

## **Indicadores para la evaluación de la calidad ambiental del municipio Bauta**

José Alcaide Orpí <sup>(1)</sup>, Betty Gutiérrez Pérez <sup>(1)</sup>, Lina Rey Gallego <sup>(1)</sup>, Luis Salas Gómez <sup>(2)</sup>,  
José R. Díaz de Terán <sup>(2)</sup>, Jesús Soto Torres <sup>(3)</sup>.

<sup>(1)</sup> Instituto de Geofísica y Astronomía. Calle 212 No.2906, La Lisa, C. Habana, CP 11600, Cuba.

<sup>(2)</sup> Universidad de Cantabria, Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada, Facultad de Ciencias, Avenida de los Castros S/N, Santander, Cantabria.

<sup>(3)</sup> Universidad de Cantabria, Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Avenida Cardenal Herrera Oria, S/N 39011, Santander, Cantabria, España

Recibido: enero-octubre, 2003	Aceptado: noviembre, 2003
-------------------------------	---------------------------

### **Resumen**

Los estudios de las ciencias ambientales intentan, cada vez más, la cuantificación de las características ambientales de una región, con la selección de indicadores que representen aspectos de la calidad ambiental del territorio. Para la ejecución de este trabajo se tomó el enfoque novedoso propuesto por el proyecto ELANEM (Red euro-latinoamericana de monitorización y evaluación ambiental) que se lleva a cabo por un equipo multidisciplinario de diez universidades y centros de investigación Europeos y Latinoamericanos dentro del programa INCO de la Unión Europea.

Con el objetivo de aplicar una metodología consistente en determinar la calidad ambiental del territorio del municipio de Bauta, mediante la elección de un conjunto de índices cuantitativos, se tomó como base de trabajo los materiales e informaciones facilitadas por el gobierno y los diferentes organismos e instituciones del territorio. Este objetivo está dado por la necesidad de diseñar modelos de desarrollo, sostenibles en términos socioeconómicos y ambientales, que pueden ser evaluados por indicadores concretos de aplicación general, significativos y sencillos de obtener.

Como resultado se obtuvieron un grupo de indicadores de presión, estado y respuesta para cada una de las cualidades abordadas: Grado de Naturalidad, Fuente, Sumidero y soporte/servicio, asignándose a todos los indicadores cinco niveles del valor correspondiente y aplicando los índices de calidad ambiental a cada una de estas cualidades, obteniéndose con la aplicación de una media aritmética la calidad ambiental de la unidad territorial del municipio Bauta.

**Palabras clave:** Calidad ambiental.

### **Abstract**

The trend of studies of the environmental sciences is the quantification of the environmental characteristics of the region, with the selection of indicators that it represent aspects of the environmental quality of the territory. For the execution of this work we took the novel focus proposed by the project ELANEM (Euro-Latin American Network for environmental assessment and monitoring) that is taken to end by a team of ten universities and European investigation centers and Latin Americans inside the program INCO of the European Union.

With the objective of applying unites consistent methodology in determining the environmental quality of the territory of the municipality of Bauta, by means of the election of a group of quantitative indexes, we took like work base the materials and information facilitated by the government and the different organisms and institutions of the territory. This objective is die for the necessity of designing development models, sustainable in socioeconomic and environmental terms that can be evaluated by general, significant and simple concrete indicators of application of obtaining.

As a result a group of indicators of pressure, state and answer were obtained for each one of the approached qualities: Naturalness, Source of resources, sink of wastes and support/services, being assigned to all the indicators five levels of the corresponding value and applying the indexes of environmental quality to each one of these qualities, being obtained with the application of the arithmetic mean the environmental quality of the territorial unit of the municipality Bauta.

**Key words:** Environmental quality.

## **Introducción**

Desde hace algún tiempo un número cada vez mayor de habitantes de nuestro planeta, entidades y gobiernos, viene preocupándose en mayor o menor grado por el grave derrotero al que nos conduce una explotación despiadada e irracional de los recursos naturales. Está bien fundada preocupación promovió que la Comisión de Naciones Unidas sobre medio Ambiente y Desarrollo publicara el Informe de Brundtland en 1987.

En este documento se enuncia el siguiente concepto de desarrollo sostenible: Desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de generaciones futuras de cubrir las suyas. Este concepto tan sencillo y de fácil comprensión, implica no obstante, un compromiso de acometer acciones que conduzcan a establecer parámetros que nos permitan mantener una vigilancia permanente sobre nuestra actividad de relación con el medio, de modo que podamos tomar de él lo necesario sin menoscabo de las reservas que deben preservarse para las futuras generaciones.

Esto que parece tan lógico, entraña la necesidad de contar con indicadores cuantitativos, que nos permitan obtener índices numéricos, que faciliten la toma de decisiones en relación con las políticas ambientales, estableciendo así, si determinada política es más o menos sostenible que otra [Cendrero, 1997]. Los indicadores cumplen tres funciones principales en cuanto a la información; la simplifican, la cuantifican y facilitan su comprensión.

En el marco del Proyecto Internacional de investigación, financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) titulado: "Desarrollo y aplicación de una metodología para el ordenamiento territorial y evaluación ambiental en la parte Noroccidental de las Provincias La Habana y Ciudad de La Habana, Cuba" desarrollados en conjunto, entre el Instituto de Geofísica y Astronomía y la Universidad de Cantabria, España, los autores se proponen aplicar estos novedosos conceptos, tomando como base la propuesta de indicadores comunes elaborada en las reuniones de coordinación del Proyecto ELANEM (Euro-Latin American Network for Environmental assessment and Monitoring) [ELANEM, 1999].

El territorio del municipio Bauta que se encuentra ubicado en la porción Noroeste de la Provincia La Habana, limitando al Oeste con el Municipio La Lisa, al Este con el Municipio Caimito, al Sur con el Municipio San Antonio de Los Baños y al Norte con el Estrecho de la Florida.

Posee una extensión territorial de 15 638 Ha (156,3 km<sup>2</sup>), lo que representa el 2,8 % de la superficie total de la provincia La Habana. La población total del Municipio alcanza la cifra de 42 380 habitantes, con una densidad de población de 288.3 hab/km<sup>2</sup>, distribuidos en 9 asentamientos urbanos y 21 rurales.

En el Municipio Bauta el 98 % de la población cuenta con los servicios de suministro de agua, pero sólo el 22 % cuenta con servicios de alcantarillado, presentando serias dificultades con la evacuación de las aguas residuales, motivado fundamentalmente por la existencia de fosas y drenajes pluviales con fosas conectadas que vierten a la vía pública las aguas albañales.

La economía de la región se basa fundamentalmente en la ganadería, con la presencia de 42 unidades y 14 microvaquerías. Otras unidades importantes son 7 granjas avícolas, 8 granjas porcinas y un matadero. Otro renglón económico es la explotación minera a cielo abierto de rocas calizas para la producción de materiales de construcción y como roca ornamental. Las industrias están representadas fundamentalmente por la Textilera Ariguanabo, una fábrica de fósforo y la planta pasteurizadora, Balkan.

El principal potencial turístico del territorio, lo representan las zonas de playa, situadas en la línea costera del municipio, que sólo abarca unos 4km.

## **Materiales y métodos**

En este trabajo se define un grupo de indicadores de presión, estado y respuesta para cada una de las cualidades abordadas: grado de naturalidad, fuente, sumidero y soporte/servicio.

Los factores de presión son las actividades humanas que actúan sobre el ambiente y producen cambios de calidad. Se pueden caracterizar a través de indicadores que cuantifiquen aspectos concretos de la actividad del hombre que modifique el valor de un indicador de la calidad o bien a través de indicadores que cuantifiquen de manera global las actividades de producción y consumo (Soto, J. et al 2000).

Los factores de estado caracterizan la situación del medio ambiente y los de respuesta son consideradas las actividades humanas, que modifican la acción de los factores de presión sobre el ambiente.

Al interesarnos por la calidad ambiental se impone añadir a las cualidades del medio ya mencionadas; fuente, sumidero y soporte, una muy importante, que marca justamente la diferencia aportada por la acción antrópica. Esta cualidad es el grado de naturalidad.

Se entiende como grado de naturalidad de una región, la ausencia de modificaciones introducidas por el hombre. Según SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment), 1995, se puede concebir el papel del medio como fuente de diversos recursos, como sumidero de distintos tipos de residuos generados por las actividades humanas y como soporte de dichas actividades. Por otra parte la actividad humana sobre el medio influye sobre la capacidad de este para cumplir los tres tipos de funciones antes mencionados.

Como unidad ambiental se escogió todo el territorio del municipio Bauta, lográndose realizar una caracterización del mismo con los datos aportados por diferentes organismos e instituciones del territorio (Poder Popular, Higiene y Epidemiología, Acueducto y Alcantarillado, Servicios Comunes, Geocuba, Estado Mayor de la Defensa, Departamento de Arquitectura y Urbanismo, Recursos Hidráulicos, Educación y otros) y la cartografía de diferentes aspectos del medio físico y socioeconómico que lo constituyen.

La segunda etapa consistió en identificar y establecer los indicadores que pudieran servir para medir la calidad ambiental. Para ello se tomó como base la propuesta de indicadores comunes elaborados por el proyecto ELANEM [ELANEM, 1999].

Del conjunto de indicadores de Presión, Estado y Respuesta se seleccionaron para cada una de las cualidades, los siguientes:

A) Cualidad: Grado de naturalidad:

- 1- Indicadores de Presión: Densidad de vías de comunicación (carreteras, autopistas, trenes y caminos, pistas forestales).
- 2- Indicadores de Estado: Grado de intervención de los cursos de aguas, cursos contaminados por nitratos y superficie con riesgo de contaminación de acuífero.
- 3- Indicadores de Respuesta: Territorio protegido.

B) Cualidad: Fuente:

1- Indicadores de Presión:

Biota: Área boscosa para su explotación.

Recursos minerales: Superficie afectada.

Suelo: Población y Explotaciones.

Agua: Caudales disponibles.

2- Indicadores de Estado:

Biota: Superficie de formaciones pastables naturales y superficie de formaciones arbóreas y arbustivas.

Recursos minerales: Extracción anual por habitante de la unidad.

Suelo: Suelo cultivable y suelo cultivado.

Agua: Consumo sobre caudales y reservas.

3- Indicadores de Respuesta:

Biota: Hábitats protegidos.

Recursos minerales: Superficie restaurada.

Suelo: Superficie protegida.

Agua: Inversión pública total en abastecimiento y depuración de agua.

C) Cualidad: Sumidero.

1- Indicadores de Presión:

Suelos: Residuos sólidos urbanos controlados.

Agua: Consumo anual.

2- Indicadores de Estado:

Suelos: Área afectada por vertederos industriales.

3- Indicadores de Respuesta:

Suelo: Gastos invertidos en manejo de residuos sólidos urbanos.

Agua: Actas de infracción por contaminación industrial.

D) Cualidad: Soporte/ servicios

1.- Indicadores de Presión: Densidad de población y Visitantes/ año/km<sup>2</sup>.

2.- Indicadores de Estado: Territorio sin limitaciones geotécnicas, territorio con riesgo y construida. Sitios de atractivo natural y superficie de playas.

3.- Indicadores de Respuesta: Inversión en programas de mitigación y territorio con espacio natural protegido.

La tercera etapa consistió en calcular el valor de cada indicador. Aquí uno de los problemas consiste en saber cuál es el valor máximo y el mínimo que puede tener ese indicador. Para resolverlo se utiliza un procedimiento

para transformar los resultados en una escala máxima de cien y mínima de cero. El indicador final estandarizado se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$I = 100 (V_{\max} - V_{\text{medido}}) / (V_{\max} - V_{\min})$$

Donde: I: valor normalizado del indicador; V<sub>max</sub>: valor máximo del indicador en la zona de estudio; V<sub>min</sub>: valor mínimo del indicador en la zona de estudio; V<sub>cal</sub>: valor medido del indicador.

La media aritmética, obtenida de la suma de todos los indicadores normalizados (estandarizados) entre el total de indicadores medidos para cada uno de los indicadores de presión, estado y respuesta de cada cualidad estudiada (grado de naturalidad, fuente, sumidero y soporte), nos brinda el valor final para hallar el índice de calidad ambiental, que estará expresado en una escala cuyo valor máximo será cien y el mínimo cero, donde la clase 1 incluye valores del 1 al 19, la clase 2, de 20 a 39, la 3 entre 40 y 59, la 4 entre 60 y 79 y la 5 entre 80 y 100, correspondiendo los valores más altos a la situación ambiental más positiva.

## Resultados y discusión

Obtención de indicadores en la unidad territorial del Municipio Bauta.

**Tabla I.-** Indicadores de la cualidad Grado de Naturalidad

Cualidad: Grado de Naturalidad		Valor Medido	Valor Estandarizado
Presión	Densidad de vías de comunicación: Carreteras, autopistas, trenes	0.86 km/ km <sup>2</sup>	83
	Caminos, pistas forestales	0.67 km/ km <sup>2</sup>	86.6
Estado	Grado de intervención de los cursos de aguas.	100 %	0
	Cursos contaminados por nitratos.	60%	40
	Superficie con riesgo de contaminación de acuífero.	90%	10
Respuesta	Territorio protegido.	31%	69

La media aritmética de los indicadores de presión, estado y respuesta de la cualidad grado de naturalidad da un valor de 48,1. Los valores obtenidos corresponden a la clase 3 (40 – 59) que representan una calidad ambiental intermedia de acuerdo a la clasificación expuesta anteriormente.

Es importante llamar la atención, en el hecho, que la tendencia en el tiempo de la cualidad grado de naturalidad, ha ido en deterioro con el avance del desarrollo en el territorio, esto ha sido corroborado con el estudio e interpretación de fotografías aéreas de diferentes años, donde se ha podido observar e incluso cartografiar, lo cambios ocurridos en el medio natural por el propio desarrollo urbanístico que ha tenido el municipio a lo largo de más de 45 años y que puede ser constatado en la actualidad por observaciones directas en las diferentes unidades ambientales naturales del territorio.

**Tabla II.-** Indicadores de la cualidad Fuente

Cualidad: Fuente		Valor Medido	Valor Estandarizado
Presión	Biota	Area boscosa para su explotación	13%
	Recursos minerales	Superficie afectada	3.8%
	Suelo	Población Explotaciones	2.71 Hab/Ha 2 Expl/km <sup>2</sup>
	Agua	Caudales disponibles.	1307742 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup>
Estado	Biota	Superficie de formaciones pastables naturales	80%
		Superficie de formaciones arbóreas y arbustivas	38%
	Recursos minerales	Extracción anual por habitante de la unidad.	0.81 m <sup>3</sup> /pers.

*Indicadores para la evaluación de la calidad ambiental del municipio Bauta*

	Suelo	Suelo cultivable Suelo cultivado	80% 40%	20 60
	Agua	Consumo sobre caudales Reservas	38.45 4823 m <sup>3</sup> /hab.	62 3.8
Respuesta	Biota	Hábitats naturales protegidos	0%	0
	Recursos minerales	Superficie restaurada	0%	0
	Suelo	Superficie protegida	0%	0
	Agua	Inversión pública total en abastecimiento y depuración de agua.	\$7.1 /pers./año	99

La media aritmética de los indicadores de presión, estado y respuesta de la calidad fuente da un valor de 56,49. Los valores obtenidos corresponden a la clase 3 (40 – 59) que representan una calidad ambiental intermedia de acuerdo a la clasificación expuesta anteriormente.

Es indudable, que la explotación continuada de los recursos del medio como fuente de consumo en el transcurso de muchos años, ha traído como consecuencias, resultados sumamente negativos. El deterioro, el mal aprovechamiento y mal manejo de los recursos naturales cobra en el transcurso del tiempo un empobrecimiento de su calidad e incluso la pérdida irreparable de algunos de estos recursos.

**Tabla III.-** Indicadores de la calidad Sumidero

Calidad: Sumidero			Valor Medido	Valor Estandarizado
Presión	Suelos	Residuos sólidos. Urbanos. controlados	80%	80
	Agua	Consumo anual	197.37 m <sup>3</sup> / hab./año	80
Estado	Suelos	Área afectada por vertederos industriales.	5%	70
Respuesta	Suelo	Gastos invertidos en manejo de RSU	70 %	70
	Agua	Actas de infracción por contaminación. Industrial.	5.2 No/No. industrias	94.5

De la media aritmética de los indicadores de presión, estado y respuesta de la calidad sumidero se obtuvo un valor de 78,9. En este caso, los valores obtenidos corresponden a la clase 4 (60 – 79) que representan una calidad ambiental por encima de la media de acuerdo a la clasificación expuesta anteriormente.

En este caso cabe destacar que el medio natural al actuar como sumidero de los distintos tipos de residuos generados por las actividades humanas ha podido en parte asimilar o lo que es igual reciclar, en este caso los residuos degradables, pero sin lugar a dudas la cantidad de residuos cada vez más crecientes que genera el hombre está conllevando a una tendencia nada favorable que aumenta con el transcurso del tiempo.

**Tabla IV.-** Indicadores de la calidad Soporte – Servicios

Calidad: Soporte/ Servicios		Valor Medido	Valor Estandarizado
Presión	Densidad de población	271 hab/ km <sup>2</sup>	94.6
	Visitantes/año/km <sup>2</sup>	6.36 Vist/año/km <sup>2</sup>	95
Estado	Territorio sin limitaciones geotécnicas.	89 %	89
	Territorio con riesgo y construida.	2%	98
	Sitios de atractivo cultural.	0.038sitios/km <sup>2</sup>	10
	Superficie de playas.	0.024 m <sup>2</sup> /hab.	10
Respuesta	Inversión en programas de mitigación.	\$636 /km <sup>2</sup>	36.4
	Territorio con espacio natural protegido	0 %	0

De la media aritmética de los indicadores de presión, estado y respuesta de la calidad soporte/servicios se obtuvo un valor de 54.12. Los valores para ésta calidad corresponden a la clase 3 (40 – 59) que representan una calidad ambiental intermedia de acuerdo a la clasificación presentada.

El índice de calidad ambiental (EQ), se obtiene a partir de la media aritmética de los valores obtenidos en cada una de las cualidades: Grado de naturalidad (IN), fuente (IF), sumidero (IS ) y soporte/servicios (ISS)

$$EQ = ( IN + IF + IS + ISS ) / 4$$

$$EQ = ( 48.1 + 56.49 + 78.9 + 54.12 ) / 4$$

De acuerdo al valor obtenido del índice de calidad ambiental, EQ= 59.40 concluimos, que la unidad territorial es de clase 3 (40-59), Queda, por lo tanto evidenciado que la calidad ambiental del territorio del municipio Bauta, está afectada, con una tendencia negativa. y que requiere de la actuación inmediata de los organismos decisores en materia de política ambiental del territorio para que se tomen las medidas requeridas para contrarrestar y minimizar el impacto negativo que está ocurriendo con la calidad ambiental del municipio.

### **Conclusiones**

1. Los indicadores ambientales representan un instrumento de gran utilidad para cuantificar, simplificar y sistematizar la información relacionada a los distintos aspectos del medio ambiente, que resulta básica para la toma de decisiones en relación con las políticas ambientales que se llevan a cabo. En este trabajo se utilizaron de forma integral, indicadores de las cuatro cualidades abordadas (grado de naturalidad, fuente, sumidero y soporte) utilizando el esquema de presión - estado - respuesta.
2. Fue posible aplicar en la unidad ambiental, del territorio comprendido por el municipio Bauta, un procedimiento novedoso propuesto por los investigadores del proyecto ELANEM, para la obtención de indicadores cuantificables para medir la calidad ambiental del territorio.
3. Por el valor del índice de calidad obtenido, podemos concluir, que el territorio de municipio Bauta, está sometido a importantes cambios, que repercuten de forma negativa en el medio ambiente, por lo que sería recomendable que las entidades competentes, revisaran las actuales políticas ambientales que se aplican en ese territorio con vistas a tomar las medidas necesarias para mitigar los principales problemas que lo están afectando.
4. Esta investigación constituye un primer paso en la obtención de un grupo de indicadores ambientales que servirán de base para confeccionar un mapa de "calidad ambiental" del territorio del Municipio Bauta, Provincia La Habana, no obstante constituye de por sí, una útil herramienta de trabajo para quienes tienen que tomar las decisiones en materia de política ambiental, ya que el indicador de calidad ambiental permite revalorar el estado del territorio en el tiempo.
5. El resultado obtenido representa un importante aporte en el conocimiento de la calidad ambiental actual del territorio y puede representar una importante herramienta para el estudio y dinámica de la calidad ambiental del municipio.

**Referencias**

- Cendrero, A. (1997): Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones. 1137-8603, No. 12, 5-25
- Cendrero, A., D.W. Fischer (1997): A procedure for assessing the environmental quality of coastal areas for planning and management. *Journal of Coastal Research*, 13, 3, 732-744
- ELANEM (1999): Red euro-latinoamericana de monitorización y evaluación ambiental. Reunión de coordinación, Ensenada, México (Febrero 2000) y Second ELANEM workshop, Santander, Cantabria, España (Septiembre 2000).
- SCOPE (1995): Environmental indicators, a systematic approach to measuring and reporting on the environment in the context of sustainable development in, indicators of sustainable development for decision-making, Eds. N. Gouzee, B. Billharrz, Federal Planning Office, Bruselas: 1-25.
- Soto, J., L. Sevilla, et al. (2000): Índices de calidad ambiental y salud. Proyecto ELANEM. (Inédito).