

PROPUESTA DE INDICADORES AMBIENTALES SECTORIALES PARA EL TERRITORIO DE MOA

PROPOSAL OF ENVIRONMENT SECTORIAL INDICATORS TO MOA REGION

OLGA VALLEJO RAPOSO

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.
E-mail: ricardoc@minas.upm.es

RAFAEL GUARDADO LACABA

Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

RESUMEN: Los indicadores ambientales permiten un rápido diagnóstico de los cambios ambientales que ocurren en el medio y son un reflejo de organización conceptual para la evaluación de los cambios de los ecosistemas como resultado de la acción humana. Los autores proponen indicadores ambientales sectoriales, que se dividen en indicadores de tendencia, indicadores de impacto e indicadores económicos para el medio geominero, el cual ha sido considerado devastador pero fuente y a la vez soporte del bienestar humano en el territorio y la nación. Estos indicadores ambientales permiten desarrollar mejor el trabajo multidisciplinario, llevar con más rigor la gestión ambiental y el ordenamiento minero-ambiental, y así lograr tomar decisiones precisas y oportunas.

Palabras claves: indicadores ambientales, indicadores sectoriales, ordenamiento minero-ambiental.

ABSTRACT: The environmental indicator allows an express diagnostic of environmental changes happened in the mean. They are a reflection of conceptual organization for the evaluation of the changes in the ecosystems as a result of the human action. The authors shows a proposal of environmental sectorial indicators that to separate into trend indicators, impact indicators and economic indicators for the environmental geominer. This impact has been considered as devastating but the same time it has been a source and support for the well being of the people of the territory and the nation. This indicators allows to develop the work multidisciplinary better, to take with but rigor the environmental administration and the classification of the territory, being able to make decisions more specify and oportune.

Key words: environment indicator, sectorial indicator, mining-environment ordenation.

INTRODUCCIÓN

Moa es un municipio de la provincia de Holguín ubicado en la parte nororiental de Cuba. Posee las mayores reservas niquelíferas del país, lo que implica una importante actividad minero-metalúrgica en este territorio. Es en la década de los 50 cuando geológicamente son explotadas con mayor intensidad las riquezas minerales de la región y en la segunda mitad de este decenio comienza el montaje de una planta para la extracción del níquel (empresa Pedro Sotto Alba). Como consecuencia de la construcción de la planta y la falta de empleo en otras regiones del país, se produce la primera gran migración a este lugar, y surge así la ciudad de Moa. En la actualidad existen dos empresas minero-metalúrgicas que se

dedican a la extracción del níquel en esta región, una es la antes mencionada, con tecnología de lixiviación ácida a presión, y la otra la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, con tecnología carbonato-amoniaco. Existe otra planta en fase de construcción.

El desarrollo productivo de la industria minero-metalúrgica provoca un gran impacto sobre el medio ambiente. Este deterioro se debe en parte a un uso irracional de los georrecursos, por lo que no se puede hablar de desarrollo armónico y menos de sostenibilidad. Una herramienta clave que marca las pautas para alcanzar este desarrollo sostenible son los indicadores ambientales.

Se define como indicador ambiental "una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin

de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones" (Berger, 1998). Un caso particular de los indicadores ambientales son los indicadores de integración sectorial, que interrelacionan el sector minero-metalúrgico y el entorno desde la óptica de la toma de decisiones.

Los indicadores ambientales constituyen un instrumento fundamental en el desarrollo de las políticas medioambientales y permiten conocer con más profundidad la situación que en este sentido se ejerce sobre el terreno. En los últimos años han adquirido relevancia, debido a que los mismos permiten la toma de decisiones y la mitigación de los impactos ambientales.

El trabajar con los indicadores ambientales requiere de una información sintética y científica que permita así facilitar la toma de decisiones en las políticas ambientales. El origen de los indicadores ambientales se encuentra en los indicadores sociales, pero a diferencia de éstos los indicadores ambientales surgen de una urgencia política y tienen un desarrollo informático y tecnológico que aquéllos no tuvieron. El empleo de los indicadores ambientales obedece a dos razones: la primera de ellas es la necesidad de contar con la información adecuada para tomar decisiones referentes a la protección del ambiente y para un seguimiento de las mismas en término de un "desarrollo sostenible" (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, 1994), y la segunda es la necesidad de reducir la gran cantidad de información científica del medio ambiente a un número manejable de parámetros, apropiado para los procesos de toma de decisiones y de información pública (Environment Canada, 1991).

Cada país aplica un sistema propio; para tener una visión internacional se refieren algunos de los países que han desarrollado sus sistemas de indicadores.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) tiene entre sus objetivos promover el desarrollo sustentable, para ello propone un sistema de estadísticas ambientales. Este mismo modelo de sistemas de indicadores ambientales también se desarrolla para España. En 1991, Canadá definió un sistema de indicadores ambientales sobre el cual aún se sigue trabajando. La Agencia de Protección Ambiental de Suecia también ha puesto en marcha un sistema de indicadores ambientales capaz de ofrecer una visión global del estado de los ecosistemas. La Unión Europea dispone de tres generaciones de estadísticas sobre el estado del medio ambiente, y el sistema de indicadores de Presión - Estado - Respuesta. El objetivo del sistema noruego es proporcionar indicadores del estado del medio ambiente, es decir, de la respuesta del medio a las presiones ocasionadas por la actividad humana. La Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas desarrolló en el año 1985 una propuesta y los Países Bajos presentan un sistema desde el punto de vista político. El programa SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment), en colaboración con la Comisión sobre Desarrollo Sos-

tenible del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, ha acometido un proyecto sobre Indicadores de Desarrollo Sostenible. La OCDE también ha elaborado una aplicación de los sistemas de indicadores de integración sectorial para los sectores de la energía y el transporte.

El indicador ambiental debe permitir una lectura sucinta, comprensible y científicamente válida de los fenómenos ambientales en cuestión. Este indicador deberá describir un campo de información, lo que constituye una síntesis que va más allá de lo que el propio parámetro dice. Los indicadores responden a las cuestiones ambientales que interesan en la toma de decisiones. No existe un modelo único de sistema de indicadores; así, los indicadores ambientales están destinados a proveer una visión agregada del estado del medio ambiente de un país, coherente con los intereses sociales dominantes y útil para los procesos de toma de decisiones en este campo.

Los autores en este trabajo proponen un conjunto de indicadores ambientales que permiten ordenar el trabajo minero-ambiental del territorio y alcanzar una sustentabilidad dentro de la actividad minero-metalúrgica de la región. A modo de resumen, podemos señalar que el conjunto de sistemas de indicadores propuesto para el desarrollo minero-metalúrgico en Moa son los indicadores de integración sectorial, cuyo objetivo es integrar los aspectos ambientales en las políticas sectoriales.

CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES AMBIENTALES COMO POLÍTICA DE ORDENAMIENTO Y PLANEAMIENTO MINERO-AMBIENTAL

El debate conceptual de los niveles del desarrollo sostenible parece que está llegando a su fin. La eficiencia tecnológica, la calidad tecnológica de producción de productos, el reciclaje de materiales y el desarrollo de tecnologías con un dominio racional de los geo-recursos, traerán consigo un acercamiento práctico a la sustentabilidad del terreno. En esto desempeñan un gran papel los indicadores ambientales. Sus valores, considerados dentro de niveles máximos y mínimos, permitirían conocer la transformación que ellos ejercen dentro de todo tipo de proceso tecnológico, así como conocer la calidad productiva del sistema. Es como si las causas y efectos se pudiesen expresar, cuantitativa y cualitativamente para el implemento de una nueva difusión de un sistema tecnológico para implementar en el complejo minero-metalúrgico. No se trata de indicadores económicos, se trata de indicadores que midan el desarrollo sustentable: densidad poblacional, calidad del desarrollo del proceso productivo, deterioro de los recursos naturales y humanos, niveles de contaminación del medio físico, etc. El definir los indicadores de carga, estado, respuesta y sustentabilidad es la gran tarea que tenemos por delante dentro de todo tipo de proceso sistemático, como lo es el minero-metalúrgico y su incidencia social en la población. En la Organización del Desarrollo Minero Metalúrgico Sustentable (ODMMS) y con bases en los elementos brindados por la Agenda 21 y otros documentos rectores, hemos propuesto cuatro temáticas:

1. Establecimiento de una política de ordenamiento y planeación.
 - Análisis de la política minera.
 - Análisis de la seguridad y estabilidad.
 - Gestión ambiental y uso racional del suelo.
 - Gestión ambiental y sustentabilidad de las actividades primarias y secundarias.
2. Mejoría, perfeccionamiento y rectificación de la gestión de los recursos naturales.
 - Rehabilitación y conservación del terreno.
 - Uso eficiente de los recursos hídricos.
 - Uso eficiente de los recursos minerales.
 - Uso eficiente de la minería tecnológica del proceso metalúrgico.
3. Capacitación de los recursos humanos e institucionales.
 - Entrenamiento y educación.
 - Participación en el desarrollo minero-metalúrgico.
4. Apertura segura del uso de la actividad geológico-minera.
 - Gestión geológico-minero-metalúrgica. Exploración, explotación, procesamiento del mineral.
 - Aplicación y gestión tecnológicas.
 - Eficiencia minero-metalúrgica.

Los indicadores pueden ser desarrollados para cada categoría de la ODMMS, de tal manera que permitan medir las condicionales y las tendencias críticas de cada uno de estos sectores. Por lo general, los cambios de la sustentabilidad se manifiestan tridimensionalmente en lo ambiental, lo económico y lo social, y además en las necesidades del comercio internacional, es decir, en lo relacionado con el crecimiento económico y la protección del medio; todos ellos quedan determinados por un sistema dinámico que deberá estar equilibrado. Los tres elementos del desarrollo sustentable son valorados con determinada efectividad, e incluirán:

- Exploración y aplicación de tecnologías.

- Las variaciones del mercado / comercio internacional.
- La asignación de recursos (inversiones en lo urbano, rural y lo industrial).
- Capacidad portante de la población (recursos naturales fundamentales).

Los indicadores del desarrollo sustentable exhiben enormes cambios dentro del desarrollo minero-metalúrgico de cada región; los elementos ambientales, económicos y sociales no son considerados por igual en todos los países y su influencia en el ordenamiento territorial tiene una gran importancia. Se desconoce hasta el momento el desarrollo de indicadores ambientales que se hayan generalizado para otros países, en nuestro punto de vista esto se debe a que el desarrollo geológico, minero y metalúrgico es variable en los distintos países y regiones del planeta. En Cuba, estas actividades se encuentran bien institucionalizadas a través del Estado, y esto permite desarrollar mejor la actividad de gestión ambiental.

APLICACIÓN DE LOS INDICADORES AMBIENTALES EN EL TERRITORIO DE MOA

A pesar de la gran labor ambientalista realizada por el Estado cubano, el tiempo ha sido muy corto para poder contar con abundantes datos medioambientales. Éste es uno de los problemas con los que se encuentra el territorio de estudio, lo cual dificulta en gran medida la propuesta de los indicadores ambientales.

Para el territorio de Moa —ciudad minero-metalúrgica— lo más adecuado es proponer un sistema de indicadores de integración sectorial. El objetivo perseguido por los indicadores sectoriales, es integrar los aspectos sectoriales en las políticas ambientales. Es por esto que las administraciones sectoriales son las principales en llevar a cabo su desarrollo.

Este tipo de indicadores constituye un campo de trabajo relativamente nuevo, ellos van dirigidos a una toma

Sistemas	De evaluación de la política ambiental	De integración de los aspectos ambientales en las políticas sectoriales	De integración de los aspectos ambientales en la política económica
Objetivos	Instrumentos de análisis del estado del medio ambiente y del éxito de la política ambiental.	Instrumento de integración de consideraciones ambientales en el diseño de las políticas sectoriales: Energía, transporte, turismo, etcétera.	Instrumento de análisis de la gestión macroeconómica desde la perspectiva de la sostenibilidad del desarrollo.
Ámbito	Tiene en cuenta las presiones sobre el medio, el estado de la calidad ambiental y de los recursos, así como las respuestas sociales a los problemas ambientales.	Incorpora tendencias sectoriales ambientalmente relevantes, impactos ambientales sectoriales y consideraciones económico-sectoriales de alcance ambiental.	Costos ambientales de desarrollo, impacto macroeconómico de la política ambiental, políticas económico-ambientales.
Fuentes	Indicadores ambientales derivados de la estadística ambiental.	Indicadores derivados de la estadística sectorial y ambiental.	Indicadores derivados de la contabilidad ambiental y de los recursos naturales.

Figura 1. Sistemas de indicadores ambientales (tomado de Jiliberto, R., 1996).

de decisiones más específica. El ámbito sectorial es la actividad geo-minera y metalúrgica, actividad principal en la zona. La propuesta se basa en el diagnóstico del problema ambiental existente en el territorio, que refleja presión, estado del medio, y la respuesta del medio desarrollada por la actividad minero-metalúrgica. Para establecer la propuesta de indicadores de integración sectorial seguimos su marco analítico:

1. Tendencias sectoriales ambientales relevantes. Éstas son el motor de actuación en la actividad minera.
2. Impactos ambientales. Nos indican el estado del medio y son función de las actuaciones de la actividad minera.
3. Indicadores económicos.

Indicadores de tendencia

Son aquellos indicadores sectoriales que, sin revelar directamente aspectos ambientales, por la naturaleza sistémica de los fenómenos de contaminación y agotamiento de los recursos, permiten derivar tendencias sectoriales positivas o negativas para el medio (Jiliberto, R., 1996). Se ha considerado que son cuatro las tendencias sectoriales.

- **EFICIENCIA.** La eficiencia tanto en la mina como en la planta es un buen indicador de integración de consideraciones ambientales en el sector. Este indicador nos da a conocer el aprovechamiento racional del recurso. Los indicadores asociados a esta tendencia son:
 - Pérdida de mineral.
 - Dilución.
- **CONDICIONES DEL RECURSO MINERO.** El contenido de los distintos componentes mineralógicos presentes en el yacimiento nos indica si el mineral es apto para el proceso metalúrgico o por el contrario forma parte del escombros, de ahí la importancia que tiene conocer estos contenidos.
 - Relación entre el material arrancado, el entregado y la salida del proceso (proceso de mineralogía tecnológica).
 - Relación mineral entregado y el níquel + cobalto obtenido. Es necesario conocer la cantidad de mineral entregado y el níquel + cobalto obtenido en el proceso metalúrgico, determinar la variabilidad de esta relación y evaluar sus causas y consecuencias.
- **TECNOLOGÍAS.** Conocer los cambios de las tecnologías empleadas y desarrolladas para alcanzar más producción en la explotación del yacimiento con el conocimiento del aumento o la disminución del impacto que se produce al medio ambiente.
 - Número de modificaciones en la tecnología-año.
- **MATERIAL ARRANCADO (ESCOMBRO Y MINERAL).** Es importante conocer el material arrancado ya que implica un incremento en los impactos ambientales asociados, tales como contaminación atmosférica, ruido, etcétera.

- Material arrancado (t/año).

Indicadores de impacto

La actividad minera mantiene una relación dimensional con el entorno, por un lado crea el desarrollo en el municipio, y por otro disminuye el bienestar mediante agresiones diversas al medio. Estos indicadores son agrupados por áreas ambientales.

Las principales repercusiones de las actividades del sector energético sobre el medio ambiente se pueden englobar en los temas siguientes:

- **CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.** Emisión de una serie de gases nocivos y polvo a la atmósfera por el proceso minero-metalúrgico. Indicadores asociados:
 - emisiones contaminantes (SO_2 , SO_3 ...).
 - polvo
- **AFECTACIÓN A LA VEGETACIÓN.** La actividad minera afecta a gran número de especies vegetales, algunas de éstas son endémicas.
 - Hectáreas de bosques talados para la minería.
 - Hectáreas de vegetación autóctona.
- **AFECTACIÓN A LA FAUNA.** Como consecuencia de la pérdida del hábitat de la fauna, por lo antes mencionado, muchas especies animales mueren o migran a otras zonas.
 - Número de especies vulnerables y en peligro de extinción.
 - Especies introducidas.
- **PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.**
 - t colas / t Ni.
- **PRODUCCIÓN DE RESIDUOS LÍQUIDOS.**
 - t WL / t Ni.
(WL: licor ácido)
- **AFECTACIÓN A LAS AGUAS SUPERFICIALES.**
 - Longitud de la contaminación del flujo hídrico.
 - pH.
 - Temperatura.
 - Composición química de las aguas.
- **AFECTACIÓN A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.**
 - Número de acuíferos contaminados por sulfatos, cloruros, metales pesados, otros.
 - pH.
- **AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN.**
 - Número de personas enfermas por tóxicos ambientales/año.

Indicadores económicos

Las características económicas pueden interrelacionarse con los aspectos ambientales. La producción, los gastos, etc., pueden ser analizados desde el punto de vista ambiental. Con estos indicadores se pueden realizar un análisis y valoración económica de eficiencia orientadas ambientalmente. Dentro del apartado de indicadores económicos se han considerado los temas siguientes:

- PRODUCCIÓN DEL SECTOR MINERO. Nos da una idea de la situación económica del sector para las posibles políticas de carácter ambiental.
 - t/año.
- Mercado Internacional.
 - Precio del níquel USD/t.
 - Precio del cobalto USD/t.
- GASTOS DEL PROCESO MINERO-METALÚRGICO. Son los gastos que integran todas las fases del ciclo minero.
 - Gastos en mina.
 - Gastos en planta.
 - Gastos en transporte.
 - Gastos energéticos.
 - Gastos de insumos.
 - Gastos de impuestos.
 - Gastos de seguridad y riesgos.
 - Otros gastos.
- GASTOS EN I+D (INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO) AMBIENTALES. Es necesario conocer los gastos en actividades de prevención o corrección de impactos ambientales derivados de las actividades del sector.
 - Gastos en tecnologías ambientalmente favorables.
 - Gastos de restauración de terrenos afectados por la minería.
 - Gastos en I+D.

La estructura analítica de este tipo de sistema de indicadores se puede explicar con el ejemplo siguiente:

Primero, la eficiencia en la mina es una tendencia sectorial ambientalmente relevante. En segundo lugar, el sector minero genera de forma directa una serie de impactos ambientales que es preciso conocer y mitigar: las emisiones de gases y polvo a la atmósfera, la eliminación de la cubierta vegetal y del endemismo, la contaminación de ríos y mares, el incremento de diferentes procesos y fenómenos geológicos que tienden a formar diferentes peligros y riesgos, la eliminación desequilibrada de la explotación de los recursos minerales, y otros. Finalmente, existen aspectos económicos que ejercen un papel significativo en la definición del perfil ambiental del sector: las fluctuaciones de los precios del níquel y los combustibles en el mercado internacional tienen una incidencia en las plantas metalúrgicas y termoeléctricas con un relevante impacto ambiental; las necesidades de insumos, como el consumo actual de carbonato cálcico para el proceso de lixiviación ácida, derivan impactos ambientales significativos. Es de gran importancia destacar que existe una dinámica entre estos indicadores de tendencia, impacto y económicos. Por ejemplo, un aumento en la eficiencia en la mina (indicador de tendencia), llevará una disminución del impacto ambiental y, a su vez, una disminución en el gasto (indicador económico).

El análisis de estos indicadores es de gran utilidad en la valoración de los impactos ambientales. Una manera de valorar estos impactos es comparar el valor del estado pre-operacional y el valor de la calidad derivado de la actuación. La ventaja de este método sobre otros es que muestra explícitamente los criterios seguidos en la transformación de las escalas cualitativas a cuantitativas.

Estos índices cuantitativos son la base para la valoración de los impactos ambientales. Se transforma la información cualitativa en una información cuantitativa, y como consecuencia, las valoraciones pasan a ser de subjetivas a objetivas. Con estos valores cuantitativos se facilita la comprensión del problema ambiental, así como también se dispone de información manejable para el desarrollo de políticas ambientales.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de indicadores de integración sectorial en el territorio de Moa se tienen las pautas principales para alcanzar un desarrollo sostenible, a la vez que constituyen una herramienta básica para la búsqueda de soluciones en las políticas de desarrollo ambiental.
2. Con los indicadores ambientales sectoriales (IAS) vemos la relación existente entre los indicadores de tendencia, los indicadores de impacto y los indicadores económicos, lo que sirve de base para el análisis de alternativas para tomar. Los IAS integran los aspectos ambientales en las políticas sectoriales.
3. Conociendo los indicadores económicos se puede realizar una valoración de éstos junto con los indicadores de impacto, para así ver las posibilidades de minimizar los impactos ambientales causados por el sector.
4. Estos indicadores, además de servir para la toma de decisiones, también son la base para las valoraciones de impacto ambiental y, como consecuencia, para el ordenamiento del territorio.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILO ALONSO, MIGUEL; MARÍA PAZ ARAMBURU MAQUA y otros: "Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología", Ministerio del Medio Ambiente, Secretaría General del Medio Ambiente, Madrid, 1998.
- ÁLVAREZ ARENAS BAYO, MANUEL y otros: "Sistema español de indicadores ambientales: subáreas de biodiversidad y bosque". Ministerio del Medio Ambiente, Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Madrid, 1996.
- BERGER, ANTHONY R.: "Environmental Change, Geoindicators, and the Autonomy of Nature", GSA TODAY. A Publication of the Geological Society of America, 8 (1) 3-8, 1998.
- GONZÁLEZ NOVO, TERESITA; IGNACIO GARCÍA DÍAZ: Cuba: su medio ambiente después de medio milenio, CESIGMA, Ed. Científico-Técnica, 1998.
- JILIBERTO HERRERA, R. y otros: "Indicadores ambientales. Una propuesta para España", Ministerio del Medio Ambiente, Secretaría General del Medio Ambiente, Madrid, 1996.