo 2007-2012, en ambientes degradados/adversos en relación a los ambientes con integridad ecológica, fue 1,25 veces mayor en la población expuesta que en la no expuesta. Entre las causas específicas de mortalidad asociadas a residir en ambientes adversos estuvieron las neoplasias, enfermedades del sistema circulatorio, enfermedades endocrinas, nutricionales o metabólicas; enfermedades infecciosas o parasitarias y enfermedades del sistema osteomuscular o del tejido conectivo. El análisis desarrollado pese a provenir de una caracterización cualitativa de



la exposición dio cuenta del impacto ambiental sobre la salud y la desigualdad existente entre distintas zonas del área de estudio. En virtud de esto es posible medir las desigualdades en salud. El mapa de sustentabilidad ambiental constituye un modelo espacial de riesgo que da cuenta, en sentido amplio, de la calidad de vida de la población, reflejando la heterogeneidad demográfica, y las variaciones en la salud de la población. Empero, la sostenibilidad ecológica-ambiental es una condición necesaria, pero no suficiente para lograr el desarrollo sostenible del sistema humano. Es necesario definir un proceso de desarrollo que, siendo biofísicamente sostenible, sea también más racional en términos de eficiencia y equidad (Jiménez Herrero 2002) ■

**Figura 2**  
 Sustentabilidad ambiental. Modelo espacial obtenido por medio de una evaluación multicriterio (EMC). Representa un gradiente de probabilidad de degradación ambiental desde los sitios en óptima condición ecológicas/ sustentabilidad ambiental (altos valores en EMC) a sitios ambientalmente degradados (bajos valores en EMC). Fuente: elaboración propia.

## REFERENCIAS

- AGENCIA WALSH. (2015).** Efectos de la actividad petrolera. Recuperado de <http://www.agenciawalsh.org/defensa-del-medio-ambiente/136-dma/13071-neuquen.html> (Consultado en 19 de febrero de 2015).
- AMSTRONG, J. R. y RAJI MENON. (1998).** La salud en la minería y las canteras. Industrias basadas en recursos naturales. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (7), pp. 74.1-74.63. Recuperado de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/74.pdf>
- ANTHONY, A., FOLGER, P., HUMPHRIES, M., COPELAND, C., TIEMANN, M., MELTZ, R. y BROUGHER, C. (2009, octubre 30).** *Unconventional Gas Shales: Development, Technology, and Policy Issues*. CRS Reporte 40894. Recuperado de <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R40894.pdf>
- AZAR, C., HOLMBERG, J. Y LINDGREN, K. (1996).** Methodological and Ideological Options Socio-ecological indicators for sustainability. *Ecological Economics* (18), pp. 89-112.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. (2003).** *Reporte de impacto ambiental y social. Perú (PE-0235)*. Recuperado de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=424648>
- BANCO MUNDIAL. (1994).** Lineamientos para Evaluación Ambiental de los Proyectos Energéticos e Industriales. *Libro de Consulta para Evaluación Ambiental Vol. III*(154). Recuperado de [http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2009/06/16/000334955\\_20090616053221/Rendered/PDF/WTP1540SPANISH10Box338902B01PUBLIC1.pdf](http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2009/06/16/000334955_20090616053221/Rendered/PDF/WTP1540SPANISH10Box338902B01PUBLIC1.pdf)
- BARREDO CANO, J. I. (1996).** *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio*. Madrid: RA-MA Editorial.
- BOSEL, H. (1999).** *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications. A Report to the Balaton Group*. Manitoba: International Institute for Sustainable Development. Recuperado de <https://www.iisd.org/pdf/balatonreport.pdf> (Consultado en abril de 2016).
- COPADE 2013.** Unidad de Sistemas de Información Territorial del Ministerio de Desarrollo Territorial. (Neuquén). Recuperado de <http://copadesvr02.copade.neuquen.gov.ar/gis/inicio.html> (Consultado en septiembre de 2014).
- COUSSENS, C. y MARTINEZ, R. M. (2014).** *Health impact assessment of shale gas extraction. Workshop summary*. Washington D. C.: National Academies Press. Disponible en [http://www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=18376&page=61](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=18376&page=61) (Consultado en septiembre de 2015).
- DE PIETRI, D., DIETRICH, P., MAYO, P. y CARCAGNO, A. (2011).** Evaluación multicriterio de la exposición al riesgo ambiental mediante un sistema de información geográfica en Argentina. *Revista Panamericana de Salud Pública* 30(4), pp. 377-387.
- DE PIETRI, D., DIETRICH, P., CARCAGNO, A. Y DE TITTO, E. (2015).** A Spatial Model of Qualitative Exposure, Province of Neuquén, Argentina. *Environ Health Sci* 1(4), pp. 1-9. Recuperado de <http://www.ommegaonline.org/article-details/A-Spatial-Model-of-Qualitative-Exposure--Province-of-Neuqu%C3%A9n,-Argentina/671> (Consultado en abril 2016).
- DEL ROSSO, A. y GHIA, A. (2007, noviembre).** *Impacto de proyectos hidroeléctricos sobre economías regionales - valoración en base a beneficios*. Informe técnico de investigación. Buenos Aires: Cámara Argentina de la Construcción. Recuperado de <http://www.camarco.org.ar/File/GetPublicFile?id=882>
- EASTMAN, R. J., KYEM, P. A. K. y TOLEDANO, J. (1993).** *GIS and Decision Making*. Genova: UNITAR.
- ECOSAMBITO. (2014, mayo).** Estudio de impacto ambiental del proyecto rehabilitación y ampliación del sistema del plan hidráulico acueducto Santa Elena - Informe. Guayaquil: SENAGUA. Recuperado de <https://maesantaelena.files.wordpress.com/2014/09/borrador-eia-trasvase-ppreliminar-09-05-2014.pdf>
- ESTRUCPLAN ON LINE. (2003, abril 4).** Impactos ambientales y actividades productivas. Recuperado de <http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=233>
- FAO. (2007).** *Buenas prácticas para la industria de la carne*. Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-y5454s/y5454s02.pdf>
- FERNÁNDEZ NAVARRO, P., GARCÍA PÉREZ, J., RAMIS, R., BOLDO, E. y LÓPEZ ABENTE, G. (2012).** Proximity to mining industry and cancer mortality. *Science of the Total Environ* (435-436), pp. 66-73.
- FLORENT, J., THERIAULT, M. y MUSY, A. (2001).** Using GIS and outranking multicriteria analysis for land-use suitability assessment. *International Journal of Geographical Information Science*, 15(2), pp. 153-174.
- GALLO VELASCO, N. (2014).** Estudio de impacto ambiental ex-post y plan de manejo, para la operación, mantenimiento y retiro del tanque de almacenamiento y surtidor de combustible. Recuperado de <http://www.prefecturaeesmeraldas.com/images/Pdf/Servicios-Ambientales/Estudio-impacto-ambiental-surtidor-combustible.pdf>
- GALLOPÍN, G. (2006).** *Indicadores de Desarrollo Sostenible para América Latina y el Caribe. Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos*. Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado de <http://archivo.cepal.org/pdfs/2006/S2006305.pdf> (Consultado en abril 2016).
- GAVALDÀ, M. y SCANDIZZO, H. (2008, 15 de abril).** Petroleras y contaminación en Neuquén. *ECO portal.net*. Recuperado de [http://www.ecoport.net/Temas\\_Especiales/Contaminacion/Petroleras\\_y\\_contaminacion\\_en\\_Neuquen](http://www.ecoport.net/Temas_Especiales/Contaminacion/Petroleras_y_contaminacion_en_Neuquen)
- GROUND WATER PROTECTION COUNCIL. (2009).** *Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer*. Oklahoma: DOE Office of Fossil.
- ICE. (2005, julio).** Estudio de impacto ambiental proyecto geotérmico Las Pailas. Declaratoria de impacto ambiental (DIA). Expediente de la setena N° 788-04 Recuperado de <http://www.eib.org/infocentre/register/all/53219900.pdf>
- JIMÉNEZ HERRERO, L. M. (2002, junio-julio).** La sostenibilidad como proceso de equilibrio dinámico y adaptación al cambio. *ICE* (800), pp. 65-84. Recuperado de [http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE\\_800\\_6584\\_9104052062A6C18EDC01F0D7CB42BC1E.pdf](http://www.revistasice.com/CachePDF/ICE_800_6584_9104052062A6C18EDC01F0D7CB42BC1E.pdf) (Consultado en abril de 2016).

**JUNTA DE ANDALUCÍA. (2015).** Naturaleza de la aproximación ecosistémica. Consejería de medio ambiente y ordenación del territorio, *Documento técnico* (3), pp. 49-96. Recuperado de [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos\\_tecnicos/naturaleza.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/naturaleza.pdf) (Consultado en agosto de 2015).

**LATERRA, P., JOBBÁGY, E. y PARUELO, J. (2011).** *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial.* Buenos Aires: Ediciones INTA. Recuperado de <http://inta.gob.ar/documentos/valoracion-de-servicios-ecosistemicos-conceptos-herramientas-y-aplicaciones-para-el-ordenamiento-territorial>

**LEÓN, S. A. (2013).** Indicadores de tercera generación para cuantificar la sustentabilidad urbana: ¿Avances o estancamiento? *EURE* 39(118), pp. 173-198. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-71612013000300008&lng=es&tlng=es.10.4067/S0250-71612013000300008](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612013000300008&lng=es&tlng=es.10.4067/S0250-71612013000300008)

**LÓPEZ VÁZQUEZ, V. H., BOSQUE SENDRA, J. y GÓMEZ DELGADO, M. (2008).** Flexibilidad de los SIG para asistir a la toma de decisiones espaciales. *Actas del XI Coloquio Ibérico de Geografía.* Recuperado de <http://www.geogra.uah.es/joaquin/articulos.html> (Consultado en julio de 2011).

**MEJÍA, J., CARRIZALES, L., RODRÍGUEZ, V. M., JIMÉNEZ-CAPDEVILLE, M. E. y DÍAZ-BARRIGA, F. (1999).** Un método para la evaluación de riesgos para la salud en zonas mineras. *Salud Pública de México*, 41(2), pp. S132-S140. Recuperado de <http://www.scielosp.org/pdf/spm/v41s2/v41s2a09.pdf>

**MUNDA, G. (2004).** Social multi-criteria evaluation Methodological foundations and operational consequences. *European Journal of Operational Research* (158), pp. 662-677.

**NEW YORK DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL CONSERVATION. (2009).** Natural Gas Development Activities And High-Volume Hydraulic Fracturing. *DRAFT SGEIS*, pp. 1-159. Recuperado de [http://www.dec.ny.gov/docs/materials\\_minerals\\_pdf/ogdsgeischap5.pdf](http://www.dec.ny.gov/docs/materials_minerals_pdf/ogdsgeischap5.pdf)

**OYARZÚN, C. E., NAHUELHUAL, L. y NÚÑEZ, D. (2004-2005).** Los servicios ecosistémicos del bosque templado lluvioso: producción de agua y su valoración económica. *Revista Ambiente y Desarrollo* 20(3)-21(1), pp. 88-95.

**PROGRAMA DE SERVICIOS AGRÍCOLAS PROVINCIALES-PROSAP. (2011, marzo).** Gasoducto para el desarrollo agropecuario del sur. Anexo III - Estudio de impacto ambiental. Recuperado de <http://www.prosap.gov.ar/docs/Cor-GasoductoDelSur-EIAS.pdf>

**QUIROGA MARTÍNEZ, R. (2007).** *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe.* Serie Manuales (55). Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado de <http://www.cepal.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/lcl2771e.pdf> (Consultado en abril de 2016).

**SAATY, T. L. (1977).** A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology* (15), pp. 234-281.

**SANTOS PRECIADO, J. M. (1997).** El planteamiento teórico multiobjetivo multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los S.I.G. *Raster Espacio, Tiempo y Forma* (10), pp. 129-151.

**SCHMIDT, H. (2008).** Curso de Hidrología y Diseño de Captaciones de Aguas Superficiales y Meteóricas. Estaciones de Bombeo. Operación y Mantenimiento. Buenos Aires: Instituto de ingeniería sanitaria y ambiental. Recuperado de [http://www.fi.uba.ar/archivos/instituto\\_sanit\\_hidrolog\\_y\\_bombeo.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/instituto_sanit_hidrolog_y_bombeo.pdf)

**SOTELO, J., TOLÓN, A. y LASTRA, X. (2011).** Indicadores por y para el desarrollo sostenible, un estudio de caso. *Estudios Geográficos LXXII*(271), pp. 611-654 Julio-diciembre 2011, doi: 10.3989/estgeogr.201124

**US EPA. (2015).** *Assessment of the Potential Impacts of Hydraulic Fracturing for Oil and Gas on Drinking Water Resources* (External Review Draft). Washington D.C.: EPA.

**VALIENTE ÁLVAREZ, C. (2015).** Grado de riesgo sanitario en acueductos y su impacto en la salud de la población. Costa Rica, 1999-2003. *Revista evolución* 3(1). Recuperado de <http://www.eca.or.cr/docus/v2/4648>

**VÉLEZ RESTREPO, L. A. y GÓMEZ SAL, A. (2008, enero-febrero).** Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *arbor ciencia, pensamiento y cultura* 184(729), pp. 31-44. DOI: [dx.doi.org/10.3989/arbor.2008.i729.159](https://doi.org/10.3989/arbor.2008.i729.159)

**WEINHOLD, B. (2012, septiembre).** Unknown Quantity: Regulating Radionuclides in Tap Water. *Environmental Health Perspectives* (120)9, pp. A350-A356. Recuperado de <https://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/2012/09/ehp.120-a350.pdf>

**ZADEH, L. A. (1965).** Fuzzy sets. *Information and Control* (8), pp. 338-353. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00199586590241X> (Consultado en agosto de 2010).

---

*Cómo citar este artículo (Normas APA):*  
De Pietri, D., Dietrich, P., Carcagno, A., de Titto, E. e Igarzabal, M. A. (2017, octubre). Construcción de un mapa de riesgo en base a información de variables de estado del territorio. *AREA* (23), pp. 47-61.

---

**RECIBIDO:** 2 de agosto de 2016  
**ACEPTADO:** 11 de agosto de 2017

---