

MODELO DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL BASADO EN LA VALORACION DE RELACIONES ESPACIALES

R. Rebolledo.

Fundación Instituto de Ingeniería Para Investigación y Desarrollo Tecnológico, Centro de Procesamiento digital de Imágenes. Carretera Nacional Hoyo de la Puerta-Baruta, Urb. Monte Elena II-Sartenejas Baruta. Estado Miranda. VENEZUELA. rafaelr@fii.org

RESUMEN

Como parte de sus proyectos de tecnología, el Centro de Procesamiento Digital de Imágenes (CPDI) del Instituto de Ingeniería (FII) desarrolló una metodología para generar modelos de sensibilidad ambiental que, a partir del análisis de las relaciones espaciales entre información temática y la implementación de actividades antrópicas susceptibles de generar impactos al ambiente.

El análisis se planteó un modelo cualitativo basado en la aplicación de técnicas de ponderación geo-estadística, análisis espacial, Delphi y juicio experto. Como resultado de este proceso se obtuvieron tres modelos, (Sensibilidad Biológica, Física + Infraestructura y Legal) representados en tres mapas y sus respectivas funciones de determinación.

ABSTRACT

As part of its projects, the Centro de Procesamiento Digital de Imágenes (CPDI) del Instituto de Ingeniería (FII) has developed a method to generate models of environmental sensitivity. This method is based on spatial analysis between environmental thematic information and human activities. The analysis criteria involved qualitative modeling based on the application of geo-statistical techniques, spatial analysis, Expert Panel and Delphi. Finally three models was generated (Biological Sensitivity, Physical+Infrastructure Sensitivity and Legal Sensitivity).

Palabras clave: modelos de sensibilidad ambiental.

INTRODUCCION

El nuevo paradigma del Desarrollo Sustentable, establece el necesario equilibrio entre las actividades productivas, el bienestar social y la conservación ambiental. Los modelos de sensibilidad ambiental son un primer paso en la búsqueda de esta armonía

El **Análisis de Sensibilidad Ambiental (ASA)**, es la evaluación la susceptibilidad del ambiente a ser afectado en su funcionamiento y/o condiciones intrínsecas por la localización y desarrollo de cualquier proyecto y sus áreas de influencia. [Benítez 2007]. El ASA evalúa la susceptibilidad y resiliencia del las variables características del ambiente, por efecto de las acciones previstas en la fase preliminar del proyecto. El objetivo es entonces construir tres modelos (Biológico, Físico + Infraestructura y Legal).

METODOLOGÍA

Para diseñar cada modelo de sensibilidad, se requiere la estructuración de una serie de aspectos que permitan a través de una representación funcional, describir el comportamiento del ambiente (vulnerabilidad y

resiliencia) ante las acciones perturbadoras. Los principales aspectos a considerar son: Las acciones perturbadoras, Los componentes ambientales, La susceptibilidad y La resiliencia.

Las acciones Perturbadoras son fenómenos de tipo dinámico de duración e intensidad variable, causados por agentes externos; cuya magnitud e intensidad puede modificar el equilibrio del ambiente donde ocurren. Para este proyecto se consideraron: Levantamiento Topográfico, Localización, Vialidad, Perforaciones y Reacondicionamiento de terreno.

Los Componentes Ambientales son las variables que caracterizan el ambiente del área de estudio (ver tabla 1).

Tabla 1.- Componentes ambientales considerados.

COMPONENTES	VARIABLES
Físico + Infraestructura:	Hidrografía, Geología, Geomorfología, Vialidad.
Componente Biológico:	Vegetación y Uso de la Tierra.
Componente Legal:	Normas, Planes de ordenación, Regulaciones y Restricciones de uso.

La Susceptibilidad es el nivel de afectación potencial de cada componente ambiental ante la acción perturbadora, puede ser: Simple o Combinada.

La Resiliencia es la capacidad del medio afectado para absorber, asimilar, y transformar los cambios inducidos por la acción perturbadora y recuperar su equilibrio.

MODELO CONCEPTUAL

La alternativa planteada consistió en la aplicación de técnicas de prospectiva tecnológica, para evaluar sensibilidad en base a experiencias previas. Estas técnicas fueron: Delphi y la Panel de Expertos (ver figura 1). Esta alternativa no depende de la área de influencia de las acciones perturbadoras, y no permite evaluar aspectos locales.

Selección de Grupo de Expertos

Se consideró la conformación de dos grupos. El primero de ellos está constituido por 7 consultores ambientales. El segundo grupo está constituido por especialistas en materia ambiental dentro de FII-CPDI.

Diseño del Instrumento de Consulta

La estrategia inicial se abordó mediante la elaboración, con la ayuda de expertos, de un cuestionario cerrado para ser aplicado a forma de Delphi. El cuestionario se circuló en una sola ronda, dado que el nivel de receptividad fue superior al 50% y las observaciones recopiladas fueron más de forma que de fondo.

Estimación Cualitativa De Las Contribuciones

Las preguntas del cuestionario fueron diseñadas con una escala cualitativa (alto, medio y bajo); Las relaciones se establecían entre los atributos espaciales de las variables y las acciones perturbadoras, considerando vulnerabilidad y resiliencia.

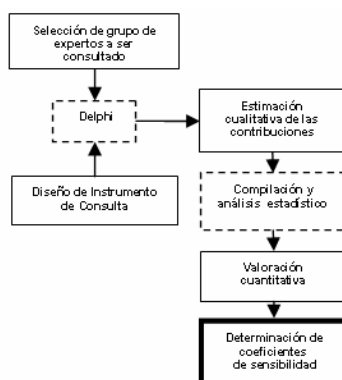


Figura 1.- Modelo de Sensibilidad Ambiental.

Valoración Cuantitativa

La valoración cuantitativa consistió en la transformación de los resultados cualitativos en valores numéricos, para su análisis estadístico. Esta valoración se formalizó en tres pasos:

- Conversión de valores cualitativos a valores numéricos (VN) según el arreglo:

$$A=3; M=2; B=1$$

Donde A es altamente afectada, M es medianamente afectada y B es nivel de afectación bajo.

- Cálculo de afectación total por acción (ATA):

$$ATA = \sum_{i=1}^n VN_{(i)}$$

Donde n es la cantidad de expertos consultados.

- Cálculo de las contribuciones de sensibilidad para cada clase atributiva (TS)

$$TS = \sum_{j=1}^m ATA_{(j)}$$

Donde m es la cantidad de acciones perturbadoras consideradas.

Determinación De Coeficientes De Sensibilidad

Se determinan a partir de ponderación de las contribuciones de sensibilidad

$$C_{S_i} = \frac{TS}{PS \times CR \times AI}$$

Donde:
 TS: Contribuciones de Sensibilidad
 PS: Posibilidades de respuesta = 3
 CR: Cantidad de expertos opinantes = 5
 AI: Cantidad de acciones involucradas = 5
 i: Cantidad de clases

CONSTRUCCIÓN DE MODELOS DE SENSIBILIDAD Y SU ESPACIALIZACIÓN

Por razones de confidencialidad del cliente, los mapas de sensibilidad no pueden ser mostrados en este documento; sin embargo la representación funcional resultante en cada caso fue la siguiente:

**Medio Físico +
Infraestructura:**

$$SMF+I= SGP + SIT + SHD$$

$$SGP= 0.38CAlu + 0.33LAlu + 0.22LEol+ 0.27MCsv + 0.47MDsc + 0.38MInc + 0.47MQbd + 0.43SDen$$

SGP: Sensibilidad por Geomorfología por Sub-Paisaje
CAlu: Coluvio-Aluvional
LAlu: Llanura Aluvional
LEol: Llanura Eólica
MCsv: Mesa Conservada
MDsc: Mesa Disectada
MInc: Mesa Inclínada
MQbd: Mesa Quebrada
SDen: Superficie de denudación

$$SHD= 0.20Rio + 0.22Cño + 0.23Cte + 0.23Cnl + 0.20Lag + 0.18Pre + 0.22Emb + 0.20Per + 0.18Int$$

SHD: Sensibilidad por hidrografía por tipo y régimen fluvial
Rio: Río
Cño: Caño
Cte: Cañote
Cnl: Canal
Lag: Laguna
Pre: Préstamo
Emb: Embalse
Per: Permanente
Int: Intermite

$$SIT= 0.40Cpav + 0.40Cgrz + 0.45Ctie + 0.74Ccar$$

SIT: Sensibilidad por infraestructura por tipo
Cpav: Carretera pavimentada
Cgrz: Carretera engranzonada
Ctie: Carretera de tierra
Ccar: Camino Carretero

No hay predominancia marcada por alguna clase en particular en ningún caso. Las contribuciones de vialidad (sub-componente Infraestructura), son variables y tan influyentes como la geomorfología. Ver Tabla 2 y Figura 3.

Tabla 2: Sensibilidad para el medio Físico + Infraestructura.

SENSIBILIDAD	AREA (Ha)	%
Muy Alta	9,8906427	0,0002
Alta	108,266713	0,0019
Media	17655,8737	0,3126
Baja	795412,375	14,0825
Muy Baja	4835047,74	85,6028
sin informacion	0,0986326	0,0000

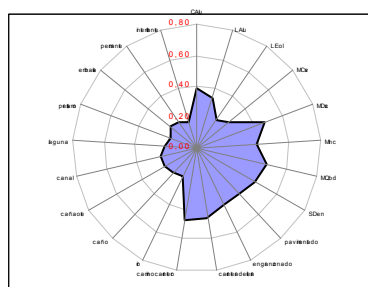


Figura 3.- Dominancia para el medio Físico + Infraestructura.

**Medio
Biológico:**

$$CSB= SFV + SUT + SME + SGC$$

$$SFV= 0.63 ArbDen + 0.57 ArbMed + 0.53 ArbRal + 0.64 ArtDen + 0.53 ArtMed + 0.49 ArtRal + 0.39 Her$$

SFV: Sensibilidad por formación y densidad vegetal
ArbDen: Formación arbórea altamente densificada
ArbMed: Formación arbórea medianamente densificada
ArbRal: Formación arbórea rala
ArtDen: Formación arbustiva altamente densificada
ArtMed: Formación arbustiva medianamente densificada
ArtRal: Formación arbustiva rala
Her: Herbazal

$$SUT = 0.40 Pec + 0.43 Agr + 0.42 CAn + 0.07 Pes + 0.07 Min + 0.12 Inf + 0.20 Urb + 0.08 Ind$$

SUT: Sensibilidad por uso de la tierra
Pec: Uso pecuario
Agr: Uso Agrícola
CAn: Uso agrícola de cultivos anualizados
Pes: Uso Pesquero
Min: Uso Minero
Inf: Uso infraestructural
Urb: Uso urbano
Ind: Uso industrial

$$SME= 0.71 Pri + 0.55 Sec$$

SME: Sensibilidad por madurez ecológica
Pri: Bosque primario (pristino)
Sec: Bosque secundario (intervenido)

$$SGC= 0.69 Alt + 0.60 Med + 0.45 Baj$$

SGC: Sensibilidad por grado de conservación
Alt: Altamente conservado
Med: Medianamente conservado
Baj: Conservación Baja

En el caso de la sensibilidad biológica, como se aprecia en la figura 4, existe dominancia en la caracterización de la vegetación por Grado de Conservación (71%) y Madurez Ecológica (55%).

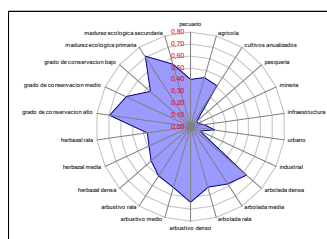


Figura 4.- Dominancia para el medio Biológico.

Tabla 3.- Distribución de Sensibilidad del Medio Biológico.

SENSIBILIDAD	AREA (Ha)	%
Muy Alta	802722.51	14,5345
Alta	815324.86	14,7627
Media	2700503.94	48,8968
Baja	269774.05	4,8847
Muy Baja	848559.61	15,3645
sin informacion	85979.90	1,5568

Medio Legal: **SML= SAB + SAM + SPO**

$$SAB = 0.73PNAG + 0.77ACPMG + 0.87ABBPCC + 0.93ZPN + 0.83ZPRP$$

SAB: Sensibilidad por ABRAE
 PNAG: Parque Nacional Agüero Guariquito
 ACPMG: Área Crit. con prioridad de Tratamiento M. de Guanipa
 ABCC: Área Boscosa bajo protección Caño Caballo
 ZPN: Zona protectora de Nacientes ríos permanentes
 ZPRP: Zona protectora de ríos permanentes

$$SAM = 0.60ZEAPF + 0.73DTI + 0.60ZEDES$$

SAM: Sensibilidad por ABME (Áreas Bajo Manejo Especial)
 ZPF: Zona especial Afectada para Plantaciones Forestales
 DTI: Demarcación de tierras indígenas
 ZDS: Zonas especiales de desarrollo sustentable

$$SPO = 0.53POTGua + 0.47POTAnz + 0.47POTMon$$

SPO: Sensibilidad por Planes de ordenamiento del territorio.
 POTGua: Plan de Ordenamiento Territorial de Guárico
 POTAnz: Plan de Ordenamiento Territorial de Anzoátegui
 POTMon: Plan de Ordenamiento Territorial de Monagas

Se observa dominancia en ABRAE (93% al 73%), y se observa la poca relevancia en la contribución dada por los POT (ver figura 5).

CONCLUSIONES

Considerando que la idea fue estudiar las relaciones espaciales como complemento de análisis; esto constituye una primera aproximación a los estudios de sensibilidad. Los resultados están determinados por las variables involucradas, las acciones consideradas y los factores de análisis.

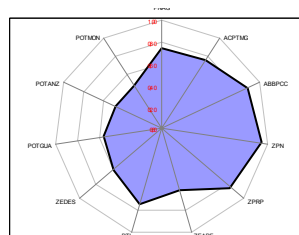


Figura 5.- Dominancia para el medio Legal.

Tabla 4.- Proporciones de las condiciones de sensibilidad del Medio Legal.

SENSIBILIDAD	AREA (Ha)	%
Muy Alta	1231,79	0,0224
Alta	25460,22	0,4628
Media	610530,68	11,0985
Baja	1685334,23	30,6368
Muy Baja	3178455,72	57,7795

BIBLIOGRAFÍA

Barazarte W. 2004. *Las Organizaciones Necesarias en el enfoque prospectivo*. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Caracas, Venezuela.

Benítez Joaquín. 2007 *Estudios de Impacto Ambiental, Notas de clase*. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela.

Blanco F. 2004. *Bases Teóricas de la Prospectiva*. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Caracas, Venezuela.

Rebolledo R. 2007. *Modelo de Sensibilidad Ambiental Basado en Coexistencia Espacial en SIG. II Jornadas Nacionales de Geomática*. Caracas, Venezuela.

AGRADECIMIENTOS:

Al Comité Asesor: Maria Antonieta Febres, José Arismendi, Carmen Goitía.

Al equipo de trabajo: Montserrat Bautis, Gloria Bolívar. Anderson Albarrán