

PROPUESTA DE INDICADORES AMBIENTALES SECTORIALES PARA EL TERRITORIO DE MOA.

Rafael Guardado Lacaba e Olga Vallejo Raposo
Aspirante a Doctor de la Red ALFA/CYTED. Escuela Técnica
superior de Ingenieros de Minas de Madrid.
olga@yahoo.com Departamento de Geología. Instituto Superior
Minero Metalúrgico de Moa - olga@moa.minbas.cu

RESUMEN

Los indicadores ambientales permiten un rápido diagnóstico de los cambios ambientales que ocurren en el medio. Son un reflejo de organización conceptual para la evaluación de los cambios 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, logrando tomar decisiones más precisas y oportunas.

Palabra clave: indicadores ambientales, indicadores sectoriales ambientales, ordenamiento minero-ambiental.

1. INTRODUCCIÓN

Moa es un municipio perteneciente a la provincia de Holguín esta 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 exploradas 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 Soto 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, surgiendo 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 ya mencionada con una tecnología de lixiviación ácida a presión y la otra la Empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” con una tecnología de carbonato amoniacal. En fase de construcción existe otra planta “Las Camariocas”.

El desarrollo productivo de la industria minero metalúrgica provoca un gran impacto sobre el medio ambiente. Este deterioro se debe en parte por un uso irracional de los georecursos, 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, A.R. 1983]. Un desarrollo particular de los indicadores ambientales son los indicadores de integración sectorial, estos indicadores 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 medio ambientales y, nos permite conocer con mas 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 requieren de una información sintética y científica que permitirá así facilitar la toma de decisiones en las políticas ambientales. El origen de estos indicadores ambientales se encuentra en los indicadores sociales. Pero a diferencia de estos, los indicadores ambientales surgen de una urgencia política y tienen un desarrollo informático y tecnológico que los primeros no tuvieron. El empleo de los indicadores ambientales tiene dos razones; 1) Contar con la información adecuada para tomar decisiones referente a la protección del ambiente, y para un seguimiento de las mismas en termino de un “desarrollo sostenible” (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, 1994) 2) La necesidad de reducir la gran ,cantidad de información científica del medioambiente a un número manejable de parámetros, apropiado para los procesos de toma de decisiones y de información publica (Environment Canadá, 1991).

Este sistema es abordado por diversos países cada uno con un sistema propio de indicadores. Para tener una visión internacional explicamos brevemente 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 propuesto 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 de la Naciones Unidas (CEPE) 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 Sostenible 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 de describir un campo de información, constituyendo una síntesis que va mas allá de lo que el propio parámetro dice. Los indicadores deben de responder 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 útiles para los procesos de toma de decisiones en este campo.

Los autores en este trabajo proponen un conjunto de indicadores ambientales que permitan 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 y el objetivo de estos es integrar los aspectos ambientales en las políticas sectoriales

2.CARACTERÍSTICAS DE LOS INDICADORES AMBIENTALES COMO POLITICA DE ORDENAMIENTO Y PLANEAMIENTO MINERO AMBIENTAL

El debate conceptual de los niveles del desarrollo sostenible parece que esta 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 georecursos tendrá consigo un acercamiento práctico a la sustentabilidad del terreno. En esto juega un gran papel los indicadores ambientales, estos valores considerados dentro de niveles máximos y mínimos permitirían conocer la transformación que ellos desempeñan dentro de todo tipo de proceso tecnológico. Estos valores nos permiten 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 a 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. Cuatro temáticas dentro de una Organización del Desarrollo Minero Metalúrgico Sustentable (ODMMS) hemos propuesto. La misma esta basada en los elementos brindados por la Agenda 21 y otros documentos rectores:

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. Mejorar, perfeccionar, rectificar 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 geólogo minera.
 - Gestión geólogo minero metalúrgica. Exploración, explotación, procesamiento del mineral.
 - Aplicación y gestión tecnológica.
 - Eficiencia minero metalúrgica.

Los indicadores pueden ser desarrollados para cada categoría de la Organización del Desarrollo Minero Metalúrgico Sustentable (ODMMS) de tal manera que permite medir las condicionales y las tendencias críticas de cada uno de estos sectores. Por lo general, los

cambios de la sustentabilidad se manifiestan naturalmente 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. Estos factores 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 poseen enormes cambios dentro del desarrollo minero metalúrgico de cada región, estos tres elementos no son considerados por igual en los distintos países y su influencia en el ordenamiento territorial juega una gran importancia. Se desconoce hasta el momento el desarrollo de indicadores ambientales que se hayan generalizado para otros países, a nuestro punto de vista esto se debe a que el desarrollo geo- minero 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.

3. APLICACIÓN DE LOS INDICADORES AMBIENTALES EN EL TERRITORIO DE MOA.

A pesar de la gran labor ambientalista realizada por la revolución cubana, el tiempo ha sido muy corto para poder contar con

abundantes datos medioambientales. Este es uno de los problemas con los que se encuentra el territorio de estudio, lo que dificulta en gran medida la propuesta de los indicadores ambientales.

Para el territorio de Moa una 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 es un campo de trabajo relativamente nuevo, van dirigidos a una toma de decisiones más específicas. 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 reflejan presión, estado del medio, y la respuesta del medio desarrolladas por la actividad minero - metalúrgica.

Para establecer la propuesta de indicadores de integración sectorial seguimos su marco analítico:

1. Tendencias sectoriales ambientales relevantes. Estas 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.

A continuación se exponen los indicadores de tendencia, de impacto y 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 han 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, y determinar la variabilidad de esta relación y evaluar sus causas y consecuencias.

- **Tecnologías**

Conocer los cambios de las tecnologías empleadas y desarrolladas para alcanzar mas producción en la explotación del yacimiento con el conocimiento del aumento o la disminución del

impacto que se produce al medio ambiente.

- nº 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, etc.

- 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 puede englobar en los siguientes temas:

- **Contaminación atmosférica**

Emisión de una serie de gases nocivos y polvo a la atmósfera por el proceso minero metalúrgico. El indicador asociado a este tema:

- emisiones contaminantes (SO₂, SO₃,...)
- polvo

- **Afectación a la vegetación**

La actividad minera afecta a gran números de especies vegetales, algunas de estas especies son endémicas.

- Ha de bosques taladas para la minería
- Ha. de vegetación autóctona

- **Afectación a la fauna**

Como consecuencia de la pérdida de los hábitat de la fauna por lo anterior mencionado muchas especies animales mueren o migran a otras zonas.

- N° de especies vulnerables y en peligro de extinción
- Especies introducidas

- **Producción de residuos sólidos**

- t colas/ tNi

- **Producción de residuos líquidos**

- t WL/ tNi

(WL: licor ácido)

- **Afectación a las aguas superficiales**

Calidad

- longitud de la contaminación del flujo hídrico
- PH
- Temperatura
- Composición química de las aguas.

- **Afectación a las aguas subterráneas**

Calidad

- n° acuíferos contaminados por sulfatos, cloruros, metales pesados , otros.
- PH

- **Afectación a la población**

- n° 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 puede realizar un análisis y valoración económica de eficiencia orientadas ambientalmente.

Dentro del apretado de indicadores económicos se han considerado los siguientes temas:

- **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 de 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 derivadas 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 siguiente ejemplo:

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 del precio del níquel en el mercado internacional con el uso de combustibles a altos precios en este mercado tienen una incidencia en su uso en plantas termoeléctricas y metalúrgicas con un relevante impacto ambiental; las necesidades de insumos como el consumo actual de carbonato cálcico para el proceso de lixiviación ácida deriva impactos ambientales significativos. Es de gran importancia destacar que existe una dinámica entre estos indicadores de tendencia, impacto y económico. 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 son de gran utilidad en la valoración de los impactos ambientales. Una manera de valorar estos impactos es comparar el valor del estado preoperacional y el valor de la calidad derivado de la actuación. La ventaja de este método a 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 a una información cuantitativa y como consecuencias las valoraciones pasan a ser de subjetivas a objetivas. Con estos valores cuantitativos se facilitan 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, y 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, sirviendo de base para el análisis de alternativas a tomar. Los IAS integran los aspectos ambientales en las políticas sectoriales.
3. Conociendo los indicadores económicos se puede realizar una valoración de estos 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.

BIBLIOGRAFIA

- AGUILO ALONSO, Miguel. ARAMBURU MAQUA, María Paz y otros. 1998. Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. Contenido y Metodología. Ministerio del Medio Ambiente. Secretaria General del Medio Ambiente. Madrid. España.
- ALVAREZ ARENAS BAYO, Manuel y otros. 1996. Sistema español de indicadores ambientales: subáreas de biodiversidad y bosque. Serie monográficas. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental. Madrid. España.

- BERGER, Antony R. 1998. Environmental Change, Geoindicators, and the Autonomy of Nature. GSA TODAY. A Publication of the Geological Society of America. Vol 8, N 1. p 3-8.
- GILBERTO HERRERA R. Y otros, 1996. Indicadores Ambientales. Una Propuesta para España. Serie monográficas. Ministerio del Medio Ambiente. Secretaria General de Medio Ambiente. Madrid. España.
- GONZALEZ NOVO, Teresita. GARCÍA DÍAZ, Ignacio. 1998. Cuba su Medio Ambiente después de medio milenio. Cesigma. Editorial Científico Técnica.
- Guardado Lacaba Rafael 1998. Gestion Ambiental, Curso de postgrado impartido en la maestria de Protección del Medio y los GeoRecursos, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. CUBA,