

## INRA - ÍNDICE INTEGRADO RELATIVO DE ANTROPIZACIÓN: PROPUESTA TÉCNICA-CONCEPTUAL Y APLICACIÓN

### INRA-RELATIVE INTEGRATED ANTHROPIZATION INDEX: A CONCEPTUAL-TECHNICAL PROPOSAL AND ITS APPLICATION

*William Andrés Martínez-Dueñas*

#### RESUMEN

Este artículo presenta una propuesta conceptual y técnica para estudiar de manera sistemática, comparativa, cuantitativa y cualitativa la modificación antropogénica de los ecosistemas a la escala de paisaje. Específicamente se plantea el *Índice Integrado Relativo de Antropización* (INRA), como una medida que integra, tanto los aspectos urbanísticos, como otro tipo de coberturas y usos del suelo identificables en una unidad del paisaje. Este índice permite entender la antropización de manera cuantitativa y cualitativa como un mosaico o un gradiente de ecosistemas con diferentes grados de modificación antropogénica. El INRA se aplicó en un sector de un valle interandino con diferentes grados de modificación antropogénica (Popayán-Colombia, 1700-1900 msnm) a partir de la interpretación de fotografías aéreas de la zona, obteniendo valores y cartografías sobre la antropización de la zona demostrando la eficacia y coherencia de la técnica propuesta.

**PALABRAS CLAVE:** Antropización, paisaje, INRA, Popayán.

#### ABSTRACT

This article presents a conceptual and technical approach of studying in a systematic, comparative, quantitative and qualitative way the anthropogenic modification of ecosystems on the landscape scale. Specifically, it concerns the Relative Integrated Anthropization Index (INRA, from the Spanish acronym), which is a measure that integrates urban issues as well as other types of land use and land cover found in any unit of the landscape. This index allows the understanding of anthropization, in a quantitative and qualitative way, as a mosaic or gradient of ecosystems with varying degrees of anthropogenic modification. INRA was applied in a sector of an inter-Andean valley presenting varying degrees of anthropogenic modification (Popayán, Colombia, 1700-1900 m) through the interpretation of aerial photographs, obtaining the measurement and charting of anthropization across the area and demonstrating the effectiveness and coherence of the proposed technique.

**KEY WORDS:** Anthropization, landscape, INRA, Popayan.

---

#### Dirección de los autores:

Programa de Antropología, Universidad del Magdalena. Carrera 32, No. 22-08. Santa Marta-Colombia. Carrera 8, No. 9N-38, 2-401. Popayán-Colombia. Email: necrobichos@yahoo.com. (W.A.M-D).



## INTRODUCCIÓN

El ser humano es capaz de modificar el paisaje donde habita con una intensidad similar a la de las fuerzas geológicas (Brandt, 2000). Esta modificación del ecosistema es determinante en la configuración espacial de la biota (Lobo, 2000) y en la aparición de nuevos hábitats (Martínez-Dueñas, 2003) que son ocupados por organismos sinantrópicos (James y Harwood, 1969; Mariluis, 1999).

Para estudiar el efecto de la transformación por acción humana sobre los diversos sistemas biológicos, son necesarios métodos sistemáticos, comparativos y cuantitativos, que permitan establecer el efecto de la antropización sobre los diferentes elementos de los ecosistemas. Este artículo pretende, mediante la propuesta de una técnica para medir la antropización y la aplicación de ésta a un caso específico, contribuir en el desarrollo de los estudios sobre la modificación antropogénica del paisaje.

Un concepto clave en el desarrollo de este trabajo, es el de antropización. A pesar que es frecuente encontrar artículos donde se trata la influencia de factores antropogénicos sobre diversos sistemas biológicos (Limburg y Schmidt, 1990; McDonnell y Pickett, 1990; Lobo y Morón, 1993; Wear et al., 1998; Blair, 1999; Reynaud y Thioulouse, 2000; Halffter y Arellanos, 2001; Rastelli et al., 2003;) y de ser considerado un tema de creciente interés en la comunidad científica internacional (Mosyakin y Shevera, 2005), no hay una definición consensuada para el concepto de antropización y, en general, es tratado de manera cualitativa o con base en indicadores (Blair, 1999; Halffter y Arellanos, 2001; Lobo y Morón, 1993; McDonnell y Pickett, 1990; Reynaud y Thioulouse, 2000) y no como la modificación antropogénica del paisaje en su conjunto (Rocha de Freitas, 2008; Martínez-Dueñas, 2003; Torres-Gómez et al., 2009).

Un concepto muy cercano al propuesto en este trabajo es el de hemerobia (*hemeroby*), que hace referencia al impacto de las intervenciones humanas en los ecosistemas (medida de la influencia antropogénica) y el índice de hemerobia, que analiza los diferentes grados de intervención antropogénica en los ecosistemas y arroja valores numéricos inherentes a dicha

modificación (Steinhardt et al., 1999). El concepto hemerobia y el INRA, se diferencian principalmente en las técnicas usadas, ya que este último no requiere de *software*, fuentes cartográficas o imágenes especializadas.

De otro lado, en los estudios de gradientes urbano-rurales, donde se trata el impacto humano sobre el ecosistema y/o sus componentes, se propone la urbanización como indicador clave de este impacto, entendida como una medida de la cantidad de habitaciones humanas por unidad de área, lo cual se presenta a manera de gradiente, es decir, un ordenamiento espacial que va de un valor mayor a uno menor o viceversa (McDonnell y Pickett, 1990). Estas formas de entender la transformación antropogénica del paisaje se retoman en el INRA.

Teniendo en cuenta que el concepto de antropización es central en este documento, se entenderá, como: el grado de modificación de un ecosistema original por efectos antropogénicos, sumado a la dificultad que esa modificación representa para que el ecosistema se regenere y a la cantidad de elementos antropogénicos que contenga.

Algunos autores consultados tratan el efecto de la antropización sobre diversos sistemas biológicos de manera cualitativa o con base en algún factor indicador, pero ninguno lo trata de manera integrada, es decir, teniendo en cuenta los diferentes tipos de coberturas y/o usos del suelo que se identifican en el paisaje; por ejemplo, Halffter y Arellanos (2001) estudiaron la comunidad de escarabajos estercoleros de un paisaje con diferentes escenarios de cambio antrópico (México), para determinar si existía una respuesta a dicho cambio; estos autores asumen la antropización desde un punto de vista cualitativo de acuerdo con la conservación de coberturas vegetales (conservación de la cubierta arbórea, lo cual ellos asumen como un reflejo de la intensidad de la intervención humana) asignando tres valores a la perturbación antropogénica (baja, media y alta). De manera mucho más general, Lobo y Morón (1993) tratan el efecto antrópico sobre las comunidades de coleópteros a lo largo del tiempo en áreas protegidas mexicanas. En los dos anteriores trabajos se menciona la escasez de estudios que traten el efecto de la antropización sobre las comunidades biológicas en el trópico.

Steenmans y Pinborg (2000), diseñaron un índice para medir el grado de fragmentación antropogénica a partir de rejillas de celdas, similar al que se propone en el presente estudio; no obstante, ellos lo limitan a dos tipos de características del paisaje identificadas en las imágenes analizadas: una de conectividad sensitiva (píxeles contiguos o conectados) y otra de conectividad no sensitiva (píxeles separados o no conectados), que hacen referencia al grado de fragmentación del paisaje. El resto del paisaje es tratado de una manera neutral, debido a que analizan específicamente la fragmentación, que es solo una de las consecuencias de la antropización, más no la antropización del paisaje en conjunto.

Otros trabajos que tratan el efecto de los fenómenos antropogénicos sobre los ecosistemas, estudian el efecto de los gradientes urbano-rurales sobre diferentes sistemas o elementos biológicos; por ejemplo, Blair (1999) estudia el efecto de un gradiente urbano-rural sobre aves y mariposas, tomando como punto central del gradiente, un sitio urbanizado a partir del cual se muestrea un área circundante con radio de 3 km. Empleando una metodología similar en el neotrópico (*point-count method*), Reynaud y Thioulouse (2000) estudiaron el cambio de la diversidad de aves a lo largo de un gradiente urbano-rural en Cayenne (Guyana Francesa). Estos dos trabajos clasifican la modificación antropogénica de acuerdo a variables que incluyen aspectos de vegetación y factores físicos como ruido, densidad urbana, incremento poblacional, entre otros; pero sin abarcar el área de estudio en su totalidad, sino puntos que los autores consideran estratégicos.

Con el objetivo de proponer y aplicar una medida que prescindiera de sistemas tecnológicos costosos y de alta complejidad, se desarrolló un sistema de medición cuantitativa de la antropización a escala del paisaje, mensurada de manera sistemática y susceptible de correlacionarse con diversas variables; también es posible hacer comparaciones entre las unidades de análisis y entender cualquier fragmento del paisaje como un mosaico de ecosistemas con diferentes grados de antropización o como un gradiente antrópico. El objetivo de este trabajo es proponer y aplicar una técnica para medir la antropización de un paisaje, que permita entender numérica y gráficamente un área como un mosaico de ecosistemas con

diferentes grados de antropización o como un gradiente antrópico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio

El INRA fue aplicado en un sector del valle interandino de río Cauca en la meseta de Popayán (Colombia – Suramérica; 1750-1900 msnm). Según el registro arqueológico y paleoecológico, este valle ha sido modificado por el ser humano desde hace por lo menos 10.000 años, desde la frontera pleistoceno/holoceno (Gnecco y Mora, 1997; Gnecco, 2000), presentándose el periodo agrícola desde hace por lo menos 5.000 años (Behling et al., 1998; Wille et al., 2001), lo cual generó un mosaico de ecosistemas con diferentes grados de antropización, encontrándose parches de bosque nativo en sucesión secundaria (Behling et al., 1998; Wille et al., 2001), sectores rurales dedicados a la ganadería y la agricultura y zonas con diferentes densidades urbanas (Figura 1).

Para medir la antropización en la zona a estudiar, se elige una franja semi-rectangular de 12 km<sup>2</sup>. Este fragmento se selecciona por ser representativo, en la medida que muestra las diferentes coberturas del área analizada, lo cual permite probar la eficacia del INRA. La porción no cubierta es analizada empleando imágenes de Google Earth (Figura 1).

### Índice integrado relativo de antropización INRA

Para la estimación del grado relativo de antropización se parte de fotografías aéreas, imágenes satelitales o de cualquier otro tipo información espacial gráfica que permita identificar las características necesarias para determinar la antropización de un área a estudiar. La escala de trabajo o de resolución puede ser relativa a las necesidades de análisis, al detalle que requiera el investigador o a la compatibilidad con otros análisis.

En primer lugar se definen las dimensiones de las unidades de análisis (UA), es decir, al área a la

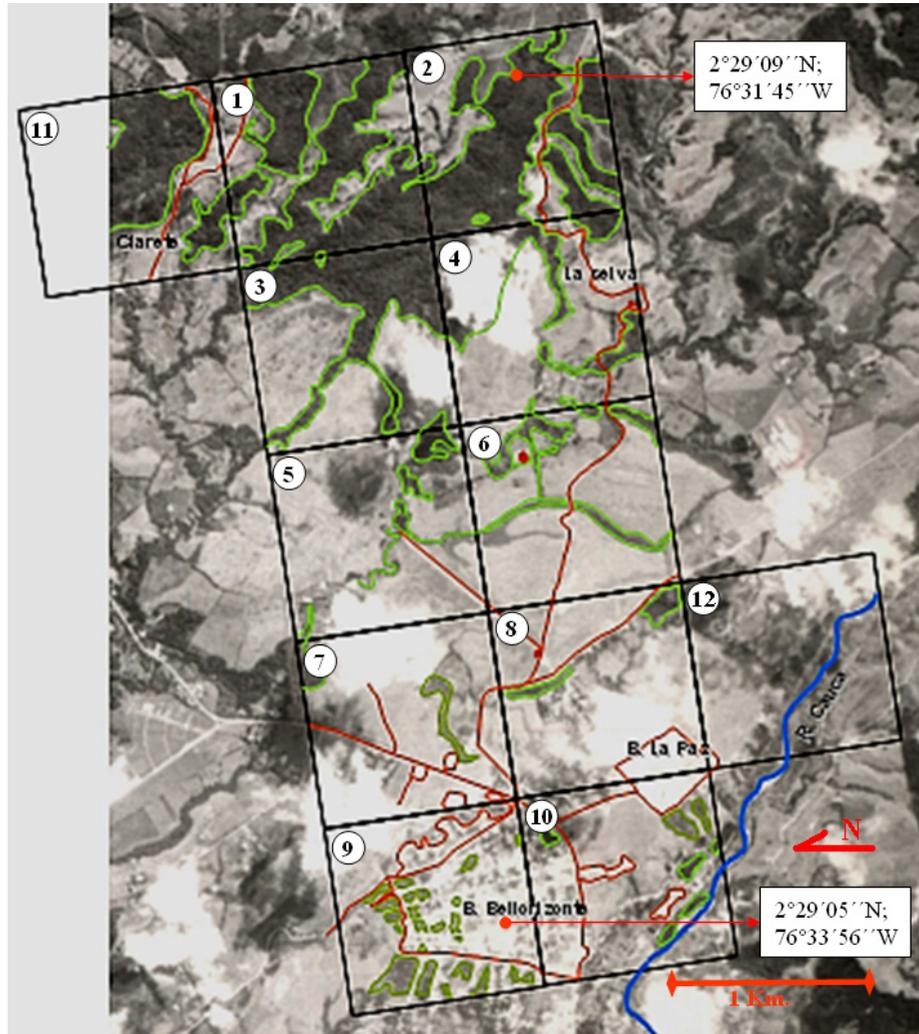


Figura 1. Zona de estudio y unidades de análisis (UA). En rojo se limitan las zonas urbanas y carreteras y en verde las zonas de vegetación arbórea. Fotografía aérea No. 000021, IGAC C-2449 del 20 de Marzo de 1991, escala: 1:60.000.

cual se le va a asignar un valor de antropización. Después de que se han definido las dimensiones de las UA, se determina cuantas de estas unidades se trabajarán y cuál es su ubicación espacial. Ubicada la zona a analizar y sus respectivas UA, se procede a dividir cada una en cien partes iguales, que se llamarán subunidades de análisis (SUA) (el número de SUA puede ser definido por el investigador).

El paso a seguir, se enmarca dentro de los análisis de uso de suelo o cobertura del suelo (*land used/land cover*) (Steinhardt et al., 1999). Se propone trabajar con tres coberturas de base (coberturas definidas con base en las usadas por Limburg y Schmidt (1990) para un estudio del efecto de un gradiente urbano-rural sobre las comunidades de peces en ríos de New York):

- **Urbanas**, que incluyen áreas residenciales, industriales, estériles y pavimentadas.
- **Agrícolas y/o rurales**, que incluyen cultivos, pastizales y tierras de pastoreo.
- **Bosque**, que incluyen bosques, humedales y corrientes de agua.

Cuando ya se han definido las coberturas o usos del suelo sobre el área de estudio, se les asigna un valor entre cero (0,00) y uno (1,00), esto con el fin de darle a cada SUA un valor de antropización parcial. La determinación de estos valores parciales de antropización es inherente a la zona de estudio, lo que le confiere carácter relativo al INRA y el hecho que se empleen todas las categorías de antropización determinadas a

partir de la identificación de los usos de suelo o de coberturas, es lo que le otorga la característica de integrado a éste índice.

Ya identificados los valores de antropización para cada SUA, se procede a estimar el grado relativo de antropización por unidad de análisis con base en la siguiente expresión:

$$INRA = (\sum SUA' / n) \cdot 100$$

Donde,  $\sum SUA'$  = la sumatoria del valor de antropización parcial de todas las SUA y  $n$  = número total de SUA.

### Correspondencia espacial del INRA

Con el fin de darle correspondencia espacial al INRA o para representarlo gráficamente a través de mapas en dos dimensiones, se puede emplear un método sencillo basado en el concepto de unidad pictórica (píxel), donde las SUA y las UA, toman la característica de un píxel o unidad pictórica (textura, color, etc.) equivalente al valor o categoría de la antropización determinada dentro de ellas.

## RESULTADOS

### Usos y/o coberturas del suelo identificadas

En las fotografías aéreas de la zona de estudio (Figura 1), fue posible diferenciar cinco diferentes usos de suelo, de acuerdo con el grado de modificación que se estimó y/o a la cobertura/ uso observada (Tabla 1).

Las categorías SUA se obtienen ubicando una rejilla sobre la imagen digital de la fotografía aérea de la zona de estudio (Fotografía aérea No. 000021, IGAC C-2449 del 20 de Marzo de 1991, escala: 1:60.000) con la ayuda del software ofimático Microsoft Power Point 2000, encontrando los valores para cada una de las doce UA de 1 km<sup>2</sup> en cada una de las categorías (Tabla 2). La categoría más frecuente fue C (0,50), que corresponde con zonas de pastoreo, ocupando el 65% del total del área de estudio. Este tipo de uso de suelo o cobertura se puede considerar como la matriz de los otros tipos de coberturas identificados. La cobertura alcanza sus mayores valores en los UAs 5, 6, 7 y 12, ocupando más del 80% del total de cada UA (Tabla 2, Figura 2).

Tabla 1. Valores de antropización parciales y coberturas correspondientes, asignadas a las celdas de 0,01 Km<sup>2</sup> (SUA) en la zona de estudio que sirvieron de insumo para la cuantificación del INRA.

Categoría	Valor de antropización	Tipo de cobertura identificada
A	0,00	Bosque <sup>1</sup>
B	0,25	Vegetación arbórea sobre drenajes alejados del bosque <sup>2</sup> , y ocasionalmente, vegetación arbórea en huertas caseras
C	0,50	Zonas de pastoreo de ganado vacuno
D	0,75	Zona urbana menos densa (menor reflectancia de luz que en la categoría siguiente y presencia de parches de vegetación)
E	1,00	Zona urbana muy densa (zona con mayor refractancia de luz en la zona de estudio y vegetación no diferenciable)

<sup>1</sup> Parches de bosque probablemente en sucesión secundaria (Wille et al., 2001), con dominancia de roble (*Quercus* sp.)

<sup>2</sup> Esta vegetación arbórea sobre los drenajes presenta extensiones en apariencia largas, pero muy angostas, donde no es posible diferenciar un interior de la vegetación de un borde, por esto se diferencia de la denominada bosque. Las huertas caseras son policultivos de pancoger en pequeñas extensiones de tierra contiguas a lugares de habitación, donde se presentan parches de vegetación arbórea.

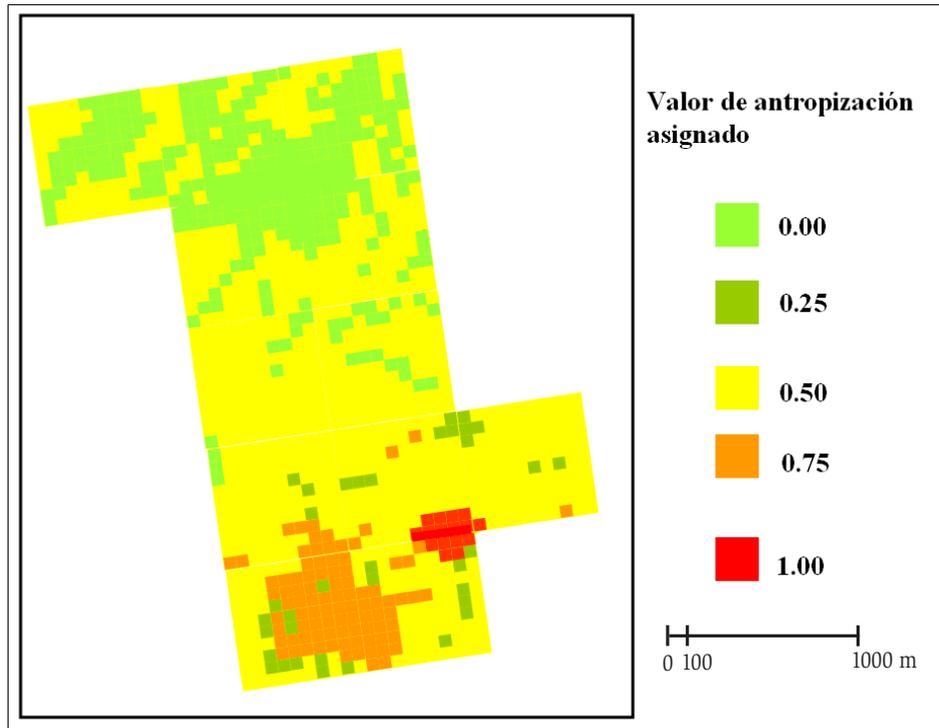


Figura 2. Grados de antropización parciales a una resolución de 0,01 Km<sup>2</sup> (subunidades de análisis, SUA).

Tabla 2. Número de celdas de 0,01 km<sup>2</sup> (subunidades de análisis, SUA) ocupadas por cada categoría de antropización identificada en el área de estudio, para cada unidad de análisis (UA), con los cuales se calculó el INRA de las unidades de análisis. En la columna final se presenta el INRA calculado para cada UA.

UA	A (0.00)	B (0,25)	C (0,50)	D (0,75)	E (1.00)	(INRA)
1	65	0	35	0	0	17,50
2	61	0	39	0	0	19,50
3	43	0	57	0	0	28,50
4	35	0	65	0	0	32,50
5	7	0	93	0	0	46,50
6	18	0	82	0	0	41,00
7	3	3	83	11	0	50,50
8	0	6	81	4	9	54,00
9	0	13	36	51	0	59,50
10	0	8	61	25	6	57,25
11	51	0	49	0	0	24,50
12	0	6	93	1	0	48,75
Total	283	36	774	92	15	
Porcentaje	24	3	65	8	1	

La siguiente cobertura más extensa fue A (0,00), que ocupa el 24% del total del área de estudio. Esta cobertura alcanzó sus mayores valores en los UAs 1, 2 y 11, donde se encontraron partes de los fragmentos de bosque, ocupando en cada uno más del 50% del total de cada UA (Tabla 2, Figura 2). Para la zona urbana se diferenciaron dos tipos de categorías, que diferían de acuerdo con la densidad que se podía apreciar en las fotografías aéreas y a la presencia de pequeños parches de vegetación. Entre estas categorías, la más frecuente fue la identificada con el valor de antropización de 0.75 (D), es decir la menos densa, que ocupó el 8% del total de la zona de estudio y presentó el mayor valor en la UA 9, ocupando el 51% del área de la UA. La categoría E (1.00) o más densamente urbanizada solo ocupó el 1% de la zona de estudio, presentando el mayor valor en la UA 8, en la cual ocupó el 9% (Tabla 2, Figura 2).

La vegetación arbórea sobre drenajes y las huertas caseras (categoría B), ocuparon el 3% del área de estudio, presentando el mayor valor en la UA 9, donde esta categoría estuvo representada principalmente por vegetación de huertas caseras (Tabla 2, Figura 2).

La información para cada celda de 0,01 Km<sup>2</sup> (SUA) se presenta cartográficamente en la Figura 2, donde se ha asignado un color específico para

cada categoría de antropización. Los valores más altos se encuentran en las UAs 9 (59,50), 10 (57,25), 8 (54,00), 7 (50,50) (Tabla 2, Figura 3), que corresponden a las UAs donde se encuentran las zonas urbanas. La UA 9 presenta el mayor valor, debido a que el 51% de esta UA está constituido por zona urbana (Figura 1).

Los valores más bajos de antropización se encuentran en las UAs 1 (17,50), 2 (19,50), 11 (24,50), 3 (28,50) y 4 (32,50); donde se encuentra el fragmento de bosque estudiado (Tabla 2, Figura 3). El menor valor de antropización corresponde a la UA 1, la cual está constituida en un 65% por bosque (Figura 2). Las UAs 5, 6 y 12, presentan valores de antropización entre 40 y 50 (Tabla 2, Figura 3), representando el área donde predominan las zonas de pastoreo (más del 80% en cada UA) (Figura 2).

Los grados de antropización encontrados para cada UA de muestreo fueron diferenciados a escala espacial por medio de colores en tonos de verdes y rojos, como se muestra en la Figura 3. Los tonos corresponden proporcionalmente al grado de antropización. Finalmente en la Figura 4, se muestran los mapas de antropización obtenidos y se compara con la fotografía aérea de la zona, con el fin de mostrar la congruencia del análisis gráfico de la antropización con las fotografías de aspecto real.

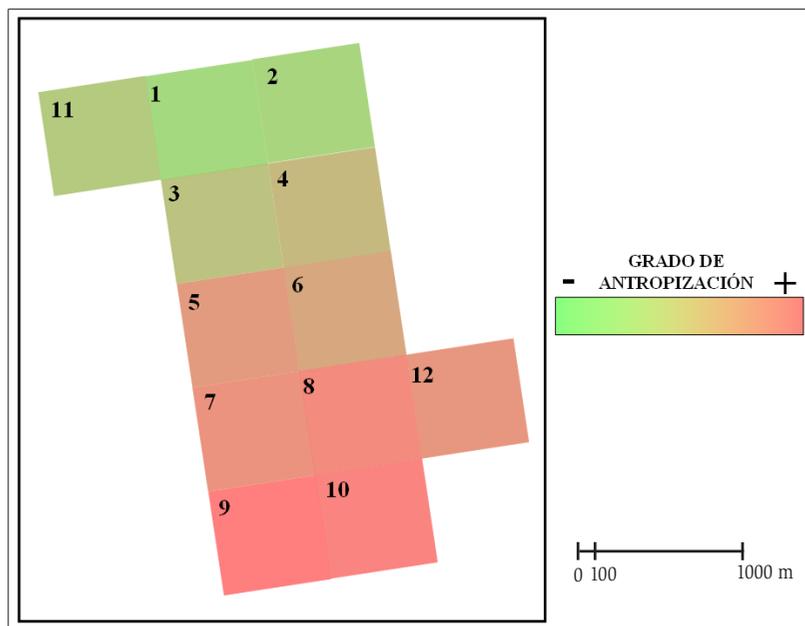


Figura 3. Grados de antropización para cada una de las unidades de análisis (UA).

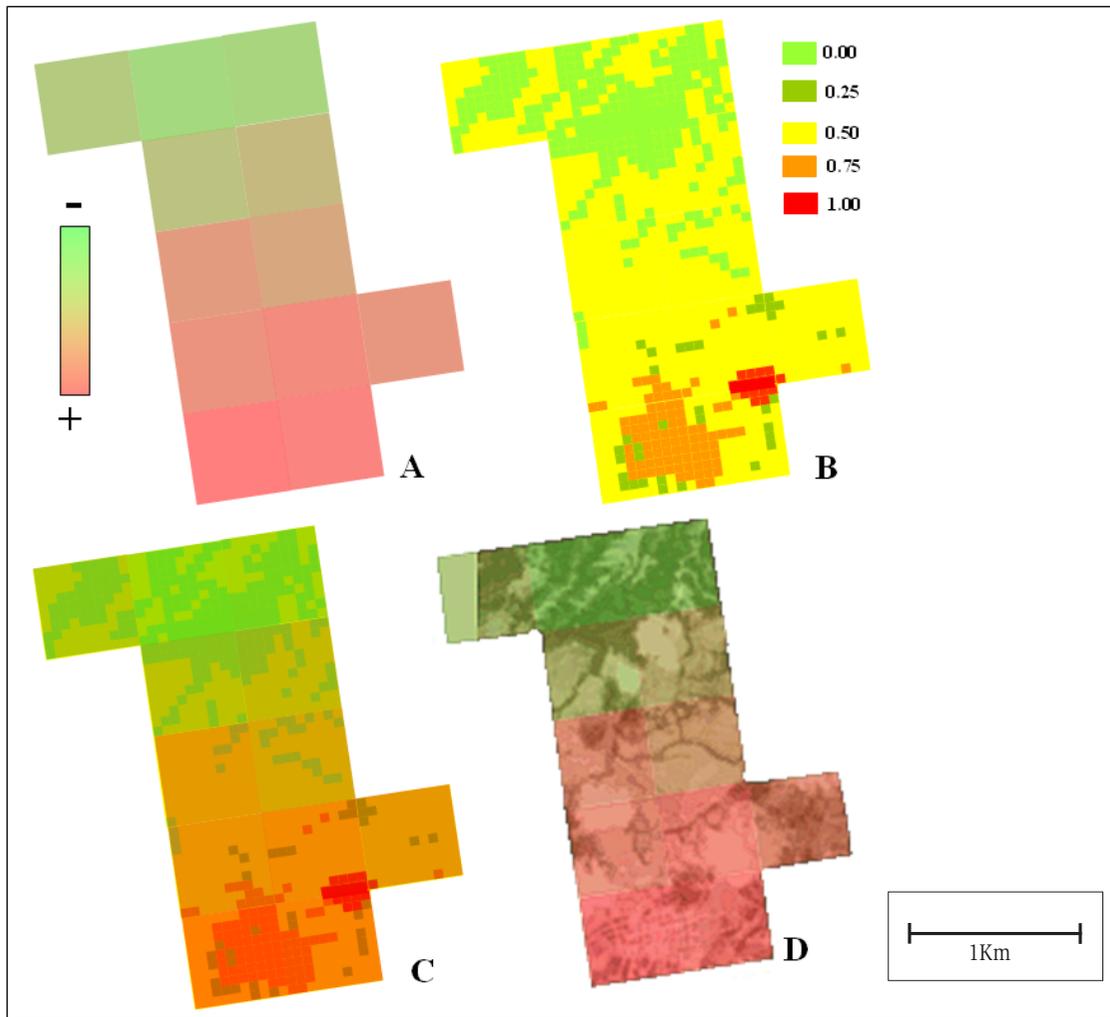


Figura 4. Comparación entre los tipos de análisis de antropización y la fotografía aérea de la zona de estudio. A) Mapa de antropización; B) Grados de antropización parciales a una resolución de 0,01 Km<sup>2</sup> (subunidades de análisis, SUA); C) Superposición entre A y B; D) Superposición entre A y fotografía aérea del área de estudio.

## DISCUSIÓN

El índice de antropización es aplicable a cualquier ecosistema donde puedan identificarse al menos dos tipos diferentes de usos o coberturas del suelo que permitan, de manera relativa, asignar grados de antropización a los diferentes elementos del paisaje. Desde esta perspectiva el INRA es virtualmente aplicable a cualquier ecosistema terrestre y a ecosistemas acuáticos que presenten una heterogeneidad espacial ecológicamente estable o que varía muy poco a escalas de tiempo ecológico y con impacto antrópico identificable (e.g. Frenette et al., 2003; Martínez-Dueñas, 2006; Vis, 2004; Vis et al., 2003).

Martínez-Dueñas (2003), en un estudio hermano del que se presenta aquí, aplicó el INRA para determinar el efecto de la antropización sobre la diversidad de moscas sinantrópicas en la meseta de Popayán (Colombia), encontrando que la antropización juega un papel fundamental en la determinación del acomodo espacial de Calliphoridae (Insecta: Diptera), de acuerdo con la sinantropía de las especies o géneros encontrados. Las especies más afines a los ecosistemas antropogénicos (eusinoantrópicas) se ubicaron principalmente en las zonas con mayor grado de antropización, mientras que un género (*Opsodexia*) de Calliphoridae, considerado asinantrópico o endémico de zonas silvestres o poco antropizadas, mantuvo su distribución espacial en las unidades de análisis con menor

grado de antropización (parches de bosque). Este estudio muestra la utilidad del INRA en los análisis espacialmente explícitos del efecto de la antropización sobre la distribución espacial de la biota.

Torres-Gómez et al. (2009) aplicó una adaptación del método tipo raster que sugiere el INRA, resaltando la importancia de los análisis integrados de usos y cobertura del suelo, aplicando el índice de hemerobia, para analizar la estructura del paisaje a lo largo de gradientes urbano-rurales en la Cuenca del Río Aysén (XI Región, Chile). Los autores evidencian que los análisis de gradientes urbano-rurales y los procesos ecológicos no deben basarse solamente en aspectos urbanísticos, sino tener en cuenta los distintos procesos sociales, económicos, políticos y ambientales que se pueden identificar o analizar a escala del paisaje. Así mismo, Rocha de Freitas (2008) tomó los fundamentos metodológicos del INRA, pero aplicó el índice de hemerobia que permitió establecer el impacto antrópico en la cuenca del Río Cará-Cará (Ponta Grossa, Paraná-Brasil), con el fin de analizar multi-temporalmente la dinámica de ocupación y uso de la tierra y su relación con la legislación relativa a estos procesos, encontrando un aumento de las áreas antropizadas y una reducción de las áreas poco antropizadas, lo cual generó un incremento de los conflictos ambientales.

Los análisis de los procesos de antropización de Torres-Gómez et al. (2009) y Rocha de Freitas (2008) evidencian la importancia conceptual y metodológica de métodos como el INRA, al ofrecer un punto de partida para analizar a escala del paisaje los procesos de transformación antropogénica y sus consecuencias en el ordenamiento territorial, conservación de ecosistemas y análisis de conflictos ambientales.

En conclusión, se puede decir que el INRA permite establecer una medida cuantitativa y fiable de la variación espacial de la antropización, constituyéndose en una herramienta importante para el estudio del impacto antrópico sobre los ecosistemas o alguno de sus elementos constitutivos. No obstante, es imperativo que métodos como el INRA y conceptos como el de antropización se sigan desarrollando y corroborando empíricamente.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy especialmente a Astrid Lorena Perafán Ledezma (Universidad del Magdalena, Colombia), quien apoyó conceptual, logística y moralmente el desarrollo de esta propuesta. A Willy Montoya Palomino por su atenta y minuciosa lectura de este documento y sus acertadas sugerencias. Así mismo al apoyo brindado por el grupo de Investigaciones ANTROPOS de la Universidad del Cauca, Colombia. Finalmente a los evaluadores finales de este artículo y al comité editorial de la Revista INTROPICA por sus significativos y fundamentales aportes.

## BIBLIOGRAFÍA

- Behling, H. Negret, A. J. y H. Hooghiemstra. 1998. Late Quaternary vegetational and climatic change in the Popayán region, southern Colombian Andes. *J. Quaternary Sci.* 13: 43-53.
- Blair, R.B. 1999. Birds and butterflies along an urban gradient: surrogate taxa for assessing biodiversity? *Ecol. Appl.* 9: 164-170.
- Brandt, J. 2000. The landscape of landscape ecologists. *Landscape Ecol.* 15: 181-185.
- Frenette, J.J., M.T. Arts y J. Morin. 2003. Spectral gradients of downwelling light in a fluvial lake (Lake Saint-Pierre, St-Lawrence River). *Aquat. Ecol.* Vol. 37: 77-85.
- Gnecco, C. y Mora, S. 1997. Late pleistocene/early Holocene tropical forest occupations at San Isidro and Peña Roja Colombia. *Am. Antiquity.* 71: 683-690.
- Gnecco, C. 2000. Ocupación temprana de bosques tropicales de montaña. Editorial Universidad del Cauca. Serie Estudios Sociales. Popayán, Colombia. 174 p.
- Halfiter, G. y Arellanos, L. 2001. Variación de la diversidad en especies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) como respuesta a la antropización de un paisaje tropical. En: Tópicos sobre Coleoptera de México. Navarrete-Heredia, J. L. Fierros-López, H. E. y Burgos-Osorio, A. (Eds). Universidad de Guadalajara-Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Guadalajara, México. 35-53.
- James, M.T. y Harwood, R.F. 1969. *Herms's Medical Entomology*. 6th ed. Collier-Macmillan, Don Mills, Ontario. 484 p.
- Limburg, K. y Schmidt, R. 1990. Patterns of fish spawning in Hudson River tributaries: response to an urban gradient? *Ecology* 71: 1238-1245.
- Lobo, J.M. y Morón, M.A. 1993. La modificación de las comunidades de Coleópteros Melolonthidae y Scarabaeidae en dos áreas protegidas mexicanas tras dos décadas de estudios fáusticos. *G. it. Ent.* 6: 391-406.
- Lobo, J.M. 2000. ¿Es posible predecir la distribución geográfica de las especies basándonos en variables ambientales? En: Martín-Piera, F. Morrone, J.J. Melic, A. (Eds). *PrIBES 2000*, <http://entomologia.rediris.es/pribes/index2.htm>.



- Mariluis, J.C. 1999. Notas sobre moscas metalizadas, su importancia sanitaria y ecología (Diptera: Calliphoridae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 58: 1-2.
- Martínez-Dueñas, W.A. 2003. Diversidad y distribución horizontal de Calliphoridae (Insecta: Diptera) en un valle interandino con diferentes grados de antropización (Popayán – Colombia). Tesis de Pregrado, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación, Universidad del Cauca, Colombia, 142 p.
- Martínez-Dueñas W.A. 2006. Modèle spatial de la charge de mercure présent dans le biofilm épiphyte du littoral du lac Saint-Pierre, fleuve Saint-Laurent (Québec). Tesis de Maestría, Instituto de Ciencias del Ambiente, Université du Québec à Montréal - UQAM, Canadá. 68 p.
- McDonnell, M.J. y S.T.A. Pickett. 1990. Ecosystem structure and function along urban-rural gradient: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology* 71: 1232-1237.
- Mosyakin, S.L. y M.V. Shevera. 2005. V International Conference “Anthropization and environment of rural settlements. Flora and vegetation” Proceedings of the Conference. Kyiv: M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2005. 282 p. <http://www.nbuv.gov.ua/Ellib/botany/texts/Uzgorod.pdf>
- Rastelli, F., L. Staffolani y K. Hruska. 2003. Ecological study of the vegetal component in the terrestrial ecotones of central Italy. *J. Mediterr. Ecol.* 4: 39-43.
- Reynaud, P.A. y J. Thioulouse. 2000. Identification of birds as biological markers along a neotropical urban-rural gradient (Cayenne, French Guiana), using co-inertia analysis. *J. Environ. Manage.* 59: 121-140.
- Rocha de Freitas, A. 2008. A repercussão da legislação na dinâmica do uso da terra na Bacia do Rio Cará-Cará, Ponta Grossa - PR, no período de 1980 a 2007. Tesis de Maestría, Departamento de Geociências, Sector Ciências Exatas y Naturais, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil, 110 p. [http://www.bicen-tede.uepg.br/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=170](http://www.bicen-tede.uepg.br/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=170).
- Steenmans, C. y U. Pinborg. 2000. Anthropogenic fragmentation of potential semi-natural and natural areas. En: from land cover to landscape diversity in the european union. European Commission - DG AGRI, EUROSTAT and the Joint Research Centre (Ispra) - and the European Environmental Agency. <http://ec.europa.eu/agriculture/publi/landscape/ch5.htm>
- Steinhardt, U., F. Herzog, A. Lausch, E. Müller y S. Lehmann. 1999. Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. En: Pykh, Y.A. Hyatt, D. E. and Lenz, R. J. (eds): *Environmental Indices – System Analysis Approach*. Oxford, EOLSS Publ.: 237-254.
- Torres-Gómez, M. A., L.E. Delgado, V.H. Marín y R.O. Bustamante. 2009. Estructura del paisaje a lo largo de gradientes urbano-rurales en la cuenca del río Aisén (Región de Aisén, Chile). *Rev. Chil. Hist. Nat.* 82: 73-82.
- Vis, C., C. Hudon y R. Carignan. 2003. An evaluation of approaches used to determine the distribution and biomass of emergent and submerged aquatic macrophytes over large spatial scales. *Aquat. Bot.* 7: 7-201.
- Vis, C. 2004. Importance relative des producteurs primaires sur la production globale du lac Saint-Pierre, un grand lac fluvial du Saint-Laurent. Tesis de Doctorado, Université de Montréal, Canadá, 201 p.
- Wear, D.N., M.G. Turner y R.J. Naiman. 1998. Land cover along an urban-rural gradient: implications for water quality. *Ecol. Appl.* 8: 619-630.
- Wille, M., H. Hooghiemstra, H. Behling, K. Van der Borg y A.J. Negret. 2001. Environmental change in the Colombian subandean forest belt from 8 pollen records: the last 50Kyr. *Veget. Hist. Archeobot.* 10: 61-77.

Fecha de recepción: 12/06/2009  
Fecha de aceptación: 04/05/2010