

# INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD Y SU APLICACIÓN A LAS EMPRESAS MINERAS

---

*Elkin Vargas Pimiento*  
*Ingeniero de Minas y Metalurgia*

## RESUMEN

Las compañías mineras están siendo sometidas a fuertes presiones de parte de grupos ambientalistas, organismos multilaterales, gobiernos nacionales, asociaciones de mineros y medios internacionales para que implementen en sus procesos las buenas prácticas ambientales y enfrenten con éxito los nuevos e importantes retos que les impone la explotación de depósitos minerales, cada vez más pobres, más profundos y complejos, y para que integren en sus decisiones los temas comunitarios.

Este artículo pretende mostrar que el diseño de indicadores de sostenibilidad y de desempeño ambiental y social aplicables a la industria extractiva contribuye al logro de metas de desarrollo sostenible. Ello es especialmente útil en un país en desarrollo como Colombia, donde se ha adoptado un modelo de desarrollo económico sostenible y donde el sector minero, que se proyecta como el sector líder de las exportaciones y de la economía nacional, ha sido responsable de un gran deterioro ambiental y de importantes conflictos de orden social.

Además, este trabajo da cuenta de la existencia de técnicas y metodologías como las recomendadas por la Agencia Ambiental Federal de Alemania que sirven para conformar juegos integrados de indicadores biofísicos, económicos y sociales, incluyendo los indicadores convencionales del proceso minero: insumo-producto, capacitación, bienestar y participación, para ser utilizados en la evaluación y optimización del desempeño socioambiental de las compañías mineras, en sus análisis costo-beneficio y en la toma de sus decisiones estratégicas, planeamiento participativo y seguimientos de avance, tal como lo señala Alyson Warhurst (1997) en el Programa de Investigación sobre Minería y Ambiente de la Universidad de Bath.

## ABSTRACT

Today mining companies suffer strong pressure from organizations such as environmental groups, multilateral agencies, national governments, mining associations and the international media, to comply with "good environmental practices" and to face the new and important challenges imposed by the exploitation of deposits, of increasingly lower-grade ore, deepness and difficulty, and to integrate community issues in their decision making process.

This article seeks to show the contribution that the development of environmental and social performance indicators and sustainability markers in the mining companies have in achieving sustainable development. This is especially useful in a developing country like Colombia which has adopted a sustainable development economic model and where the mining sector has lead exportations and economy, but has also been responsible of big

---

\* *Profesor Asociado, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín*

environmental damages and important social conflicts.

Additionally, this work reports the existence of technologies and methodologies, e.g. those recommended by the Federal Environmental Agency of Germany, to design integrated sets of proven biophysical, economic and social indicators, including the conventional indicators of the mining process: input-outcome, capacity building, well being and participation, to be used in performance evaluation and optimization, cost-benefit analysis and strategic decision making, participative planning and progress monitoring, according to Alyson Warhurst (1997) in the Mining and Environmental Research Programme of the Bath University.

---

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico sostenible, el control ambiental de la actividad económica y el desempeño social de las empresas han sido temas de creciente importancia durante los últimos años en todo el mundo y particularmente en Colombia donde a partir de la Constitución Política de 1991 se estipuló que el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, se estableció además que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y que la ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla.

Para verificar el cumplimiento efectivo de tales mandatos constitucionales, se hace necesario el diseño de instrumentos contables que proporcionen información resumida, concisa e ilustrativa para aplicar en la gestión empresarial, la planificación sectorial y el control institucional y social de las diferentes actividades económicas.

Tal necesidad da lugar a que el concepto de indicadores de desarrollo se haya transferido o adaptado para presentar en forma medible y comprensiva el uso de recursos naturales y bienes ambientales, así como el desempeño social de entidades gubernamentales y corporaciones privadas. En otras palabras, estos indicadores son instrumentos para determinar los progresos en el cumplimiento de metas de sostenibilidad en los diferentes sectores económicos y poder compararlos sistemáticamente en el tiempo. El diseño de indicadores de sostenibilidad y su aplicación actuarán entonces en favor del mejoramiento ambiental y el desempeño social y por consiguiente en pro del desarrollo sostenible.

En cuanto a la actividad extractiva se refiere es claro que en un modelo de desarrollo económico sostenible, el objetivo normalmente prioritario para las empresas privadas y entidades gubernamentales del sector minero, de maximizar la extracción de recursos deberá relegarse a las metas de sostenibilidad del proceso productivo, a las restricciones sobre los requerimientos de otros recursos naturales y energéticos en las operaciones mineras, consideraciones sobre impacto ambiental y al desempeño social de las compañías en cada una de las fases de la minería, a saber: exploración, extracción, tratamiento, uso, reciclado y disposición de estériles y desechos.

Se hace por tanto necesario considerar algunos puntos de relevancia respecto a los recursos naturales no renovables y la actividad extractiva para sentar las bases que permitan adelantar el diseño de un juego suficiente de indicadores de sostenibilidad que pueda aplicarse con éxito en este caso. Ellos son:

### *Recursos Naturales No Renovables:*

Son en su mayoría de origen geológico, existen a nivel global en una cantidad fija y por lo tanto se agotan con su extracción; ésta tiene entonces un límite, que en términos sociales ocurre cuando no hay ganancia neta de energía en la extracción de recursos fósiles o no hay ahorro neto de trabajo para la explotación de minerales no energéticos. La expansión demográfica, el crecimiento económico, la tecnología, la mejora en la calidad de vida han significado un incremento acelerado de la extracción y utilización de minerales.

### *La Actividad Extractiva:*

Gran generadora de empleo, divisas e ingresos fiscales; impulsora de procesos de transformación de materias primas, de industrialización y de cambio técnico; motor de desarrollo

económico; insustituible para proveer a la sociedad de elementos esenciales; ha generado un interés sorprendente en las mentes de los planificadores y en la sociedad en general por todo lo relacionado con sus efectos ambientales, incluyendo aspectos de salud pública, seguridad industrial y desempeño social.

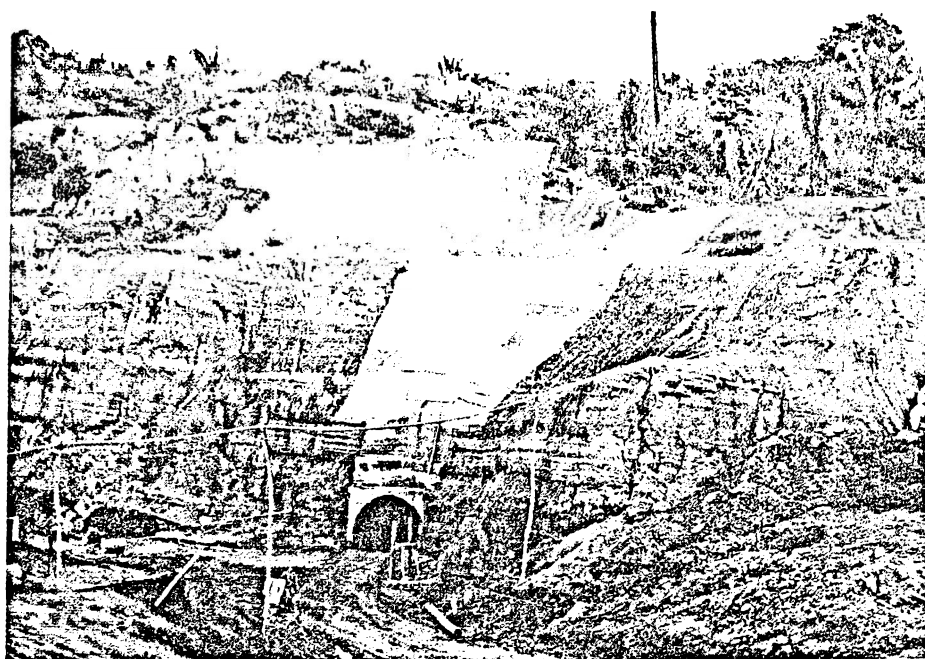
## 1. EL AMBIENTE Y LA MINERÍA

La extracción minera agota las reservas en los yacimientos minerales. Cuando esto ocurre deja a comunidades enteras sin empleo y a los entes territoriales donde se asientan sin ingresos creando escasez de recursos para la sociedad; además, en la estructuración y ejecución de los proyectos mineros se pueden generar grandes centros de poder no participativos y con intereses transnacionales. La minería es esencialmente un proceso destructivo por lo que puede ocasionar impactos ambientales y sociales negativos; los que dependen del tamaño de las operaciones, del tipo de depósito mineral, de los métodos de explotación utilizados y de las condiciones topográficas y climáticas de los lugares donde se realiza. Los diferentes tipos de depósitos geológicos difieren ampliamente con la naturaleza y composición de los minerales que contienen y por tal razón son variados los efectos ambientales de su extracción y utilización. Estos efectos y el impacto socioeconómico en general también varían según el grado e intensidad

de extracción de los diferentes productos y las técnicas mineras utilizadas.

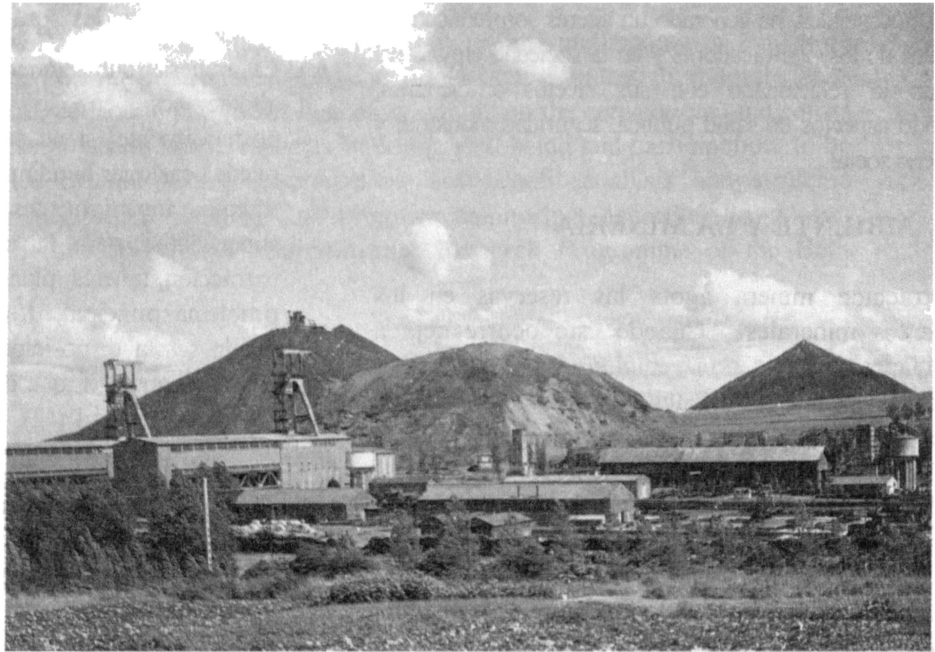
La minería subterránea, por ejemplo, causa daños o alteraciones en los terrenos donde se inicia; posteriormente, si no se toman las medidas necesarias, puede ocasionar hundimiento de terrenos y condiciones de trabajo inconvenientes; requiere importantes áreas superficiales para la infraestructura de los pozos de extracción, talleres, plantas de lavado, campamentos y su problema principal, desde el punto de vista ambiental, puede ser la disposición de aquellos estériles sólidos y desechos líquidos, que no pueden dejarse en los trabajos bajo tierra (fotos 1 y 2).

La minería a cielo abierto presenta problemas mucho mayores debido al desmonte y descapote de las grandes extensiones de terreno a ser utilizadas en las distintas etapas de la actividad minera y la remoción de importantes volúmenes de suelos y rocas mediante la acción de máquinas de gran tamaño (foto 3), por lo que comúnmente se debe proceder a rellenar las áreas explotadas con los estériles de la misma explotación y a relocalizar el suelo removido. Una restauración de esta naturaleza debe hacer parte del plan minero total (foto 4) y cuando no se hace con rigor, los daños ambientales, las alteraciones al paisaje, la desertización, la erosión de suelos, la contaminación del aire y corrientes de agua pueden ser de consideración (foto 5).



**Foto 1.**  
Boca de mina de una explotación subterránea de carbón.  
Zona de patios y trabajos de estabilización.  
La Jagua de Ibirico, Cesar - Colombia

**Foto 2.**  
Mina subterránea de  
carbón.  
Infraestructura de  
pozos, talleres, plantas  
y transferencias de  
mineral.  
Campamentos y  
grandes pilas de  
estériles.  
Francia.



**Foto 3.**  
Mina de caliza a  
cielo abierto.  
Desmonte y  
remoción de suelos.  
Boyacá - Colombia.



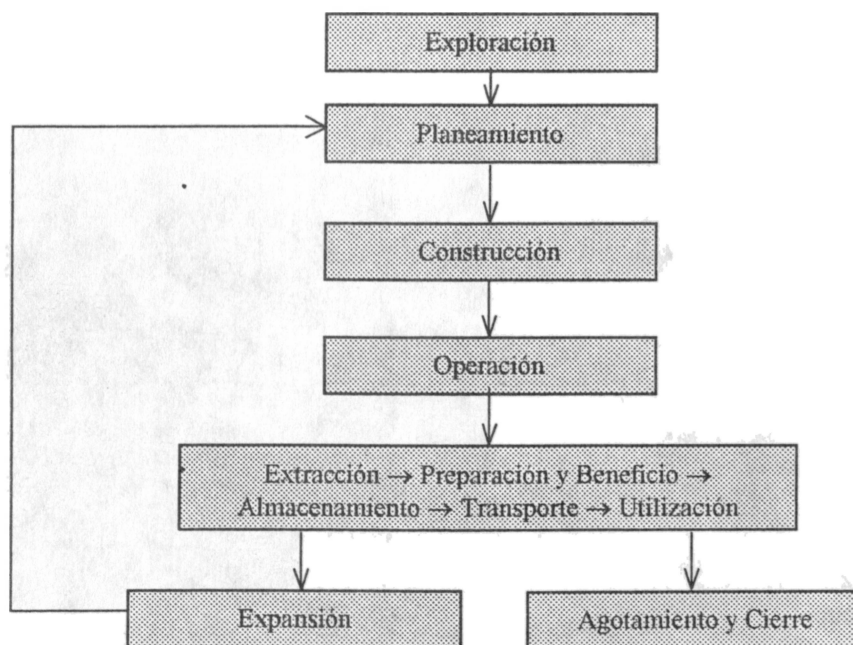
**Foto 4.**  
Restauración y  
reforestación de una  
mina de mineral de  
hierro a cielo abierto.  
El Uche, Paz del Río  
Boyacá - Colombia

**Foto 5.**  
Mina a cielo abierto.  
Explotación sin  
restauración que se  
promociona como lugar  
turístico: "*visión  
fantasmagórica*  
producto de un  
movimiento de tierras  
mayor que el del Canal  
de Suez".  
Decazeville - Francia



No hay duda entonces de que la extracción de minerales ha sido responsable de una amplia destrucción de tierras y de notables deterioros al medio ambiente, como se constata a través de las evidencias de proyectos mineros pobremente gestionados por todo el mundo. Sin embargo, cabe señalar que la minería no es la actividad económica que más haya causado impactos negativos al ambiente.<sup>1</sup> Actividades más destructoras son por ejemplo, el desarrollo agrícola, la construcción de autopistas, la urbanización de tierras y las redes de ferrocarril. Además se debe tener en cuenta que la minería es una actividad temporal y por lo tanto no implica pérdidas definitivas de terrenos para propósitos económicos alternativos. Es así como se cuenta con innumerables ejemplos de terrenos explotados que han sido restaurados para usos agropecuarios, bosques o vida salvaje, lo que significa que “la actividad minera es generalmente un uso de la tierra de alto valor.”<sup>2</sup>

Los impactos ambientales de la minería están asociados con las etapas del proceso minero que se visualizan en el siguiente cuadro:



En cada una de tales etapas o fases de la minería se pueden categorizar los impactos principales de la siguiente manera.<sup>3</sup>

- a. Degradación de Tierras
  - remoción de la capa vegetal/deforestación
  - cambios en la topografía
  - cambios en el modelo de drenaje
  - inestabilidad de taludes
  - erosión acelerada
  - pérdidas de capas de suelo que afecta la productividad agrícola
- b. Hidrología y Contaminación de Aguas
  - agotamiento de fuentes de agua
  - cambios de la hidrología debido a reclasificación y movimiento de tierras
  - efectos de deforestación
  - percolación subterránea y contaminación
  - sedimentación de lodos en los ríos
  - problemas de toxicidad, contaminación con metales pesados
  - drenaje ácido de minas

<sup>1</sup> “En Colombia, la totalidad de la industria minera no interviene más de 150.000 hectáreas (0.13%) de las 114'174.800 del territorio nacional continental.” Proagregados, 1996.

Las minas de superficie en Estados Unidos ocupan un poco más de 9 mil millas cuadradas, o aproximadamente el 0.25% de la superficie terrestre del país.” Mining Magazine, agosto 1997.

<sup>2</sup> Rahman MS. Environmental protection in mining industry. IM&EJ, August, 1991.

<sup>3</sup> Environmental impacts of mining: their extent, management and control. Notas del curso sobre minería y ambiente. ENV Suecia, 1992.

c. Contaminación del Aire (foto 6)

Generalmente comprende material particulado y emisiones gaseosas de la extracción, beneficio y transporte de minerales. Tales impactos incluyen:

- molestias respiratorias en trabajadores y población local
- enfermedades oftálmicas
- más baja productividad agrícola
- menor fertilidad animal
- pobre visibilidad

d. Contaminación por Ruido y Vibración

e. Salud Ocupacional y Seguridad

f. Reasentamientos Humanos y de Vida Salvaje

Una gestión responsable en un proyecto minero debe partir de la premisa que la productividad natural del ambiente deberá ser mantenida, en consecuencia la prevención es siempre mejor que las acciones remediales. Las acciones preventivas se deberán preferir tanto desde el punto de vista económico como desde el ambiental. De igual modo se deberá estar al tanto de la evolución de las características de los yacimientos minerales, cada vez de más bajo tenor, más profundos y con mayor dificultad de explotación,

y de las tecnologías de extracción para enfrentar con éxito los nuevos condicionamientos ambientales. Otros importantes retos para la industria minera de hoy son: la integración exitosa de los temas comunitarios en las gestión de los proyectos, lo que se ha convertido en una parte esencial en los procesos de desarrollo y los informes corporativos de desempeño socioambiental, lo que también es fundamental, no sólo para mostrar un buen comportamiento a los actores de la industria sino para confrontar las metas de gobierno en pro del desarrollo sostenible.

## 2. DESARROLLO SOSTENIBLE

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza ha conceptualizado el desarrollo sostenible reconociendo las distintas dimensiones que necesariamente apuntan al logro de sus metas. Se trata de un avance significativo respecto a la forma general en que había sido planteado por la Comisión Brundtland en 1987, y que Julio Carrizosa<sup>4</sup> caracteriza en los siguientes términos: “Es un proceso de mejoría económica y social que satisface las necesidades y valores de todos los grupos de la



**Foto 6.**  
Complejo siderúrgico  
Acerías Paz del Río.  
Humos, gases, vapor de  
agua producto de la  
calcinación, combustión,  
coquización, fabricación  
de arrabio, obtención de  
acero.  
Boyacá - Colombia

<sup>4</sup> Véase Carrizosa U. Julio. *La viabilidad del desarrollo sustentable en Colombia. Una contrapropuesta.* En Guhl, Ernesto, *Medio ambiente y desarrollo.* Santafé de Bogotá, 1992. pg. 89-90.



población, manteniendo las opciones futuras y conservando los recursos naturales y la diversidad.” Como se observa, este es un concepto complejo que incorpora los siguientes principios, cada uno de los cuales es aplicable en una u otra forma a las actividades de desarrollo:

- “La sostenibilidad ecológica, que exige que el desarrollo sea compatible con el mantenimiento de los procesos ecológicos, la diversidad biológica y los recursos biológicos.
- La sostenibilidad social, que exige el aumento del control que la gente tiene sobre sus vidas y que se fortalezca la identidad de la comunidad.
- La sostenibilidad cultural, que exige que el desarrollo sea compatible con la cultura y los valores de los pueblos afectados.
- La sostenibilidad económica, que exige un desarrollo económicamente eficiente y equitativo dentro y entre generaciones.”

En concordancia con esta perspectiva y para dar mayor contenido a los aspectos económicos de la sostenibilidad, se ha hecho imprescindible partir de bases concretas como por ejemplo las sentadas en el Seminario “Medio Ambiente y Desarrollo”, organizado por el gobierno belga en 1993:<sup>5</sup>

- “La crisis económica actual no es cíclica sino estructural;
- El modelo económico actual basado en el crecimiento en volumen está obsoleto;
- Hay que desarrollar nuevos indicadores para medir el estilo de vida y el crecimiento cualitativo;
- Debería dársele tiempo a la industria para adaptarse a los nuevos sistemas: la planificación a largo plazo es la clave de la competitividad;
- El desarrollo sostenible incluye aspectos sociales y económicos, así como medioambientales.”

Estos esfuerzos por conceptualizar el desarrollo sostenible y concretar su relación con el crecimiento económico han tenido eco en Colombia. El desarrollo sostenible está consagrado en la Constitución Política como el modelo de desarrollo económico para el país y

en consecuencia, en el proyecto de Plan Nacional de Desarrollo presentado por el Congreso de la República se hizo una aproximación sobre el concepto de “sostenibilidad” entendiendo ésta como un crecimiento, que contemple los siguientes aspectos:

- Económico, que se fundamente en incrementos de productividad.
- Ambiental, que sea compatible con la preservación y el manejo adecuado de los recursos naturales.
- Social, que sea generador de empleo, capacidades y oportunidades.
- Político, que sea fundamentalmente equitativo y participativo.<sup>6</sup>

Tal aproximación da pie para interpretar lo que significa o conlleva el desarrollo sostenible en el caso de la industria extractiva en Colombia: cualquier decisión, avance o acción técnica, económica o legal que:

- Favorezca la conservación de los yacimientos a través de la correcta definición de las tasas de extracción, la máxima recuperación y adición de las reservas minerales y las prácticas de ahorro, sustitución y reciclado.
- Minimice los impactos ambientales negativos del proceso minero mediante la reducción de la contaminación hídrica y atmosférica y la degradación de terrenos, así como la disminución de los insumos energéticos y de recursos naturales.
- Promueva los efectos positivos socioeconómicos de la actividad por medio de la conservación de las tradiciones y valores de las comunidades donde ésta se realiza, el respeto a los derechos fundamentales, la distribución equitativa de los beneficios y de incrementos en productividad.

Este significado demuestra lo enunciado al comienzo de este escrito: en el marco del desarrollo sostenible, el objetivo de las empresas privadas y entidades gubernamentales del sector minero de maximizar la extracción de recursos queda relegada a metas de conservación de los yacimientos, restricciones sobre la utilización de recursos naturales y energéticos, consideraciones sobre el impacto ambiental y social en todas las fases del proceso minero. De tales consideraciones, por tratarse de extraer recursos

<sup>5</sup> Thompson, Clive H. *Competitividad y desarrollo sostenible*. Revista Ingeniería Química. Octubre de 1994.

<sup>6</sup> Desafortunadamente las definiciones no quedaron contempladas en la Ley 508 de 1999 que adoptó el Plan Nacional de Desarrollo.



no renovables, el término “conservación de los yacimientos minerales” es el que podría entrañar interpretaciones ambiguas y contradictorias, sin embargo, las normas, instrucciones, políticas y mediciones tendientes a la conservación se circunscriben generalmente en las tres etapas del negocio minero a:

- Determinar el potencial aprovechable del yacimiento, su explotabilidad, con personal idóneo, modelos geológicos y sistemas de control que garanticen su conocimiento real y científico.
- Evitar el deterioro o agotamiento prematuro del los recursos mediante una explotación técnica y racional.
- Evitar el desperdicio de los minerales extraídos mediante su aprovechamiento integral y el reciclaje.

### 3. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

De las anteriores consideraciones se desprenden las preguntas claves acerca de la sostenibilidad en el caso de la industria extractiva:

- ¿Se pueden identificar y medir efectivamente los niveles sostenibles de conservación de yacimientos?
- ¿La capacidad ambiental y el consumo ambiental son medibles a tal punto que se pueda determinar si se están manteniendo en las fases del proceso minero?
- ¿Cómo enfrentar la posibilidad de que los niveles de sostenibilidad estén mal estimados?
- ¿Son compatibles los intereses privados con los de la sociedad para garantizar metas de sostenibilidad?

Si bien los interrogantes planteados son válidos, el concepto de indicadores se constituye en una herramienta útil de respuesta con miras a presentar el desempeño de una empresa en forma medible y comprensiva en los aspectos que implican sostenibilidad. En el caso de un proyecto minero en particular, podrían utilizarse indicadores adecuados para saber por ejemplo, si:

- ¿Se está prolongando la vida útil del yacimiento?
- ¿Se está impactando el ambiente menos que antes o menos que otra empresa similar?
- ¿Se está consumiendo menos energía y menos recursos renovables por unidad de producto extraído?
- ¿Se utiliza un modelo de gestión más participativo

que el que se utilizaba antes o que el utilizado en otro proyecto?

Es claro entonces que el desarrollo de indicadores de sostenibilidad aplicables a la industria extractiva para mejorar el desempeño ambiental y social de las compañías mineras contribuye al logro de metas de desarrollo sostenible.

Se hace por tanto necesario diseñar técnicas para desarrollar y hacer operativos tales indicadores en proyectos mineros, por rangos de usuarios, dadas la variedad y complejidad de los procesos de extracción, para facilitar la información sobre el desempeño técnico, social y ambiental corporativo, poder anticiparse a los efectos negativos de las operaciones y estructurar un esquema proactivo de responsabilidad social a nivel operacional y corporativo, identificando puntos débiles y capacidades de mejoramiento. Los rangos de usuarios podrían ser por ejemplo empresas de: exploración sísmica, perforación de pozos petroleros, canteras de materiales de construcción, pequeñas minas de carbón, etc., pensando en optimizar y evaluar su desempeño social y ambiental, así como sus registros de sostenibilidad, para que los avances puedan ser sistematizados y comparados en el tiempo y reportados debidamente a los actores de las empresas, tanto internos y externos.

De lo anterior se desprende que una buena gestión de los efectos sociales y ambientales de cada uno de los grupos de usuarios señalados exige identificar las interacciones de cada proyecto con su entorno y así establecer un “juego integrado de indicadores biofísicos, económicos y sociales”<sup>7</sup> incluyendo los indicadores propios del proceso minero, tales como los de insumo-producto, capacitación, bienestar y participación para ser usados en evaluación de desempeño, análisis costo-beneficio, toma de decisiones estratégicas y monitoreos de progreso, y planeamiento participativo.

En la práctica los indicadores ambientales podrán utilizarse para: ilustrar mejoramientos ambientales, detectar potenciales de optimización, deducir y plantear metas ambientales, identificar oportunidades potenciales

<sup>7</sup> Warhust, Alyson. *Environmental and social performance indicators and sustainability markers in minerals development. A prospectus.* University of Bath. U.K., 1997.

de mercado y de reducción de costos, evaluar desempeños comparando compañías, proporcionar datos para informes y certificados, proporcionar retroalimentación para motivar los cuadros de dirección, soportar la implementación de regulaciones tales como las EMAS<sup>8</sup> o las ISO 14001<sup>9</sup>, aunque es de anotar que en sentido estricto, la aplicación de estas regulaciones no requiere de indicadores.

En general, los indicadores pueden clasificarse en tres importantes grupos, dependiendo si describen un impacto ambiental de la actividad minera (desempeño ambiental), las actividades de gestión o las condiciones ambientales externas a la compañía. En el primer grupo están los indicadores de insumo-producto de materiales y energía que podrán ser usados por las compañías mineras como un punto de partida hacia la sostenibilidad. Los ejemplos típicos son: consumo de energía total, cantidad de desechos por unidad de producto, número de instalaciones ambientalmente relevantes y volumen de transporte total.

El establecimiento de tales indicadores es un proceso que resume los datos ambientales para validar información clave, básica y poder hacerla comparable año por año. El método normalmente utilizado para el efecto comprende las siguientes etapas:<sup>10</sup> la primera consiste en hacer un inventario de los problemas ambientales del entorno de la compañía. Desde el punto de vista interno, los indicadores seleccionados se deberán referir a las áreas que pueden estar directamente influidas por la compañía, para lo cual se debe recurrir a resolver las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los principales problemas ambientales de la compañía? ¿Dónde los mejoramientos ambientales pueden reducir costos o incrementar ingresos? ¿Dónde están los mayores potenciales de optimización? Así

<sup>8</sup> La regulación EMAS se basan en la participación voluntaria de compañías industriales en Europa que incluye una ecogestión y un sistema de auditaje (EEC Regulation 1836 de 1993). Después de una evaluación externa exitosa, la compañía recibe certificado oficial de participación.

<sup>9</sup> La regulación ISO 14001 es el estándar aplicado internacionalmente para certificar sistemas de gestión ambiental. La organización de estándares internacionales ISO está trabajando en sus propios indicadores ambientales ISO 14031 para evaluar el desempeño ambiental.

<sup>10</sup> Según lo recomendado por la Guía de indicadores ambientales corporativos de la Federal Environment Agency 1997.

mismo deberán tenerse presente las exigencias externas, es decir, los indicadores requieren ser complementados con prioridades de política ambiental, lo que exige conocer también en forma detallada la respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Qué hace la compañía que afecta la situación local o regional? ¿Qué problemas dominan las discusiones políticas en la actualidad? ¿Qué requerimientos externos afectan la compañía?

Las otras etapas que conforman propiamente la mecánica del método recomendado para establecer indicadores son las siguientes:

- Diseño del sistema de indicadores
- Consecución de datos y determinación de indicadores dentro del sistema
- Aplicación
- Revisión
- Objetivos derivados y medidas

De igual manera la Federal Environment Agency, 1997, recomienda que en todo el proceso de establecimiento de un sistema de indicadores sean considerados los siguientes principios básicos:

- *Comparabilidad*: que permitan hacer comparaciones y reflejar cambios de impactos ambientales.
- *Orientación por objetivos*: que persigan metas de mejoramiento que puedan ser influenciadas por la compañía.
- *Balance*: que propicien un enfoque coherente entre el desempeño ambiental, las áreas de problemas ambientales y los potenciales de mejoramiento.
- *Continuidad*: que utilicen los mismos criterios de selección de datos en todos los periodos, que se refieran a intervalos comparables y se midan en unidades comparables.
- *Oportunidad*: que se determinen para intervalos cortos y suficientes y se evite la utilización de información extemporánea.
- *Claridad*: que sean claros y comprensibles para el usuario y los actores de la compañía, además coherentes y que se concentren en los datos esenciales.

Es de anotar que los indicadores ambientales generalmente están relacionados con cantidades (medidas físicas), pero se pueden desarrollar

simultáneamente indicadores relativos a los costos, debido a los substanciales incrementos en los últimos años de las sumas asignadas a la protección ambiental. Para la industria extractiva, es previsible que al inicio del establecimiento de indicadores no se encuentren datos relacionados con la cantidad y haya que acudir entonces a los indicadores ambientales relativos a los costos, como se ha podido comprobar, por ejemplo, en una primera consulta a las empresas organizadas que extraen carbón en la cuenca carbonífera de Antioquia, las cuales carecen de información sobre el volumen de estériles que han extraído de las minas por cada tonelada de mineral producido. Aunque algunas, si han podido establecer los costos en que han incurrido para disponer tal material en superficie. Tampoco saben dar cuenta de la cantidad de combustible utilizado en el transporte de una tonelada de carbón hasta un determinado centro de acopio o de consumo, pero sí llevan registros de los pagos efectuados por este concepto.

Aunque se trata de estructurar sistemas integrados de indicadores para cumplir objetivos de sostenibilidad, un ejemplo de lo que sería prioritario establecer, en medidas físicas y no monetarias, para una compañía que perfora pozos para la extracción de petróleo y cuyo principal problema ambiental es la contaminación por “lodos” de perforación, utilizando indicadores hídricos, son las variaciones en el patrón de drenaje, en el flujo hídrico, en la calidad y usos del agua y en la sedimentación. Para el caso de las pequeñas y medianas minas subterráneas de carbón, son los indicadores de insumo-producto los que toman gran preponderancia ya que permiten el monitoreo de la utilización eficiente de los recursos energéticos y de otros recursos naturales de vital importancia como el agua, la madera, la mano de obra, así como el seguimiento a la reducción de desechos y emisiones por tonelada de mineral producido: así mismo, son vitales aquellos indicadores que muestran los progresos en el mejoramiento de las condiciones de higiene y seguridad en las que se realizan las operaciones al interior de los macizos rocosos. En la exploración minera y petrolera, que es una actividad costosa y de alto riesgo para las compañías, pero dispersa, transitoria e incierta, no solo para estas sino para las comunidades que habitan las áreas en estudio, adquieren gran significado los indicadores sociales que midan la penetración cultural y las relaciones entre las

compañías mineras y las comunidades, especialmente las indígenas o tradicionales, que algunas veces pueden estar aisladas o marginadas en su propio país. En las actividades mineras a cielo abierto tendrían mayor pertinencia los registros por unidad de producto de: instalaciones ambientalmente relevantes, pérdidas de vegetación, remoción de suelos, rocas y alteraciones al paisaje y volumen de transporte total por unidad de producto y todos aquellos parámetros relacionados con la prolongación de la vida útil del yacimiento.

Quizás el mayor reto para este tipo de minería es evitar las cicatrices permanentes al paisaje y la contaminación con metales pesados de los drenajes naturales que suelen producirse en las minas de bajo tenor, donde la cantidad de estériles de minería y desechos de tratamiento se eleva sustancialmente en relación con el mineral útil producido.

Como se desprende de la anterior reseña, tan poco exhaustiva, pero que sin embargo brinda suficiente ilustración, en Colombia hay mucho por investigar en materia de indicadores de sostenibilidad y su aplicación a las empresas mineras.

## CONCLUSIÓN

El planteamiento acá esbozado conduce a concluir: primero, que en Colombia es absolutamente necesario desarrollar y evaluar metodologías para diseñar indicadores de sostenibilidad para las empresas mineras por rangos de usuarios, que contribuyan a mitigar los efectos detrimentales de sus actividades y la promoción de sus efectos positivos sobre el ambiente natural y humano, y segundo, que una vez establecidos los indicadores es igualmente necesario ensayarlos, adaptarlos y mejorarlos en el campo, para posteriormente usarlos en forma sistemática y continua en pro de las metas de desarrollo sostenible, derivadas del ordenamiento constitucional y consignadas en los planes de desarrollo económico.

Por último, dadas las características de la actividad minera en Colombia, se hace necesario adelantar las investigaciones de campo tendientes a determinar los indicadores de sostenibilidad y de desempeño socioambiental en sectores como exploración sísmica, perforación de pozos petroleros, extracción de materiales de construcción en canteras, grandes minas

de carbón a cielo abierto, pequeñas y medianas minas subterráneas y extracción y beneficio de materiales en terrazas y lechos de los ríos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Cecodes.** Guzmán, E. 1998. Indicadores de sostenibilidad. Memorias del seminario internacional de medio ambiente y desarrollo sostenible. Bucaramanga, octubre. p. 122-131.
- DNP.** Cancino, S. 1998 Propuesta metodológica para la construcción de un sistema de indicadores de planificación y seguimiento ambiental. Memorias del seminario internacional de medio ambiente y desarrollo sostenible. Bucaramanga, octubre. p. 26-33.
- Federal Environment Ministry and Federal Environmental Agency.** 1997. A guide to corporate environmental indicators. Bonn/Berlin.
- Khanna, T.** 1999. Mining and the environmental agenda. En: Mininig Magazine, septiembre p. 157-163
- Mern.** 1998. Environmental & social performance indicators and sustainability markers in mineral development. A prospectus. University of Bath. UK.
- Minería Latinoamericana.** 1997. Informe técnico preparado por expertos españoles sobre: Evaluación del impacto ambiental en la minería. No. 24 y 26, Santiago de Chile.
- Rahman M. S.** 1991. Environmental protection in mining industry. IM & EJ, August p. 15-20.
- Thompson, C. H.** 1994. Competitividad y desarrollo sostenible. En: Ingeniería Química, octubre. p. 53-57.
- Thomson, I. and Joice, S. A.** 1997. Mineral exploration and the challenge of community relations. B.C. Yukon Chamber of Mines. Junio 19 de
- Toman, M. and Walls, M.** 1995. Nonrenewable resource supply: theory and practice. Capítulo 9, p. 182-201 de Bromley, Danile W. (De.). UK USA,
- Vargas, E. y Posada L.G.** 1997. Desarrollo sostenible, relaciones internacionales y recursos minero energéticos. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C.
- Vargas, E.** 1997. El desarrollo sostenible y los recursos naturales no renovables. En: Ensayos de Economía No. 13. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, diciembre p. 73-112.
- Vargas, E.** 1998. Minería y medio ambiente. En: Gestión y Ambiente No. 1. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, noviembre p. 17-26.