

CAPACIDAD DE ACOGIDA DE USO DE SUELO INDUSTRIAL
Ciudad de Gálvez, Pcia. de Santa Fe, Rca. Argentina

CAPACITY OF RECEPTION OF INDUSTRIAL SOIL USE
Gálvez City, Santa Fe province, Argentine Republic

Lic. MSc. Marta L. Stiefel
Prof. Adjunta, Laboratorio Geografía Ambiental, UCSF

Prof. MSc. Dra. Blanca A. Fritschy
Prof. Titular, Laboratorio Geografía Ambiental, CONICET-UCSF

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto localizar el lugar de mayor aptitud para el emplazamiento de un área industrial aplicando técnicas de SIG y Evaluación Multicriterio (EMC). Empleando las técnicas de EMC se definieron los criterios de aptitud e impacto y las restricciones; se asignaron pesos a cada uno de los factores; se evaluaron los criterios y las categorías de cada factor. Con los datos obtenidos se generaron las capas de Aptitud y de Impacto, elementos fundamentales en la definición de la Regla de Decisión. El entorno SIG facilitó el procedimiento mediante la operación de capas temáticas. Los resultados obtenidos demostraron las posibilidades del método en aplicaciones vinculadas a la gestión territorial. Si bien las herramientas utilizadas son dúctiles en la solución de problemas espaciales, los resultados más aptos dependen, además, de la comprensión y definición del problema, de la elección de los factores y de la seguridad de que el resultado obtenido no es el óptimo sino una solución de compromiso frente a los criterios considerados.

Palabras clave: Ordenación territorial; Uso industrial; Evaluación Multicriterio; SIG; Gálvez; Argentina.

Summary

The present paper aims at locating the best place for the setting of an industrial area, applying GIS and Multi Criterion Evaluation (MCE) techniques. Employing MCE techniques, aptitude and impact as well as restriction judgments were defined; values to each of the factors were assigned; and views and categories of each factor were evaluated. With the data obtained, aptitude and impact levels were built –fundamental items in Decision Rule definition. The GIS environment facilitated the procedure through operation of thematic layers. The results thus obtained showed the possibilities of the method in the attributions concerned to territorial management. Although implements used are ductile in the solution of special problems, better results depend, furthermore, on the comprehension and definition of the problem, the choice of factors, and the certainty that the result obtained is not the best but a compromised solution about views under consideration

Key words: Territorial Order; Industrial use; Multi Criterion Evaluation; GIS; Gálvez, Argentina.

Introducción

La Municipalidad de la Ciudad de Gálvez aprueba, en 1993, el Plan de Ordenación Urbana (Ordenanza 1690, 1993) bosquejando ciertas líneas fundamentales tales como,

- Relevar el estado actual de la Ciudad, identificar los procesos, modalidades y tendencias a fin de detectar los problemas, potencialidades y zonas clave para inducir verdaderos efectos de transformación.

- Considerar las cuestiones morfológicas y funcionales urbanas como instrumentos para resolver cuestiones de ordenación.
- Establecer relaciones concretas entre los procesos económico-sociales y las políticas urbanas en la construcción colectiva del espacio común.
- Orientar la gestión de obras públicas en general.

El distrito Gálvez pertenece al departamento San Jerónimo de la provincia de Santa Fe. Se encuentra situado a los 32° S y 61° W con una extensión de 29.000 has. El modelado de llanura manifiesta suaves pendientes (cota máxima de 50 m s.n.m.) orientadas hacia el SE las que coadyuvan a la dirección general del escurrimiento superficial difuso con cierta tendencia a la concentración, sin alcanzar la formación de ningún fluvio de importancia.

El emplazamiento en la región central de la Provincia la vincula a otros centros urbanos de mayor envergadura: Ciudad Capital –Santa Fe de la Vera Cruz- (80 km), Rafaela (80 km), Rosario (130 km) y Puerto San Lorenzo (100 km) a través de viarios carreteros (RP n° 6, 10, 64, 66 y 80) y ferroviarios (Ferrocarril Gral. Belgrano y Ferrocarril B. Mitre) de significativa importancia.

El Censo de Población indica 18.542 hab., donde el 15% lo cubre la franja de 0 a 9 años; el 32% la de 10 a 29; 38% la de 30 a 64 y 15% la de + 65 años (INDEC, 2001). La población económicamente activa concentra el 33%: Obreros y empleados: 64%, Cuenta propistas: 32% y Empresa familiar sin remuneración fija: 4% (op. cit.).

Los servicios educativos, culturales, de salud, sociales, cubren satisfactoriamente a la población al igual que está asegurado el aprovisionamiento de energía eléctrica (urbana y rural), agua corriente, red cloacal, gas natural y de telefonía. La mayor parte del viario urbano se encuentra asfaltada.

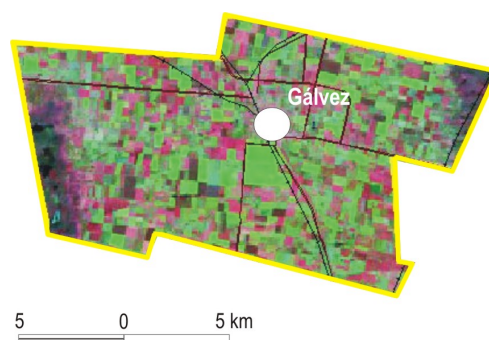
La actividad primaria se orienta hacia la producción de trigo y soja (además de la de sorgo granífero, maíz y girasol) y la ganadera a la producción de carne y explotación tambera. La actividad industrial se centra en la fabricación de motores eléctricos y transformadores, motores diesel, maquinarias y equipos para la construcción, garrafas para gas licuado, artículos para camping, productos lácteos, secarropas, ventiladores de techo, envases plásticos, desmalezadoras, imprentas gráficas y frigorífico. La mano de obra empleada es local. Estas industrias se encuentran diseminadas en el área urbana lo cual genera conflictos de uso de suelo y contaminación ambiental, especialmente atmosférica.

Ante la decisión del Municipio –con aprobación del Gobierno provincial- de instalar un área industrial blanda en el distrito Gálvez, surge el presente trabajo que tiene por objetivo la búsqueda del sitio apropiado para su asentamiento al par que contribuir a la toma de decisión por parte de los gestores implicados.

Figura 1. Posición de la Ciudad de Gálvez en el ámbito Provincial.



Distrito Gálvez en Landsat 7 (MrSID, NASA).



Materiales, métodos y técnicas

La colecta de datos se realizó a través de entrevistas con decisores del gobierno municipal y provincial (Dirección de Planeamiento Urbano de la Secretaría de Municipios y Comunas; Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable; Dirección de Industrias del Ministerio de Agricultura, Industria y Comercio), vecindario en general, prestadores de servicios, legislación y/o normativa provincial y municipal existentes, cartografía (Instituto Geográfico Militar; Servicio de Catastro e Información Territorial de la Provincia de Santa Fe) a diferentes escalas, fotografías aéreas (E 1:20.000, año 1974) y fuentes de información disponibles. A partir de ello se generó toda la información digital utilizada. A través del procesamiento de la información se controló la calidad de los mismos, se elaboró la base de datos, se aplicaron técnicas de EMC y funciones propias de SIG, además de análisis espacial. Se utilizaron los software Idrisi v. 3.2, CartaLinx v. 1.04. Los factores de localización seleccionados respondieron a las siguientes premisas:

- Áreas que respeten la zonificación dada en el Plan de Ordenación Urbana (POU).
- Área comprendida en el distrito Gálvez y alejada 1.000 m, como mínimo, del límite distrital.
- Área ubicada a sotavento de los vientos predominantes en relación con el área residencial.
- Terrenos cuyo escurrimiento hacia el canal colector no impacte sobre la zona residencial, pero cuya pendiente facilite la salida de efluentes.
- Terrenos sin barreras interiores (ruta, canal) y carentes de anegabilidad y/o inundación.
- Terrenos con buena accesibilidad vial y ferroviaria, para ingreso/egreso de insumos, mano de obra y productos.
- Terrenos con facilidad de servicio de energía eléctrica, gas y agua corriente; ubicados según "efecto vidriera" y de costos coherentes con la actividad propuesta.

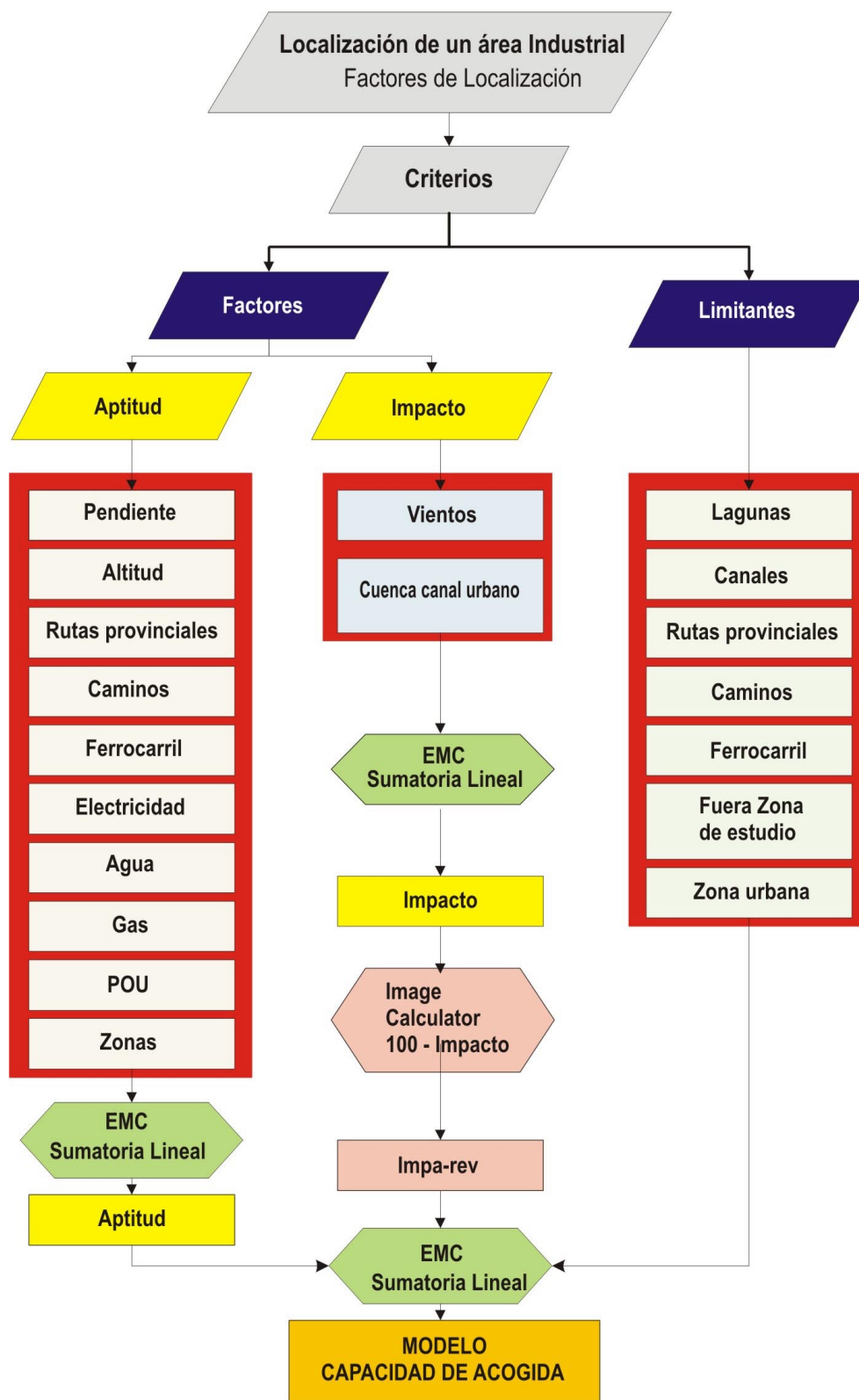
Mediante la EMC se combinaron los criterios de evaluación por el método Combinación Lineal Ponderada (WLC) donde los criterios incluyen tanto factores ponderados como restricciones. Este procedimiento se caracteriza por la compensación entre factores y por un nivel de riesgo medio, a mitad de camino entre la minimización y la maximización de las áreas consideradas adecuadas en el resultado final (Barredo, 1996). Se establecieron jerarquías y pesos para los factores que influyen en la aptitud o el impacto de un determinado uso a través de la asignación de un valor relativo de ponderación a cada uno de ellos frente a los demás (op. cit). El objetivo de la ponderación es expresar, en términos cuantitativos, la importancia de los distintos elementos para acoger o ser afectados por una determinada actuación. Se adoptó el método de las Jerarquías Analíticas (MJA) propuesto por Saaty (1977,1980, en Barredo 1996), ofrecido por Idrisi v. 3.2 (WEIGHT). De ello se destaca el índice de consistencia "cr", con el que se obtiene certeza de la coherencia que tienen entre sí los pesos asignados a los factores, no eliminando sin embargo el alto grado de subjetividad propio de estas valoraciones.

Los procedimientos de EMC (operaciones aritméticas y estadísticas) exigen que los valores de las alternativas en un criterio sean compatibles con los de los demás (escala de medida común), y además que esta escala sea cuantitativa. En los criterios se asigna, a cada una de sus categorías, un valor de ponderación de acuerdo a su importancia relativa dentro del conjunto. La importancia total de la temática vale 1. El método utilizado para este proceso es el de las Jerarquías Analíticas (el mismo que se utilizó para la asignación de pesos a los factores) lo cual permitió adaptar todos los criterios a la misma escala cuantitativa posibilitando, luego, su combinación y operación.

Resultados

A partir de los factores de localización se establecieron los criterios de: 1) Factores y 2) Limitantes (fig. 2).

Figura 2. Modelo de Capacidad de Acogida



Los Criterios de Impacto que se consideraron en la evaluación de la Capacidad de Acogida fueron:

Criterios	Factores	Limitantes
Vientos reinantes	a- Impacto por vientos.	--
Cuenca del canal colector en su recorrido urbano	b- Impacto por cuenca.	--

y los Criterios de Aptitud:

Criterios	Factores	Limitantes
Alturas del terreno	a- Capacidad del terreno para escurrir hacia el sistema colector. b- Capacidad del terreno para no anegarse.	--
Hidrografía	--	a- Lagunas. b- Canales.
Red vial - Rutas provinciales. - Caminos.	c- Accesibilidad por rutas provinciales. d- Accesibilidad por caminos.	c- Limitante rutas. d- Limitante caminos.
Red ferroviaria	e- Accesibilidad por ferrocarril (FC).	e- Limitante vías FC
Red eléctrica	f- Capacidad por cercanía a instalaciones operativas.	
Red de agua	g-Capacidad por cercanía a instalaciones operativas.	
Red de gas	h-Capacidad por cercanía a instalaciones operativas.	
Zona de estudio		f- Zona de estudio: - 1.000 m dentro del límite distrital. - No más de 5.000 m desde la zona urbana.
POU	i- Capacidad según distritos y subdistritos.	
Zonas	j- Capacidad por valor de la tierra y costo impositivo.	g- Zona urbana.

A cada uno de los factores indicados se le asignaron pesos, según el método de las Jerarquías Analíticas (MJA), utilizando la facilidad del entorno Idrisi v. 3.2 (WEIGHT):

Criterios de aptitud:

Factor	Peso
Capacidad del terreno para escurrir hacia el sistema colector	0.03
Capacidad para no anegarse	0.04
Accesibilidad por rutas provinciales	0.19
Accesibilidad por caminos	0.06
Accesibilidad por ferrocarril	0.05
Capacidad por cercanía a instalaciones operativas de energía eléctrica	0.18
Capacidad por cercanía a instalaciones operativas de red de agua	0.06
Capacidad por cercanía a instalaciones operativas de red de gas	0.08
POU - Capacidad según distritos y subdistritos	0.26
Zonas - Capacidad por valor de la tierra y costo impositivo	0.05

Criterios de impacto:

Factor	Peso
Impacto por vientos	0.50
Impacto por cuenca	0.50

En la evaluación de los criterios se determinaron clases, de cada uno de los factores, a las que se les asignó un valor (peso) siguiendo el método de las Jerarquías Analíticas. Para **Aptitud** se consideraron:

- **Factor Pendiente:** se tiene en cuenta la capacidad del terreno para escurrir hacia el sistema colector. Se consideran dos clases: a) perteneciente a la cuenca del sistema colector (valor 75) y, b) fuera de la cuenca (valor 25). La cuenca se obtuvo a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE, fig. 3) y del trazado del sistema colector.
- **Factor Altitud:** Capacidad para no anegarse. A partir de este criterio se consideraron los terrenos más altos como los de mayor aptitud. Se evalúa sólo la altura por tratarse de una zona de baja energía de relieve. Se determinaron tres clases: a) Alta (> 50 m, con valor de 54), b) Media (de 40 a 50 m, con valor de 30) y, c) Baja (< de 40 m, con valor de 16).
- **Factor Rutas Provinciales:** La evaluación de este criterio se realiza en base a dos puntos de vista: a) accesibilidad del área para entrada/salida de insumos y productos, y b) efecto vidriera. Ambos se deducen directamente de la distancia que existe entre los objetos en cuestión y cada lugar de la zona en estudio. El criterio se evalúa a través de una capa de distancias medidas desde las rutas provinciales. Se consideraron las categorías: a) Cerca (de 50 a 200 m, valor 54), b) Cercano (de 200 a 2.000 m, valor 25), c) Alejado (de 1.000 a 4.000 m, valor 13) y, d) lejos (> de 4.000 m, valor 8).
- **Factor Caminos:** La evaluación, al igual que el factor anterior, se basa en la participación en la accesibilidad del área. La valoración se deduce directamente de la distancia que existe entre los objetos en analizados y cada lugar de la zona en estudio. El criterio se evalúa a través de una capa de distancias medidas desde los caminos. Las categorías son: a) Cerca (de 30 a 200 m, valor 54), b) Cercano (de 200 a 1.000 m, valor 25), c) Alejado (de 1.000 a 3.000 m, valor 13) y, d) lejos (> de 3.000 m, valor 8) (fig. 4).
- **Factor Energía Eléctrica:** La valoración se deduce directamente de la distancia entre las instalaciones presentes y cada lugar de la zona en estudio. El criterio se evalúa a través de una capa de distancias medidas desde las líneas de alta y de media tensión. Se determinan las siguientes clases: a) Cerca (< de 100 m, valor 54), b) Cercano (de 100 a 500 m, valor 25), c) Alejado (de 500 a 2.000 m, valor 13), d) Lejos (> de 2.000 m, valor 8) (fig. 5).

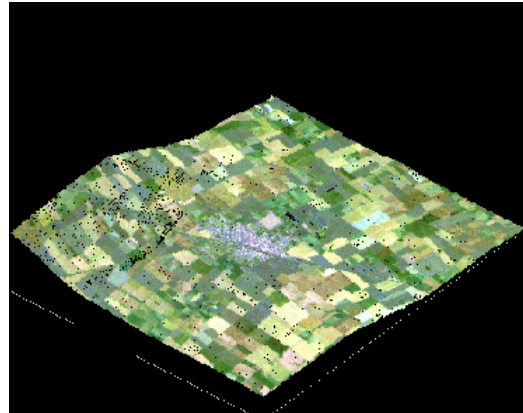


Fig. 3. Visión tridimensional del MDE. Superposición imagen Landsat 5. Gentileza de CONAE.

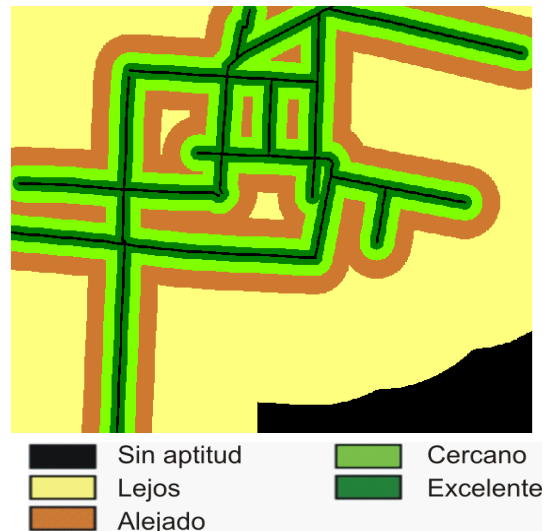


Figura 4. Accesibilidad por caminos

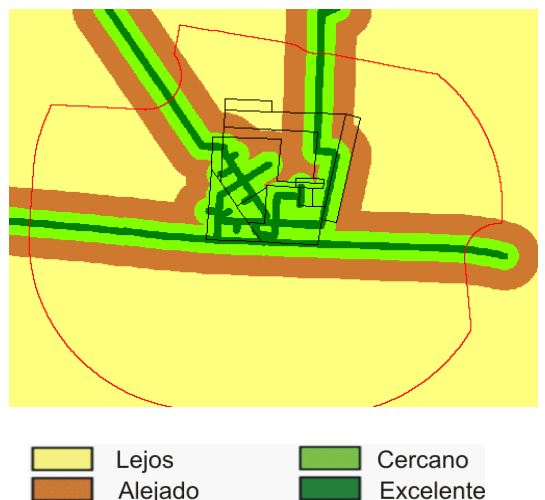


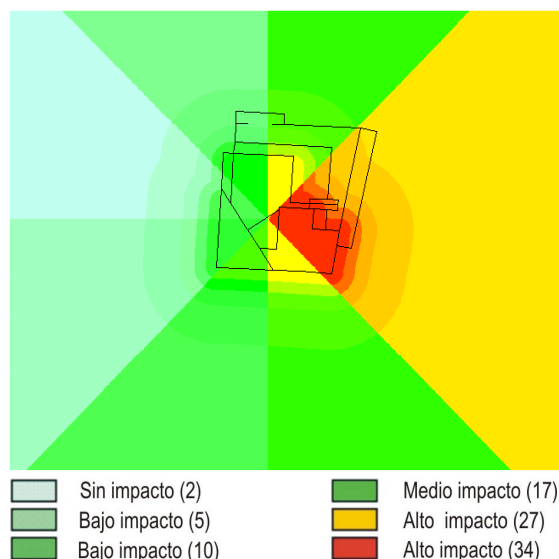
Fig. 5. Cercanía a líneas de electricidad

- **Factor Ferrocarril:** La evaluación de este criterio se realiza por su participación en la accesibilidad del área. La valoración se deduce directamente de la distancia entre los objetos y cada lugar de la zona bajo estudio. El criterio se evalúa a través de una capa de distancias medidas desde las vías. Se determinan las siguientes categorías: a) Muy cerca (< de 500 m; valor 47), b) Cerca (de 500 a 1.000 m, valor 28), c) Alejado (de 1.000 a 2.500 m, valor 16) y d) Lejos (> de 2.500 m, valor 9).
- **Factor Red de Agua:** La valoración se deduce directamente de la distancia entre las instalaciones presentes y cada lugar de la zona en estudio. El criterio se evalúa a través de una capa de distancias medidas desde la red de agua. Se determinan las siguientes clases: a) Cerca (< de 200 m, valor 54), b) Cercano (de 200 a 500 m, valor 25), c) Alejado (de 500 a 2.000 m, valor 13), d) Lejos (> de 2.000 m, valor 8).
- **Factor Red de Gas:** La valoración se deduce directamente de la distancia entre las instalaciones presentes y cada lugar de la zona en estudio. El criterio se evalúa a través de una capa de distancias medidas desde la red operativa de gas. Se determinan las siguientes clases: a) Cerca (< de 200 m, valor 54), b) Cercano (de 200 a 500 m, valor 25), c) Alejado (de 500 a 2.000 m, valor 13), d) Lejos (> de 2.000 m, valor 8).
- **Factor POU:** La valoración se deduce de la zonificación de distritos y subdistritos. Este criterio se evalúa por la aptitud de cada lugar de la zona en estudio para acoger la actividad propuesta que, en este caso es un área industrial blanda. Se determinan tres clases: Alta (valor 54), Media (valor 30) y Baja (valor 16).
- **Factor Zonas:** Este criterio se evalúa por medio de dos aspectos: el valor de la tierra y el gravamen impositivo (Ordenanza 2222, 1999). Se determinan tres clases Urbana (valor 10), Suburbana (valor 25) y Rural (valor 60).

Para **Impacto** se consideraron:

- **Factor Vientos:** Se compone de dos elementos: a) dirección/frecuencia (el criterio se evalúa a través de una capa con 8 sectores cardinales con origen en el centro de la planta urbana. Se determinan 8 clases: E-NE, E-SE, S-SE, N-NE, S-SW, N-NW, W-SW, W-NW. Las velocidades no se consideraron por ser insignificantes para el caso de estudio) y b) cercanía al área urbana (la valoración se deduce directamente de la distancia entre la planta urbana y cada lugar de la zona en estudio. El criterio se evalúa a través de una capa de distancias medidas desde el polígono que representa el área urbana). En la ecuación o regla de decisión participan "a" y "b" como un único criterio de impacto: impacto de vientos reinantes según la cercanía a la planta urbana (fig. 6).

Fig. 6. Dirección y frecuencia de vientos



- **Factor Cuenca del canal colector:** Este criterio se evalúa por pertenencia o no a la cuenca del canal colector incidente en la planta urbana. La cuenca se obtiene a partir del MDE y del trazado del tramo que interesa del sistema colector de canales. Se consideran dos clases: perteneciente a la cuenca y fuera de la cuenca (fig. 7).

Regla de decisión. Para obtener las Capas de Aptitud y de Impacto se aplica MCE en Combinación Lineal Ponderada con la participación de los factores que corresponden a cada capa según lo arriba explicitado.

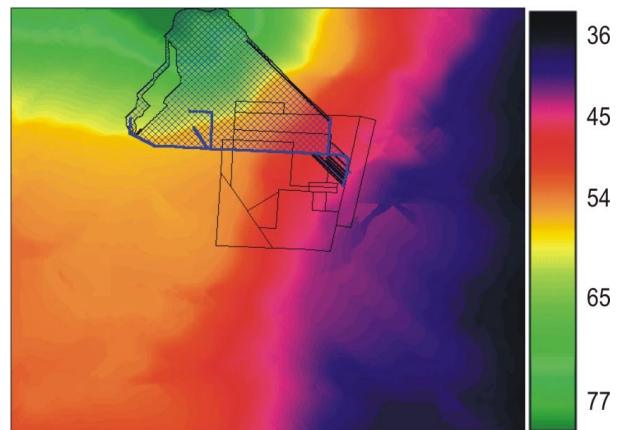


Fig. 7. Cuenca del sistema colector

2. Limitantes

Los considerados para el modelo responden a los terrenos donde no se permite la actividad propuesta, ya sea por aspectos sociales o físicos: lagunas y bañados, canales, rutas provinciales, caminos, ferrocarril, zona de localización y zona urbana.

3. Obtención del Modelo de Capacidad de Acogida

Para obtener el Modelo de Capacidad de Acogida (fig. 10, el color rosado brillante indica el lugar más apto para la localización del área industrial) se aplica el Procedimiento EMC con método de Sumatoria Lineal en base a los criterios (y sus pesos) y las limitantes. En Idrisi se entraron las capas de *Aptitud* (peso 0.6) (fig. 8), *Impacto* (peso 0.4) (fig. 9) y *Limitantes* obteniéndose el siguiente resultado:



Fig. 8. Aptitud

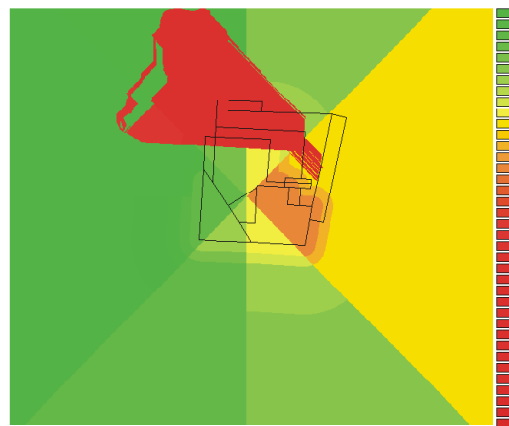
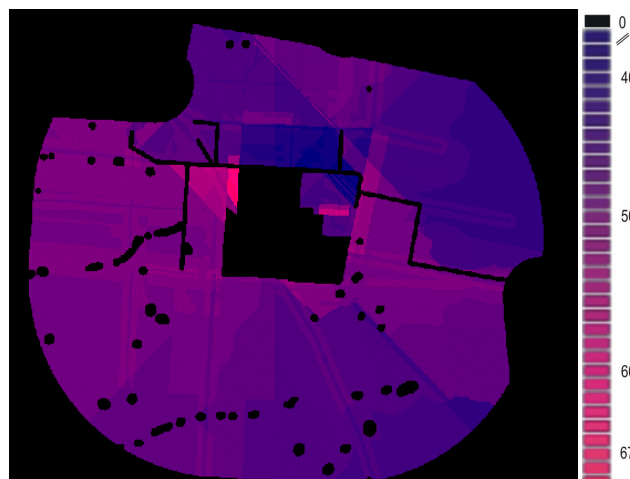


Fig. 9. Impacto

Fig. 10. Modelo Capacidad de Acogida



Conclusiones

La aplicación de técnicas de Evaluación Multicriterio y los análisis espaciales realizados posibilitaron encontrar el sitio apropiado para la localización de un área industrial blanda en el distrito Gálvez. La misma se halla dentro de la zonificación establecida por el Plan de Ordenación Urbana (dentro del Distrito y distante 1 km, como mínimo, del límite distrital). El Modelo de Capacidad de Acogida se correlaciona con subsistemas del sistema territorial (medio físico, población, infraestructura) y ha facilitado el diagnóstico de aspectos descriptivos y valorativos del territorio al igual que la estimación de la potencialidad del medio en cuanto a recurso, soporte y receptor de actividades humanas.

El método ha demostrado ser eficiente en la solución de problemas espaciales puesto que permite integrar, en un solo conjunto de datos, numerosos factores y criterios, así como distintos niveles de importancia para los mismos. El trabajo desarrollado muestra las posibilidades de aplicación. Es una herramienta dúctil a incorporar en una de las fases secuenciales de la planificación sectorial con incidencia territorial asistiendo, de esta forma, a procesos más amplios de planificación y ordenación del territorio, lo que conlleva a una gestión integral de espacios urbanos y regionales. No obstante, los resultados óptimos no dependen sólo del método sino de consideraciones fundamentales tales como: la comprensión y definición del problema, la elección de los criterios que respondan al mismo, la seguridad de que el resultado es una solución de compromiso frente a los criterios considerados.

Referencias

Barredo Cano, J. I. (1996). *Sistemas de Información geográfica y Evaluación multicriterio en la ordenación el territorio*. Ra-ma. España. 264 p.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2001). *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda*.

Instituto Geográfico Militar (IGM). Cartas topográficas: Gálvez 1:50.000 y 1:100.000; Irigoyen 1:50.000; Lucio V. López 1:50.000; Gessler 1:50.000; San Carlos Centro 1:100.000

Ordenanza impositiva. (1999). Ordenanza 2222/1999. Municipalidad de la ciudad de Gálvez.

Plan de ordenamiento urbano. (1993). Ordenanza 1690/1993. Municipalidad de la ciudad de Gálvez.

Saaty. T. L. (1980). *The Analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York.

Servicio de Catastro e Información Territorial (SCIT) (1995). Carta temática 1:20.000, Gálvez; Carta temática 1:20.000, Escuela Provincial n° 887. Santa Fe, Argentina.

Servicio Meteorológico Nacional (2000). *Información Gálvez*. República Argentina